

## BAKTERİLER

### -Bakterilerin Makroskopik Morfolojileri

Bir bakteri uygun bir katı besiyerinde ve uygun koşullarda (sıcaklık, süre, rutubet, oksijen vb.) üretilirse, bir süre sonra gözle görülebilen yığın ya da küme meydana getirir. Bu kümeye koloni adı verilir.

Büyüklüğüne göre değişmek üzere, bir kolonide milyonlarca veya milyarlarca mikroorganizma bulunabilir.

Kolonilerin besiyerlerinde oluşma süreleri bakteri türlerine bağlı olarak değişir. Bazı bakteriler, uygun koşullar altında 24 saat içinde oldukça büyük, gözle görülebilir koloniler oluştururken, bir kısmı (örneğin, PPLO'lar) 3-5 günden sonra, insan ve memeli hayvanlara ait mikobakteriler ise 15-20 günden sonra görülebilecek büyüklükte koloniler meydana getirirler.

Oluşan kolonilerin büyüklüğü (çap ve yükseklik), şekli (düz, parçalı, dişli), yüzey yapısı (düz veya kaba; parlak veya mat; kat kat yuvarlak halka veya tabaka), rengi (beyaz, sarı, kırmızı, mavi, krem rengi) vb birçok özellikleri, uygun koşullar altında, bakteri türlerine özgü bir karakter taşır. Bu karakterler hücrenin genetik kontrolü altındadır. Ancak, koloninin özelliklerinde çevre koşullarına bağlı değişimler meydana gelebilir.

Katı besiyerinde oluşan koloniler morfolojilerine göre farklı tipler altında toplanabilirler:

- **S (Smooth) – koloni** : Katı besiyerinde küçük, yuvarlak, kenarları ve üzerleri düzgün, kabarık, parlak ve homojen bir biçimde görünen kolonilerdir. Hastalık vakalarından yeni izole edilen (genç) bakteriler bu tipte koloniler oluştururlar.
- **R (Rough) – koloni** : Katı besiyerinde kenarları ve üzeri pürüzlü, mat ve granüllü bir yapıda görünen kolonilerdir. Eski veya birçok kez pasaja maruz kalmış bakteri kültürleri bu tipte koloniler oluştururlar.
- **L – koloni** : Katı besiyerlerinde üstü ve kenarları düzensiz, ortası düğmeli ve granüllü biçimde görünen kolonilerdir. PPLO- ve L-formu bakteriler tarafından meydana getirilirler.

### -Bakterilerin Anatomik Yapısı:

1-Dış yapılar: Hücre duvarı, kamçı (flagella), pili (pilus), kapsül

2-İç yapılar: Stoplazmik membran, mezozom, ribozom, nükleus (nükleotid), stoplazmik granüller, pigment, plazmid.

## 1. Dış yapılar

### a-Hücre duvarı

Hücre duvarı, PPLO- ve L-formları hariç, bakterilerin etrafını tam ve kesintisiz olarak saran, sitoplazmik zarın dışında yer alan ince ve esnek bir kılıftır. Kalınlığı bakteri cins ve türlerine göre değişmek üzere 10 – 25 nm arasında değişir.

Hücre duvarı elektron mikroskop yardımıyla görülebilir. Ayrıca, özel boyama teknikleri ile boyanabilir ve mikroskop altında farklı renklerde görünebilir. Hücre duvarının “Gram boyama” tekniği ile boyandıktan sonra gösterdiği renge göre bakteriler 2 gruba ayrılabilir:

- a- **Gram-pozitif (Gr+) bakteriler.** Gram boyama işlemi sırasında kristal viyole boyasını hücre içinde tutarlar ve bu nedenle mikroskop altında mavi-mor renkte görünürler.
- b- **Gram-negatif (Gr-) bakteriler.** Gram boyama işlemi sırasında renk açılmasına maruz kalırlar ve karşıt boya olan safranini tutarlar, bu nedenle mikroskop altında pembe renkte görünürler.

Boyama sırasında sergilenen bu reaksiyonlar her iki gruptaki bakterilerin hücre duvarları arasında bazı temel farklılıkların bulunmasından kaynaklanmaktadır.

#### **Hücre duvarının fonksiyonları şunlardır:**

- a) Hücre duvarı bakteriyi çeşitli fiziksel ve kimyasal dış etkenlere ve diğer yabancı organizmalara karşı korur.

