
Mikrodalga ve Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Uygulamaları, Kullanım Alanları Genel Özellikleri

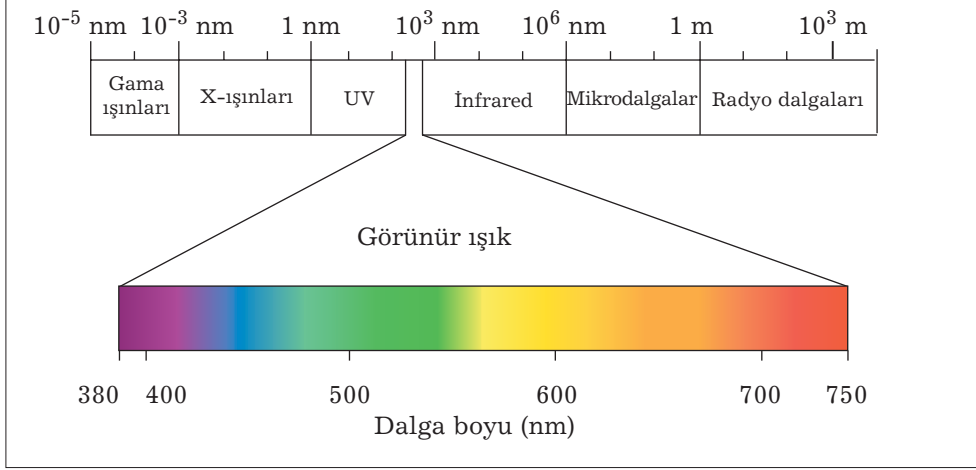
Yrd. Doç. Dr. Nuri ÖZKÜTÜK

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, İZMİR

Dünyamız farklı türlerde elektromanyetik radyasyonun bombardımanı altındadır. Güneş bu elektromanyetik radyasyon bombardımanının başlıca kaynağıdır. Elektromanyetik radyasyon; gama ışınları, X ışınları, ultraviyole ışık, görünür ışık, infrared ışınlar, mikrodalgalar ve radyo dalgalarından oluşur (Şekil 1). Elektromanyetik radyasyonun dalga boyu azaldıkça, radyasyon enerjisi artar. Gama ışınları ve X ışınlarının enerjisi görünür ışıktan ve infrared dalgalardan daha fazladır.

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

İyonize radyasyon ve ultraviyole 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.



Şekil 1. Elektromanyetik radyasyon spektrumu.

ULTRAVİYOLE

Ultraviyole (UV) radyasyon görünür ışıktan kısa, X-ışınından uzun dalga boyuna sahip (yaklaşık 10-400 nm) bir elektromanyetik radyasyondur. UV radyasyon, dalga boyuna göre; yakın-UV (near-UV, 380-200 nm) ve uzak-UV (extreme-UV, 200-10 nm) olarak ikiye ayrılabilir. İnsan sağlığına ve çevreye etkileri göz önüne alındığında UVA (Uzun UV, LongWave UV, siyah ışık; 380-315 nm), UVB (orta UV, MediumWave UV; 315-280 nm) ve UVC (kısa UV, ShortWave UV, Germisidal UV; 280-10 nm) olarak üç bölümde incelenebilir.

UV radyasyon kısa dalga boyu ve yüksek enerjisi nedeniyle her çeşit mikroorganizmayı öldürebilir. UV ışığın 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. Hücresel DNA'larca absorbe edilen UV radyasyon enerjisi, bitişik timin bazları arasında kimyasal kovalen bağları oluşturarak, timin dimerleri meydana getirir. Ortaya çıkan bu timin dimerleri hücresel UV hasarının başlıca mekanizmasını oluşturur. Bu UV nedeniyle oluşan timin dimerleri DNA iplikçiklerinde katlanmalara neden olur, hücre bölünmesi öncesi kromozom replikasyonu bozulur, genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu yapılamaz. Timin dimerleri yaşamsal fonksiyonları olan genlerde görüldüğünde, DNA replikasyonunu engellediğinde öldürücüdür. Çoğu mikroorganizma DNA'daki bu hasarı onaracak ışıkla harekete geçen onarım sistemine sahiptir. "Fotoreactivation" denilen bu sistem timin dimerlerini ayırarak etki gösterir. Bazı mikroorganizmalarda ışığa gereksinim duymayan "Darkreactivation" denilen bir sistem bulunur. Bu sistemde timin dimerleri taşıyan kısa DNA zincirleri kesilip atılır. UV ışığın şiddetinin çok yoğun olduğu durumlarda hasar çok yaygın olur ve bu durumda onarım olanaksızdır.

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 bağlıdır. Işıma süresi arttıkça veya ışımaya şiddeti arttıkça (yüksek voltaj veya ışık kaynağına yakınlık) ölen vejetatif hücre sayısı da artar. Bazı bakteriyel endosporlar sporülasyon 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 ışıktan 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.

