

Bakteri ve Yapısı

H. Peren BAĞLAN

Ankara Üniversitesi Hematoloji Enstitüsü



BAKTERİLERİN (PROKARYOTLARIN) ÖKARYOTLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Ökaryotlarda, hücre bir çekirdek zanyla çevrenmiş çok sayıda kromozom içeren gerçek bir çekirdek vardır, ayrıca yavru hücrelere kromozomları eşit miktarda dağıtmayı sağlayan mitotik aygıt bulunur. Prokaryotlarda hücrenin nükleoidi bir çekirdek zarı ve bir mitotik aygıttan yoksun, yüksek örgütlenmiş tek bir dairesel DNA molekülünden oluşur.

Ökaryotlarda, mitokondri ve lizozomlar gibi organeller ile daha büyük (80S) ribozomlar bulunurken prokaryotlarda bu organeller bulunmaz ve ribozomlar daha küçüktür.

Prokaryotların çoğunda katı bir dış hücre duvarı bulunmakta olup bu duvar özgün yapıtaşı olarak aminoasit ve şekerlerin bir polimeri olan peptidoglikan içerir. Ökaryotlarda peptidoglikan bulunmaz.

Ökaryotlar hücre zarlarında steroller içerirken, prokaryot zarlarında sterol bulunmaz.

Bakterilerin Yapısı

1. Morfolojik Yapı
2. Hücresel Yapı

MORFOLOJİK YAPI

Bakteriler morfolojik yapıları bakımından 3 çeşittir: kok, basil ve spiral.

Koklar

Küre şeklindeki bakterilerdir. Diplokoklar, stafilokoklar, streptokoklar ve sarcina olmak üzere 4 çeşidi vardır. Diplokoklar çiftler halinde bulunur. Stafilokoklar üzüm salkımı şeklinde kümelenmiş halde bulunur. Streptokoklar zincir şeklindedir. Sarcina ise 4'erli kümelenerek kübik kutu şekli oluştururlar.

Basiller

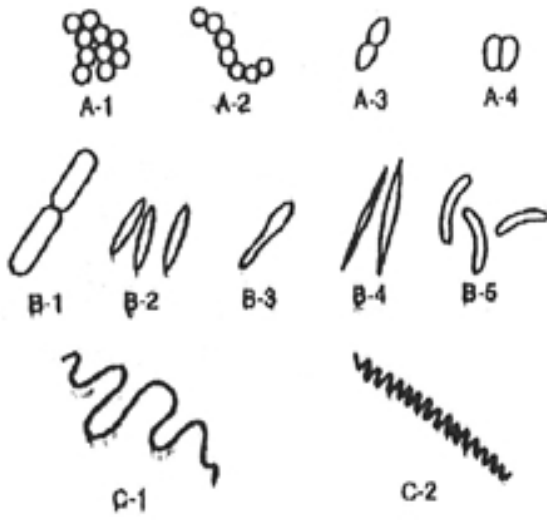
Çomak şeklindeki bakterilerdir. Kokobasil, fuziform, differoid ve streptobasil olmak üzere 4 çeşidi vardır. Kokobasil elipsoid şeklinde, fuziform 2 ke-

Karakteristik	Prokaryot	Ökaryot
Bir çekirdek zarı içinde DNA	Yok	Var
Mitoz bölünme	Yok	Var
Histonlarla eşlenmiş DNA	Yok	Var
Kromozom Sayısı	1 tane dairesel	1den fazla
Ribozom büyüklüğü	70S	80S
Peptidoglikan içeren	var	Yok
hücre duvarı		
Steroller	yok	var

nan dışbükey uçları sivri görünüşlü iğ biçiminde, difteroid uç ve ortaları şişkin, streptobasil ise tek tek zincir halinde bulunur.

Spiraller

Spiroket ve spiril olmak üzere 2 çeşidi vardır. Spiroket esnek yapılı, uzun, eksenleri etrafında dalgalı ve spiral bükülmüş, spiril ise sert yapılı eğilip bükülemeyen spiral biçimlidir.



