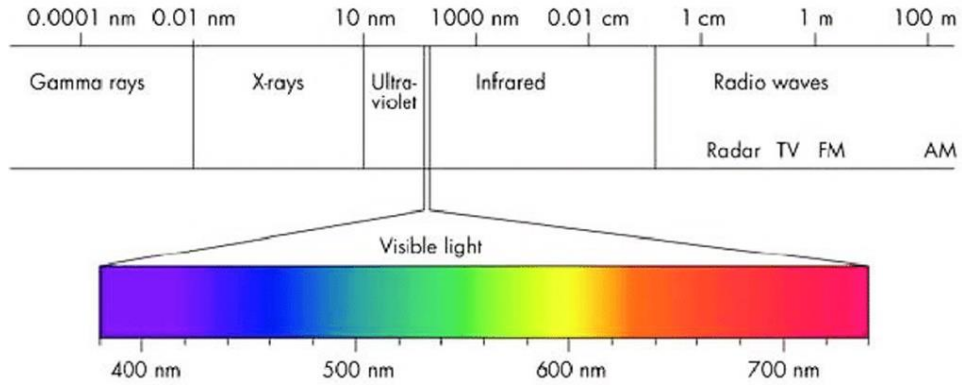




**Yüksek Frekanslı Morötesi
(UV-C Ultraviyole) Işıkların
Virüslere Karşı Kullanımında
Bilimsel Araştırmalar ve Dünyadaki Örnek Kullanımları
Hakkında Rapor**



Kimyager Fatih KÜÇÜKUYSAL, Fizikçi Aylin ÇÖLOĞLU

Son günlerde tüm Dünyada olduğu gibi ülkemiz de Koronavirüs (Covid-19) salgın tehdidi altında. Virüslere karşı dezenfeksiyon işleminin sadece kimyasallarla olmayacağı, hatta bazen daha güçlü ve ekonomik fiziksel doğal yöntemlerle de dezenfeksiyon ve sterilizasyon yapabileceğimiz bir gerçektir. Doğanın kendisi de zaten bu yöntemleri ekolojik döngüde kullanmaktadır. Bu fiziksel doğal dezenfektan yöntemlerinden en önemlilerinden biri Güneş ve ondan yayılan morötesi (UV, Ultraviyole) ışınlarıdır.

Dezenfeksiyon, cansız maddeler üzerinde bulunan hastalık yapıcı (patojen mikroorganizmaların, mikrop) yok edilmesidir. Bir diğer ifadeyle dezenfeksiyon ile yer veya bir cisim hastalık yapıcı etkenlerden arındırılır. Bu amaçla kullanılan kimyasal maddelere dezenfektan denir.

Sterilizasyon cisim üzerindeki mikropları tam bir öldürme işlemidir. Sterilizasyon ile tıbbi ekipmanlarda barınan mikroorganizmalarla birlikte üreme yapıları sporları da öldürülür. Her ikisi de kimyasal ya da fiziksel yöntemlerle yapılabilir. Sterilizasyon, tüm mikrobiyolojik çalışmalarda, özellikle sağlık alanında en önemli hususlardan birisidir.

Sterilizasyon şekilleri 4 ana başlık altında toplanabilir.

- a) Isı uygulaması
- b) Kimyasal sterilizasyon ve dezenfeksiyon
- c) Filtrasyon
- d) Radyasyon

Bunların dışında dondurma, kurutma ve ultrasonik teknikler de mikroorganizma sayısında önemli azalmalara neden olabilmekle beraber, mikrobiyolojik anlamda sterilizasyon sağlayamazlar.

Biz, kimyager Fatih KÜÇÜKUYSAL ve fizikçi Aylin ÇÖLOĞLU, bu araştırmada güncel bir sorun olan **Koronavirus Covid-19** ile ilgili olarak UV morötesi radyasyon yoluyla sterilizasyon ve dezenfeksiyon üzerinde duracağız.

* * *

Elektromanyetik spektrumda dalgalar, binalar büyüklüğündeki çok uzun radyo dalgalarından bir atomun çekirdeğinin boyutundan daha kısa gama dalgalarına kadar değişmektedir. UV ışınları daha iyi anlamak için bazı temel kavramlar bilinmelidir. Elektromanyetik dalga veya ışık; ortama ihtiyaç duymaksızın yüklü parçacıkların titreşimleriyle oluşan elektrik ve manyetik alanda foton adı verilen kütsüz parçacıkların akışıdır. Bu sayede boşlukta ilerler.

Elektromanyetik ışınım, elektromanyetik dalga ya da elektromıknatis ışın (genellikle EM radyasyon veya EMI olarak kısaltılır) bir vakum veya maddede kendi kendine yayılan dalgalar formunu alan bir olgudur. Yüklü bir parçacığın ivmeli hareketi sonucu oluşurlar. Birbirine dik elektrik ve manyetik alan bileşeni bulunur ve bu iki alanın oluşturduğu düzleme dik doğrultuda yayılırlar. Yayılmaları için ortam gerekmez. Boşlukta c ışık hızı ile yayılırlar. Enine dalgalardır. Elektromanyetik dalgalar, frekansına (ya da eşdeğer şekilde dalga boyuna) göre değişik tiplerde sınıflandırılmıştır. Artan frekansa ve azalan dalga boyuna göre elektromanyetik dalga türleri; Radyo dalgaları, Mikrodalgalar, Terahertz ışınımı, Kızılötesi ışınım, Görünür ışık, Morötesi ışınım, X-ışınları ve Gama ışınları şeklinde sıralanır. Elektromanyetik dalgaların, en önemli üç niceliği (dalga boyu-frekans-enerji) Elektromanyetik dalgalar, boşlukta (vakumda) çok hızlı yayılan bir enerji türüdür.

Radyasyon ile Sterilizasyon

Çeşitli sterilizasyon yöntemleri arasında etki mekanizması en az bilineni radyasyon uygulamasıdır. Radyasyon uygulaması 2 grupta toplanabilir.

- a) İyonize radyasyon
- b) İyonize olmayan radyasyon

İyonize radyasyon (İyonlaştırıcı EM Işınım):

Hücrelerdeki molekülleri bir arada tutan atomik bağları iyonlaştırma yani atomlardaki pozitif (proton) ve negatif (elektron) yükleri bir arada tutan yüksüz nötrona etki ederek atomun yapısının bozulması ile meydana getirmeye yetecek foton enerjisine sahip yüksek frekans bölgesinde olup minimum 12 eV (elektron volt)' tan başlayan enerji değerlerine sahiptir. Dalga boyu 100 Å'dan daha kısa olan X ışınları ve dalga boyu 1 Å'dan (1 Angstrom 0,1 nanometre 10⁻¹⁰ metre uzunlukta) daha kısa olan gama ışınları oluşturur. Kozmik ışınlar da dahildir. Bu ışınlar fazla maruz kalmak, canlıya ait hücredeki organellerin hasara uğraması ve DNA zincirinin bozulması gibi etkilerinden dolayı tehlikelidir. Dolayısıyla özel güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulur. Bu ışınların penetrasyon (hücre içine nüfuz etme) etkileri yüksektir. Genel olarak radyasyon sterilizasyonu denildiğinde iyonize ışınlar kastedilir.