Mikrobiyal kontrolde UV ışığın başlıca kullanım alanları; ameliyathaneler, laboratuvarlar ve biyolojik güvenlik kabinlerinin hava ve yüzeylerinin dezenfeksiyonudur. Ayrıca insanların bir arada 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. Bu amaçla genellikle UV ışık kaynağı olarak düşük basınçlı civa buharı lambaları kullanılmaktadır. Bu lambalara germisidal lambalar da denilmektedir. UV ışık armatürleri havası dezenfekte edilecek odaların tavanına monte edilir ve 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. Fakat oda içinde bulunan ha-

va ısındıkça yükselecek ve beraberinde mikroorganizma içeren damlacıkları da taşıyacaktır ve bu mikroorganizmalar UV'nin etki alanına gireceklerdir. Hava ve yüzey dezenfeksiyonunda ayaklı portatif UV lambalar da kullanılmaktadır. Ayrıca içinden geçen havayı UV ile dezenfekte eden ticari sistemler geliştirilmiştir.

UV ışığın bir diğer kullanım alanı alet dezenfeksiyonudur. Özellikle ısıya ve neme dayanıksız materyalin dezenfeksiyonunda kullanılabilir. Fakat bu alanda kullanımı sınırlıdır. Bunun nedeni UV'nin direkt olarak UV ışığa maruz kalan mikroorganizmaları öldürebilmesi, iğne veya laparoskopun lümeni gibi UV ışığın ulaşamadığı yüzeylerdeki mikroorganizmaları öldürememesidir.

Son dönemlerde yaygınlaşan bir diğer kullanım alanı içme suyu elde etmede ve arıtma tesislerinde kullanımınıdır. Bu amaçla ticari UV üniteleri geliştirilmiştir. UV ışığın 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 işleminden geçirilebilmektedir.

Sonuç olarak; UV'nin genel özellikleri göz önüne alındığında, UV'nin dezenfeksiyon amaçlı kullanımında bazı noktalara dikkat edilmelidir. Bunların başında insanların UV ışık ile direkt temasının önlenmesi gelir. Ayrıca toz ve kir tabakası UV geçişini engellediğinden UV lambası sık sık temizlenmelidir. Belli aralıklarla UV lambalar değiştirilmelidir. Kullanım süresi 1000-9000 saat arasında değişmekle birlikte ortalama 3000 saat kabul edilmektedir. 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 arttıracığından, hedef mikroorganizmalara (örneğin; sporlu bakteriler, virüsler) ve alanın büyüklüğüne göre; kullanılacak UV lambanın büyüklüğüne, lamba sayısına ve uygulama süresine karar verilmelidir.

MİKRODALGA

Mikrodalgalar, infrared dalgalardan daha uzun, radyo dalgalarından daha kısa dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalardır. Süper yüksek frekanslı [Super-High Frequency (SHF)] sinyaller olarak da bilinen mikrodalgalar yaklaşık 1 m-1 mm arasında dalga boyuna sahiptir. UV radyasyona göre çok daha az enerjiye sahip mikrodalga radyasyonun germisidal etkinliği gösterilmiştir.

Mikrodalga radyasyonun başlıca germisidal etki mekanizması ısıtma yolu ile (termal etki) vejetatif hücrelerin öldürülmesidir. Mikrodalga enerji su moleküllerince absorbe edilir ve ısı enerjisine dönüştürülür. Böylece ortam ısısını artırmaya gerek kalmaksızın, su içeren maddeler direkt olarak kendi içlerinde enerjiyi ısıya dönüştürür. Yeterli düzeyde ısıya ulaşıldığında bu materyalin içerdiği çoğu vejetatif patojen öldürülür. Fakat yeterli su içermeyen bakteriyel endosporlar mikrodalga radyasyondan daha az etkilenebilirler. Çalışmalarda mikrodalga fırınlarında 5 dakikadan kısa sürede vejetatif patojen mikroorganizmaların öldüğü,

fakat sporlu mikroorganizmaların yok edilmesi için daha fazla süre (15-20 dakika) gerektiği belirtilmektedir.

Mikrodalga radyasyonun germisidal etkisinin olası diğer mekanizmaları arasında hücrenin patlaması sonucu ölümü ve hücre oksijen metabolizmasının bozulması sonucu ölümü de sayılmaktadır. Ayrıca mikrodalga radyasyonun yeterli enerjiye sahip olmamasına rağmen DNA zincirinde kırılmalara neden olabildiği gösterilmiş, ısıya bağlı olmadığı (nontermal) düşünülen bu etkinin mekanizması tam aydınlatılamamıştır.

Katı materyale mikrodalga radyasyonun homojen olarak penetre olamaması, materyalin her bölgesinde ısının eşit düzeyde yükselmemesine, soğuk noktaların kalmasına neden olur. Oysa mikrodalga radyasyon kontaminan mikroorganizmaları öldürmek için kullandığımızda, sadece materyal yeterli ısıya ulaşırsa antimikrobiyaldir. Ayrıca mikrodalga fırınların çoğu bir sterilizasyon kazanı olarak dizayn edilmemiştir ve yiyeceklerin içindeki patojen mikroorganizmaları güvenilir bir şekilde ortadan kaldıramayacağı belirtilmektedir. Mikrodalga fırınlarda pişirilmiş domuz etlerinin sorumlu olduğu düşünülen trışinelloz salgınları bildirilmiştir. Sterilizasyon amacıyla kullanılması düşünülen mikrodalga fırınların üç düzlemde hareket eden bir düzenek yardımıyla modifiye ederek enerjinin homojen olarak absorbe edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca otoklav kazanına benzer bir sistem ile dezenfekte edilecek materyalin sulandırılması ile etkinin artırıldığı gösterilmiştir.

