
Pastör Fırını ve Yakma ile Sterilizasyon

Uzm. Dr. Ayhan PEKBAY

Gazi Devlet Hastanesi, Mikrobiyoloji Servisi, SAMSUN

Sterilizasyon, ortamdaki tüm vejetatif ve spor halindeki mikroorganizmaların öldürülmesi işlemidir. Isı, bilinen en eski ve günümüzde en sık kullanılan sterilizasyon yöntemidir. Koch (1843-1910) sterilizasyon amacı ile ısıyı ilk kullanan bilim adamıdır.

Sterilizasyon ile ilgili ilk bilimsel yaklaşımlar, mikroorganizmalar ile ilgili bilgilerin artmaya başladığı 17. yüzyılda olmuştur. Asepsi ve antisepsi kavramlarının modern anlamda ortaya çıkması 19. yüzyılda olmuştur. Luis Pasteur, bu yüzyılda modern bakteriyoloji bilimini başlatmış ve 1863 yılında pastörizasyon yöntemini kullanıma sunmuştur. Ülkemizde ise modern anlamda ilk sterilizasyon uygulamaları, 1894 yılında Prof. Dr. Cemil Topuzlu Paşa tarafından asepsi kurallarının klinik çalışmalarda kullanılması ile başlamıştır.

Sterilizasyon amacıyla ısı, kuru ısı ya da nemli ısı şeklinde uygulanabilir. Basit, ucuz, güvenli ve hızlı sonuç alınan bir yöntemdir. Fakat bu yöntemde ancak ısıya dayanıklı olan malzemeler steril edilebilir.

Kuru ısı mikroorganizmalar üzerinde oksidasyon oluşturarak etkili olmaktadır. Ayrıca, uygulanan ısının yüksekliğine ve proteinin içerdiği su miktarına bağlı olarak protein koagülasyon etkisi göstermektedir. Isı derecesinin ve ortamdaki nem oranının artması sterilizasyon süresini kısaltır. Mikroorganizmalar içindeki su oranı ne kadar fazla ise proteinlerin koagülasyonu da o oranda kolaylaşır. Sporlar içinde su oranı daha az olduğu için sterilizasyonları daha zordur. Katı yüzeylerde bulunan sporlar, havada bulunan spora oranla kuru ısıya iki-üç kat

daha dirençlidirler. Ortam asit ve alkali yöne kaydıkça sterilizasyon süresi kısalmır. Kuru ısı, nemli ısıdan daha az etkili bir sterilizasyon proçesidir; ancak belli ürünlerin sterilizasyonunda ilk tercihtir.

KURU SICAK HAVA ile STERİLİZASYON

Kuru sıcak hava ile çalışılan sterilizatörlere genel olarak Pastör fırını denmektedir. Bu fırınlar, ısı kaybını önlemek için, arasında yalıtım bulunan çift çeperli yapıdadırlar. Hastanelerde ve özellikle küçük sağlık kuruluşlarında, muayenehanelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Avantajları

- Pratik ve ucuz bir yöntemdir, kurulması ve bakımı kolaydır.
- Metal ve ucu keskin aletlerde korozyona neden olmaz.
- Isıya dayanıklı, ancak nemden etkilenen ya da buhar geçiren olmayan, otoklavda steril edilemeyen malzemelerin sterilizasyonu için uygundur.
- Sterilizasyon sonrası kurutma problemi yoktur.
- Tek bir parametre ile ısı kontrol edilebilir.
- Yağ gibi suda çözünmeyen maddelere iyi penetre olur.
- Ağzı kapalı kaplar sterilize edilebilir.

Dezavantajları

- Nemli ısıdan daha az etkilidir, sporlar kuru ısıya nemli ısıdan daha dirençlidirler.
- Yöntem, ısıya duyarlı malzemelerde (plastik, kauçuk vb.) kullanılamaz.
- Yüksek ısı, pamuk ve kağıt ürünlerinde kömürleşmeye neden olabilir (pamuk söz konusu olduğunda ısı 204°C'yi geçmemelidir).
- Malzemelerin lehim içeren kısımlarında erime olabilir.
- Besiyerleri ve sıvıların sterilizasyonu için uygun bir yöntem değildir.
- Çok yüksek ısı ve daha uzun süre uygulama gerektirir.
- Sterilize edilen malzeme türüne, paketin kalınlığına bağlı olarak farklı sıcaklık ve uygulama zamanı gerektirir.
- Paketlemede kullanılan yüksek ısıya dayanıklı malzeme türü sınırlı sayıdadır.
- Siklus süresince fırın kapağı açılabilir.
- Kesintisiz siklus programları oluşturulamayan cihazlar tercih edilmemelidir.