Şekil 1. Bakterilerin morfolojik yapıları

BAKTERİLERİN HÜCRESEL YAPISI

1. Hücre duvarı

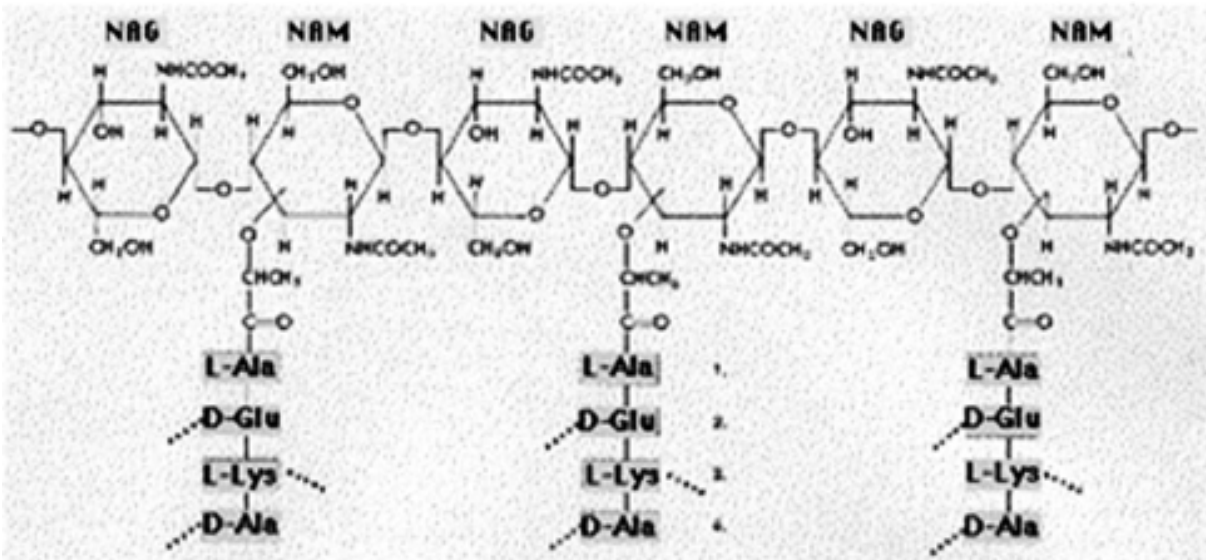
Hücre duvarı sitoplazmayla kapsül arasında bulunan ve birçok tabakadan oluşan bir yapıdır. Bakterilerde G+ ve G- lerde hücre duvarı farklılıkları gözlemlenir:

Yapı Taşı	Gram (+)	Gram (-)
Peptidoglikan	Kalın Çok Katlı	İnce Tek Katlı
Teikoik Asit	Var	Yok
Lipopolisakkarit	Yok	Var
Lipoprotein ve Fosfolipid	Yok	Var

Gram + ve gram-bakterilerde hücre duvarı farklılıklarını yaratan peptidoglikan tabakasının yapısı şöyledir:

Peptidoglikan tabaka başlıca 3 kısımdan oluşan kompleks bir polimerdir. Sırası ile NacG (N Asetil Glutamik Asit) ve NacM (N Asetil Muramik asit) dizilerinden meydana gelmiş olan ilk kısım duvarın iskeletini oluşturur. Bu kısım tüm bakterilerde aynıdır.

NacM'ye bağlı olan tetrapeptid yan zincirler ikinci kısmı oluşturur. Türden türe farklılık gösterir. Genelde bütün türlerin tetrapeptid yan zincirleri önemli bazı genel özelliklere sahiptir. Çoğunda L-Alanin, D-Glutamat, D-Alanin ve bir değişken bölge bulunur. Bu değişken bölge G- lerde Diaminopimelik asitken G+ lerde L-Lizin yada diğer L aminoasitlerdir.



Şekil 2. Peptidoglikan tabaka yapısı

Üçüncü kısım ise tetrapeptit yan zincirlerin arasında çapraz bağlar oluşturan benzer yapıda ki peptidlerdir. Bu kısımda türden türe farklılık gösterir. Peptidoglikan tabakanın kimyasal yapısı şekilde gösterilmiştir:

2. Teikokik asit

G (+) bakterilerde görülür. Fosfodiester bağı ile bağlanmış ribitol veya gliserol kalıntılan içeren, suya eriyebilen bir polimerdir. 2 tip teikoik asit vardır:

Duvar Teikoik Asidi: Kovalen bağlarla peptidoglikanlara bağlanmıştır.

Lipoteikoik Asit: Membran teikoik asitleridir. Kovalent bağlarla membran glikolipidlerine bağlanmıştır.

