

BİYOLOJİK TEHLİKELERE KARŞI SOĞUK PLAZMA

Şarbon, Deli Dana Hastalığı, Sars virüsü, Kuş Gribi, Biyolojik Silah. Son yıllarda sıkça duyduğumuz bu terimler tüm dünya insanlığını tedirgin etmektedir. Bir mektup içinde şarbon olması, sığır etinden deli dana ya da tavuk etinden kuş gribi hastalığına yakalanmak herkes için söz konusu olabilir. Son yıllarda Türkiye’de bazı hastanelerde meydana gelen yeni doğmuş çocuk ölümleri de hastane virüsü olarak bilinen bir tür bakteriden kaynaklanmakta. Bununla birlikte, bu türden virüsleri kullanarak yapılacak biyolojik silahlar, ulusal güvenlik açısından tüm ülkelerin savunmasını tehdit ediyor. Biyolojik silahlar, biyolojik hücrelerin insandan insana kolayca geçmesi nedeniyle fiziksel ve kimyasal silahlara nazaran çok daha yüksek ölümlere hatta tüm dünya insanlığının ölümüne sebep olabilirler. Bu nedenle bu tür biyolojik tehlikelerle mücadele etmek; araştırma hastanelerinde, halk sağlığı enstitülerinde, üniversite ve diğer pek

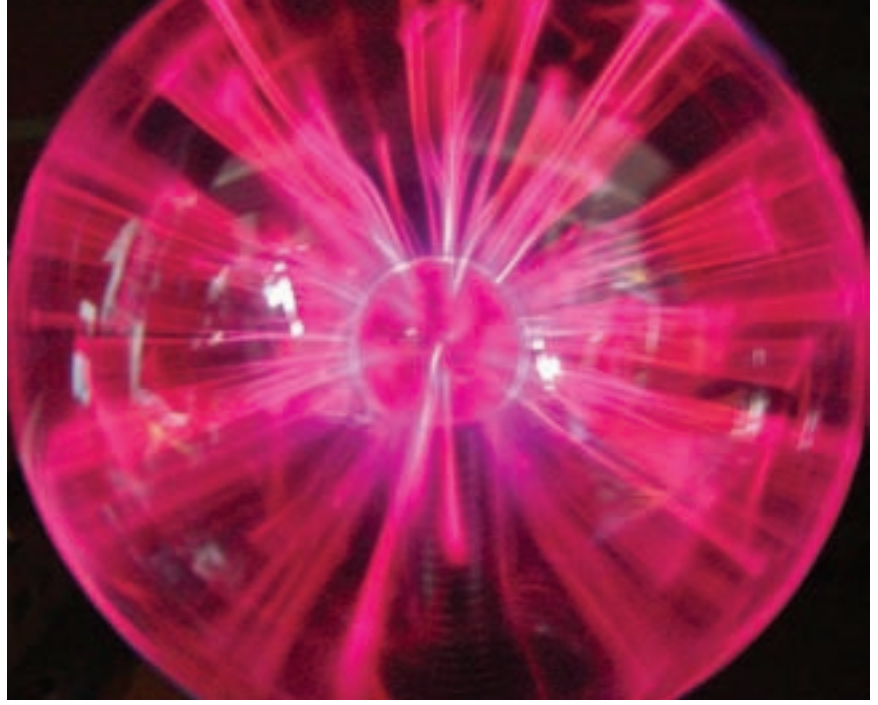


çok araştırma merkezlerinin ve özellikle ulusal savunma sanayinin ilgi alanı olmuş. Ancak, bu tür biyolojik tehlikeleri yok etmek için kullanılan klasik metotlar her zaman çözüm üretmiyor. Örneğin, kuş gribi virüsü yüksek sıcaklıklarda ölürken, deli dana hastalığına sebep olan protein, yüksek sıcaklıklarda dahi etkisini yitirmiyor. Bu nedenle, deli dana hastalığına sebep olacak et çok yüksek sıcaklıkta pişirilmiş olsa da fayda etmeyecektir. Bununla birlikte, gerek kimyasal gerekse yüksek ısı gibi klasik sterilizasyon metotları, günümüz teknolojisinde kul-