Pastör Fırınında Steril Edilebilen Malzemeler

- Buhar geçiren olmayan, ısıya dayanıklı medikal ağıtlar ve ürünler.
- Buharın zarar verdiği aletler (nemli ısı metal aletlerde, özellikle de ucu keskin metal aletlerde aşınmaya, iğnelerde oksidasyona neden olabilir).

- Cam malzeme (beher, küçük şişe, petri kutusu, pipet, lam, cam enjektör, test tüpleri vb.), (cam malzeme kesinlikle ıslak olmamalıdır).
- İnorganik maddelerden yapılmış tüm eşyalar (porselen, toprak kaplar, emaye vs.).
- Madeni eşyalar.
- Toz halindeki maddeler (pudra, sülfonamidler vs.).
- Süzgeç kağıtları, gazlı bez.
- Parafin, balmumu, yağ, gliserin, vazelin, merhem gibi nonaköz sıvılar ve yarı katı maddeler.
- Hastanede kullanılan, yüksek ısıya dayanıklı olan kritik araç ve gereçler.
- Diş hekimliğinde kullanılan yüksek ısıya dayanıklı olan yarı kritik özellikteki araç-gereçler (amalgam kondenserleri, çelik pensler, pamuk pelet vs.).
- Gıda maddelerinin parçalanması işlemi için kullanılan havan ve kum.

Pastör Fırınında Sterilizasyon Prensipleri

a. Kullanılacak ısı ve süreler:

170°C	1 saat
160°C	2 saat
150°C	2.5 saat
140°C	3 saat

Belirtilen süreler, Pastör fırınına malzemeler yerleştirildikten ve ısı kaynağı çalıştırılıp istenilen ısıya ulaşıldıktan sonra başlatılmalıdır. Fırın çok dolu ve ısıyı daha geç ileten kum gibi maddeler steril edilecekse bu süreler daha uzun tutulabilir. Ucu keskin aletlerin keskinliği azalabileceği için, 160°C'den daha yüksek bir ısıda sterilize edilmemelidir. Sterilize edilecek malzemenin türüne göre, yüksek ısıya dayanıksız ise, daha düşük sıcaklıkta daha uzun süre uygulama ile sterilizasyon işlemi gerçekleştirilir. Süre sonunda ısı kaynağı kapatılır ve fırının soğuması beklenir. Malzeme ısı oda ısısına eşitlenmeden önce steril edilen malzeme fırından çıkarılmamalıdır. İstenen ısıya ulaşma süresi, sterilizasyon işlem süresi ve soğutma süresinin hepsini birden içeren toplam siklus süresi, genellikle yukarıda belirtilen sürelerin iki katı zaman almaktadır.

Prionlar 200°C'de bile kuru ısıya direnç gösterebilirler. Prionların eliminasyonu için ideal zaman ve sıcaklık belirlenmemiştir.

Ayrıca, hızlı ısı transferi yapan sistemler ile, paketlenmiş malzeme için 191°C'de 12 dakika, paketlenmemiş malzeme için aynı sıcaklıkta altı dakika uygulama yapılır.

Cox kuru ısı sterilizatörü, 375°C'de altı dakika ile hızlı siklus içeren bir sterilizatördür.

Son yıllarda uygulamaya giren hidrojen peroksit plazma sterilizatörlerinde siklus süreleri daha kısalmıştır.

b. Malzemenin hazırlanması:

- Ön temizlik yapılmalı malzeme üzerindeki atık maddeler uzaklaştırılmalıdır.
- Metal aletlerde pas varsa, pas gidericilerle temizlenmelidir.
- Malzeme kurutulmalıdır.
- Paketlenecek nesnelere alüminyum folyo, çift tabakalı pamuk gibi ambalaj malzemesi ile sarılır.
- Paketlenmeyecek olanlar, enstrümanın yapısına göre bir tepside ya da metal, kapaklı bir kap içerisinde steril edilirler.
- Şişe, jar, pipet gibi objelerin ağzı, sıkı pamuk tıkaçla kapatılır.
- Paketleme işlemi iyi yapılmalıdır.