3. Sitoplazmik zar

Hücre duvan peptidoglikan katmanının hemen iç yüzünde sitoplazmik zar yer almakta olup bir fosfolipid çift katmanından oluşan bu zar mikroskopta ökaryotik hücrelerdeki zara benzer. Bu ikisi kimyasal olarak birbirine benzer fakat ökaryotik zarlarda steroller varken ,prokaryotik zarlarda steroller bulunmaz.

Sitoplazmik zarın 4 önemli işlevi vardır

- Moleküllerin hücre içine aktif taşınması
- Oksidatif fosforilasyonla enerji üretilmesi
- Hücre duvan öncülerinin sentezi
- Enzim ve toksinlerin salgılanması

4. Mezazom

Sitoplazma zarı kıvrılıp içeri doğru girinti yaparak mezazom denen özel yapıları oluşturur. 2 tip mezazom vardır:

Septal

Bakteri kromozomu hücre bölünmesi sırasında septal mezazoma bağlanır

Lateral

Kendilerine yapışmış olan plazmidlerin replikasyonunda ve spor oluşturmada görevleri olduğu sanılmaktadır.

5. Sitoplazma

Elektron mikroskopunda incelendiğinde sitoplazmada birbirinden ayrı 2 alan görülür:

- Ribozom, besleyici granüller, metabolitler ve iyonları taşıyan amorf bir matris
- DNA'dan oluşan daha içte yer alan bir nükleoid bölgesi.

6. Ribozomlar

Bakteriyel ribozomlar ökaryotlarda olduğu gibi protein yapım bölgesi ise de bunların büyüklük ve kimyasal bileşimi ökaryotik ribozomlardan farklıdır. Bakteriyel ribozomlar 50S ve 30S'lik alt birimlere sahip 70S büyüklüğündeyken, ökaryotların ribozomu 40S+60S'lik alt birimlerden oluşan 80S'lik büyüklüğe sahiptir.

7. Nükleoid

Nükleoid sitoplazmada DNA'nın yerleştiği bölgedir. Prokaryot DNA'sı tek bir çembersel molekül olup 2000 gen içerir. Nükleoidde ne çekirdek zarı, ne mitotik aygıt nede histon bulunmadığından ökaryot çekirdeklerden farklıdır.

8. Plazmidler

Plazmidler kromozom dışı, çift iplikli dairesel DNA molekülleri olup bakteri kromozomundan bağımsız olarak replikasyona uğrama yeteneğine sahiptir.

9. Hücre Duvarındaki Özel Yapılar

Kapsül

Kapsül bakterinin tamamını saran jelatin benzeri bir katmandır. Polisakkaritten oluşmuştur. Polisakkaritlerin şeker yapıtaşları bir bakteriden diğerine değişiklik gösterir ve bir tür içerisindeki serolojik tipi belirler.

Kapsülün önemi

- Fagositlerin bakteriyi yutma yeteneklerini sınırladığı için birçok bakteride virulans determinanttır.
- Bir organizmanın özgün tiplendirilmesi kapsül polisakkaritlerine karşı antiserum kullanılarak yapılır. Laboratuvarında bazı organizmaların tanınmasında kullanılabilir.
- Kapsül polisakkaritleri koruyucu antikorlar oluşturabildiğinden bazı aşılarda antikor olarak kullanılır.
- Kapsül, enfeksiyona neden olan bakterilerde enfeksiyonun ilk basamağında bakterilerin insan dokularına yapışmasında rol oynar.

Kamçı

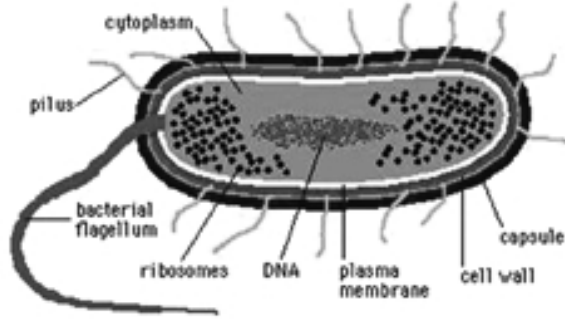
Kamçı uzun, ip gibi bir ek olup bakteriyi, besin veya diğer çekim maddelerine doğru hareket ettirir ve bu olaya kemotaksi denir.

