
Ultraviyole Lambalarının Kullanımı

Doç. Dr. Nuri ÖZKÜTÜK

*Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, MANISA*

Başlıca kaynağı güneş olan elektromanyetik radyasyon, dünyayı sürekli etkilemektedir. Elektromanyetik radyasyon; gama ışınları, X ışınları, ultraviyole (UV) ışınları, görünür ışık, infrared ışınlar, mikrodalgalar ve radyo dalgalarından oluşur. Elektromanyetik radyasyonun dalga boyu azaldıkça, radyasyon enerjisi artar. Gama ışınları ve X ışınlarının enerjisi görünür ışıktan ve infrared dalgardan daha fazladır.

Elektromanyetik radyasyonun çoğu formu canlılara, özellikle de mikroorganizmalara zararlıdır. Bu ışınlar bir organizmaya geldiğinde, enerji hücresel elemanlarca absorbe edilir, hücre hasarına veya hücrenin ölümüne neden olabilir. Bu özellikle dalga boyu düşük yüksek enerjili elektromanyetik radyasyon olan gama ışınları, X ışınları ve UV ışık için geçerlidir. Gama ve X ışınları moleküllere elektron kaybettirdiği için “iyonize radyasyon” olarak adlandırılır. Canlı sistemine oldukça zararlı olan iyonize radyasyon ve UV radyasyonun yüksek enerjili kısa dalga boyları atmosferde tutulduğu için doğada yaygın değildir. Atmosferdeki bu elenme yeryüzündeki canlı sistemi için önemlidir.

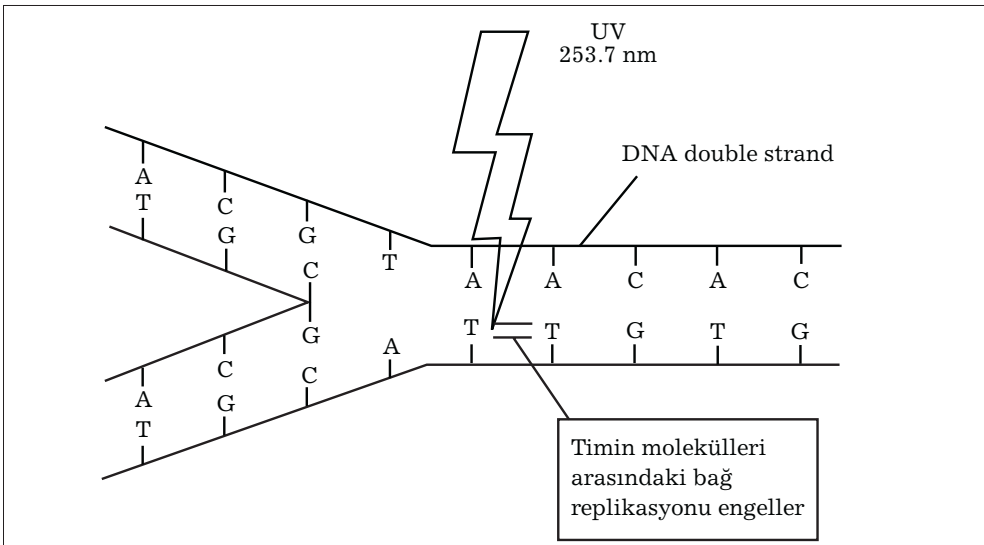
İyonize radyasyon ve UV radyasyon mikroorganizmayı öldürmek için ısıya gereksinim duymamaları nedeniyle uzun zamandır mikrobiyal kontrolde kullanılan yöntemlerdir. Ayrıca, dalga boyu çok daha fazla olan mikrodalga radyasyon ise ortam yerine direkt hedefi ısıtarak etki göstermesi nedeniyle kısıtlı da olsa bir dezenfektan ajan olarak kullanılmaktadır.

ULTRAVİYOLE

UV radyasyon görünür ışından kısa, X ışınından uzun dalga boyuna sahip (yaklaşık 10-400 nm) bir elektromanyetik radyasyondur. UV radyasyon, dalga boyuna göre; uzak-UV (extreme-UV, 10-200 nm) ve yakın-UV (near-UV, 200-380 nm) olarak ikiye ayrılabilir. Yakın-UV insan sağlığına ve çevreye etkileri göz önüne alınarak;

- UVA (uzun UV, longwave UV, siyah ışık; 315-400 nm),
- UVB (orta UV, mediumwave UV; 280-315 nm) ve
- UVC (kısa UV, shortwave UV, germisidal UV; 200-280 nm) olarak üç bölümde incelenebilir.