Paketler çok büyük olmamalı (en fazla 10 x 10 x 30 cm), ısı, malzemenin tüm yüzeylerine iyi penetre olabilmelidir.

Paketleme ısı iletimini zayıflatacağı için çok sıkı yapılmamalıdır.

Paketler, ince ve düz olarak hazırlanmalı, böylece ısı ile maksimum yüzey teması sağlanmalı; pudra steril edilecekse, tek kullanımlık küçük miktarlar halinde paket yapılmalı, paket kalınlığı 1/4 inç'ten fazla olmamalıdır.

Paketlerin kapatılmasında, baskı yapan ipler, yapışkan içeren bantlar, kanca, raptiye, toplu iğne gibi gereçler kullanılmamalıdır.

Paket üzerindeki etiketler üzerine kurşun kalemle yazı yazılmalı, mürekkep kullanılmamalıdır.

Paketleme için başlıca iki ana tip malzeme söz konusudur:

1. Kağıt veya naylon filminden yapılmış olanlar.
2. Metal kasetler ve kaplar.

Ambalaj malzemesi (alüminyum folyo vb.).

- Kuru ısıya dayanıklı.
- Isıya geçirgen olmalıdır.
- Sterilizasyon işlemi esnasında, erime ve bozulma olmadan malzemeyi koruyabilmelidir.
- Sterilizasyon işlemi sonrasında malzemenin uzun süre steril olarak korunmasını sağlayabilmelidir.

Metal kaset ve kaplar çeşitli büyüklüklerde, kuru ısı sterilizasyonuna uygun, özel dizayn edilmiş yapıdadırlar. Trommel kullanımı tavsiye edilmemektedir.

c. Malzemenin fırına yerleştirilmesi:

- Fırın çok fazla doldurulmamalı, malzemeler fırın duvarlarına temas etmemelidir.

- Malzemelerin arasında yeterli hava dolaşımı sağlanacak şekilde boşluk olmalı, tek tabaka halinde yerleştirilmelidir.
- Sterilizasyon işlemi esnasında çantalar metale dokunmamalıdır.
- Kağıt havlu ve naylon poşetler birbirine değmemelidir, aksi takdirde sterilizasyon işlemi esnasında birbirlerine yapışırlar.

d. Depolama: Sterilizasyon işlemi sonrası uygun depolama, en az sterilizasyon işlemi kadar önemlidir.

Paketlenmiş malzemeler:

- Optimal depolama şartları altında ve malzeme ile minimal işlem yapılması halinde, paketlenmiş olan steril malzemeler, el değmediği ve kuru kaldığı sürece steril kabul edilebilirler. Paketin delinmesi, yırtılması, nemlenmesi sterilliğini ortadan kaldırır.
- Optimal depolama için; trafiğin yoğun olmadığı, ılımlı sıcaklıkta (22-24°C), kuru ve nemsiz bir ortam içeren kapalı kabinler uygundur.
- Paketlerin yerleştirilmesi, en eski tarihli olanlar en önce kullanılacak şekilde yapılmalı, buna uygun olacak şekilde gerektiğinde yerleri değiştirilmelidir.
- Bir paketin steril olduğundan emin olunmadığında, kontamine kabul edilerek yeniden sterilize edilirler.

Paketlenmemiş malzemeler:

- Paketlenmemiş malzemeler, sterilizasyon işlemi sonrasında hemen kullanılmalı.
- Hemen kullanılmayan malzemeler, üzeri örtülü, steril kapalı kaplar içerisinde, bir haftaya kadar muhafaza edilebilirler.

e. Sterilizasyon kontrolü:

1. *Mekanik kontrol:* Sterilizasyon koşullarının sağlanıp sağlanmadığını kontrol eder.