Plazmalar evrenin büyük bir kısmını oluştururlar ve günlük hayatta plazma televizyonlarından, aydınlatmaya kadar pek çok yerde kullanılırlar. Çevremizde çok sayıda plazma görsek te onlara dokunmak mümkün olmamaktadır. Üst resimdeki plazma küresi ve floresan lambalar çok yakınına geldiğimiz fakat kendisine dokunmadığımız plazmalardır. Ancak son yıllarda artık atmosfer ortamında üretilen ve zararlı mikropları öldürmek için kullanılan plazmalara dokunmak mümkün olmaktadır.

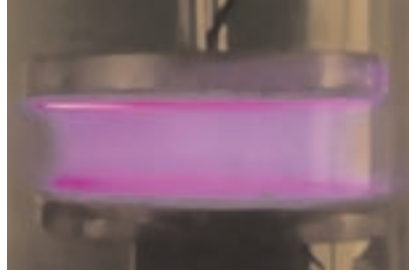
landığımız aygıtların sterilizasyonu için uygun olmuyor. Bu metotlar sterilize edilen cihaza zarar verdikleri gibi, özellikle kimyasal tekniklerin kullanıcılarına da ikincil zararları bulunmakta. Ayrıca günümüz teknolojisindeki pek çok aygıt artık polimer tabanlı olup ısıya duyarlıdır. Örneğin, bugün insan vücudu içinde hareket edebilen mikrokameraların, bir insanda kullanıldıktan sonra bir başka hastada kullanılması için sterilize edilmesi gerekmektedir. Ancak, bu tip bir mikro kamerayı bugünkü klasik metotlarla örneğin yüksek sıcaklık fırınlarında sterilize et-

mek, cihazın tamamıyla kullanılmaz hale gelmesine sebep olur. Hastanelerde, diş tedavisinde, sanayi ve orduda kullanılan pek çok ısıya hassas elektronik aygıtın bu nedenle sterilizasyonu kolay olmuyor. Bir devlet başkanına veya herhangi bir kişiye gelen çok önemli bir mektupta şarbon ya da başka bir virüs şüphesi olduğunda, zarfı yüksek ısı ile veya kimyasal yolla sterilize etmek, yalnızca mektubun zarar görmesine neden olur. Aynı şekilde, paha biçilmez bir resim veya bir tarihi esere terörist niyetlerle biyolojik saldırıyı, bugünkü metotları kullanarak ve onlara zarar vermeden def etmek çok kolay olmayacaktır. Ay'a ve gezegenlere sefer düzenlemek isteyen NASA ve diğer uzay araştırma istasyonları, yapacakları yolculuklarda sterilizasyon koşullarına dikkat etmelidir. Çünkü, yer yüzünde normal koşullarda dahi milyonlarca yıl yaşayabilen (yüksek sıcaklıklarda dahi) bakteri sporlarının diğer gezegenlere taşınması, o gezegende yeni bir yaşamın yapay olarak oluşmasına neden olacaktır. Bunun tersi de gerçekleşebilir. Dünya'daki yaşamın da uzaydaki bazı uzun ömürlü bakteri sporları ile başladığını söyleyen bilim adamları bulunuyor. Diğer gezegenlerden Dünyamıza dönen uzay araçlarının, geldikleri gezegenden dünyamıza farklı türlerde mikroorganizmalar taşınmasına izin verilmemeli. Bu, Dünyadaki yaşamın tümüyle değişmesine neden olacaktır. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı pek çok bakteri sporunun sterilizasyonu klasik metotlarla yapılamadığı gibi uzay aracına ve içindeki personele zarar vermeden bu işlemin yapılması da kolay olmuyor. Bu nedenle yüksek ısı üretmeden, kimyasal atık ya da radyasyon kullanmadan ve steril edilecek nesneye de zarar vermeden yapılacak bir sterilizasyon işlemi, bugünkü teknoloji için çok önemli. Gıda, kimya, tekstil, sanat, tıp, biyomedikal, savunma sanayii gibi yerlerde kullanılacak olan böyle bir yöntem, terörist saldırılarına karşı da güçlü bir silah olacaktır. Bugünkü teknolojide yüksek ısı kullanmadan sterilizasyon yapan etilen oksit ve gama ışını gibi yöntemler kullanılmakta. Ancak, bunlar toksik ve radyoaktif atık problemleri yanında, pahalı ve sterilizasyon süresini neredeyse birkaç güne çıkartmaları nedeniyle verimli değiller. Bununla