İyonize olmayan radyasyon (İyonlaştırıcı Olmayan EM ışınım):

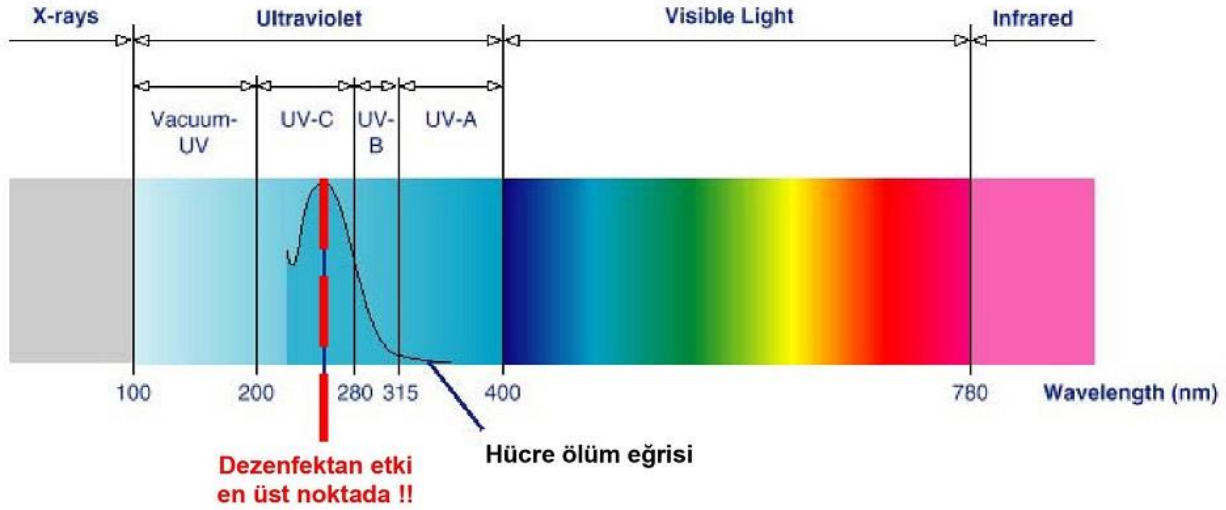
Bu yöntem, ultraviyole (UV) ışını ile yapılır. Bu ışınlar, atomik bağları kırmak için gerekli enerjiye sahip olmayan fotonların oluşturduğu elektromanyetik (EM) dalgalarıdır. Bunlar; görünür ışık, kızılötesi, morötesi, RF (Radyo Frekans) dalgaları, mikrodalga, statik ve manyetik alanlardır. Yani frekans tayfının 1 Hz (Hertz=frekans birimi-saniyedeki dalga sayısı)'den başlayarak yaklaşık 1000 GHz' lik bölümüdür. Ölçülen enerji değeri ise örneğin 300 GHz de 0,00125 eV olup, iyonlaştırma yapacak seviyeye göre çok düşük değerdir. Ancak bu alanlar, faktörlere (yani mesafe, güç ve maruz kalma zamanı vs.) bağlı olarak vücutta ısı etkiye (ısı artışı) sebep olduğu gibi, bazı uzmanlarca aşırı ve yanlış kullanımında kanser ve göz retinası hasarı gibi biyolojik etkilere de sebep olabileceği öne sürülmektedir.

UV ışınlar yeryüzüne kısmen ulaşabilir. Özellikle dezenfektan etkisi olan UV-C ışınlar gökyüzündeki ozon (O₃) tabakası tarafından büyük oranda soğurulur. Aksi halde bu güçlü ışınlar ekosistem için faydalı mikro yaşamı yok eder, dünyada insan dahil hiçbir canlının gelişmesini mümkün kılmazdı. Güneş ışığı veya daha spesifik tabirle Güneş UV radyasyonu (morötesi) ortamdaki temel doğal virucid, yani virüs yok edicidir. UV ışınları virüslerin RNA (Rübonükleik asit), DNA (Deoksiribonükleik asit) genetik yapılarının kimyasını değiştirerek etkisizleştirme işlemi yapmış olur. Bu etkisizleştirme için en ideal dalgaboyu 250-260 nm arasındadır.

UV, uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ultraviyole Radyasyonu UV'nin antimikrobiyal etkisi yaklaşık 100 yıldan beri bilinmektedir. Parlak güneş ışığının bakterisidal etkisi, spektrumundaki UV'den kaynaklanır. Işın intensitesi ve etki süresi başta olmak üzere sıcaklık, pH, bağıl nem ve mikroorganizma sayısı gibi faktörler UV ışınının öldürücü gücünü etkiler. İyonize radyasyon ile kıyaslandığında UV'nin enerjisi çok az ve bu nedenle, penetrasyon gücü çok düşüktür. Dolayısı ile mutlak bir sterilizasyon sağlamaz. Ancak, dezenfektan maddeler gibi popülasyondaki mikroorganizma sayısını önemli ölçüde indirir.

UV radyasyonu, bazı istisnalar dışında mayalar ile G⁺ ve G⁻ bakterilere aynı etkiyi yapar. Micrococcus radiodurans gibi bazı türler UV'ye yüksek direnç gösterir. Benzer şekilde Streptococcus lactis diğer streptokoklara oranla daha dirençlidir. Bakteri sporları, vejetatif hücelere göre, UV'ye daha fazla direnç gösterirler. Çoğu küf sporu, bakteri sporları kadar dirençli iken, bazıları bakteri sporlarından 10 kat daha yüksek dirençlidirler.

Virüslerin direnci ise değişkendir. Bazıları bakteri hücreleri kadar, bazıları ise onlardan 100 kat daha fazla direnç gösterirler. Bazı küfler yağ ve mum benzeri salgıları ile, bazı bakteriler ise pigment oluşturmaları ile UV'den korunurlar. Işıklar, sadece hücre tarafından absorbe edildiklerinde, kimyasal değişimler ve biyolojik hasarlar yaparlar.



Ultraviyole (UV) dalgaları görünür ışıktan daha kısa dalga boyuna sahiptir. Bu dalga boylarını insan gözü göremez. Ancak bazı yaban arısı türlerinin bu dalgaları görebildikleri fark edilmiştir.

Spektrumun ultraviyole kısmı radyasyon frekansına bağlı enerjisine göre üçe ayrılır. Bunlar:

1. Yakın UV (Görünür ışığa yakın, yakın mor ötesi) NUV
2. Uzak UV (Görünür ışık ile X-ışınlarının arası) FUV
3. Çok Uzak UV (X – ışınlarına yakın, ekstrem, aşırı mor ötesi, en yüksek enerji) EUV

UV ışığın dalga boyu ise enerjisi ile ifade edilir.

Güneş, elektromanyetik spektrumdaki tüm dalga boylarından ışın yaymaktadır.

Güneşten gelen bazı UV dalgaları yerküre atmosferini geçmekte, ancak ozon tabakası gibi bazı gazlar tarafından tutulmaktadır. Bazı günler daha fazla UV radyasyonu dünyaya ulaşmaktadır. Bilim adamları UV radyasyonunun zararlı etkilerinden insanların korunmasında, yardımcı olacak UV indeksini geliştirmişlerdir.

Ultraviyole radyasyon görünür ışıktan kısa, X ışınından uzun yaklaşık 10-400 nm dalga boyuna sahip bir elektromanyetik radyasyon olarak tanımlanabilir. UV radyasyon dalga boyu göz önüne alındığında 400-200 nm dalga boyu olan yakın-UV ve 200-10 nm dalga boyu olan uzak-UV olarak ikiye ayrılabilir. İnsan sağlığına ve çevreye etkileri göz önüne alındığında ise UVA (uzun UV, LongWave UV; 400-320 nm), UVB (orta UV, MediumWave UV; 320-280 nm) ve UVC (kısa UV, ShortWave UV; 280-10 nm) olarak üç bölümde incelenebilir.