UV radyasyon kısa dalga boyu ve yüksek enerjisi nedeniyle her çeşit mikroorganizmayı öldürebilir. UV ışınının en büyük antimikrobik etkinliği 250-260 nm (253.7 nm) dalga boyu bölgesindedir. Bu dalga boyu, DNA tarafından en etkin şekilde absorbe edilen dalga boyudur. Hüresel DNA'larca absorbe edilen UV radyasyon enerjisi, bitişik timin bazları arasında kimyasal kovalen bağlar oluşturarak timin dimerleri meydana getirir. Ortaya çıkan bu timin dimerleri hüresel UV hasarının başlıca mekanizmasını oluşturur. Bu UV nedeniyle oluşan timin dimerleri DNA iplikçiklerinde katlanmalara neden olur, DNA'nın doğal helikal yapısı bozulur. Bu durum hücre bölünmesi öncesi kromozom replikasyonunu güçleştirir, genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu yapılamaz. Kromozom replikasyonu yapılabilsen bile üreyemeyen mutant hücreler ortaya çıkacaktır. Timin dimerleri yaşamsal fonksiyonları olan genlerde görüldüğünde, DNA replikasyonunu engellediğinde öldürücüdür (Şekil 1). Belli koşullarda bazı organizmalar DNA hasarını



Şekil 1. Ultraviyole radyasyonla germisidal inaktivasyon.

onarabilir ve üremenin tekrar mümkün olabileceği aktif bir duruma dönebilir. UV ışınının şiddetinin çok yoğun olduğu durumlarda hasar çok yaygın olur ve bu durumda onarım olanaksızdır. Onarım mekanizmalarından ilki, çoğu mikroorganizmaların sahip olduğu ışıkla harekete geçen onarım sistemidir. Fotoreaktivasyon denilen bu sistem, timin dimerlerini ayırarak etki gösterir. Fotoreaktivasyon görülebilir dalga boyundaki güneş ışığının katalizör etkisinin sonucudur. Şigella gibi bazı bakteriyel patojenler fotoreaktivasyon sistemine sahiptir, fakat virüsler ve bazı bakterilerde bu mekanizma yoktur. Bazı mikroorganizmalarda ışığa gereksinim duymayan karanlık reaktivasyon (darkreactivation) denilen diğer bir onarım sistemi bulunur. Bu sistemde timin dimerleri taşıyan kısa DNA zincirleri kesilip atılır. Onarım belli bir sürede yapılabilir, bu süre içinde onarım olmazsa, hasar geri dönüşsüz olacaktır.

UV radyasyonun antimikrobik etki mekanizmalarından bir diğeri de nükleotid bazlarına hidroksil gruplarının eklenmesidir. 290 nm'nin altındaki dalga boylarında çok az UV radyasyonun yer yüzeyine ulaşmasına rağmen, 325-400 nm arasındaki dalga boyuna sahip UV radyasyon da mikroorganizmalara zarar verebilir. Bu dalga boylarındaki etkinin triptofanın toksik foto-ürünlerine dönüşmesi ile olduğu düşünülmektedir. UV radyasyonun bu direkt antimikrobik etkileri dışında, ortamda ozon (O₃) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) gibi serbest radikaller oluşturarak indirekt etkisinin de olduğu belirtilmektedir.

UV radyasyonun germisidal etkisi doza bağımlıdır. Işıma süresi arttıkça veya ışıma şiddeti arttıkça (yüksek voltaj veya ışık kaynağına yakınlık) ölen vejetatif hücre sayısı da artar. UV kaynağından belirli bir alana verilen ışığın enerjisi mikrowatt (µW) olarak ölçülür. Mikroorganizmaların inaktivasyonunda, gerekli enerji UV ışınının şiddeti ve ışınlama süresinin çarpımı ile hesaplanır (µW. saniye/cm²). Bu inaktivasyon için gerekli enerji farklı mikroorganizmalar için değişiklik göstermektedir. Vejetatif bakterilerde 1 log inaktivasyon için yaklaşık 2-6 mW. saniye/cm² enerji gerekir. Bazı bakteriyel endosporlar sporulasyon sürecinde oluşan proteinler aracılığı ile UV'den korunabilir. Bu spor proteinleri DNA'ya bağlanarak konfigürasyonunu değiştirir ve böylece timin dimerlerinin oluşumunu zorlaştırır. Bu da UV ile sterilizasyonda sporlu bakteriler için sporsuz bakterilerden 10 kat daha fazla doz gerektirir. Dolayısıyla bu ışınla sterilizasyon sağlamak uzun süre almaktadır. Bu nedenle UV zayıf bir sterilizan ajan olarak kabul edilmektedir.