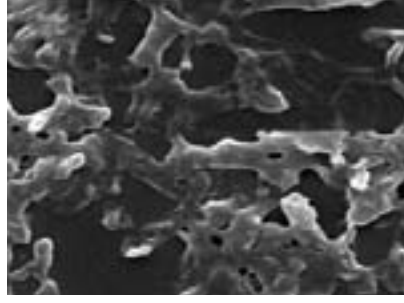
birlikte son yıllarda plazma televizyonlarla tanıdığımız soğuk plazmalar; eşsiz özellikleri nedeniyle, tüm bu gereksinimleri karşılayacak çok yeni bir yöntem olarak ortaya çıkıyor.

Plazma maddenin dördüncü hali olarak bilinir ve bir gaza yeterli miktarda enerji verilmesiyle elde edilebilir. Gaza verilen bu enerji, gazın atom ve moleküllerinden serbest elektronlar ayırır. İyonlaşma olarak tanımlanan bu işlem sonucu pozitif olarak yüklü parçacıkların (iyonlar), negatif olarak yüklü parçacıkların (elektronlar) ve değişik türde yüksüz parçacıkların bir karışımı oluşur. Gazın bu hali plazma olarak tanımlanır. Bu parçacıklar arasında "serbest radikaller" olarak adlandırılan kimyasal olarak son derece reaktif olan atom ya da moleküler bileşenler de oluşur. Bu serbest radikaller, yaşayan organizmaların doğal savunma mekanizmalarını kolayca bozar ve onların zarar görmesine sebep olurlar. Plazmalar bir santimetre küp hacimde yarım trilyondan fazla serbest radikali kolayca üretebildiği için, herhangi bir bölgeyi zararlı maddelerden arıtmak için verimli bir yöntem olmaktadır. Plazmaların mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi, yalnızca serbest radikallerinden kaynaklanmıyor. Plazma içinde elektrostatik kuvvetlere neden olan yüklü parçacıklar ve morötesi (ultraviyole UV) ışık gibi elektromanyetik radyasyon da üretilir. Plazmanın ürettiği UV ışık, mikroorganizmaların DNA yapısına zarar vererek onları sterilize eder. Ayrıca, plazmaya maruz bırakılan bakterilerin hücre zarlarının da zarar gördüğü gözlenmiş bulunuyor. Nedeni, plazma içindeki yüklü parçacıkların, hücrenin dış yüzeyi ile temas sırasında, hücre zarı üzerine bir elektrostatik kuvvet yaparak hücre zarının aşırı gerilmesine ve zarar görmesine yol açmaları.



Üstte açık havada üretilen kısmen geniş hacimde plazma. Altta ise insan eline temas edebilecek kadar soğuk plazma. Bu kadar soğuk plazmalar insan vücudundan daha düşük sıcaklığa sahip olmalarından dolayı insan üzerinde kullanılabilir olarak sağlamaktadır.