UV-A Işını (400-320 nm)

UV ışınları içinde dalga boyu en fazla ve enerjisi en az olan ışınlardır. Güneş kaynaklı UV-A ışınları atmosfer tarafından tutulmamakta, camdan geçebilmektedir. Dermis olarak bilinen iç deriye kadar nüfuz edebilmektedir. Bu yüzden erken yaşlanmaya ve deride kırışıklıklara, deri kanserinin ilerlemesine neden olmaktadır. Endüstride genellikle ışıklandırma sistemlerinde kullanılmaktadır.

UV-B Işını (320-280 nm)

Hem enerji hem de dalga boyu açısından UV bandının ortasında yer alan ışınlardır. UV-A'dan yaklaşık 1000 kez daha güçlüdür. Biyolojik olarak zararlı olan UV-B radyasyonu stratosferik ozonun konsantrasyonuna bağlı olarak yer yüzeyine ulaşmaktadır. UV-B'yi absorbe ederek yer yüzeyine ulaşmasını engelleyen sadece stratosferik ozon değildir. UV ışınlarının büyük bir kısmı da bulutlar tarafından absorbe edilmektedir. Atmosferik kirlilik, UV ışınlarına maruz kalmayı yerel ve küresel olarak etkileyebilmektedir. En önemli etkisi insanların bağışıklık sistemini zayıflatmasıdır. Diğer bir önemli etkisi, insanlarda geçici körlük, korneanın zedelenmesi ve ileri yaşlarda katarakta sebep olmasıdır. UV-B ışınlarının insanlar üzerine bir başka zararlı etkisi de deri kanseridir. Uzun süreli UV-B ışınları altında kaldığı takdirde önce deri hücrelerinde bozulma, 40 yaşlarında tümör oluşumu ve 50 yaşlarında da ileri safhada kanser görülebilmektedir. Endüstride ışıklandırma sistemlerinde ve solaryum lambalarında kullanılmaktadır.

UV-C Işını (280-10 nm)

UV'nin C bandında, dalga boyu en kısa, enerjisi en yüksek olan ışınlardır. Deri veya göz ile teması sonucunda kansere yol açmaktadır. Koruyucu önlemler alınmadan hiçbir şekilde UV-C radyasyonuna maruz kalınmamalıdır. Güneş kaynaklı UV-C ışınları dünya atmosferine nüfuz etse de ozon (O₃) tabakası tarafından filtre edilir ya da atmosferdeki gazlar tarafından tutulmaktadır. Bu yüzden ancak elektronik endüstriyel işlemler sonucunda elektrik enerjisi kullanılarak üretilmektedir. Herhangi bir yüzeye değer değmez enerjisini kaybeder.

UV ile Dezenfeksiyon

Avrupa, özellikle Almanya ve Avusturya'da dezenfeksiyon UV radyasyonu 240 ila 290 nm aralığındadır. UV geleneksel olanlara göre gittikçe daha çok kabul gören bir alternatif kimyasal dezenfeksiyon yöntemidir.

İçme suyu dezenfeksiyonu için klor ve UV radyasyonu 20. yüzyılın ilk on yılında neredeyse aynı anda ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, UV dezenfeksiyonu yeni bir buluş değildir

UV dezenfeksiyonunu teşvik etmek için birçok girişim yapılmış, ancak düzgün çalışma ve etkinlik kontrolü ile ilgili sorunlar tam çözülmemiştir. Bununla birlikte, zararlı yan ürünlerin keşfi

1970'lerde kimyasal dezenfektanlara alternatifler daha çok ortaya çıkmıştır. Bunun için 240 ila 290 nm aralığında UV-radyasyonu ile dezenfeksiyonun teşvik edilmiştir. Erken 1980'lerde, Alman Profesör Günther Schenck (Max - Planck Radyasyon Kimyası Enstitüsü) ve Profesör Heinz Bernhardt (İçme Suyu Rezervuarları Birliği, ATT) içme suyu arıtımında UV dezenfeksiyonunun güvenli ve büyük ölçekli bir şekilde uygulanmasını sağlamak için araştırmayı teşvik etmiştir.

DVGW Standardı W 294 bir Alman sertifikasyonudur. Dört alanı kapsayan süreci vardır.

- Belge desteği
- UV sensörleri
- Komuta ve kontrol
- Biyodosimetrik performans testi.

Belge desteğinde, Üretici tarafından sağlanan destek belgeleri, montaj ve kurulum, işletme ve bakım, temizleme prosedürleri, UV lambalar ve sensörlerin kullanım talimatı yer alır.

UV-C ışıkla dezenfeksiyon ve sterilizasyon yöntemlerinde ışığın oksitleme özelliğini kullanılır. Bu işleme "fotooksidasyon" denir. Bu işleme göre; Yaklaşık 254 nm dalgaboylu yüksek enerjiye sahip UV-C ışınları mikroorganizmaların hücre zarından içeri geçer ve genetik yapının ana bileşeni DNA'yı oluşturan başta "Timin" adlı nükleik asitler tarafından emilir. Bu enerji etkisi sonucu DNA zinciri birçok noktadan bozunur. DNA'sı bozulan canlının ve RNA'sı bozulan virüslerin tüm hücre faaliyetleri durur olur ve ölümü gerçekleşir.

UV-C radyasyonu kısa dalgaboyu ve yüksek enerjisi nedeniyle her çeşit mikroorganizmayı etkisiz hale getirebilmektedir. UV radyasyonunun en büyük antimikrobik etkinliği 254 nm dalgaboyu bölgesinde göstermektedir. Bu dalga boyu, DNA tarafından en etkin şekilde emilen dalga boyudur. Hücresel DNA tarafından absorbe edilen UV radyasyon enerjisi, timin dimerleri meydana getirmekte ve bunlar hücresel UV hasarlarının temel mekanizmasından sorumludur. UV radyasyonun antimikrobik etki mekanizmalarından bir diğeri de nükleotid bazlarına hidroksil gruplarının eklenmesidir. Bu şekilde hücre bölünmesi öncesi DNA replikasyonu, genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu bozulmaktadır. UV radyasyonun bu doğrudan antimikrobik etkileri dışında, ortamda ozon ve hidrojen peroksit gibi serbest radikaller oluşturarak dolaylı etkisinin de olduğu belirtilmektedir.

Mikroorganizmaların yok edilmesi için gerekli enerjinin miktarı dozaj olarak ifade edilir. Dozaj birimi enerji, zaman, yüzölçümü faktörlerinin ürünü olarak santimetrekareye mikrowatt saniye (uws/cm²) şeklinde gösterilir. Bir mikroorganizmayı öldürmek için gerekli doz zamana ve dozajın yoğunluğuna bağlıdır. Işıma süresi arttıkça veya ışımaya şiddeti arttıkça, yani voltaj veya ışık kaynağına yakınlık arttıkça, ölen vejetatif hücre sayısı da artar. Ortalama bir bakterinin UV lambasının 5 cm yanında 2 sn'de tahrip olduğu, ultraviyole lambalarının mikroorganizmalar üzerinde; 2,5 metreden % 99, 5 metreden % 97, 7.5 metreden % 95 oranında etkili olduğu belirtilmektedir. Önemli olan, dezenfekte edilecek yüzeylerin UV-C ışığının direkt ve en yakından alabilmesidir. Mikroorganizmaların DNA'sı üzerinde en fazla tahribata yol açan 240 ila 280 nm aralığındaki UV-C ışınlarıdır. Etkinin pik noktasında yaklaşık 253-256 nm dalga boylu ışınlar için etkili en üst noktaya ulaştığı yerdir. Çalışmalardan anlaşılacağı üzere yüksek frekanslı UV-C ışık ışınları virüs ve diğer zararlı mikroorganizmaları etkisizleştirilmesi için gayet etkilidir.