UV radyasyonun iyonize radyasyona göre penetrasyon gücü çok daha azdır. UV ışınlar tozsuz hava ve temiz su içinden kolaylıkla geçmesine rağmen; sıradan bir cam, kir ve yağ tabakaları, bulanık solüsyonlar, süt ve plastik gibi maddelere etkin olarak geçemezler. Dolayısıyla UV ışınlar organizmalara direkt olarak geldiğinde ancak etkili olabilmektedirler. UV kaynağı ile steril edilecek ortam arasında herhangi bir engel bulunmamalıdır. Katı maddeler içindeki mikroorganizmalar veya herhangi bir şekilde siperlenmiş, direkt UV ışınından korunmuş mikroorganizmalar UV'den etkilenmeyeceklerdir.

UV radyasyon, uzun süre ve yoğun temas sonucu insan derisinde eriteme neden olmakta ve deri kanseri gelişimine yol açabilmektedir. Ayrıca UV lambasına direkt olarak bakan bazı kişilerin retinasına ciddi zararlar verebilmektedir. Bu dezavantajları nedeniyle UV radyasyon sadece bazı özel durumlarda bir sterilizan ajan olarak kullanılmaktadır.

UV Lambaları

Niels Ryberg Firsén enfeksiyöz deri hastalıklarının tedavisinde güneşin UV bakterisidal etkisini göstererek 1903 yılında tıp dalında Nobel ödülü almıştır. 1930 yılında Westinghouse UV lambalarını geliştirmiş ve germisidal etkilerinin kanıtlanması için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Sonuçta UV'nin virüsler, bakteriler, mantarlar ve *Mycoplasma* üzerine inaktive edici etkisi gösterilmiştir. Ultraviyole germisidal radyasyon [ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)] denildiğinde genellikle 253.7 nm dalga boyunda UV (UVC) kastedilir.

Günümüzde germisidal amaçla UV ışık kaynağı olarak genellikle kullanılan lambalarda, cam bir tüp içindeki düşük basınçlı cıva buharı içinden akan elektrik akımı sayesinde UV ışık üretilir. Bu lambalara “germisidal lambalar (UVC lambalar)” denilmektedir. UV lambalar aydınlatmada kullanılan floresan lambalarla aynı şekilde çalışır. İki lamba arasındaki fark; floresan lamba ampülü UV radyasyonu görünür ışığa çeviren fosfor ile kaplanmıştır, UV lamba kaplı değildir, böylece arkta üretilen UV radyasyonu geçirir. Germisidal lambaların yararlı kullanım süreleri 1000-9000 saat arasında değişmekle birlikte, teknik özelliklerinde belirtilmemişse ortalama 3000 saat olarak kabul edilmektedir.

Orta basınçlı lambalar 180-1370 nm dalga boyu aralığında radyasyon yayar, dezenfeksiyon amaçlı kullanılabilir, fakat yaygın kullanılmamaktadır.

Pulsed UV (PUV) lambaları, düzenli aralarla atım tarzında (pulsing), yüksek yoğunlukta çeşitli dalga boylarında UV (UVA, UVB) yayın cıvasız flaş lambalarıdır. Yüksek güçteki ileri UV ışık lambalarının etkili kullanımı ve etkin enerji tüketimi nedeniyle bu teknoloji giderek artan şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu lambalar öyle yüksek enerjili atımlar (pulse) yayarlar ki, mikroorganizma içinde biriken enerji mikroorganizmada ciddi bir ısınmaya neden olur ve hücre parçalanır. Mikroorganizma üzerine bu parçalama etkisi nedeniyle PUV'nin kullanıldığı mikrobiyal kontrol yöntemi “pulsed UV disintegration (PUVD)” olarak adlandırılır. Bu yöntemin uygun kullanıldığında mikroorganizma sporlarını ve organik bileşikleri 6 log azalttığı iddia edilmektedir.

Ultraviyole Lambaların Mikrobiyal Kontrol Amaçlı Kullanım Alanları

1. Hava ve yüzey dezenfeksiyonu: Mikrobiyal kontrolde UV lambalarının başlıca kullanım alanları; ameliyathaneler, laboratuvarlar ve biyolojik güvenlik kabinlerinin hava ve yüzeylerinin dezenfeksiyonudur. Ayrıca, insanların birarada kalabalık olarak bulunduğu çocuk yuvaları, kafeteryalar, jimnastik salonları, hastane odaları gibi kapalı yerlerde, havadaki patojen mikroorganizmaların sayısını azaltarak hava yolu ile bulaşan hastalıkların yayılımını engellemek için kullanılabilirler.

