

HÜCRE DUVARININ TEMEL YAPISI

Yüksek ve ilkel bitkilerin, alglerin ve bazı fungusların hücre duvarı selülozdur.

Bakteri hücre duvarı ise yarı-sert kompleks moleküler bir ağ yapısına sahiptir. Bu yapıya **peptidoglikan** yada **murein** adı verilir.

Heteropolimer nitelikteki bu ağ yapısı içerisinde birbirine benzer **peptidoglikan monomerleri** yer alır.

Peptidoglikan monomeri, NAG (N-asetil glikozamin) ve NAM (N-asetil muramik asit) olmak üzere birbirine bağlı iki amino şekeri ile NAM' in uzantısı bir pentapeptit bağından oluşur.

NAG ve NAM molekülleri ardışık dizilerek **glikan** yapıyı oluşturur.

- Uzatıp giden heteropolimer glikan zincirleri enlemesine kısa **peptit** bağları ile birbirlerine bağlanmıştır.
- Lizozim, glikozidaz ve amidaz enzimleri bakteri hücre duvarını etkileyerek 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 bulunur ve bazılarında lipidler de vardır.

- 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.

Yüzey proteinlerin işlevleri:

- 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
2. Dış membran



1. Peptidoglikan :

Hücre duvarının iç kısmında ince bir katman halinde bulunur.

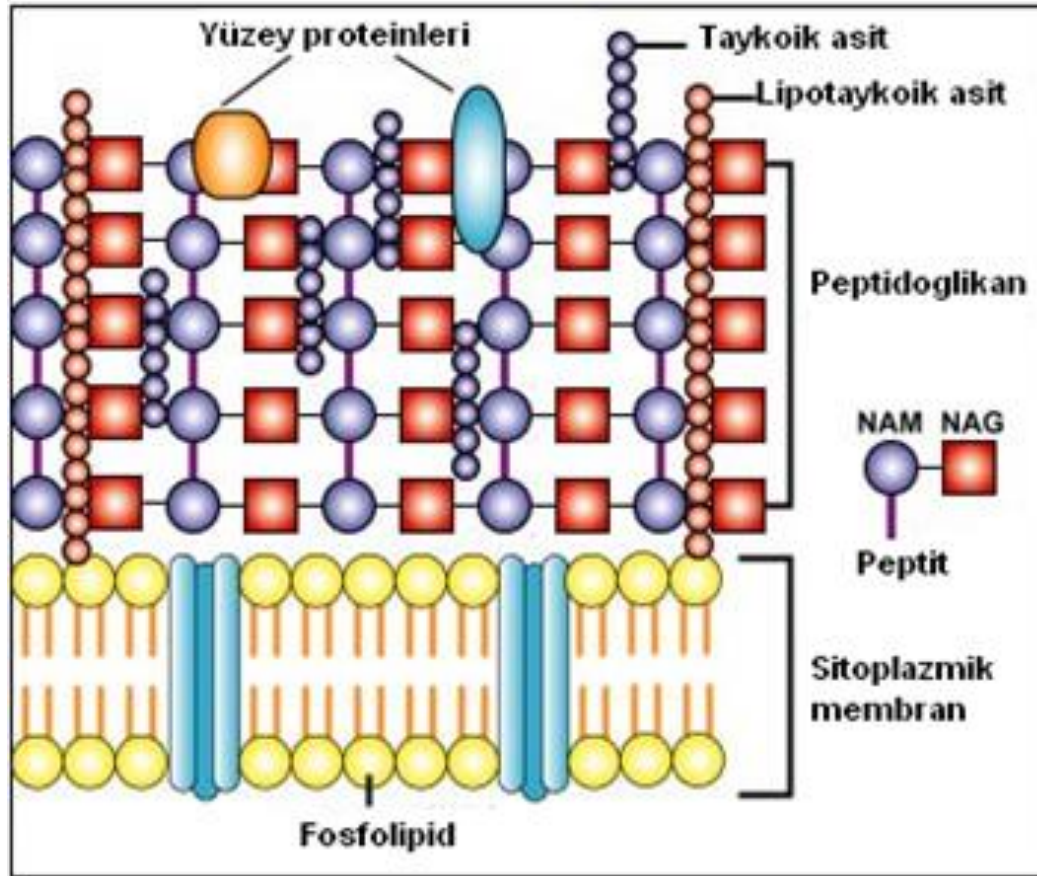
- Periplazmik boşluğun ortasından geçerek bu boşluğu ikiye böler.
- Kalınlığı genellikle 2-3 nm dir.
- Hücre duvarının %10-20 kadarını oluşturur.
- Bu tabaka bakteriyi osmotik basınç değişimlerine karşı koruma görevini yürütür.