UV Lambalar da bunun için işlev görür. Protein yapıdaki genetik yapısını bozar. Ancak bu ışınların 240-280 nm dalgaboylu UV-C yüksek şiddette ışın yayan türde olması gerekir. Özellikle 254 nm dalga boylu yüksek enerjili morötesi ışınlar, virüslerin hücre zarından içeri geçer ve DNA-RNA'yı oluşturan nükleik asitleri parçalayarak etkisiz kalmalarını sağlar. Ancak bu ışınlara doğrudan bakılmaması ve cilde uzun süre maruz bırakılmaması tavsiye edilir.

UV cihazının doğru seçimi için hedef alınan mikroorganizmanın hangi UV dozu ile etkisiz hale getirileceğinin bilinmesi gerekir. Aşağıda Tablo-1'de çeşitli mikroorganizmaların UV dozuna bağlı giderim oranları verilmektedir.

Örneğin "Hepatit A" virüsüne karşı %99,99 oranında giderim sağlamak için seçilen UV cihazının kullanım noktasındaki su kalitesi ve pik debisine göre suya en az 300 J/m² UV dozu vermesi gerektiği tablodan görülebilir. Ek bilgi olarak, yapılan çalışmalar göstermiştir ki, 400 J/m² UV dozu ile hemen hemen tüm patojen mikroorganizmaları %99,99 oranında gidermek mümkündür. Bu nedenle UV cihazı seçiminde emniyetli tarafta kalmak için UV dozu en az 400 J/m² olarak tercih edilmelidir. Tablo 2. Patojenlerin Giderimi İçin Gerekli UV Dozları Giderim için gerekli asgari UV dozları (J/m²)

Tablo 2. Patojenlerin Giderimi İçin Gerekli UV Dozları

Patojen Mikroorganizma	Giderim için gerekli asgari UV dozları (J/m ²)			
	%90	%99	%99,9	%99,99
Cryptosporidium oocysts	-	100	190	350
Vibrio cholerae	65	110	180	300
Escherichia coli O157:H7	15	28	41	56
Salmonella typhimurium	80	118	152	195
Hepatitis A virus	55	140	220	300
Poliovirus Type 1	60	140	230	300
Coxsackie B5 virus	69	140	220	300
Rotavirus SA11	71	150	240	365
Corynebacterium Diphtheriae	-	-	65	125
Sarcina Lutea	-	-	265	350

Bir UV cihazının sağlayabileceği UV dozu temelde aşağıdaki parametrelere bağlıdır: 1. Reaktördeki UV ışın yoğunluğu: UV reaktörü içinde “ortalama UV ışın yoğunluğu” yeterince yüksek seviyede olmalı ve mümkün olduğunca homojen bir şekilde dağılmalıdır. UV ışın yoğunluğu, birim yüzey alana düşen UV-C254nm enerjisidir ve W/m² birimiyle ölçülür. Merkezi tek UV lambalı bir cihazın reaktör enkesiti düşünülürse (Şekil-7), UV lambaya yaklaştıkça UV ışın yoğunluğu artarken, uzaklaştıkça azalır. Lambadan en uzak nokta olan UV reaktörü cidarında UV ışın yoğunluğu en düşüktür.

DNA 'dan ve RNA'dan parça kopmalarına ve mutasyonlara sebep olur. Bu sebeple kanserojen bir ışıktır. RNA'dan urasil kopartır. Böylece protein sentezini de durdurur. Bu ışığın mikrop öldürücü etkisi buradan gelir. Ancak, belli koşullarda bazı organizmalar DNA hasarını 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.

Fakat çoğu mikroorganizma gelen ışıkla harekete geçen onarım mekanizması çalıştırır. İki türlü onarım sistemi mevcuttur. Bunlar:

1. Fotoreaktivasyon : Görülebilir dalga boyundaki güneş ışığının aracılık ederek hız kazandırmasıyla oluşur. UV hasarının, DNA iplikçiklerinde katlanmalara neden olan timin dimerlerinin ayrıştırılması yöntemidir. Böylece yapısı bozulan DNA replikasyonuna çalışılır. Bazı bakteriyel patojenlerde bu sistem varken virüsler ve bazı bakterilerde yoktur.
2. Darkreaktivasyon : Işığa ihtiyaç duymayan bazı mikroorganizmalarda timin dimerleri* taşıyan kısa DNA zincirlerinin kesilip atılması ile gerçekleştirilen karanlık reaktivasyon sistemidir. Onarım süresine dikkat çekilir ve aşılırsa geri dönüşümü olmayan hasar meydana gelir.

UV radyasyon, uzun süre ve yoğun temas sonucu insan derisinde eritmeye 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 Lambaların UV Işıklarını Üretmesi

UV radyasyonu, UV lambaları ile de sağlanır. UV etkisi, lamba ile sterilize edilecek materyal arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Bu nedenle kapalı bir odadaki UV uygulaması sırasında, eğer lamba tavanda ise, tabana yakın yerlerdeki mikroorganizmalar UV nin etkisinden önemli ölçüde korunurlar. Bu gibi uygulamalarda havanın sirkülasyonu ile bu sakınca bir ölçüde giderilebilir. Hastane odaları ve peynirhaneler gibi bazı gıda sanayi tesislerinde hava, UV uygulaması ile dezenfekte edilebilir.

İnfeziyöz deri hastalıklarının tedavisinde güneşin UV bakterisidal etkisini göstererek 1903 yılında Nobel ödülü alan Niels Ryberg Finsen, 1930 yılında Westinghouse UV lambalarını geliştirerek yaptığı çalışmalarla UV' nin virüsler, bakteriler, mantarlar ve Mycoplasma üzerine inaktive edici etkisini göstermiştir. 210-300 nm dalga boyundaki ışınlar yüksek absorpsiyonlarına bağlı olarak kuvvetli öldürücü etki yaparlar.

2537 Å (253,7 nm) dalga boyundaki ışın, UV spektrumu içinde en etkili olanıdır. Bununla beraber optimum etkin dalga boyu mikroorganizma cinsine göre değişir. UV; havanın, suyun ve ambalaj kâğıtları gibi düzgün yüzeylerin dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. Kullanım alanı, penetrasyon gücünün zayıflığı nedeniyle mutlak sterilize sağlayamaması dolayısıyla oldukça sınırlıdır

Niels Ryberg Firsen infeksiyöz 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) yayan 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 bileşiklerini 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. 4

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 kullanımı 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.

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 işlemleriyle birlikte kullanılmalıdır.

3. Su dezenfeksiyonu: Son dönemlerde içme suyu elde etmede ve arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla ticari UV üniteleri, UV dezenfeksiyonu için geliştirilmiş cihazlar, 254 nm dalgaboylu UV ışınları üreten özel UV lambalarla donatılmıştır. 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 fakat UV lamba kaplı değildir, böylece arkta üretilen UV radyasyonu geçirir. Havadaki ve/veya UV lambası üzerindeki tozlar dahi mikroorganizmaları UV'den koruyabilirler.

Benzer şekilde bir mikroorganizma kolonisinde yüzeyin altındaki hücreler UV'den fazlaca etkilenmezler, merkezdekiler ise önemli ölçüde korunur. İhtiyaç duyulan UV-C ışınlarını sentetik olarak üreten civa buharlı UV lambalar 20. yy başlarında keşfedilmiştir. Herhangi bir glob ampul veya herhangi bir floresan lamba gibidir. Floresan lambanın takıldığı elektrik düzeni ile çalıştırılır. Piyasamızda 15, 18 ve 30 watt'lık floresan lamba şeklinde mevcut ve makul bedel ile satın alınabilen floresan lambalardan 5-6 tane temin edilmeli, birbirine paralel bağlanmalı, klinik tavanına veya uygun yerlere, laboratuarda odanın tavanına veya tezgâh üzerine monte edilmeli veya uygun aralıklarla konulmalıdır.