Pili

Pililer kıla benzer filamentler olup hücrenin yüzeyinden çıkar. Bunlar kamçıya göre daha kısa ve düz olup heliks şeritler halinde düzenlenmiş pilin adlı bir protein alt biriminden yapılmıştır.

Glikokaliks

Glikokaliks birçok bakteri tarafından salgılanan bir polisakkarit örtüdür. Bakterinin yüzeyinde ince bir tabaka halinde sıvanır ve bakterinin deri, kalp kapakçıkları gibi çeşitli dokulara sıkıca yapışmasını sağlar.



SPORLAR

Bu ileri derecedeki dirençli yapılar G(+) çomaklar tarafından olumsuz koşullara yanıt olarak üretilir. Karbon ve azot kaynakları gibi besin maddeleri tükendiğinde spor oluşumu görülür.

Spor hücre içinde oluşur ve bakteriyel DNA, küçük miktarda sitoplazma, hücre zarı, peptidoglikan, çok az su ve keratine benzer bir örtü içerir. Bu keratin benzeri örtü spor için çok önemlidir. Sporu ısı, kuruma, ışın ve kimyasal maddelere karşı korur.

Spor oluşuktan sonra hücre artık metabolik etkinlik göstermez ve yıllarca uyur halde kalabilir. Ancak spor su ve uygun besin maddeleriyle karşılaştığında özel enzimler örtüyü parçalar, su ve besin maddeleri içeriye girer, metabolizma gösterip üreyebilen bir bakteri hücresine çimlenme görülür.

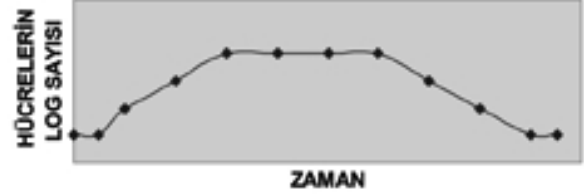
ÜREME

Bakteriler ikiye bölünmekle üremekte olup bu olayda bir ata hücre, 2 yavru hücre vermek üzere bölünmeye uğrar. 1 hücre 2 yavru hücre verdiği için bakterinin üslü (logaritmik) üremeye uğradığı bilinmektedir.

Bakterinin katlanma süresi 20' dan 24 saate kadar değişebilir. Katlanma süresi sadece türden türe değil aynı zamanda; gıda maddelerinin miktar, sıcaklık ve pH gibi ortam etmenlerine bağlıdır.

Bakterinin üreme eğrisi 4 büyük evre içerir. Sıvı bir besiyerine küçük miktarda bakteri ekilir ve sık aralıklarla bakteri sayımı yapılırsa standart bir üreme eğrisinin tipik evreleri görülür:

BAKTERİ ÜREME EĞRİSİ



1. Lag Fazı

İlk evre lag fazı olup bakterilerin bu evrede çok yoğun bir metabolik etkinliğine karşın hücreler bölünmesi görülmez. Bu evre birkaç dakikadan 1-2 saate kadar uzayabilir.

2. Log Fazı

Hızlı hücre bölünmesinin görüldüğü evredir.

3. Duraklama Fazı

Ortamdaki besin maddeleri tükendiğinde veya toksik ürünler üremeyi yavaşlattığında görülür ve bu evrede yeni oluşan hücreler ölen hücreleri sayıca karşıladığından kararlı bir hal yerleşir.

4. Ölüm Fazı

Canlı bakteri sayısında azalma görülür.

BAKTERİNİN GENETİK YAPISI

Bakterinin genetik materyali tek bir halkasal DNA molekülüdür. Örneğin E.coli'de bu DNA 5x1000000 baz çiftinden oluşur. Tek bir kromozom taşımasından dolayı bakteri DNA'sı haploiddir.

BAKTERİLERDE GÖRÜLEN DEĞİŞİKLİKLER

1.Fenotipik Değişiklikler

Bu tür değişiklikler genellikle ısı, ışık, nem, yüzey gerilimi, oksijen konsantrasyonu ve bazı kimyasal maddeler gibi, dış ortam koşullarının (yüksek agarlı ortamda bulunması gibi) etkisi ile flagellarını kaybedip hareketsiz görünüm almaları bu türden geçici bir değişikliktir.