2. Dış Membran :

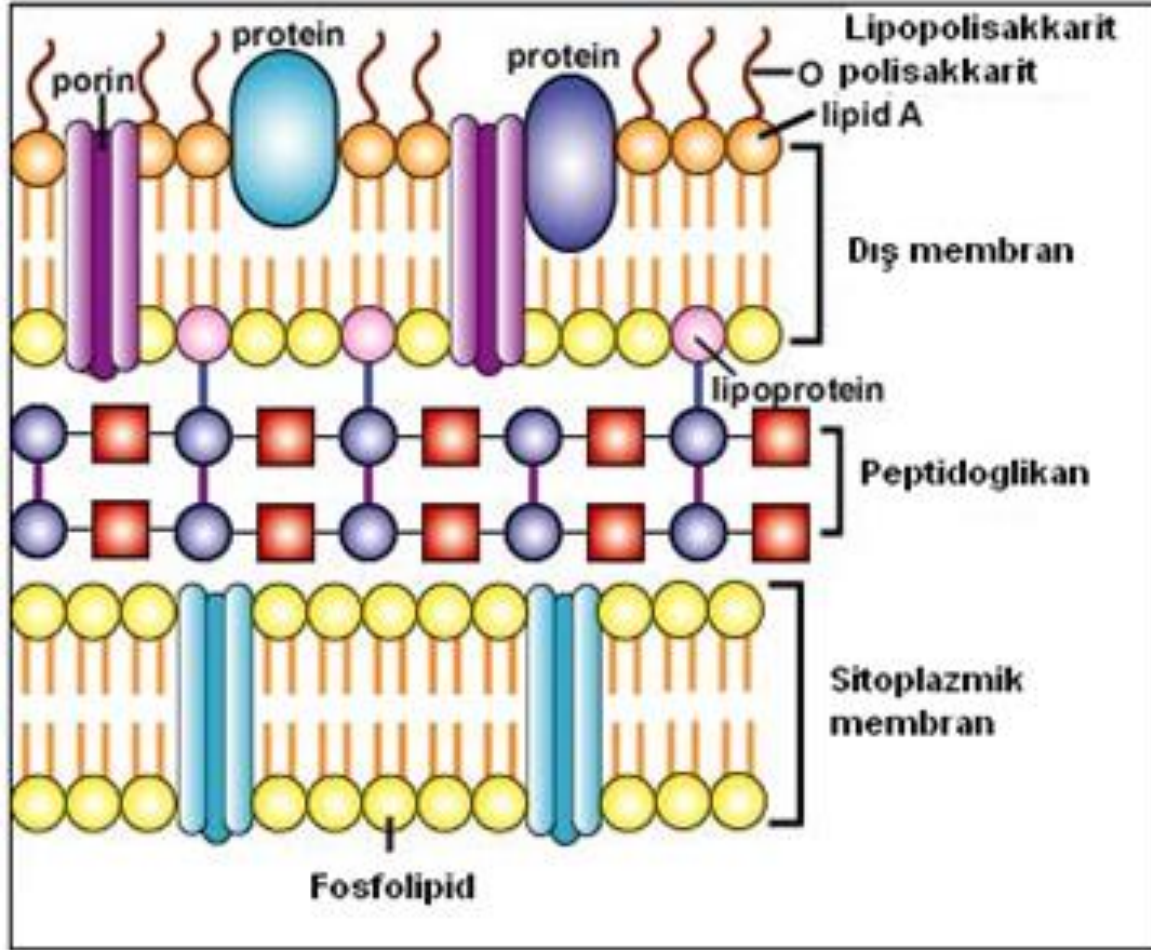
- Fosfolipidler, lipoproteinler, lipopolisakkaritler ve proteinlerden oluşan çift katlı bir lipit tabakasıdır.
- Kalınlığı 7 nm dir.
- Dış mebranın içe bakan kısmında temel olarak fosfolipidler yerleşmiştir. Fosfolipidlerin arasında lipoproteinler bulunur, bunlar peptidoglikan tabakasına kadar uzantı yaparak iki katman arasında bağlantı sağlar.
- Dış membranın dışa dönük yüzeyinde ise lipopolisakkaritler vardır. Dış membranın dayanıklılığına katkıda bulunmaktadır. Endotoksin olarak da adlandırılır.
- Endotoksinler Lipid A ve polisakkarit olmak üzere iki bölümden ibarettir.





Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarının kimyasal yapısı





Gram-negatif bakterilerde hücre duvarının kimyasal yapısı



2. PERİPLAZMA

Periplazma jelatimsi bir materyaldir.

Gr⁺ bakterilerde → peptidoglikan ve sitoplazmik zar

Gr⁻ bakterilerde → dış membran ve sitoplazmik zar arasında yer alır.

Periplazmada besin maddelerinin parçalanmasında görev alan enzimeler ve bu maddelerin sitoplazmik zardan taşınmasını kolaylaştıran proteinler bulunur.



3. KAMÇI (FLAGELLUM)

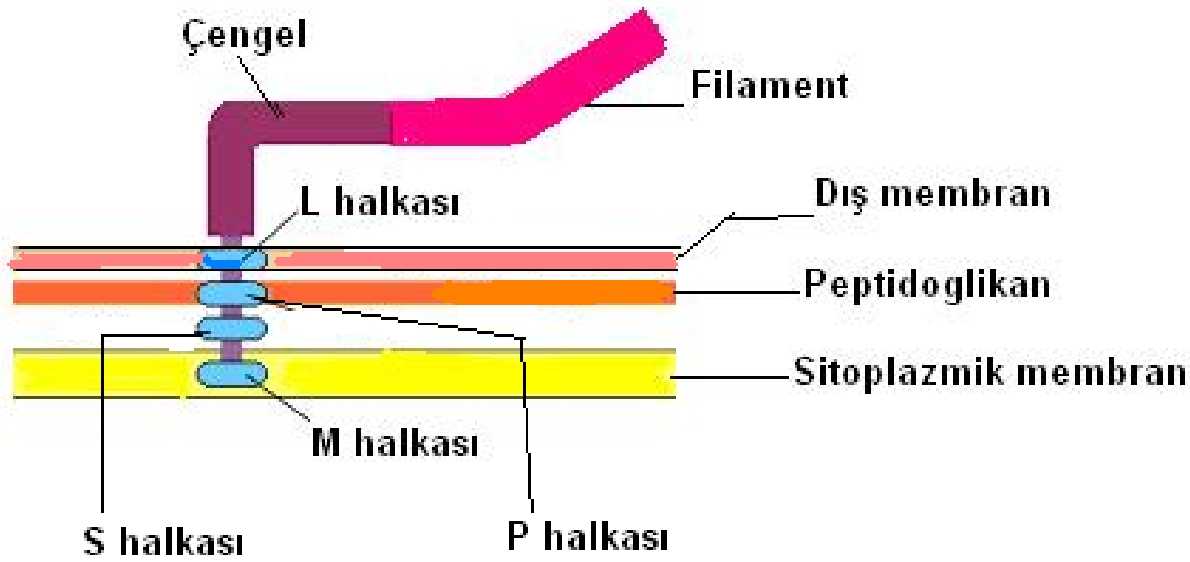
Bakterilerin hemen hemen yarısı hareket edebilir ve bu kamçı /flagellum adı verilen organ ile sağlanır.

- Kamçı ipliğimsi, dallanmış, kıvrımlı bir organdır.
- Ait olduğu bakteri boyunun 4-6 katı uzunluktadır.

Üç bölümden oluşur:

1. Filament
2. Çengel
3. Bazal gövde

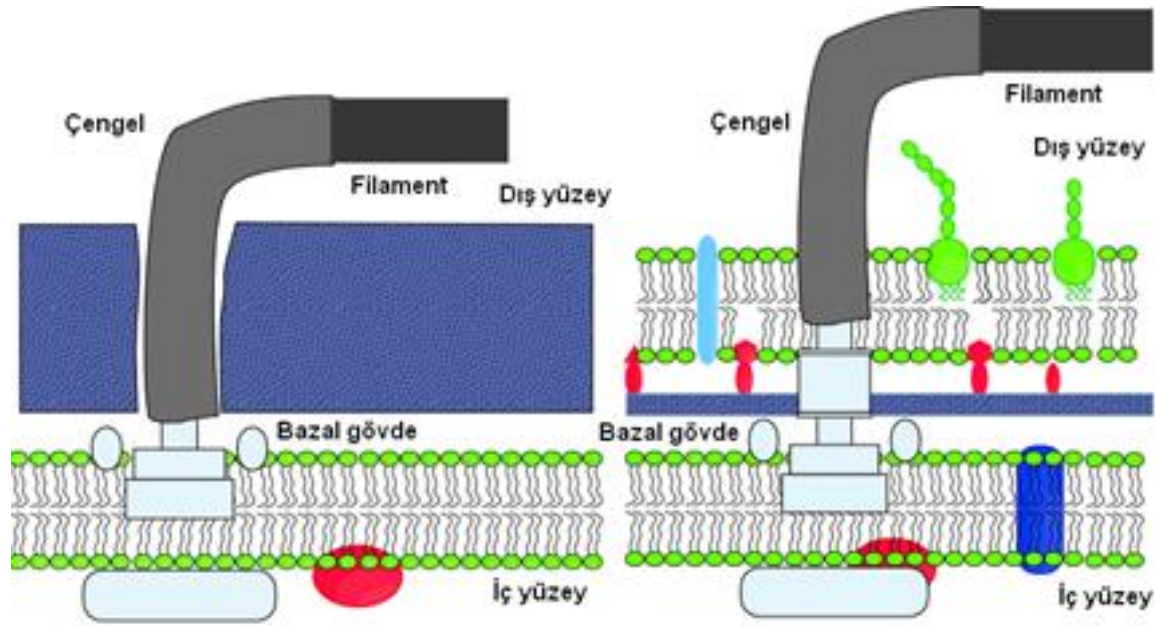




Filament. Hücre yüzeyinden uzanan sert ve kıvrımlı bir kısımdır. Flagellin adı verilen bir proteinden oluşmuştur. İçi boş, kıvrımlı zincirler halinde düzenlenmiş bir yapıya sahiptir.

Çengel. Filamenti basal gövdeye birleştiren esnek bağlantıdır.

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.



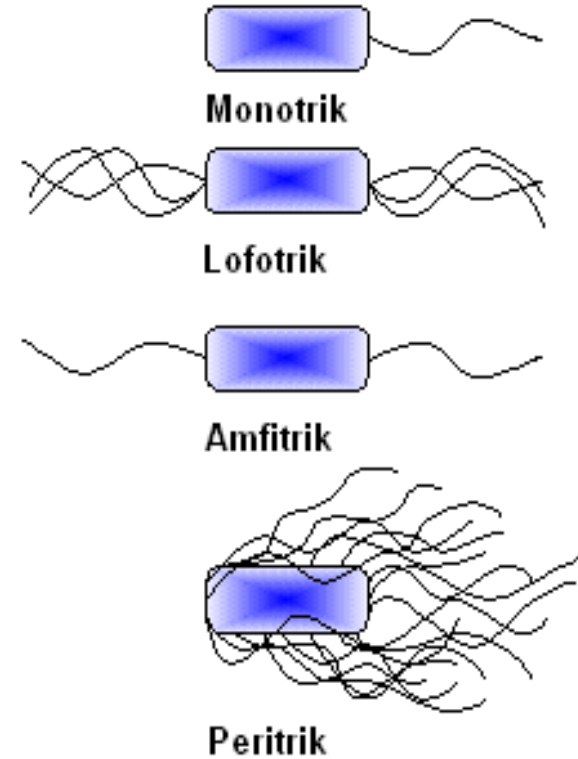
Gram-pozitif bakterilerle gram-negatif bakteriler arasında bazal gövdedeki halka sayısı bakımından farklılıklar vardır.

- Gram-pozitif bakterilerde halkalar sadece sitoplazmik zar da 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.** Hiç kamçı ulundurmayanlar.
2. **Monotrik.** Bir uçta bir tek kamçısı bulunanlar.
3. **Lofotrik.** Hücrenin bir veya iki ucunda iki veya daha fazla kamçısı bulunanlar.
4. **Amfitirik.** Hücrenin iki ucunda kamçısı bulunanlar.
5. **Peritrik.** Kamçıları bütün hücre yüzeyine yayılanlar.