UV lamba armatürleri havası dezenfekte edilecek odaların tavanına veya yerden 210 cm yukarıya duvara monte edilir (direkt ışıklı UV). Kullanım sırasında odada bulunan kişiler dışarı çıkartılır. Odada bulunması gerekli kişilerin uygun elbise ve gözlük kullanması gereklidir. Başka bir önlem olarak armatürün önüne bir siper koyarak odada bulunan kişilere direkt ışığın gelmesi engellenir (üst hava ışıklı UV). Oda içinde bulunan hava ısındıkça yükselecek ve beraberinde mikroorganizma içeren damlacıkları da taşıyacaktır ve bu mikroorganizmalar UV'nin etki alanına gireceklerdir. Üst hava ışıklı UV lambalar hava dezenfeksiyonu sağlarken, direkt ışıklı olanlar hem hava hem de yüzey dezenfeksiyonuna yardım ederler. Teknik olarak direkt ve üst hava ışıklı UV lambalar, reflektöre hareket kabiliyeti sağlayan (reflektör üst ve alt kısımlara kolaylıkla hareket edebilir) pratik bir tasarımla birleştirilmiştir. Böylece bir UV lamba hem direkt hem de üst ışıklı tipte kullanılabilir.

Hava ve yüzey dezenfeksiyonunda ayaklı portatif UV lambalar da kullanılmaktadır. Ayrıca, içinden geçen havayı UVGI ile dezenfekte eden ticari sistemler geliştirilmiştir. İçinden geçen havayı UVGI ile dezenfekte eden büyük ticari sistemler binaların havalandırma sistemlerinde [heating, ventilating and air conditioning (HVAC)] kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerde özellikle PUV kullanımını artmaktadır. 2002 yılında Douglas VanOsdell ve arkadaşlarının yaptığı kapsamlı bir araştırmada, havalandırma sistemlerinde hava akımının biyolojik dekontaminasyonunda UVGI'nin etkisi araştırılmış ve özellikle bakteriler için etkinin çok yüksek olabildiği (%90'dan yüksek) gösterilmiştir.

UV'nin genel özellikleri göz önüne alındığında, UV'nin hava dezenfeksiyonunda kullanımında bazı noktalara dikkat edilmelidir. Bunların başında insanların UV ışını ile direkt temasının önlenmesi gelir. Ayrıca toz ve kir tabakası UV geçişini engellediğinden, UV lambası iki-dört haftada bir alkollü bez ile silinmelidir. Kullanım süresine göre belli aralıklarla UV lambalar değiştirilmelidir (ortalama yılda bir kez). Yüksek oranda nemli alanlarda etkinliğinin azaldığı unutulmamalıdır. Hedefin ışık kaynağına uzaklığı azaldıkça UV'nin etkisi artacağından tüm hedefi görebilecek en kısa mesafe seçilmelidir. UV ışığın gücünün (watt) ve uygulama süresinin artması da etkiyi artıracığından, hedef mikroorganizmalara ve alanın büyüklüğüne göre; kullanılacak UV lambanın büyüklüğüne, lamba sayısına ve uygulama süresine karar verilmelidir. Örnek olarak Tablo 1'de bir laboratuvar için gerekli UV lamba miktarı verilmiştir.

2. Alet dezenfeksiyonu: UVGI özellikle ısıya ve neme dayanıksız materyalin dezenfeksiyonunda kullanılabilir. Fakat bu alanda kullanımı sınırlıdır. Bunun nedeni, UV'nin direkt olarak UV ışınına maruz kalan mikroorganizmaları öldürebilmesi, iğne veya laporoskopun lümeni gibi UV ışınının ulaşmadığı yüzeylerdeki mikroorganizmaları öldürememesidir. Bu nedenle alet ve yüzey dezenfeksiyonunda UV lambalar diğer dezenfeksiyon işlemleri ile birlikte kullanılmalıdır.