Sert fakat aynı zamanda elastik bir yapı özelliğine sahip olduğu için bakterilere şekil ve esneklik verir, iç ozmotik basınca karşı koymalarını sağlar. Hücre duvarı mekanik veya kimyasal yollarla tahrip edilirse, bakteri iç ozmotik basıncın etkisiyle oval ya da yuvarlak bir biçim alır. Hücre duvarı uzaklaştırılan ve etrafı sadece sitoplazmik zarla çevrili olan protoplast (Gram pozitiflerden elde edilen) veya sferoplast (Gram negatiflerden elde edilen) izotonik bir ortamda bulundurulursa herhangi bir zarar görmeden yaşamını sürdürebilir, ancak hastalık yapma yeteneklerini ve immünolojik özelliklerini kaybeder. Eğer protoplast ya da sferoplast hipotonik ya da hipertonic ortamlarda bulundurulacak olurlarsa etraflarındaki sitoplazmik zar parçalanır ve bakteri ölür. Bu olaya, meydana geldiği ortama göre “plazmoliz” ya da “plazmoptiz” adı verilir.

- b) Bakteri hücresinin yaşamını sürdürmesi açısından önem taşıyan geçirgenliğin veya ozmozun sağlanması ve devam ettirilmesinde hücre duvarının özel bir fonksiyonu vardır. Hücre duvarının selektif bir süzgeç gibi görev yapmasına bağlı olarak, su, organik ve inorganik maddeler dışarıdan içeriye alınmakta, hücre içinde oluşan toksin, antibiyotik, enzim, metabolizma artıkları gibi maddeler de dışarı verilmektedir.
- c) Hücre duvarı bakterilerin bölünmeleri ve çoğalmalarında etkin bir işleve sahiptir. Ayrıca aerob ve anaerob sporlu bakterilerde spor oluşumunda indirekt olarak görev alır.
- d) Hücre duvarı bakteriyofajlar, plazmidler, antikorlar, genetik materyaller ve benzeri unsurların bağlandığı reseptör bölgelerini bünyesinde barındırır.

#### **- Hücre duvarının temel yapısı**

Bakterilerin hücre duvarı diğer canlılara göre oldukça farklı bir yapı gösterir. Yüksek ve ilkel bitkilerin hücre duvarı selülozdur. Ayrıca alglerin ve funguslardan bazılarının hücre duvarları da selülozdan oluşmuştur. Bakterilerin hücre duvarı ise yarı sert, kompleks moleküler bir ağ yapısına sahiptir. Bu yapıya peptidoglikan ya da mürein adı verilmektedir. Heteropolimer nitelikteki bu ağ yapısı içerisinde birbirine benzer peptidoglikan monomerleri yer alır. Bir peptidoglikan monomeri, N-asetil glikozamin (NAG) ve N-asetil muramik asit (NAM) olmak üzere, birbirine bağlı iki amino şekeri ile NAM'in uzantısı halindeki bir pentapeptit bağından ibarettir. NAG ve NAM molekülleri ardışık sıralar halinde dizilerek glikan yapısını oluşturur. Bu uzayıp giden heteropolimer glikan zincirleri enlemesine olarak kısa peptit bağları ile de birbirlerine bağlanmıştır. Pentapeptit bağındaki amino asitlerin çeşidi ve dizilimi bakımından gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler arasında biraz farklılık vardır.

Lizozim (diğer adı muramidaz), glikozidaz ve amidaz enzimleri bakteri hücre duvarını etkiler ve peptidoglikan tabakasını eritirler. Ayrıca bazı antibiyotikler de peptidoglikan sentezini önleyebilir.

#### **- Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarının yapısı**

Gram-pozitif bakteriler birkaç peptidoglikan katmanının oluşturduğu kalın bir hücre duvarına sahiptir. Duvarın kalınlığı 20-80 nm arasında değişim gösterir. Kimyasal olarak, hücre duvarının %60-90 kadarı peptidoglikandan ibarettir.