- Bakteri kamçısı hem saat yönünde hemde tersi yönünde hareket edebilir. Bu hareketler basal gövdede bulunan protein tarafından idare edilir.
- 1 sn bakteri hareketi sürer ve bu sürede 10-20 katı mesafe alır.
- Hareketlilik bakterinin taksis (refleks) yoluyla optimum çevre koşullarında kendini korumasına yardımcı olur. **Taksis**, çevresel uyarıcılara karşı bakterinin gösterdiği hareketli tepkidir. Tepkiye yol açan çevresel faktörler ve bunlara karşı bakterinin verebildiği refleksler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

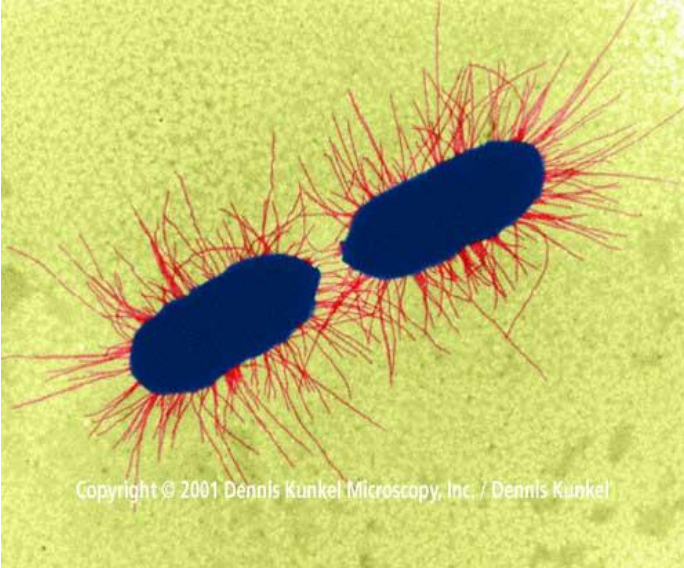
Çevresel faktörler	Refleks tipi
Kimyasal maddeler	Kemotaksis
Işık	Fototaksis
Ozmotik basınç	Ozmotaksis
Oksijen	Aerotaksis
Sıcaklık derecesi	Termotaksis



Pili (Tekil hali=Pilus)

Sitoplazmik zar kökenli ince protein borularıdır. Bazı bakterilerde hücrenin tüm dış çeperine yayılmış bir halde bulunur.

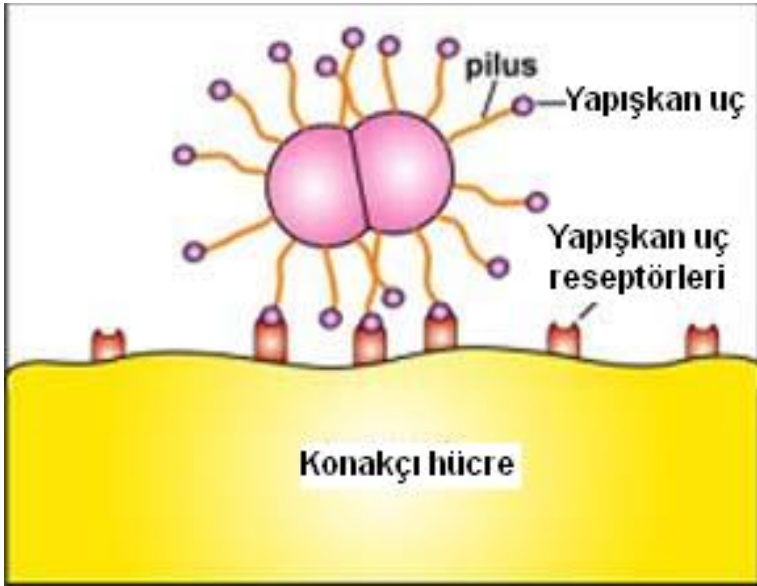
Gram-negatif bakterilerin hemen hemen tümünde bulunur, birçok gram-pozitif bakteride ise yoktur.



Şekil 3.12. Bakteriyel pili (*E.coli*'de)



Pilus, “**pilin**” adlı proteinden oluşan bir uzantıya sahiptir. Bu uzantının sonunda, konakçı hücredeki spesifik glikoprotein veya glikolipid reseptörlerinin şekline uygun yapıda, yapışkan bir uç vardır. Bakteri bu uç yardımıyla konakçı hücrenin reseptörlerine tutunur.