2.Genotipik Değişiklikler (MUTASYONLAR)

Bu tür değişiklikler bazı doğal genetik olaylar sonucu oluşabildiği gibi, daha büyük bir sıklıkla endojen ve ekzojen faktörlerin etkisiyle de meydana gelebilmektedir. Canlılarda oluşan mutasyonu artıran bir takım fiziksel ve kimyasal etkenler bulunmaktadır.

Mutajenik faktörler adı verilen bu etkenler şunlardır:

- X ışınları
- Pürin ve pirimidin analogları
- Nitröz asit
- Nitrojen mustard
- Etil-metan sülfonat
- Akridin oranji
- Akriflavin

Bakterilerde görülen mutasyon şekilleri şunlardır:

- Baz Değişim Mutasyonları (Nonsense ve missense neden olan insersiyon ve delesyonlar)
- Çerçeve Mutasyonları
- Transpozonlar ve sokulma dizileri

Bakterilerde oluşan genetik değişiklikler (mutasyonlar) konjugasyon, transformasyon, transdüksiyon gibi çeşitli metabolizmalar aracılığıyla başka bakterilere aktarılabildiği gibi bu mekanizmaların her biri de başlıca genetik değişiklik nedeni olmaktadır.

BAKTERİLER ARASINDA GENETİK MADDE AKTARIMI (REKOMBİNASYON OLAYLARI)

Bakterilerde genetik madde aktarımında ortak olarak bir verici (erkek) ve alıcı (dişi) bakteri vardır. Verici bakterinin alıcı bakteri hücrelerine bakteri genomunun aktarılması sonucu, her iki bakterinin genetik özelliklerini birlikte içeren melez bakteriler meydana gelir. Bakterilerde görülen bu olaylar sırasında, yüksek canlılarda olduğundan farklı olarak 2 hücrenin çekirdeklerinin tümü birleşmemekte, alıcı bakterinin kromozomuna yalnız belli bir bölümü için diploit duruma geçmektedir. Melez bakterilerde, verici hücreden alınan genetik materyale ekzogenot, bunun alıcı hücredeki karşılığına ise endogenot denir. Alıcı bakteri DNA'sının replikasyonu sırasında ekzogenot da replike olur ve aralarında meydana gelen çaprazlaşmalar sonucu, alıcının DNA'sına vericiden gelen ekzogenot eklenir. Bu bakteriden oluşacak yavru bakteriler, alıcı hücrenin genomunu taşırlar. Verici bakteriden aktarılan bir DNA segmentinin alıcı genomuna girip, alıcı bakteriye birtakım yeni özellikler kazandırmasına rekombinasyon, oluşan melez bakteriye de rekombinant denir.

Bakterilerde rekombinasyon 3 ana olayla meydana gelir

1. Transformasyon
2. Transdüksiyon
3. Konjugasyon

1. Transformasyon

Herhangi bir aracı (2. bir canlı hücre veya bakteriofaj) bulunmaksızın, verici bakteri tarafından ortama bırakılmış olan DNA'nın alıcı bakteri tarafından alınarak oluşan bir rekombinasyon türüdür. Verici bakterinin DNA'sı ortama genellikle bakterinin kendiliğinden parçalanıp erimesi veya bazı kimyasal maddeler aracılığıyla ekstraksiyonu sonucu salınır. Bu genetik materyalin alıcı hücre tarafından alınabilmesi için deoksiribonükleaz enziminin etkisinden korunmuş olması ve alıcı hücrenin DNA moleküllerini hücre içine alabilme yeteneğinin bulunması gerekir. Çalışmalar ancak büyük DNA fragmentlerini ortamdan alabildiğini çift iplikli DNA'nın tek iplikli DNA'ya oranla daha büyük sıklıkla hücre içine alınabildiğini göstermiştir. Ayrıca bu olayda alıcı bakterilerin yüzeyinde bulunan DNA tanıma bölgelerinin de rol oynayabileceği bildirilmiştir. Bu bölgenin sayısı bakteri türüne göre değişiklik gösterir.

Hücre içine alınmada her ne kadar çift iplikli DNA molekülleri tek iplikli DNA'ya tercih edilse de alıcı bakteri tarafından salınan bir endonükleaz enzimi, DNA'nın bir iplikçliğini eriterek tek iplikli kalmasına neden olur. Böylece bakteriye alınan verici bakterinin tek iplikli DNA'sı, alıcı hücrenin DNA'sında kendi nükleotit bazlarına uygun bölgeye yerleşir. DNA genellikle bakterinin logaritmik üreme döneminin sonuna doğru bakteri içine alınır. Transformasyon sonunda, alıcı bakterilerde kapsül, flagella oluşu ile değişik enzimatik reaksiyonlar gözlenebilmektedir.