Günümüzde dezenfeksiyon amacıyla mikrodalga tıp alanında, sınırlı da olsa, özellikle diş hekimliğinde metal aletler, protezler ve benzeri materyalin dezenfeksiyonunda, ayrıca yumuşak kontakt lenslerin dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. Bunun dışında uygun değişiklikler yapılmış mikrodalga kazanlarında hastane atıklarının dezenfeksiyonu yapılabilmektedir. Yine kirli, klinik mikrobiyoloji laboratuvarı atıklarının, hastane önlükleri ve elbiselerinin, cerrahi malzemenin dezenfeksiyonunda kullanılabileceği belirtilmekle birlikte bu amaçla yaygın kullanım alanı bulamamıştır.

Tıp dışında aynı amaçla daha çok gıdalardaki kontaminan mikroorganizma sayısını azaltmak için kullanılmaktadır. Bunlar arasında süt gibi sıvı gıdaların sterilizasyonu veya pastörizasyonu, tahıl gibi ürünlerdeki bakteri veya parazitlerin sayısının azaltılması, ekmek gibi bazı katı gıdaların raf ömrünün uzatılması sayılabilir.

Sonuç olarak; mikrodalga ile sterilizasyonun ideal bir sterilizasyon yöntemi olmadığı, sadece yüksek düzey dezenfeksiyon aracı olarak kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Border BG, Rice-Spearman L. Microwaves in the laboratory: effective decontamination. Clin Lab Sci 1999;12:156-60.

2. 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.
3. Control of microorganisms. In: McKane L, Kandel J (eds). *Microbiology Essentials and Applications*. 2th ed. California: McGraw-Hill, 1996:347-374.
4. Johansson CB. Sterilizasyon ve dezenfeksiyon. In: Topçu AW, Söyletir G, Doğanay M (editörler). *İnfeksiyon Hastalıkları ve Mikrobiyolojisi*. İstanbul: Nobel Kitabevi, 2002:333-48.
5. Kakita Y, Funatsu M, Miake F, Watanabe K. Effects of microwave irradiation on bacteria attached to the hospital white coats. *Int J Occup Med Environ Health*. 1999;12:123-6.
6. Kastl PR, Maehara JR. Low-power microwave disinfection of soft contact lenses. *CLAO J* 2001;27:81-3.
7. Kindle G, Busse A, Kampa D, et al. Killing activity of microwaves in milk. *J Hosp Infect* 1996;33:273-8.
8. Latimer JM, Matsen JM. Microwave oven irradiation as a method for bacterial decontamination in a clinical microbiology laboratory. *J Clin Microbiol* 1977;6:340-2.
9. Microbial Growth. In: Prescott LM, Harley JP, Klein DA (eds). *Microbiology*. 4th ed. USA: McGraw-Hill Inc., 1999:113-34.
10. Microwave, Ultraviolet -Wikipedia, the free encyclopedia.htm
11. Mishenko AA, Malinin OA, Rashkovan VM, et al. Complex high-frequency technology for protection of grain against pests. *J Microw Power Electromagn Energy* 2000;35:179-8.
12. Najdovski L, Dragas AZ, Kotnik V. The killing activity of microwaves on some non-sporogenic and sporogenic medically important bacterial strains. *J Hosp Infect* 1991;19:239-47.
13. Rosaspina S, Liguori G, Anzanel D, Finzi G, Salvatorelli G. Experimental tests of a microwave sterilization system. *Minerva Stomatol* 1994;43:17-21.
14. Sterilization and dezenfektion. In: Levinson W, Jawetz E (eds). *Medical Microbiology and Immunology*. 5th ed. Prentice-Hall International, 1998.
15. Sterilization and disinfection. In: Boyt RF (ed). *Basic Medical Microbiology*. 5th ed. USA: Little Brown and Company Inc., 1995:93-103.
16. Sterilization. In. *Infection Prevention Guidelines*, (http://www.reproline.jhu.edu/english/4morerh/4ip/IP_manual/11_Sterilization.pdf)
17. Ünalın F. Mikrodalga ve ultraviyolenin sterilizasyondaki etkinliği. *Sterilizasyon Dezenfeksiyon Hastane İnfeksiyonları Sempozyumu Kitabı*, 21-22 Ekim 1999, Samsun, 1999:12-19.
18. Vural T. Bakterilerin yaşam siklusu ve üremelerinin kontrolü. Ustaçelebi Ş (editör). *Temel ve Klinik Mikrobiyoloji*. Ankara: Güneş Kitabevi, 1999:35-44.
19. Xi X, Wu D, Wang G, Wang W. Research and development on microwave sterilization. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi* 2002;19:334-6, 343.