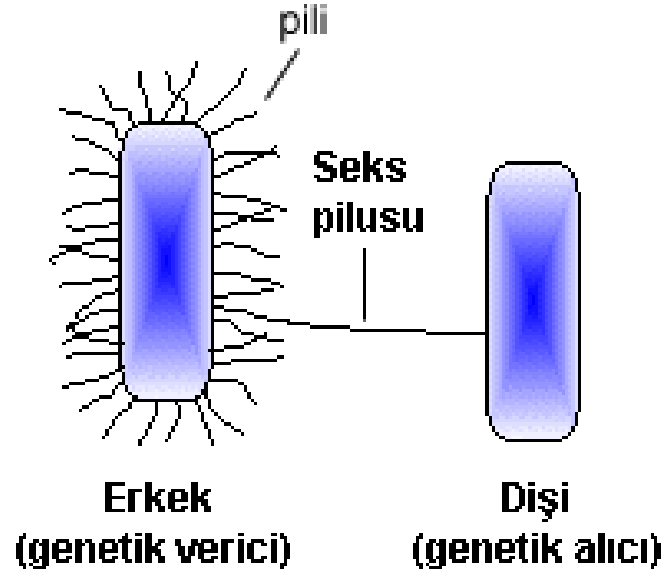


Şekil 3.13. Pilideki yapışkan uç ile konakçı hücre reseptörlerine tutunma



Başlıca iki tip pili vardır:

- Tutunma pilisi. Bakterilerin birbirlerine ya da katı besiyerlerine tutunmalarını sağlayan kısa uzantılardır.
- Seks pilusu. Bakteriyel konjugasyon sırasında DNA'nın bir bakteriden diğerine geçmesini sağlayan birkaç adet uzantıdır. Konjugasyon, genetik rekombinasyonu sağlamak üzere, DNA'nın, seks pilusuna sahip erkek hücreden dişi hücreye iletimidir.



Glikokaliks (Kapsül ve sümüksü katman)

Glikokaliks hücrenin en dışında yapışkan, iplikli bir örtü katmanıdır. Bütün bakteriler bir tür glikokaliks salgırlarlar.

Bu örtü katmanı geniş ve yaygın jelatinimsi madde birikimi halinde, hücre duvarının dışına sıkıca bağlı şekilde bulunuyorsa **kapsül** olarak adlandırılır.

Glikokaliks tabakası düzensiz ve daha gevşek bir şekilde hücre duvarına bağlı ise, buna da **sümüksü** (slime) katman adı verilmektedir.

Glikokaliks yapışkan nitelikte bir polisakkarit veya sümüksü karakterde bir polipeptittir.



Glikokaliksin besin maddelerini yakalamak, bakteriyi kurumaya karşı korumak gibi işlevleri yanında, esas olarak iki önemli görevi vardır:

1. Belirli bakterilerin vücuttaki beyaz kan hücreleri ya da toprak ve sudaki protozoonlar tarafından fagositoz yoluyla yutulmaya karşı direnç göstermelerini sağlamak.

2. Bazı bakterilerin kaya, kıl dibi, diş gibi yüzeylere tutunmalarını ve buralarda çoğalmalarını sağlayarak bu yüzeylerden uzaklaştırılmaya karşı dirençli hale getirmek.