- Cihazın ısı ve zaman göstergeleri; her çalışmada kontrol edilmeli,
- Termometre (kalibre edilmiş olmalı); haftada bir, cihazın sıcaklık göstergeleri ile karşılaştırılmalı,
- Termokopullar: Buldukları yerdeki sıcaklığı doğrudan ölçen, uçları kurşundan yapılmış elektrotlar içeren yapılardır.

2. *Kimyasal kontrol:* Sterilizasyon koşullarının sağlanıp sağlanmadığını kontrol eder.

- Isıya duyarlı, renk değiştirici maddeler. Bunlar, ya ürüne sterilizasyon işlemi uygulandığını göstermek üzere paketin üzerine ya da işlemde uygulanan sterilizasyon sıcaklığına ulaşıldığını göstermek amacıyla paketin içerisine yerleştirilirler. Kuru ısı sterilizasyonunun kimyasal kontrolünde genellikle, kırmızıdan yeşil renge dönüşen “Browne tüpleri” kullanılır.

3. *Biyolojik kontrol*: Sterilizasyonun gerçek etkinliğini kontrol eden tek yöntem biyolojik indikatörlerdir. En azından haftada bir kez biyolojik kontrol yapılmalıdır.

- Bakteri sporları içeren stripler ve tüpler: *Bacillus subtilis* sporları kullanılır.

Klasik biyolojik indikatörlerle sonuç alabilmek için, 24-48 saatlik inkübasyon süresi gerekir. Ancak yeni geliştirilen florometrik yöntemlerle, bir saat içerisinde spora bağlı enzimler saptanabilmektedir. Test materyallerinden beklenen sonuçları elde edebilmek için, bunların hazırlanması ve standardizasyonuna büyük özen gösterilmelidir. Genellikle, her bir malzeme için, üzerinde 10^5 adet spor içeren bir test materyali yeterlidir. Test için kullanılacak materyal, sterilize edilecek malzemenin yapısı ile uyumlu olmalıdır. Test materyalinin, Pastör fırınının kapıya en yakın en alt rafına konması uygundur.

İndikatörlerle, uygunsuz paketlenme, sterilizatörün uygunsuz yüklenmesi, sterilizatörün uygunsuz fonksiyonu, kısa sterilizasyon işlem zamanı gibi nedenlerden kaynaklanan, yetersiz sterilizasyon sonuçları ortaya konur.

Pastör Fırınında Aranacak Bazı Temel Özellikler

- Cihazın dış ve iç yüzeyleri ısı geçirmez, paslanmaya dayanıklı özel yapıda olmalı,
- Kapı sızdırmazlığı, iyi sağlanmalı,
- Cihazın içerisinde homojen sıcaklık dağılımını sağlayacak nitelikte fan sistemi olmalı,
- Cihazın ısıtıcısı ve sıcaklık ayarını yapacak termostat kullanılır hacmin içinde olmamalı,
- Uygun değerlerde sigorta içermeli,
- Cihazın ayarlanabilir, hassas termostatu olmalı,
- Termometre, elektronik, rakamsal göstergeli, 1°C hassasiyetle okunur tipte olmalı,
- Termometre doğru okuma yapabilir nitelikte, kalibre edilmiş olmalı,
- Kontrol termostatının arıza ihtimaline karşılık ikinci bir emniyet termostatu olmalı,
- Dijital tipte sıcaklık ve zaman göstergeleri olmalı,
- Elektrik kesintisini ikaz edecek alarm sistemi olmalı,
- Isıtma, alarm ikaz, zamanı gösteren çalışma lambaları olmalı,
- Hassas aralıklarla siklus programları yapılabilmesi,
- Yapılan programlar cihaz kapatıldığında kaybolmamalı,
- Cihaz çalışırken programa dışarıdan müdahale edilmemeli,

- Zamanlayıcı, ayarlanan sterilizasyon süresini, istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra başlatmalı ve süre bitiminde ısıtma işlemini bitirip sinyal vermeli,
- Cihaz hızlı ısınmalı, istenen sıcaklığa çabuk ulaşmalı,
- Fan sistemi olmalı ve bu sayede düzenli sıcaklık dağılımı sağlayabilmelidir.