Peptidoglikan tabakasında taykoik asitler bulunur. Bunlar hücre duvarı boyunca yer aldıkları gibi, duvarın dışına doğru da uzantılar oluştururlar. Taykoik asitlerin bileşiminde gliserol, fosfatlar ve bir şeker alkolü mevcuttur. Taykoik asitlerin bazısında lipidler de vardır, bunlara lipotaykoik asit adı verilmektedir. Taykoik asitler hücre duvarının daha güçlü bir yapıya sahip olmasına yardımcı olurlar, ayrıca bakterinin antijenik özelliklerinin oluşturulmasında önemli rol oynarlar.

Peptidoglikan tabakasının dış yüzeyinde proteinler yerleşik halde bulunur. Yüzey proteinlerinin sayısı ve tipi bakteri türüne ve suşuna bağlı olarak değişim gösterir. **İşlevleri şunlardır:**

- **Enzim olarak görev yapmak**
- **Bakterinin değişik yüzeylere tutunmasında yapıştırıcı görevi görmek**
- **Belirli bakterilerin fagositöze karşı korunmasına yardımcı olmak**

#### **Hücre duvarı:**

PPLO- ve L-formları hariç, bakterilerin etrafını tam ve kesintisiz olarak saran, sitoplazmik zarın dışında yer alan ince ve esnek bir kılıftır. Kalınlığı bakteri cins ve türlerine göre değişmek üzere 10 – 25 nm arasında değişir.

Hücre duvarı elektron mikroskop yardımıyla görülebilir. Ayrıca, özel boyama teknikleri ile boyanabilir ve mikroskop altında farklı renklerde görünebilir. Hücre duvarının “Gram boyama” tekniği ile boyandıktan sonra gösterdiği renge göre bakteriler 2 gruba ayrılabilir:

- a. Gram-pozitif (Gr+) bakteriler. Gram boyama işlemi sırasında kristal viyole boyasını hücre içinde tutarlar ve bu nedenle mikroskop altında mavi-mor renkte görünürler.

Gram-negatif (Gr-) bakteriler. Gram boyama işlemi sırasında renk açılmasına maruz kalırlar ve karşıt boya olan safranini tutarlar, bu nedenle mikroskop altında pembe renkte görünürler.

#### **Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarının yapısı**

Gram-pozitif bakteriler birkaç peptidoglikan katmanının oluşturduğu kalın bir hücre duvarına sahiptir. Duvarın kalınlığı 20-80 nm arasında değişim gösterir. Kimyasal olarak, hücre duvarının %60-90 kadarı peptidoglikandan ibarettir.

Peptidoglikan tabakasında taykoik asitler bulunur.

Taykoik asitlerin bileşiminde gliserol, fosfatlar ve bir şeker alkolü mevcuttur.

Taykoik asitlerin bazısında lipidler de vardır, bunlara lipotaykoik asit adı verilmektedir.

Taykoik asitler hücre duvarının daha güçlü bir yapıya sahip olmasına yardımcı olurlar, ayrıca bakterinin antijenik özelliklerinin oluşturulmasında önemli rol oynarlar.

Peptidoglikan tabakasının dış yüzeyinde proteinler yerleşik halde bulunur. Yüzey proteinlerinin sayısı ve tipi bakteri türüne ve suşuna bağlı olarak değişim gösterir. İşlevleri şunlardır:

- Enzim olarak görev yapmak
- Bakterinin değişik yüzeylere tutunmasında yapıştırıcı görevi görmek
- Belirli bakterilerin fagositoza karşı korunmasına yardımcı olmak

### **Gram-negatif bakterilerde hücre duvarının yapısı**

Gram-negatif bakterilerin hücre duvarı çok katlı bir görünüm sergiler. Hücre duvarını oluşturan katmanlar içten dışa doğru şu şekilde sıralanmaktadır:

#### **1. Peptidoglikan**

Hücre duvarının iç kısmında ince bir katman halinde yer alır. Periplazmik boşluğun ortasından geçerek bu boşluğu ikiye böler. Kalınlığı genellikle 2-3 nm kadardır. Kimyasal olarak hücre duvarının yalnızca %10-20 kadarı peptidoglikandan ibarettir. Bu tabaka bakteriyi osmotik basınç değişimlerine karşı koruma görevini yürütür.

#### **2. Dış membran**

Fosfolipidler, lipoproteinler, lipopolisakkaritler ve proteinlerden oluşan çift katlı bir lipid tabakasıdır. Kalınlığı 7 nm kadardır.