UV lambalar, yüksek basınç ve düşük basınç lambaları olmak üzere iki tiptir. Düşük basınç tipli lambalar, ürettikleri UV enerjisinin çok büyük kısmını mikroorganizmalar üzerine en öldürücü etkili dalga boyu olan 264 nanometreye yakın tayflarda kullandıkları için tercih edilmektedirler. Bu lambaların ömürleri 8000 ile 12000 saat arasında değişmektedir. 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 antimikrobiyal etkiyi arttırmaktadır. Bu sebeple, hedef mikroorganizmalara (örneğin; sporlu bakteriler, virüsler) ve alanın büyüklüğüne göre; kullanılacak UV lambanın büyüklüğüne, lamba sayısına ve uygulama süresine karar verilmelidir.

UV ışık uygulamasında dikkat edilmesi gereken noktalar; kullanılmayacağı zaman, insan veya canlı hayvan bulunmadığı zaman lambalar yanık bırakılmalıdır. Lambalar yakılır yakılmaz mekân derhal terk edilmelidir. Mekâna girer girmez ise lambalar en kısa zamanda kapatılmalıdır. Bu ve diğer bütün ışımalarda genel bir kural olarak lamba ile hedefteki malzeme arasındaki mesafe dezenfeksiyonu çok fazla etkiler. Dezenfeksiyonun kuvveti aradaki mesafenin karesi kadar azalır. Bu sebeple lambalar infektif odağa yakın yerleştirilmelidir. Bu lambaların dekorasyonu bozduğu düşünülüyorsa lambalar portatif bir düzeneğe tespit edilip laboratuvarın faal olmadığı tatil gün ve saatlerinde yerleştirilip yakılabilir.

Su dezenfeksiyon cihazlarında kullanılan UV lambalar "civa buharlı" tiptedir. Dayanıklı kuvarstan cam tüp şeklindeki UV lambanın içinde özel inert bir gaz ve katı formda civa vardır. Gelişmiş UV lambalarda "amalgam" alaşımları vardır. Lambanın uçlarında elektrodlar bulunur ve özel tasarım enerji kaynakları ile beslenir. UV ışık üretiminde öncelikle inert gaz ısıtılır. Civanın buharlaşması ve iyonlaşarak tüp içine dağılması sağlanır. Ardından elektrodlar elektron yaymaya başlar. İki elektrod arasındaki potansiyel farkı (volt) ile elektronlar tüp içinde bir elektrodta diğerine ve akış yönü sürekli değiştirilerek (AC frekans) yüksek hız ve yoğunlukta hareket etmeye başlar. Elektronlar civa iyonları ile çarpışarak enerji seviyelerini yükseltir. Civa iyonları aldıkları enerjiyi 254 nm dalgaboylu UV-C ışınları yayarak deşarj ederler.

Başarılı bir UV lamba en az elektrik enerjisi harcayarak en fazla miktarda UV ışını üretmeli ve mümkün olan en uzun süre hizmet etmelidir. Ayrıca lambanın yaydığı ışın spektrumu "monokromatik" olmalıdır. Sadece 254 nm dalgaboylu ışınlar üretmelidir. Daha geniş spektrumda 200 nm ila 400 nm aralığında UV ışınları üreten "polikromatik" UV lambalar da mevcuttur. Ancak aşırı enerji tüketimleri ve 240 nm altı ışınların oluşturduğu yan etkiler nedeniyle bu tip önerilmez.

Doğru Bir UV Cihazında Olması Gereken Özellikler

1.Yeterli kalite ve yoğunlukta UV-C ışını üretimi: UV lambanın UV-C üretim gücü çok önemlidir. Bununla birlikte lambanın sadece 250-260 nm aralığında ışın üretmesi, daha kısa veya uzun dalgaboylu ışınlar üretmemesi istenir. Bu tür UV ışınları nitrat'ı nitrit'e dönüştürmek, alg oluşumunu hızlandırmak gibi istenmeyen yan etkiler oluşturur ve aşırı ısı yayarlar. Ayrıca, lambanın ömrü boyunca sağlıklı çalışabilmesi için lambaya uygun tasarlanmış enerji besleme sistemi (balast) kullanılmalıdır.

2.Su sıcaklığından etkilenmeyen dezenfeksiyon performansı: Kullanılan UV lambanın geniş bir su sıcaklığı aralığında hemen hemen stabil bir verimle çalışması istenir. Mevsimsel değişiklik gösteren su sıcaklıklarında güvenli bir dezenfeksiyon verimine ulaşmak için bu durum büyük önem taşır.

3. Yüksek UV dozu: Patojen bir çok mikroorganizma için 10.000-25.000 mikroWatt-s/cm² (=100-250 J/m²) UV dozu yeterli oluyorsa da; virüslere, sporlara, parazitlere ve "fotoreaktivasyon" ihtimaline karşı UV cihazlarının seçiminde en az 400 J/m² UV dozu esas alınmalıdır.

4.Test edilmiş sertifikalı cihaz: Dezenfeksiyon verimi test edilmiş bir cihaz kullanmak, yetersiz kapasite nedeniyle oluşacak ciddi riskleri minimize edecektir. Ayrıca farklı üretici ve modellerin kıyaslanması durumunda haksız rekabetin önüne geçilecektir.

5. UV sensörü: Sadece 254 nm dalgaboyuna duyarlı olması gereken bu sensörler, UV reaktörü cidarında yer alır. Böylece UV lambaya en uzak noktadaki "minimum UV ışın yoğunluğunu" sürekli olarak ölçer, yeterli yoğunluğu bulamazsa alarm verir ve/veya girişteki otomatik vanayı kapatarak su geçişini durdurabilir. Kullanılan UV sensörün ilgili standartlara uygun olması gerekir.

6. UV lambaların izlenmesi: UV cihazının tam olarak kontrolü için UV sensörü yanında (özellikle birden fazla UV lamba içeren cihazlarda) her bir UV lambanın ayrı olarak izlenmesi ve çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi gerekir. Çoklu UV lambalı cihazlarda tek bir lambanın sönmesi bile dezenfeksiyon performansını önemli oranda düşürebilir.

7. Malzeme ve imalat kalitesi: UV cihazı imalatında kullanılan malzeme kalitesi önemsenmelidir. UV reaktörü kaliteli çelikten (en az AISI-316) ve uygun kaynak / polisaj teknikleri ile imal edilmelidir. Kuvars camlar uzun ömürlü ve yüksek UV-C geçirgenliğine sahip olmalıdır. Ayrıca sızdırmazlık parçaları (contalar, oringler, v.b.) gıda kalitesinde olmalıdır. Elektrik panosu ve kablolar ilgili standartlara ve çalışma ortamına uygun seçilmelidir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR:

Journal of Virology, Mart 1989 yılına ait makalede 254 nm UV ışığı ile Adeno ilişkili virüsün ışınlanması ile ilgili yapılan çalışmadan bahsedilen çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Simian virus 40 (oni mutant) ile dönüştürülmüş Çin hamster embriyo hücrelerinin (OD4 hattı) UV ile ışınlanması deneyinde ışık, yardımcıdan bağımsız adeno-ilişkili virüsün tam döngüsünü destekleyen bir hücresel kapasiteyi indükledi.