YAKMA ve ALEVDEN GEÇİRME ile STERİLİZASYON

Kullanıldığı Alanlar

- Öze sterilizasyonu: Mikrobiyoloji laboratuvarlarında yakma en çok kültür ekiminde kullanılan özelerin sterilizasyonu için kullanılır. Bunun için öze, alevde kızıl hale gelene kadar ısıtılır.
- Kan kültürü için kan alındıktan sonra, kan kültür şişesine inoküle edilmeden önce enjektör iğne ucu alevden geçirilir.
- Cam kapların ağızları, cam aletler alevden geçirilerek üzerlerinde bulunan mikroorganizmalardan arındırılırlar.
- Atıkların yok edilmesi: Kirli ve kullanım dışı kalmış atık malzemeler, hayvan kadavraları, yakma ile ortadan kaldırılabirler. Bu iş için özel yapılmış yakma fırınları kullanılmaktadır. Yakma ile infeksiyöz atıkların tümü ortadan kaldırılmakla birlikte, özellikle doku ve vücut parçaları gibi patolojik atıkların imha edilmesinde çok kullanışlı bir yöntemdir. Mikrobiyolojik kontamine atıkların yakma işlemine verilmeden önce, kendi ünitelerinde, otoklavda ya da kimyasal metotlarla dekontamine edilmeleri daha uygundur.

Yakma Fırınları

Yakma alternatifleri (mikroalga gibi) popülerlik kazanıyor gibi görünmesine rağmen, klinik atıkların dezenfeksiyonu ve imha edilmesinde yakma halen ön planda kullanılan yöntemdir. Yakma ve buharla sterilizasyon, infekte atıkların ortadan kaldırılmasında en yaygın kullanılan ve önerilen yöntemlerdir. Yakma sonunda atık hacminin %95'ine kadar yok edilebilmesi yöntemin önemli avantajıdır. Yakma işleminin uygunsuz ortamda yapılması, dumandaki patojenlerin emilimine yol açabilir. Atık içerisinde plastik içeriğin fazla olması yanabilirliği azaltır.

Yakma fırınları, çok yüksek ısıya dayanacak şekilde refraktör kaplamalıdır. Bu fırınların özel dizaynı sayesinde tüm mikroorganizmalar öldürülmekte, organik atıklar oksidize edilerek karbondioksit ve su haline çevrilmektedir.

İnfekte atıkların yakılmasında en sık proliz metodu uygulanmaktadır. Burada oksijenli yakma söz konusudur ve sadece ön yakma ünitesinde proliz metodu uygulanmaktadır. İnfekte atık yakma tesisi başlıca şu ünitelerden oluşmaktadır:

- Atık yükleme tertibatı,
- Atık yakma fırını,
- Enerji geri kazanma ünitesi,
- Baca gazı temizleme ünitesi.

Ana yakma odası 900°C'ye, ikincil yakma 900/1200°C'ye kadar ısıtılır. Öngörülen sıcaklığa erişildiğinde, atıklar otomatik yükleme tertibatı ile ana yakma ünitesine boşaltılır. Ana yakma ünitesinde, proliz metodu ile infekte atıklar, sıcaklık ile havasız ortamda kurutulur ve parçalara ayrılır. Daha sonra kalabilecek tüm organik maddeler hava ile yakılır. Bu yanma süreci sonunda katı kül ile birçok bileşikten oluşmuş yüksek enerji içerikli progaz oluşur. Oluşan progaz tekrar yakma ünitesine gönderilir ve burada oksijen ile karıştırılarak 900-1200°C'de tamamen yakılır. Yakma işlemi sonucu tüm kokulu maddeler imha edilir ve tekrar yakma ünitesinden çıkan gazlarda hiçbir şekilde koku ve kurum parçaları olmaz.

Atıkların yüksek sıcaklıkta yakılması sonucu ortaya çıkan 900-1200°C sıcaklığa sahip atık gazların ısı enerjisinden yararlanmak mümkündür. Yüksek sıcaklıktaki bu gazlar, korozyona ve ısı kaybına neden olmayacak şekilde, özel izoleli kanal üzerinden eşanjöre gönderilerek, buhar veya sıcak su üretilir. Oluşan buhar veya sıcak su, uygun şekilde ısıtma merkezine gönderilir. Soğutulan gazlar, daha sonra atık gaz fanı üzerinden bacaya veya baca gazı filtre ünitesine gönderilir.