2. Transdüksiyon

Bir bakteriye ait DNA segmentlerinin bir bakteriofaj aracılığıyla diğer bir bakteriye aktarılmasıdır.

2 tip transdüksiyon vardır:

Genel Tip

Bu transdüksiyonda, konak bakterinin tüm genleri alıcı bakteriye aktarılma bakımından eşit şansa sahiptir. Bu olayda aracı olan bakteriofajlar, bakteri DNA'sı ile bütünleşmeyip, sitoplazma içerisinde DNA'dan bağımsız olarak, sitoplazma zannının özgül bir noktasına tutunmak suretiyle replike olmaktadır. Faj DNA'sının replikasyonu ve bu sırada diğer faj proteinlerinin sentezlenmesi bakteri DNA'sının replikasyonu ile eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle bakteri kromozomundan herhangi bir DNA segmentinin ayrılarak, oluşan faj proteinleri içerisine yanlışlıkla girmesi de mümkündür. Böylece bakteri içerisinde ;dışında faj kapsidi, içinde ise faj DNA'sı yerine bakteri DNA segmenti bulunan yanlış faj partikülleri oluşur. Aynı anda nor-

mal fajlarda olgunlaşmış bakteriyi eriteceklerinden, içinde bakteri DNA'sı bulunan faj partiküllerinde özgül oldukları bakteri hücrelerine yapışıp, genomunu bu bakteriye aktarabilirler. Böylece bakteri içine giren verici bakterinin DNA segmenti, alıcı bakterinin DNA'sının homolog bölgesi ile çaprazlaşıp, bu bölgede kendi allellerinin yerine geçer ve alıcı bakterinin verici bakterinin özelliklerini kazanması-na neden olur.

Özgünleşmiş tip: Bu tipte transdüksiyon yapabilen fajların en iyi bilinen örneği E.coli'nin lamda fajıdır. Bu nedenle bu tip transdüksiyona lamda fajı transdüksiyonuda denmektedir. Bu bakteriofaj girdiği bakterinin kromozomunun hep aynı bölgesine (gal bölgesi= galaktoz enzimi geninin bulunduğu bölge) yapışıp entegre olduğu için, yeni bakteriye daima aynı DNA segmentini aktarır. Böylece bakteriyi galaktoz (-) halden galaktozu parçalayabilme özelliğine sahip hale getirir. Faj DNA'sıyla birlikte olan bakteri DNA segmenti, alıcı bakterinin kromozomuyla bütünleştikten sonra, çoğalan bakterinin oluşturduğu yeni yavru hücreler, ana bakteri genomu ile birlikte eksik profaj ve verici bakterinin DNA segmentinden oluşan bir DNA'ya sahip olurlar.

Bu bakterinin kısmen diploit olup, kromozomlarından galaktoz geninin yanında bunun (-) alleleri de taşır. Böylece bir takım yeni özellikler kazanmış olan bakteri hücresi, önceden veya daha sonra bir fajla enfekte olupda eritildiğinde verici bakteriden gelen DNA segmenti ile önceki fajın genomunu birlikte içeren melez genoma sahip fajalarda serbest hale geçip yeni bakteriyi enfekte etmek üzere ayrılırlar.

3. Konjugasyon

Genetik materyelin bir bakteriden diğerine bu 2 bakterinin geçici teması sonucu aktarılmaktadır. Bakteriye verici özelliğini ekstrakromozomal bir DNA segmenti olan F (fertilite) faktörü kazandırır. F faktörünün bulunduğu F+ bakteri, bu faktörü taşımayan F- bakteri ile yan yana gelip F faktörünü aktarabilmektedir.