254 nm'deki tek renkli UV ışığı, 313 nm'deki UV ışığından yaklaşık 1,000 kat daha etkiliydi.

UV ışınlanması ve enfeksiyon 12 saate kadar önemli ölçüde geçirgenlik kaybı olmadan ayrılabilir.

Hücrelerin UV ışınlanması;

OD4 kültürleri 5 cm çapında çanak başına 2 x 10⁵ hücrede 20 ila 24 saat fosfat tamponlu salin (PBS) ile yıkanarak (çanak ile 1 ml PBS varlığında kapaklar çıkarılmış) bir Philips TUV 15-W antiseptik lamba ile 1.5 J/m² / s olay akış hızında ışınlandı.

Akıcılık oranı bir Blak-Ray J-225 ultraviyole metre ile ölçülmüştür (UltraViolet Products, Inc., San Gabriel, CA).

Argonne Ulusal Laboratuvarı'ndaki tek renkli UV ışık kaynaklarına maruz kalmak için OD4 hücreleri, 5 cm çapında kültür kaplarına yerleştirilmiş asitle temizlenmiş cam kapak slipleri (1 x 5 cm) üzerinde büyütüldü.

Kapak slipleri PBS içinde durulandı ve daha sonra ışına dik açılarda, monokromatik ışık kaynağının çıkış yarığının önüne doğru yerleştirilmiş 2 mm'lik bir ışık yoluna (PBS ile doldurulmuş) sahip bir kuvars küvet içine yerleştirildi.

Işınlama işleminden sonra, kapak slipleri taze ortam içeren kültür kaplarına geri konuldu.

254 nm'deki UV ışığı kaynağı, düşük basınçlı bir cıvalı Penray lambaydı.

313 ve 405 nm'deki ışık kaynağı, tarif edildiği gibi önceden dağılmış optikler ve dağınık ışığın ortadan kaldırılması için uygun filtrasyon ile 500 nm Bausch & Lomb ızgara monokromatöre bağlanmış bir Kratos-Schoeffel mahfazasında 2.500 W yüksek basınçlı Hg-Xe lamba idi. (Peak and Peak yorumu)

254 nm'deki akıcılık hızı, kalibre edilmiş bir GE modeli UV 480 antiseptik ölçerle ölçülmüştür ve 313 ve 405 nm'de, kalibre edilmiş bir YSI-Kettering modeli 65 A radyometre ile ölçülmüştür.

Işınlanmış hücrelerin enfeksiyonu ve transfeksiyonu: UV ışınlamasından sonra farklı zaman aralıklarıyla girdi çokluklarıyla saflaştırılmış AAV hücreler enfekte edilerek virüs 90 dakika süreyle emdirildi. 1 ml aşu çıkarıldıktan sonra enfekte olmuş hücreler üç kez yıkandı ve ortam ile dolduruldu.

2002'nin sonlarında, Çin'in Guangdong Eyaletinde, etiyolojisi bilinmeyen, hayatı tehdit eden alışılmadık bir solunum yolu salgını başladı. Bu hastalığa ciddi akut solunum sendromu (SARS) adı verildi ve daha sonra Drosten ve ark. (2003), Ksiazek ve diğ. (2003) ve Rota ve diğ. (2003), SARS-CoV olarak adlandırılan yeni bir koro-navirustan kaynaklanmaktadır.

Koronavirüsün SARS için bulaşıcı ajan olarak tanımlanmasından bu yana, birçok laboratuvar bu virüs üzerinde araştırma yapmaya başlamıştır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, 2003 yılı ilk salgını sırasında 8098 kişiye SARS tanısı konmuş ve 774 kişiye bu hastalıktan hayatını kaybetmiştir. SARS hastalığının şiddeti ve nedensel ajanın bulaşıcı doğası nedeniyle DSÖ (WHO) web sitesi (http://www.who.int/csr/sars/biosafety2003_12_18/tr/) bu koro-navirüs ile güvenli çalışma yönergeleri sağlamıştır.

Ultraviyole ışık (UV), 24 oyuklu plakalarda (Corning Inc., Corning, NY) 2 ml'lik virüs kısımları (hacim derinliği = 1 cm) üzerinde gerçekleştirildi. UV ışık kaynağı (Specectronics Corporation, Westbury, NY), plakanın üzerine virüs örneklerini içeren kuyucukların tabanından 3 cm mesafede yerleştirilmiştir.

3 cm'de UVC ışık kaynağımız (254nm), 4016 μ W / cm² (μ W = 10⁻⁶ J / s) yaydı ve UVA ışık kaynağımız (365 nm), radyometrik analizle (Spectronics Şirketi) ölçülen 2133 μ W / cm² yaydı . UV ışık kaynağına maruz bırakıldıktan sonra virüs, son nokta olarak CPE kullanılarak TCID50 deneyi ile daha sonra analiz edilmek üzere dondurulmuştur.

Gama ışınlama ise, 400 μ l SARS-CoV numuneleri hazırladık ve nakliye sırasında kuru buz üzerinde sakladık. Test örnekleri bir 60Co kaynağından gama radyasyonuna (3000, 5000, 10.000 ve 15.000 rad) tabi tutulurken, kontrol örnekleri maruziyetten korunmuştur. Test numuneleri gama radyasyon kaynağına maruz bırakılmadıkça test ve kontrol numuneleri aynı şekilde işlendi ve taşındı. TCID50 testi ile inaktivasyon analizine kadar numuneler dondurularak tutuldu.

UVC, RNA ve DNA bazları tarafından emilir ve iki bitişik pirimidinin fotokimyasal olarak kovalent olarak bağlı dimerlere füzyonuna neden olabilir, bu da daha sonra eşleşmeyen bazlar haline gelir (Perdiz ve diğerleri, 2000). UVB, pirimidin dimerlerinin indüklenmesine neden olabilir, ancak UVC'den 20-100 kat daha az verimli olur (Perdiz ve ark., 2000). UVA, DNA ve RNA tarafından zayıf bir şekilde emilir ve pirimidin dimerlerinin inşasında UVC ve UVB'den çok daha az etkilidir, ancak bazların ve iplik kopmalarının oksitlenmesine neden olan reaktif oksijen türlerinin üretimi yoluyla ek genetik hasara neden olabilir (Tyrrell et al., 2001).

UVA ve UVC'nin inaktivasyon potansiyelini incelemek için, virüs stokları 24 oyuklu doku kültürü plakalarına yerleştirildi ve Şekil 1A'da gösterildiği gibi buz üzerinde UV ışınlarına maruz bırakıldı. Virüsün UVC ışığına maruz kalması, 1 dakikada kısmi inaktivasyon ile sonuçlandı ve verim 6 dakikaya kadar arttı (Şekil 1A), bu da bulaşıcı virüste 400 kat azalmaya neden oldu. 6 ila 10 dakika arasında ek bir inaktivasyon gözlenmedi. 15 dakika sonra virüs, tespit sınırına tamamen inaktive edildi. Deney başına, ml başına $\leq 1,0$ TCID50 (log10). Aksine, UVA maruziyeti, 15 dakikalık bir süre boyunca virüs inaktivasyonu üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir. Verilerimiz UVC ışığının SARS virüsünü 15 cm boyunca 3 cm mesafede inaktive ettiğini göstermektedir.

Biyolojik ürünlerin üretimi sırasında virüsleri inaktive etmek için standart bir prosedür gama ışınmasıdır (Grieb ve diğerleri, 2002). Gamma ışınlamasının SARS-CoV üzerindeki etkisini araştırmak için, 60Co kaynağından 400 μ l SARS-CoV'yi gama radyasyonuna (3000, 5000, 10.000 ve 15.000 rad) maruz bıraktık, kontrol örnekleri maruziyetten korundu. Bu gama ışınmasına maruz kalma aralığında viral enfektivite üzerinde herhangi bir etki gözlenmemiştir.