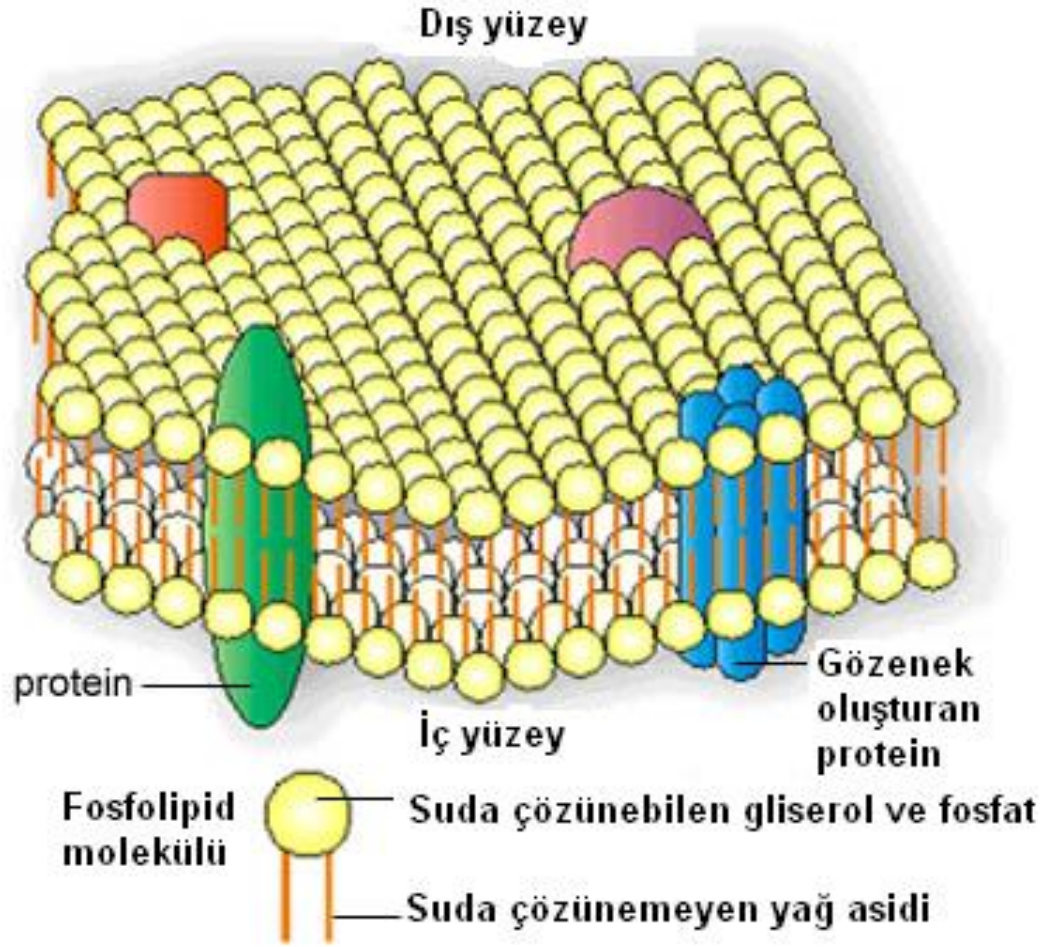


İç Yapılar

1. Sitoplazmik zar (hücre zarı veya plazma zarı)

- Hücre duvarının altında sitoplazmayı saran ince bir zardır.
- Kalınlığı 5-10 nm arasındadır.
- Fosfolipid ve protein moleküllerinden oluşur. Fosfolipidler çift katmanlıdır akışkan yapıdaki bu katman arasında protein molekülleri gömülüdür. Tüm hücre lipidlerinin %70-90 nı sitoplazmik zarda yer alır.
- Prokaryotik bakterilerin sitoplazmik zarlarında steroller bulunmaz. Fakat sitoplazmik zarın stabil bir durumda kalmasını sağlayan hopanoid adı verilen sterol benzeri maddeler bulunur.





Şekil 3.16. Bakteri sitoplazmik zarının yapısı



Sitoplazmik zar hücrede şu görevleri yerine getirir:

- Sitoplazmayı sarar ve korur.
- Selektif geçirgenlik özelliğine sahip olduğu için hücreye madde giriş ve çıkışlarını kontrol altında tutar.
- DNA'nın replikasyonuna katılır.
- Hücrenin çeşitli faaliyetlerinde görev alan enzimleri yapısında barındırır.
- Hücre duvarı ve kapsül maddesinin sentezine katılır.
- Hücre bölünmesinde ve sporlanmada septum oluşumuna yardımcı olur.



Selektif geçirgenlik ve madde transportu

a) Pasif difüzyon

Maddelerin pasif difüzyon yoluyla hücreye giriş çıkışlarında **dış ortam ile hücre içindeki konsantrasyon, ozmotik basınç ve elektriksel yük farklılıkları** rol oynar.

Maddeler yüksek konsantrasyon ve ozmotik basına sahip ortamdan düşük konsantrasyona doğru geçiş yaparlar.

Sitoplazmik zar bu şekilde her iki ortam arasındaki ozmotik dengeyi ve sıvı akımını ayarlar.

Pasif difüzyon ile su, çözünen haldeki gazlar ve lipidlerde çözünen moleküller giriş-çıkış yapabilirler.



b) Aktif transport

Molekül çapları büyük olan maddelerin (protein, lipid, polisakkarit gibi) sitoplazmik zarı geçebilmeleri için taşıyıcı proteinlere ve metabolik enerjiye ihtiyaç duyulur.