Plazmalar genelde bir gaza enerji verilmesiyle elde edildiği için yüksek sıcaklığa sahiptirler. Ancak son yıllarda oda sıcaklığından daha düşük sıcaklıklara sahip SOĞUK PLAZMALAR üretiliyor. Soğuk plazmalar, özellikle ürettikleri reaktif nötral parçacıkların etkisiyle yüzeye, yani sterilize edilen ortama zarar vermeden bakteriyel hücreleri yok ediyorlar. Soğuk plazmalar, atmosfer basıncında gazlarda ve açık havada yeterince büyük hacimlerde üretililmekte. Açık hava ortamında soğuk plazma üretilmesi, vakum



Solda plazma ortamına maruz bırakılmamış *E. Coli* bakterisinin elektron mikroskopunda çekilmiş fotoğrafı, sağda ise plazma ortamında belli bir süre (70 sn) tutulmuş *E. Coli* bakterisinin elektron mikroskopunda çekilmiş fotoğrafı görülüyor. Sağdaki üzerine plazma uygulanan *E. Coli* bakterisinin yapısındaki morfolojik bozulma açıkça görülmekte.

pompası, vakum odası, basınç ölçüm cihazları ve herhangi bir gaz gibi maliyeti artırıcı gereçlerin kullanılmasını engeller ve sistemin ekonomik ve basit olmasını sağlar. Örneğin, bilgisayar çipleri üreten bir firma, çipleri çeşitli kirlenme ve yağlanmadan bu şekilde açık havada soğuk plazma üreterek kolayca temizleyebilir ve ısı ve kimyasal kullanmadığı için çiplere herhangi bir zarar verilmez.

Şimdiye kadar plazmalarla yapılan çalışmalarda soğuk plazmaların pek çok bakteri üzerinde öldürücü etkisi gözlenmiş bulunuyor. İdrar enfeksiyonu ve mide iltihabına neden olan *Escherichia coli*, zatüreye sebep olan *Klebsiella pneumoniae*, kan dolaşımı enfeksiyonuna sebep olan *Enterobacter aerogenes*, ve tifoya sebep olan *Salmonella thyphimurium* gibi gram negatif bakteriler ve yiyecek zehirlenmesine neden olan *Bacillus subtilis*, menenjitte sebep olan *Streptococcus agalactiae*, ve sinüzite sebep olan *Streptococcus pneumoniae* gibi gram pozitif bakteriler üzerine plazma uygulandığında, bu bakterilerin neredeyse 5-10 saniye gibi kısa süreler içinde tamamıyla sterilize edildiği görülmüş. Mikrobiyolojide bakteriler gram pozitif ve gram negatif olarak sınıflandırılabilir. Bununla birlikte bakteriler; virüs, mantar, maya, prion gibi çok farklı mikroorganizmaların bir alt sınıfıdır. Soğuk plazmaları kullanarak bu farklı mikroorganizmalarla ilgili başarılı çalışmalar yapılmış bulunuyor. Plazmaların virüsler üzerindeki öldürücü etkisi tümüyle gerçekleştirildiğinde AIDS virüsü gibi insanlığın geleceğini tehdit eden pek çok virüse karşı tedavi de üretilmiş olacak. Bakterileri, en genel olarak spor üreten ve spor üretmeyen bakteriler olarak iki gruba ayırabiliriz. Spor üreten bakteriler, hücrelerinin etrafına