F faktörü bir replikondur. Yani sitoplazma içinde bakteri kromozomundan bağımsız olarak replike olmakta ve yeni oluşan yavru bakterilere geçebilmektedir. Yani F faktörü bir plazmit olup çember biçiminde ve çift iplikli DNA yapısındadır. Bakteri kromozomu gibi bir ucuyla sitoplazmaya tutunur, kromozomla eş anlamlı fakat ondan bağımsız olarak replike olur. Bakteriden bakteriye genetik materyel aktarılmasını yöneten tra genleri, F faktörün DNA'sında bir operon tarafından düzenlenir. Konjugasyon bu operondaki bazı genlerin yönetimi al-

tında bakteride fertilite pilusu adı verilen pilusun yapılmasıyla başlar. F pilusu diğer fimbrilardan oldukça büyük (bakteri boyunun birkaç misli uzunluğunda), içi boş, üzerinde bakteriofajlar için reseptörler taşıyan ve yalnız F+ bakterilerde bulunan bir pilustur. Konjugasyon sırasında iki bakterinin yan yana gelip genetik materyelin aktarılmasında önemli görevi olduğu bilinen F pilusu farklı bir antijenik yapıya sahiptir (F antijeni) Bu antijen özel yöntemlerle saptanarak F+ bakterilerini diğerlerinden ayırabiliriz. İki bakterinin yanyana gelip birleşmesi sırasında F faktörü de bakteri kromozomu gibi replike olur ve DNA'nın çift iplikçikleri birbirinden ayrılır. DNA iplikçiklerinden biri F- olan alıcı bakteriye geçer, diğeri verici bakteride kalır. Sonra iki bakteride de bu iplikçiklerin karşılığı olan iplikçikler sentezlenir ve 2 hücrede F+ olur.

F+ bakteriden F- bakteriye F faktörünün aktarılması oldukça yüksek oranda gerçekleşebilir; öyle ki bazen F- hücrelerinin tümünün F+ oldukları saptanmıştır. Bununla beraber verici bakteriye ait "kromozomal DNA segmentlerinin" alıcı bakteriye aktarılma sıklığı oldukça seyrekdir. Bunun için F faktörünün verici bakteri DNA'sında uygun bir bölgeye yerleşmesi gerekmektedir. Böylece F faktörü bakteri DNA'sıyla bütünleşmektedir. Yüksek sıklıkta rekombinasyon yapan (Hfr= High frequency of recombination) hücreler bu suretle oluşmaktadır. Hfr bakterilerde de, F+ hücrelerde olduğu gibi F pilusu bulunur. Bu hücrelerin bakteri topluluğundaki diğer hücreler ve özellikle F- bakterilerle birleşme yeteneği F+ hücrelere göre 100 kat daha fazladır. Bu birleşmede Hfr hücrelerinin, alıcı bakteriye F faktörünü aktarma şansı oldukça düşük olmakla birlikte kromozomu DNA segmentini aktararak rekombinant bakteri oluşması yüksek sıklıkla gerçekleşmektedir. O halde Hfr bakterileriyle oluşan konjugasyonda, alıcı bakteriye F faktörüne ait bazı genlerle birlikte, verici bakterinin DNA segmentlerinin bir kısmı da aktarılabilmektedir. Aktarılan bu melez genom, alıcı bakterinin DNA'sıyla bütünleşerek ona vericiye ait bir takım özellikler kazandırır. Hfr bakterisinde yapılan aktarmalarda alıcıya geçen DNA segmentinde F faktörünün bazı genleri bulunduğu için alıcı bakteri F+ özelliği göstermez. Bu tür konjugasyonlarda pek seyrek olarak, F faktörünün tüm genleri aktarılıp alıcı bakterinin F+ olması mümkündür. Çok güçlü rekombinasyon özelliğine sahip olan Hfr hücreleri hiç bir zaman alıcı bakteri olmazlar.

F faktörü bazen bütünleşmiş olduğu bakteri DNA'sından ayrılarak, kromozom dışında, çembersel bir şekilde devamlılığını sürdürebilir. Böylece Hfr den F+ bakteri meydana gelmiş olur.

Bu ayrılma sırasında F faktörüne ait genlerle birlikte kromozomal DNA segmentleride bakteri DNA'sından kopabilmektedir.

Yani plazmid niteliğindeki bu oluşumda hem F faktörüne hem de bakteri kromozomuna ait bir takım genler bir arada bulunabilir. Sitoplazmada serbest halde bulunan bu melez genomu F' faktörü, F' faktörüne sahip olan bakterilerde F prime (F') hücreleri denir.