Bu yolla dış ortamdaki madde konsantrasyonu düşük olsa bile, hücre gereksinim duyduğu maddeleri içeride biriktirir. Aktif transportta “permeaz” olarak bilinen enzim sistemleri (taşıyıcı proteinler) aracı olarak iř görürler.

rn: laktozun hücre içine girebilmesi için B-galaktozidaz enzimine gereksinimi vardır.



2. Sitoplazma

Bakteri sitoplazması sıvı olup yaklaşık %80 sudan oluşur.

Sitoplazma içinde; nükleik asitler, enzimeler, aminoasitler, karbonhidratlar, lipidler, inorganik iyonlar ve düşük molekül ağırlıklı bileşikler bulunur.

Bunlar bazıları prekürsör moleküller ve protein sentezinde yapıtaşı, bazıları enerji ve karbon kaynakları bazıları metabolizma atıklarıdır.

Sitoplazmada yer alan başlıca organlar da şunlardır: Mezozomlar, ribozomlar, çekirdek, sitoplazmik granüller, pigment, endospor, plazmid, faj vb.



3. Mezozomlar

Bakteri hücrelerinin sitoplazmik zarına bağlı ve onun hücre içinde kıvrılması ile meydana gelen oluşumlardır.

Hücredeki işlevleri şunlardır:

- DNA replikasyonu sırasında DNA'nın bağlantı yeri görevi görür.
- Hücre bölünmesi ve sporlanma sırasında septum oluşumunda görev alır.



4. Ribozomlar

Bakteri hücresi için gerekli protein ve enzimlerin sentezinin yapıldığı yerlerdir.

Yapılarında %40 protein ve %60 ribonükleik asit (rRNA) bulunur.

Ribozom sayıları, büyüklükleri ve yoğunlukları bakteri türlerine göre değişir. Bir bakteri hücrelerinde 5000-50000 arasında ribozom bulunur.

Ribozomlar hücre içinde serbest halde buldukları gibi, protein sentezi sırasında mRNA üzerinde dizilerek bir araya gelebilirler. Bunlara **poliribozom** veya **polizom** denir.

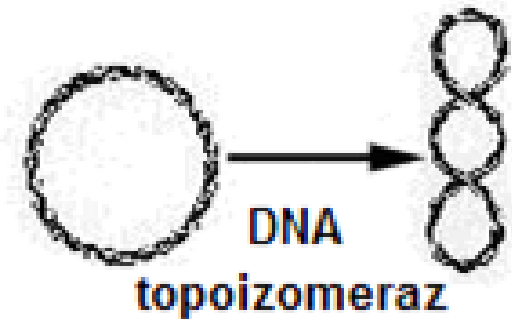


5. Çekirdek (nükleoid)

Bakteri hücrelerinin çekirdeği yüksek canlılarda olduğu şekilde bir zar ile çevrili değildir. Ayrıca çekirdekçik (nükleolus) de yoktur. Bu nedenle bakterilerdeki çekirdeğe **nükleoid** adı verilmektedir.

Bakteriyel nükleoid uzun, iki iplikçikli bir tek DNA molekülünden ibarettir. DNA'nın iki ucu, fiziksel ve genetik bir halka oluşturmak üzere, kovalent olarak birbirine bağlı halde bulunur. Genler, halkanın etrafında belirli bir sırayla yer aldıkları için genetik halka oluştururlar.

Uzun DNA molekülü bakteri içerisinde çapı 0.2 μm kadar olan, yuvarlak veya yumurta görünümünde, süper kıvrımlı, sıkı bir kütle halinde bulunur.



- Bakteriler haploid oldukları için aseksüel olarak üreme gösterirler. Mitoz ve mayoz bölünmeye bakterilerde rastlanmaz.
- Her bakteride bir adet çekirdek bulunmakla birlikte, üremenin çok hızlı olduğu durumlarda, DNA'nın replikasyonu ile bakteri bölünmesi arasındaki uyum bozulursa, bakterinin iki tane nükleoidi bulunabilir.
- Çekirdek bakterideki bütün genetik olayları ve metabolizmayı idare eden bir merkezdir. DNA, bir organizmanın hangi proteinleri ve enzimleri sentezleyebileceğini ve böylece organizma tarafından hangi kimyasal reaksiyonların yürütülebileceğini tayin eder.
- Bakteriye genom DNA dan oluşur.