Dış membranın içe bakan tarafında esas olarak fosfolipidler yerleşiktir. Fosfolipidlerin arasında yer yer lipoproteinler bulunur, bunlar peptidoglikan tabakasına kadar uzantı yaparak dış membranın peptidoglikan tabakasına bağlanmasını sağlarlar.

Dış membranın dışa bakan yüzeyinde ise lipopolisakkaritler vardır. Bunların dış membranın dayanıklılığına katkıda buldukları sanılmaktadır. "Endotoksin" olarak da bilinen lipopolisakkaritler "Lipid A" ve polisakkarit olmak üzere iki bölüme ayrılır. Bu bölümlerden Lipid A dış membrana gömülü bir haldedir. Polisakkarit parçası ise dışa doğru uzantı halinde olup, tip spesifik oligosakkaritlerden oluşmuştur. Tip spesifik oligosakkaritler bakterinin antijenik özelliklerinin oluşmasını sağlarlar.

Dış membranda birkaç protein de yerleşik haldedir. Bunların sayısı ve tipi bakterinin türüne ve suşuna göre farklılık gösterir. Bir kısım proteinler dış membran boyunca uzanan gözeneklerin (porların) yapısında yer alırlar. Gözenekleri oluşturan bu proteinlere "porin" adı verilmektedir. Dış membran gözenekli yapısı sayesinde, sitoplazmik membran gibi yarı geçirgen bir özelliğe sahiptir ve kaba moleküller bir elek gibi faaliyet gösterir. Birçok küçük molekül bu gözeneklerden geçerek hücreye giriş yapabilir ya da bazı toksik maddelerin hücreye girişi engellenebilir.

## Periplazma

Periplazma jelatinimsi bir materyaldir. Gram-pozitif bakterilerde peptidoglikan tabakası ile sitoplazmik zar arasında, gram-negatif bakterilerde ise dış membran ile sitoplazmik zar arasında yer alır. Periplazmada besin maddelerinin parçalanmasında görev alan enzimlerden başka, bu maddelerin sitoplazmik zarıdan taşınmasını kolaylaştıran proteinler de bulunur.

## Kamçı (Flagellum)

Bakterilerin hemen hemen yarısı hareket edebilir. Bu yetenek kamçı ya da flagellum adı verilen organlarından ileri gelir.

Kamçı ipliğimsi, dallanmış, kıvrımlı bir organdır. Ait olduğu bakterinin boyunun genellikle 4-6 katı kadar bir uzunluğa sahiptir.

Kamçı başlıca 3 bölümden ibarettir: filament, çengel ve bazal gövde.

a) **Filament.** Hücre yüzeyinden uzanan sert ve kıvrımlı bir kısımdır. Flagellin adı verilen bir proteinden oluşmuştur. İçi boş, kıvrımlı zincirler halinde düzenlenmiş bir yapıya sahiptir.

b) **Çengel.** Filamenti basal gövdeye birleştiren esnek bağlantıdır.

c) **Bazal gövde.** Moleküler bir motor gibi faaliyet göstererek kamçının dönmesini ve bakterinin sıvı ortamda ileriye doğru hareket etmesini sağlayan bölümdür. Bir uzantı ve bu uzantı üzerinde yer alan bir dizi protein halkasından ibarettir. Halkalar kamçıyı hücre duvarı ve sitoplazmik membrana bağlar. Gram-pozitif bakterilerle gram-negatif bakteriler arasında bazal gövdedeki halka sayısı bakımından farklılıklar vardır. Gram-pozitif bakterilerde halkalar sadece sitoplazmik zarıda yer alır ve kamçı peptidoglikan tabakasından geçerek dışarıya doğru uzanır. Gram-negatif bakterilerde dış membranda da protein halkaları vardır.

Kamçı sayısına göre bakteriler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

1. **Atrik:** Kamçısız
2. **Monotrik.** Bir uçta tek bir kamçı bulunduran
3. **Lofotrik.** Hücrenin bir veya iki ucunda iki veya daha fazla kamçısı bulunanlar.
4. **Amfitrik.** Hücrenin iki ucunda kamçısı bulunanlar.
5. **Peritrik.** Kamçıları bütün hücre yüzeyine yayılanlar.

## Kaynaklar:

Gürsel, A. (Editör). 2015. Mikrobiyoloji, Ankara Üniversitesi Yayınları No:449, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye, 206 sayfa. ISBN: 978-605-136-189-5.