3. Su dezenfeksiyonu: Son dönemlerde içme suyu elde etmede ve arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla ticari UV üniteleri

Tablo 1. Laboratuvar boyutlarına göre takılması gerekli üst hava ışmalı UV lamba adetleri

| Tavan yüksekliği: 2.7-3 m | | Oda uzunluğu: 3-4 m Genişliği: 3-4 m | Oda uzunluğu: 3-4 m Genişliği: 5.5-7 m |
|---|-------------------------------|---|---|
| Personel en fazla sekiz saat ışma altında | %90 hava dezenfeksiyonu için: | 1 adet 15 Watt (W) | 3 adet 15 W veya 1 adet 30 W veya 1 adet 40 W |
| | %99 hava dezenfeksiyonu için: | 2 adet 15 W veya 1 adet 30 W | 6 adet 15 W veya 2 adet 30 W veya 2 adet 40 W |
| | %90 hava dezenfeksiyonu için: | 1 adet 15 Watt (W) | 2 adet 15 Watt (W) veya 1 adet 30 W |
| | %99 hava dezenfeksiyonu için: | 2 adet 15 W | 3 adet 15 W veya 1 adet 30 W veya 1 adet 40 W |

geliştirilmiştir. UV ışımının geçebildiği ince quartz tüpler içinden veya merkezdeki UV lambanın etrafından geçen filtre edilmiş berrak suyun sterilize edilebildiği bildirilmektedir. Böylece suya herhangi bir kimyasal madde eklenmeden ve tadı değişmeden işlemde geçirilebilmektedir. UV'nin suyu dezenfekte edebildiği kabul edilse de, üretici firmaların iddialarının aksine içme suyu elde etmek için kullanımı halen tartışmalıdır. Ayrıca *Giardia* ve *Cryptosporidium* gibi daha büyük organizmaları inaktive etmek için gerekli UV dozu bakteri ve virüsler için gerekli olandan birkaç kat fazladır. Sonuç olarak, UV'nin dezenfektan etkinliğini artırmak için ozon veya hidrojen peroksit gibi ajanlar ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Fotoreaktivasyona engel olmak için işlemde geçmiş suyun bir süre ışıktan korunması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Sterilization and Disinfection. In: Boyt RF (ed). Basic Medical Microbiology. 5th ed. USA: Little Brown and Company (Inc.), 1995:93-103.
2. Sterilization and Disinfection. In: Levinson W, Jawetz E (eds). Medical Microbiology and Immunology. 5th ed. Prentice-Hall International, 1998.
3. Sterilization. Infection Prevention Guidelines (http://www.reproline.jhu.edu/english/4morrh/4ip/IP_manual/11_Sterilization.pdf).
4. Control of Microorganisms. In: McKane L, Kandel J (eds). Microbiology Essentials and Applications. 2th ed. California, USA: McGraw-Hill, 1996:347-74.
5. Control of Microorganisms by Physical and Chemical agents. In: Prescott LM, Harley JP, Klein DA. (eds). Microbiology. 4th ed. USA: McGraw-Hill Inc., 1999:135-50.
6. Microbial Growth. In: Prescott LM, Harley JP, Klein DA (eds). Microbiology. 4th ed. USA: McGraw-Hill Inc., 1999:113-34.

7. Ünalın F. Mikroalga ve ultraviyolenin sterilizasyondaki etkinliği. Sterilizasyon Dezenfeksiyon. Hastane İnfeksiyonları Sempozyumu Kitabı, 21-22 Ekim Samsun, 1999:12-9.
8. Vural T. Bakterilerin yařam siklusunu ve üremelerinin kontrolü. Ustaçelebi Ő (editör). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji. Ankara: Güneş Kitabevi, 1999:35-44.
9. Johansson CB. Sterilizasyon ve dezenfeksiyon. Topçu AW, Söyletir G, Dođanay M (editörler). İnfeksiyon Hastalıkları ve Mikrobiyolojisi. İstanbul: Nobel Kitabevi, 2002:333-48.
10. Alternative Disinfectants and Oxidants. EPA Guidance Manual, 1999;8:1-25.
11. Lesavoy G, Peccia J. Air decontamination. Whole Building Desing Guide. 2006. (http://www.wbdg.org/desing/air_decon.php)
12. Ceyhan İ. Ülkemize Uygun Tüberküloz Laboratuvarı Yapılanması. 21. Yüzyılda Tüberküloz Sempozyumu ve II. Tüberküloz Laboratuvar Tanı Yöntemleri Kursu, Samsun. 2003:428-42.
13. Douglas VanOsdell and Karin Foarde (2002). Defining the effectiveness of UV lamps installed in the circulation air ductwork. Air Conditioning and Refrigeration Technology Institute. Report # ARTI-21CR/610-40030-01.
14. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR 2003;52 (No. RR-10).
15. Kujundzic E, Matalkah F, Howard CJ, Hernandez M, Miller SL. UV air cleaners and upper-room air ultraviolet germicidal irradiation for controlling airborne bacteria and fungal spores. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2006;3:536-46.