UV IŞINLARIN DÜNYADA KULLANIMI:

BBC İş Teknolojisi röportörü Adrienne Murray'ın araştırmasına göre UV ışın yayan çeşitli cihaz ve robotlar geçmişteki ve günümüzdeki mikroorganizmaların neden olduğu salgınlarda efektif olarak kullanılmaktadır.

Güney Danimarka Üniversitesi'nde klinik mikrobiyoloji profesörü Prof Hans Jørn Kolmos, UV C ışık yayan robotun geliştirilmesine yardımcı olmuştur. UVD Robots şirketinin yönetim kurulu başkanı Simon Ellison ve şirketin CEO'su Per Juul Nielsen, UV ışıkla dezenfeksiyon ve koruma sağlayan robotlarını Covid-19'dan en fazla etkilenen İtalya ve Çin Wuhan'a gönderdiklerini belirtiyor.



University College London'da doçent ve moleküler biyoloji uzmanı olan Dr. Lena Ciric, UV dezenfeksiyon robotlarının koronavirüs ile savaşmaya yardımcı olabileceğini söylüyor.

Dezenfeksiyon robotları için "-Gümüş kurşun- gibi değildir" diyor Dr. Ciric. Ancak ekliyor: "Bu makineler ekstra bir savunma hattı sağlıyor." "Tam olarak etkili olmak için UV'nin doğrudan bir yüzeye düşmesi gerekir. Işık dalgaları kir veya engellerle engellenirse, bu gölge alanlar dezenfekte edilemez. Bu nedenle önce manuel temizlik gerekir" diyor.

Amerikan firması Xenex, manuel olarak yerleştirilmesi gereken ve U şeklindeki bir ampulden yüksek yoğunluklu UV ışığı veren LightStrike'a sahip robotlarını çalışırken gösteriyor. Şirket İtalya, Japonya, Tayland ve Güney Kore'den gelen siparişlere cevap verdiğini belirtiyor.

Xenex, çok sayıda çalışmanın hastane kaynaklı enfeksiyonları azaltmada ve virüslerle savaşmada etkili olduğunu gösterdiğini söylüyor. 2014 yılında, Teksas'ta bir hastanede Ebola vakasının ardından temizlikte kullanıldığını belirtiyor.



Çin IDC Kıdemli Araştırma Müdürü Leon Xiao, robotların başta dezenfeksiyon, ilaç teslimatları, tıbbi cihazlar, atıkların giderilmesi ve sıcaklık kontrolü gibi çeşitli görevler için kullanıldığını söylüyor. Bay Xiao, “Hem hastaneler hem de diğer kamusal alanlar için UV ışınların robotik kullanımının daha fazla kullanılmasının gerektiğini düşünüyorum” diyerek bu robotların geleceğinin açık olduğunu belirtiyor.



SONUÇ

Güneşten gelen UV radyasyonunun yüksek enerjili kısa dalga boyları atmosferde tutulduğu için doğada yaygın değildir. Atmosferdeki bu elenme yeryüzündeki faydalı mikroorganizma ve diğer canlı sistemi için önemlidir. Ancak zararlı mikroorganizmalar için monokromik, tek dalga boyunda ışık yayan 254 nm çevresinde (250 ila 260 nm aralığında) radyasyon yayan UV-C lambaların sterilizasyon olmasa da dezenfeksiyon için kullanımı tavsiye edilir.

UV-C radyasyon kısa dalga boyu ve yüksek enerjisi nedeniyle şiddeti ve uygulama süresine göre virüsler de dahil olmak üzere birçok mikroorganizmayı öldürebilir. Mikroorganizmayı öldürmek için ısıya gereksinim duymamaları nedeniyle mikrobiyolojik kontrolde kullanılan yöntem olabilir.

Ancak bilinmelidir ki UV ışın intensitesi ve etki süresi başta olmak üzere sıcaklık, pH, bağıl nem ve mikroorganizma sayısı gibi faktörler UV ışınının öldürücü gücünü etkiler. İyonize radyasyon ile kıyaslandığında UV'nin enerjisi azdır. Bu nedenle mutlak bir sterilizasyon sağlamaz. Ancak, dezenfektan maddeler gibi popülasyondaki mikroorganizma sayısını önemli ölçüde indirir.

Özellikle de yukarıda fotoğraflarıyla paylaşılmış robot üzerine monte edilmiş UVC lambalar ile sağlık kurumları veya toplu kullanım alanları ve toplu taşımalar özellikle de insana zarar vermemesi açısından insanın olmadığı zamanlarda aktive edilebilir.

UV ışınların tam randımanlı olması için ışınların temiz yüzeye doğrudan gelmesi önemlidir. O yüzden önce manuel temizlik ile yağlı kirli doku temizlenmesi tavsiye edilir.

Doğru cihazı seçmek ve bilinçli kullanmak şartı ile UV yöntemi çok başarılı bir dezenfeksiyon teknolojisidir ve yaygın kullanılması gerekir. Yanlış uygulamalar ise insan ve faydalı canlı sağlığı için risk olabilir (Kanser ve göz retinasında hasar). Doğru dalgaboyunda radyasyon üretmeyen UV cihazının firmalar için maddi ve üretim kayıpları getirebilir.

Sorunlar yaşanmaması için cihaz seçiminde ve ışık dalgaboyunda, şiddetinde ve süresinde araştırmada değinilen hususlara dikkat edilerek konusunda uzman bilim insanları, elektrik-elektronik mühendisleri, robotlara uyarlanacaksa makine, bilgisayar ve bilişim mühendisleri ve de canlı sağlığına etkisini takip edecek tıp profesyonelleri gözetiminde üretilmesi ve kullanılması tavsiye edilir.

UV CİHAZI SEÇERKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSULAR

Dünyada ve ülkemizde birçok firma UV cihazları üretmektedir. Ülkemizde genel yaklaşım, UV cihazlarının basit ve ucuz ekipmanlar olduğu şeklindedir. Sadece su hattının çapına göre UV cihazı seçen ve satan firmalar ne yazık ki hiç az değildir. İhtiyaca en uygun UV cihazını seçebilmek için, aşağıdaki hususlarda dikkat edilmelidir:

- Ortamdaki olası mikroorganizma türü ve yoğunluğu
- Ortam sıcaklığı ve cihazın çalışacağı optimum ortam sıcaklığının belirlenmesi.
- Cihazda özellikle istenilen donanımların varlığı (UV sensörü, numune alma vanası, vb.) f
- İstenilen garanti şartları (örneğin %99,9 dezenfeksiyon verimi vb)

- Cihazda kullanılan malzemelerin kalitesi (paslanmaz çelik kalitesi, kuvars cam ve contalar, kaynak ve polisaj şekli, kontrol panosu, vb.)
- UV lamba teknolojisi
- UV lamba verimi
- Cihazdaki izleme/kontrol amaçlı donanımlar (UV sensörü, lamba kontrolü, alarmlar, vb.)
- Cihazın UV-T değerine göre verdiği UV dozunu gösteren testler
- Cihazın işletme maliyeti (cihazın enerji sarfiyatı ile UV lamba ve kuvars cam birim fiyatları ve bunların değişim periyodu vb)
- Cihazın garanti şartları (firmanın servis/yedek parça temin garantisi)