Konjugasyon bakterilerde türler arasında, cinsler arasında oluşabilen bir rekombinasyondur. Genellikle bir arada yaşayan bakteriler arasında gerçekleşen bu tip rekombinasyon sonucunda melez bakteriler gerek tanı, gerekse tedavi yönünden ciddi sorunlar yaratabilir.

PLAZMİDLER

Plazmidler bakteri hücrelerinin sitoplazmasında kromozomal DNA'dan bağımsız olarak bulunan ve replike olabilen ekstrakromozomal DNA segmentleridir. Bazı plazmidlerde bakteriden bakteriye kendi transferlerini sağlayan "tra" genleri bulunmakta böyle plazmidlere "konjugatif plazmidler" denmektedir.

Bakterinin plazmidler tarafından kodladığı biline fenotipik özellikler şunlardır:

- Antibiyotiklere direnç
- Ağır metal iyonlarına direnç
- UV ışınlarına direnç
- Çeşitli enzim ve toksinler oluşturma
- Konak hücreye adherens
- Kolinize olma
- Bakteriyosin oluşturma
- H₂S, üreaz oluşturma
- Çeşitli karbonhidratların fermantasyonu

Plazmidler bazı hücrelerde bakteri kromozomu ile birleşebilmektedir. Böyle plazmidler epizom denir.

Bilinen plazmidlere örnekler:

- F faktörleri
- F' faktörleri
- Kolisin plazmidleri (bakteriyosinler)
- Direnç plazmidleri
- Stafilokok plazmidleri
- Virulens plazmidleri

Kolinin plazmid (bakteriyosinler)

Kolininler diğer bakterileri eritme özelliği olan plazmidlerdir. Bakterilerde çeşitli özellikler gösteren col plazmidleri bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak da bakteriyosinden etkilenen bakterilerin, farklı bakteriyosinlere duyarlılıklarını da değişiklik göstermektedir. Böylece bakterilerde değişik bakteri tipleri saptanabilmektedir.

Direnç plazmidler

Birçok bakteride antibiyotik ve kemoterapik maddelere karşı direnci, resistans direnç transfer vektörü (RTF) denen ekstrakromozomal DNA segmentinin yönettiği biliniyor.

Virulens plazmid

Enteropatolojik E.coli'de bulunur ve bakterilerin virülensliğini etkiler. Onların enterotoksin ve kolonizasyon antijeni oluşturmalarına neden olur.

YER DEĞİŞTİREBİLEN (TRANSPOZABLE) ELEMENTLER

İlk olarak E.coli bakterileri ile yapılan DNA hibridizasyon çalışmalarında gerek bakteri DNA'sında ve gerekse sitoplazmadaki plazmidlerin DNA'larında bulunan bir takım polinükleotit parçalarının DNA üzerinde yer değiştirdikleri gözlenmiş ve bunlara IS elementleri denmiştir. IS elementlerinin 2 uçlarında, birbirine zıt yönde dizilmiş, tekrarlayan pürin ve pirimidin bazları bulunmaktadır. Bakteri veya plazmid DNA'sının değişik bölgelerinde, birden fazla sayıda IS elementi bulunabilir. Farklı yapı ve özellikteki IS elementleri tanımlandıkça IS1, IS2, IS3 gibi numaralandırılarak isimlendirilir.

Daha sonraki direnç plazmidleri üzerinde bulunan direnç genlerinde, plazmidten plazmide, plazmidten bakteri DNA'sına veya bakteri DNA'sından plazmide yer değiştirdikleri görülmüştür ve IS elementlerine benzedikleri saptanmıştır. Bir replikon (plazmid veya bakteri DNA'sı) üzerinde bulunan, iki uçlarında zıt yönde dizilmiş, tekrarlayan pürin ve pirimidin bazları ile sınırlandırılmış olan ve değişik bir fonksiyonu kodlayan yer değiştirme yeteneğindeki DNA parçalarına transpozon denir.

Transpozonlar aynı replikon üzerinde veya replikonlar arası yer değiştirerek kodladıkları fonksiyonları (antibiyotik direnci, laktöz fermentasyonu, ısıya direnç, toksin oluşturma) aktarabilen, IS elementlerinden daha büyük DNA segmentleridir.

Gerek transpozonlar gerek IS elementlerinin aktarılması rastlantıya bağlı olmayıp aktarılan bu DNA segmentlerinin bağlanacağı özgül noktalar bulunur.