son derece güçlü koruyucu bir çeper yaparlar ve çok güç koşullarda dahi yaşayabilirler. Bu nedenle spor üreten bakterilerin öldürülmesi oldukça zordur, hatta kimisi için bugünkü tekniklerle mümkün değildir. Uzun süre normal koşullarda yaşayabilmeleri nedeniyle de biyolojik silah yapımında tercih edilirler. Şarbon (Antraks) bu nedenle biyolojik silahın önemli bir ajanı. Ajan ifadesi, biyolojik silahlarda kullanılan mikroorganizma için kullanılmakta. Şarbon etkisini üreten *Bacillus anthracis* bakterisi diğer bakterilere oranla güneş ışığı, sıcaklık ve dezenfektanlara karşı dayanıklı olup suda ve toprakta 80 yıl yaşayabilmekte. Ayrıca, şarbon mikrobu toz haline getirilebilmekte ve bu toz halindeki mikrop çok hızlı yayılıp kısa zamanda etkili olabilmekte. 10 gr şarbon spuru, 1 ton sinir gazının (ör: sarın) öldürebileceği kadar insan öldürebilir. Nisan 1979'da Sverdlovsk (Rusya) şehrinde çıkan ve 64 kişinin ölümüyle sonuçlanan şarbon salgınının, biyolojik silah etkeni olarak çalışılan bir laboratuardan kaza sonucu ortaya çıktığı tahmin ediliyor. ABD'deki Dallas kentinde bir yerel seçimin sonuçlarını etkilemek amacıyla bir grup tarafından bölgede restoranlarda ki salata barlarına *Salmonella typhi* karıştırılmak suretiyle 750 kişi zehirlenmişti. İkinci Dünya Savaşı sırasında 1939-1942 yılları arasında Japon kuvvetleri, Mançurya'da şarbon, veba, çiçek, tularemi, ruam, kolera, kızıl, menenjit, tüberküloz, salmonellozis, tetanoz, hemorajik ateş ve difteri gibi çeşitli enfeksiyon hastalıklarını esirler üzerinde deneyip, çok sayıda ölüme neden olmuşlardı. Yine İkinci Dünya Savaşı'nda üzerine şarbon yerleştirilmiş 5000'den fazla füze başlığı kullanıldı. Aynı yıllarda İngilizler, İskoçya açıklarındaki Gruinard adasında şar-

bonla çok sayıda deneme yaparak ada topraklarının izleyen 36 yıl boyunca şarbon sporları ile kirlenmiş durumda kalmasına neden olmuşlardı. Adanın bu sporlardan temizlenmesine 1979 yılında başlanmış ve 280 ton formaldehit kullanıldıktan sonra ancak 1987 yılında tam anlamıyla temizlenebilmişti. 11 Eylül 2001 tarihinde ABD'nin çeşitli şehirlerindeki terörist saldırılar sonrası değişik kuruluşlara gönderilen mektuplar içinde toz halinde şarbon sporları saptanmış ve 24 Ekim itibarıyla yedisi inhalasyon, kalanı deri şarbonu olmak üzere toplam 15 kişide hastalık tespit edildi.

Şarbon etkeni gösteren bakteri *Bacillus anthracis* üzerine plazmalar uygulanarak yapılan testler başarılı oldu ve plazmaların bu bakterileri öldürdüğü görüldü. Bununla birlikte, şarbon gibi biyolojik silah ajanı olabilecek malta humması etkeni; Brucelloz, kolera etkeni; *Vibrio cholera*, gazlı gangren etkeni; *Clostridium perfringens*, tifo etkeni; *Salmonella typhi*, ruam hastalığı etkeni; *Pseudomonas mallei*, veba etkeni; *Yersinia pestis*, çiçek hastalığı etkeni; *Smallpox virüs*, konserve zehiri; Botulinum toksinleri, sıtma etkeni; *Plasmodium vivax* gibi mikroorganizmalar üzerinde plazmaların uygulanmasıyla ilgili çalışmalar devam etmekte. Soğuk plazmaların gelişmesi ve bunların açık hava ortamında oda sıcaklığına kadar düşük sıcaklıklarda üretilmesiyle, dayanıklı bakteri ve virüsleri yok edici etkileri görülmüş bulunuyor. Bu çalışmalar ulusal savunma ve insan sağlığı açısından ümit verici gelişmeler. Bununla birlikte, açık havada üretilen soğuk plazmalarla sterilizasyon, ekonomik kazanç da sağlayacaktır. Örneğin, bir hastanenin sterilizasyon ünitesi maliyeti, şimdiki klasik metotları kullanan sterilizasyon üniteleri ile kıyaslandığında en az on kat daha ucuz olacaktır. Ekonomik, basit, verimli ve sınır tanımayan ölçekte bakteri ve virüslere meydan okuması açısından soğuk plazmalar, geleceğin sterilizasyon tekniği olmaya aday. İnsanlığı tedirgin eden biyolojik teröre karşı da soğuk plazmalar önemli bir koruyucu silah olacaktır.

Dr. Tamer Akan
Frank Reidy Research Center for
Bioelectronics, Virginia, USA