KAYNAKLAR

1. Rauth, A. M. 1965. The physical state of viral nucleic acid and the sensitivity of viruses to ultraviolet light. *Biophys. J.* 5:257–273.
2. Özkütük N: Mikrodalga ve ultraviyole ile dezenfeksiyon uygulamaları, kullanım alanları genel özellikleri. 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi Kongre Kitabı, Samsun 2005: 338-343.
3. Gehr R, Wagner M, Veerasubramanian P, Payment P: Disinfection efficiency of peracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. *Water Research* 37:4573-
4. Dağlı G, Özyurt M: Hastane ortamında sterilizasyon uygulamaları. Hastane Enfeksiyonları (Eds) Haznedaroğlu T, Özgüven V, Pekcan M. GATA Basımevi, Ankara 2005: 68-78.
5. Ünalın F: Mikrodalga ve ultraviyole'nin sterilizasyondaki etkinliği. *Sterilizasyon Dezenfeksiyon Hastane enfeksiyonları* 2002 Kitabı, Samsun.
6. Samet Aydın. Ultraviyole Işınları ile Suların Dezenfeksiyonu. 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
7. Leung M, Chan AHS: Control and management of hospital indoor air quality. *Med Sci Monit* 12:17-23, 2006.
8. Volkan Hancı, Sevgi Yılmaz Hancı, Esmâ Yeniz. Ultraviyole ile ameliyathane hava dezenfeksiyonu Sarıkamış Asker Hastanesi deneyimi *Göztepe Tıp Dergisi* 21(2):58-63, 2007
9. Hoyer, O. (2000) The Status of UV Technology in Europe. *IUVA News*, Volume 2 / No. 1, 22 – 27
10. Kolch, A. (1999) Disinfecting Drinking Water with UV Light. *Pollution Engineering*, 10/99
11. Hoyer, O. (1998) Testing performance and monitoring of UV systems for drinking water disinfection. *Water Supply*, Vol. 16, Nos 1-2, 419-442 EC Drinking Water Directive (1998)
12. Meese,W. (2003) Safe UV disinfection with a fluence of 400 J/m²– also taking account of photoreactivation effects
13. Ç. Uysal Pala, A. Kırca Toklucu Akademik Gıda 8(1) (2010) Derleme Makale
14. Doç. Dr. Nuri Özkütük. Ultraviyole Lambalarının Kullanımı. Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi 2007
15. *Journal of Virological Methods* 121 Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV

16. Sterilization and Disinfection. In: Boyt RF (ed). Basic Medical Microbiology. 5th ed. USA: Little Brown and Company (Inc.), 1995:93-103
17. Sterilization and Disinfection. In: Levinson W, Jawetz E (eds). Medical Microbiology and Immunology. 5th ed. Prentice-Hall International, 1998.
18. Control of Microorganisms. In: McKane L, Kandel J (eds). Microbiology Essentials and Applications. 2th ed. California, USA: McGraw-Hill, 1996;347-74.
19. 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.
20. Microbial Growth. In: Prescott LM, Harley JP, Klein DA (eds). Microbiology. 4th ed. USA: McGraw-Hill Inc., 1999;113-34.
21. Ünalın F. Mikrodalga ve ultraviyolenin sterilizasyondaki etkinliği. Sterilizasyon Dezenfeksiyon. Hastane İnfeksiyonları Sempozyumu Kitabı, 21-22 Ekim Samsun, 1999:12-
22. Vural T. Bakterilerin yaşam siklusu ve üremelerinin kontrolü. Ustaçelebi ř (editör). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji. Ankara: Güneş Kitabevi, 1999:35-44.
23. Johansson CB. Sterilizasyon ve dezenfeksiyon. Topçu AW, Söyletir G, Dođanay M (editörler). İnfeksiyon Hastalıkları ve Mikrobiyolojisi. İstanbul: Nobel Kitabevi, 2002:333-48.
24. Alternative Disinfectants and Oxidants. EPA Guidance Manual, 1999;8:1-25.
25. Lesavoy G, Peccia J. Air decontamination. Whole Building Design Guide. 2006.
26. Ceyhan İ. Ülkemize Uygun Tüberküloz Laboratuvarı Yapılanması. 21. Yüzyılda Tüberküloz Sempozyumu ve II. Tüberküloz Laboratuvar Tanı Yöntemleri Kursu, Samsun. 2003:428-42.
27. 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.
28. 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).
29. Kujundzic E, Matalkah F, Howard CJ, Hernandez M, Miller SL. UV air cleaners and upperroom air ultraviolet germicidal irradiation for controlling airborne bacteria and fungal spores. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2006;3:536-46.

Fatih KÜÇÜKUYSAL, Ege Üniversitesi 1998 Kimya Bölümü, Eskişehir Üniversitesi 2014 “Sağlık Kurumları İşletmeciliği” ve 2016 “Sosyal Hizmetler” 2019 “Medya ve İletişim” mezunudur. 8 seneden fazla özel ve kamu okullarında kimya ve fen & teknoloji öğretmenliği yaptı. Avrupa Birliği Başkanlığı fonuyla yurt dışında çeşitli eğitim kurslarına katıldı. Çeşitli kamu ve özel okullarda, Kızılay Toplum Merkezlerinde ve Uluslararası Mavi Hilal İnsani Yardım ve Kalkınma Vakfı Toplum Merkezlerinde “Yeşil Kimya, Ekolojik ve Ekonomik Yaşam” seminer ve atölyeleri yaptı. İstanbul ve şehir dışında çeşitli kişisel gelişim merkezlerinde “Bütünsel Sağlık ve Ekoloji” seminerleri verdi. Şu an MEB’e bağlı MC Akademi Güzellik Bakım Eğitim Kurumlarında idarecilik ve eğitmenlik yapmaktadır. Aynı zamanda kamu yararına sosyal projeler tasarlamakta ve yürütmektedir. Savaş kimyasalları farkındalığı hakkında kitap yazmakta ve Yeşil Kimya ve Sağlık farkındalığı hakkında televizyon programlarına konuk olmaktadır. Avrupa Birliği çalışmaları yürüten gençlik derneği YOUTHART başkan yardımcısı, eğitim ve sağlık komisyonları üyesi, TÜSODER Tüketici Sorunları Derneğinde eğitim ve sağlık komisyonları üyesi, BÜSED Bütünsel Sağlık ve Ekoloji Derneği yönetim kurulu başkanı, EKO-GG Ekolojik Gönüllüler ve Girişimciler Sivil İnişiyatifi kurucusudur. Yalova Üniversitesi Polimer Mühendisliği Bölümünde biyobozunur antimikrobiyal kozmetik ve tıbbi jeller ve maskeler üzerine yüksek lisans yapmaktadır.



fkuyşal@gmail.com 0532 410 8152

Aylin ÇÖLOĞLU, 1981 Adapazarı doğumludur. Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. Bursa ve İstanbul’daki Metal İşletmelerinde ARGE sorumlusu olarak çalışmış, TTGV ve TEYDEB projelerinin yürütülmesi, raporlanması, takibi ve sunulmasında görevde bulunmuştur. Bu çalışmalarında üniversiteler ile firma arasında bilgi alış-verişinin sağlanması, şirketin iyileştirme yapılması öngörülen konularında çalışmaların yürütülmesi (kaizenler, mikroyapı analizleri) mühendislik ve üretim faaliyetlerine destek olunması, proseslerin iyileştirilmesi ve yeni proses geliştirilmesi, yan sanayi araştırılması ve anlaşmaları, gerçekleşecek olan projeler için pazar araştırma ve marketing çalışmaları yaparak destek olmuştur.



aylin.cologlu@gmail.com 0532 468 26 16