Yakma tesisinde, yüksek miktarda plastik atıkların yakılması durumunda, özellikle inorganik klor ve flor bileşiklerinin, baca gazı temizleme ünitesinin yardımı ile filtre edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için genelde kuru sistem kimyasal absorpsiyon filtre veya sulu sistem yıkamalı filtreler kullanılır.

KAYNAKLAR

1. Bruch CW. Some biological and physical factors in dry heat sterilization: a general review. *Life Sci Space Res* 1964;2:357-71.
2. Department of Biological Sciences Guidance on Safety Procedures For Sterilization and Disinfection. Departmental Safety Manual, Section 3. 7 (Jul 98). http://www.hull.ac.uk/biosci/safety/sectin3_7.html
3. Dry heat sterilization. <http://www.nbbs.com/methodsofmonitoring.htm>
4. Dry heat. http://www.alsand.com/beer/yeast/steril_E.html
5. Dry Heat. http://www.hbd.org/franklin/public_html/brewinfo/sanitation.html
6. Effective Heat Sterilization in CO2 Incubators. http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Various/100File_11666.pdf
7. Equipment and Patient-Care Articles. <http://www.virology-online.com/general/Infection-Control6.htm>
8. Fiziksel sterilizasyon. <http://www.das.org.tr/kitap2003/38htm>
9. Hot air oven. <http://www.whosea.org/bct/book28/15.htm>
10. <http://www.oup.co.uk/pdf/0-19-963853-5/pdf>
11. <http://www.altanlab.com/FN300.htm>
12. <http://www.dentistry.ouhsc.edu/intranet-web/Courses/HealthSafetyManual/ICSterDis.html>
13. <http://www.electrolysis.caliarticle6.shtml>
14. <http://www.gata.edu.tr/intkom/Hastane ortamında sterilizasyon uygulamaları.pdf>
15. <http://www.gazi.edu.tr/Alpaslan/dersnot/sterilizasyon.htm>

16. <http://www.kongre.org/makina/teskon97/015>
17. <http://www.mmo.iv/2001/ocak/bilgi>
18. <http://www.textbookofbacteriology.net/control.html>
19. <http://www.unimaxsupply.com/siteegs/1dryorsteam.htm>
20. Huezo C. Consensus on infection prevention guidelines. IPPF Med Bull 1991;25:1-2.
21. Incineration. <http://www.cdc.gov/niosh/hcwold6.html>
22. Jamani F, Rababah T, Qsous R, Ababneh H, Daameh D. Testing of several methods of sterilization in dental practice. <http://www.emro.who.int/Publications/EMHJ/0101/09.htm>
23. Jung MJ, Pistolesi D, Pana A. Prions, priondiseases and decontamination. Ig Sanita Pubbl 2003;59:331-44.
24. Kuru hava sterilizasyonu. <http://www.mikrobiyoloji.org/dokgoster.asp?dosya=1100900>
25. Mayworm D. A Primer on Dry Heat Sterilization. January, 2002. <http://www.outpatientsurgery.net/2002/os01/infection.shtml>
26. Miller, CH. Update on heat sterilization and sterilization monitoring. Compend Contin Educ Dent 1993;14:304-16.
27. Oven. <http://www.howtobrew.com/section1/chapter2-2-3.html>
28. Physical Sterilants and Disinfectants. <http://www.hoslink.com/sterilisation.htm>
29. Precision made for long dependable. <http://www.spaulding-rogers.com/store/Merchant.mvc?Screen>
30. Rutala W, Weber DJ. New disinfection and sterilization methods. Emerg Infect Dis 2001; 7:348-53.
31. Steps of Dry-Heat Sterilization. <http://www.engenderhealth.org/ip/instrum/inm11.html>
32. Sterilisation (microbiology) Information. [http://www.searchspaniel.com/index.php/Sterilization_\(microbiology\)](http://www.searchspaniel.com/index.php/Sterilization_(microbiology))
33. Sterilizers Work Quickly and Efficiently. http://www.mdsi.org/rep_2004_october/Rep_1012200411051219.htm
34. The oven. <http://www.freespace.virgin.net/roger.simmonds/ster.htm>