

# Doğada Bakteriyel Gen Alışverişi

Bakteriler arası gen iletimi sanılanın aksine sıklıkla gerçekleşmekte olup, bu konu üzerinde yapılacak çalışmalarla genetik olarak değişikliğe uğramış mikropların yaygınlaşmasının önüne geçilebilir.

Adil Denizli  
H.Ü. Kimya Böl.  
Biyokimya ABD Başkanı  
Ahmet Gürzumar  
H.Ü. Biyomühendislik ABD

1980'li yıllarda bilimadamları bakteriler arası gen iletimi için teknikler geliştirirken bazı araştırmacılar da bu teknikleri petrol sızıntılarını temizlemek ya da tarım ürünlerini korumak gibi çevresel sorunların çözümü için kullanmayı planlamaktaydılar, fakat kısa bir süre sonra eleştiri oklarını üzerlerine çektiler. Genetik yapılarıyla oynanmış mikroplardan diğer organizmalara 'yatay' gen taşınımı (anne-çocuk: dikey gen iletimi) ile doğada geri dönüşümsüz tahribatların oluşacağı öne sürülürken biyologların bu mikroplar hakkında yeterli bilgisi bulunmamaktaydı. Bunun üzerine, genetik araştırmacılarının ve mikrobiyal ekolojistlerin başlattığı ortak çalışmalarda, bu mikropla-

rı hassas bir yapıya sahip ve sanılanın aksine daha kısa ömürlü oldukları görülmüştür; fakat yine de belirli koşullar altında genler, diğer bakterilere ve diğer organizmalara ulaşabilmektedirler.

Bakterilerden doğaya gen salınımının kontrol altında tutulması için taşınımın kolaylaştığı koşullar belirlenmeli ve bakterilerin gen iletimi durdurulmaya çalışılmalıdır. Bilimadamlarınca elde edilen veriler, günümüzde tam olarak kullanılsa da, gelecekte ortam koşullarına en uygun bakteri seçimini sağlayacaktır. Araştırmaların geldiği bugünkü noktada yatay gen iletiminin dönüşüm ve birleşme ile gerçekleştiği fikri ağır basmaktadır. Bakterilerdeki genetik çeşitliliğin sebebi de evrim sürecinde bakteriler, ökaryotlar (hayvan, mantar,

fungi ve protozoa) ve archaealar arasında gerçekleşmiş olan gen taşınımıdır. Bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç kazanmasına da yol açan gen iletiminin prensiplerinin anlaşılması, karşılaşılan sorunların çözülmesi için şarttır.

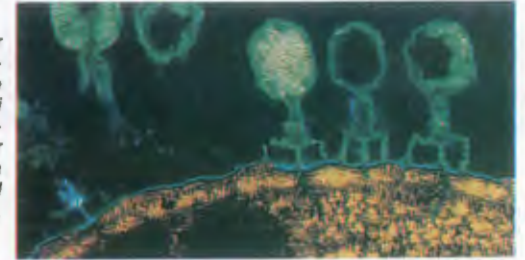
## Birleşme

Bakterilerin kullandığı genetik materyal iletimi mekanizması olarak düşünülen ve üzerinde ayrıntılı olarak çalışılan ilk mekanizma olan birleşme, 1946 yılında E.coli bakterilerinin aralarında dairesel DNA parçalarını, plazmitler, ilettiğinin anlaşılması ile tanımlanmıştır.

Bakteriyel kromozomdan bağımsız, büyük ve üremeye dönük genler içeren plazmitler genelde zor durumlarda bakterinin yaşama şansının artırılmasına dönük genler, toksik bileşikler ya da antibi-



**KAYALARDAKİ GEN AKTARIMI-** Bakteriyofajlar (bakterileri enjekte eden virüsler) bakteri hücre duvarına bağlanır ve DNA'sını hücre içine enjekte eder (a ve b; ayrıca küçük fotoğraf). Bakteri içindeki enjekte DNA kopyalanır (c) ve bakterinin kromozomları kırılır (d). Normalde, Viral DNA yeni bir viral parçacık oluşturur (e). Fakat iletim esnasında bazı parçacıklar bakteriyel DNA'yı alır (bakteriyel genleri içeren) ve ikinci bakteriye aktarır (f), DNA'ya taşır (g).



	İletim	Bağlanma	Dönüşüm
Kata Ortamı	Toprak bitki yüzeyleri	Toprak, bitki yüzeyleri	Toprak
Su Ortamı	Göl, okyanuslar ve atık arıtım faaliyetlerindeki atıklar	Göllere, okyanuslar, deniz çöktürleri, nehirler, çevre suları, arıtım tesislerindeki atıklar.	Deniz çöktürleri, nehirler, nehir taşları
Organizma İçi	Fareler	Bitkiler, böcekler, tavuklar, fareler, insanlar	Bitkiler, böcekler, fareler

yotikleri etkisiz hale getiren proteini sentezleyen genler gibi, taşırlar. Gram-negatif bakterilerde verici bakteriler alıcı bakterilere köprü işlevi gören iplikçiler uzatarak bağlanırlar. Bir bakteri çok sayıda bakteriye bağlandığından hem verici, hem de alıcı rolü oynar. İplikçiklerin bazı türleri sadece katı yüzeylerde etkili iken bazıları da hem sıvı, hem de katı yüzeylerde etkilidirler. Genetik çalışmalarda bakterilerin bu özelliğinin bilinmesi ile bakterilerin arası gen iletimi engellenebilir.

Gram-pozitif bakterilerde birleşme iplikçiler ile değil, alıcı bakterilerin verici bakterileri kümeleştirir proteinler salgılamasının ardından bir araya gelen bakterilerin gözenekleri aracılığı ile gerçekleşir. Genel olarak doğada

gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerin kendi aralarında sınırlı olmak üzere plazmit değiştirirken bazı plazmitler, bakteri ve bitki gibi birbirleri ile ilgisiz türler arasında da iletim gerçekleştirirler.

#### Birleştirme çalışmaları

Yapılan bir çalışmada laboratuvarında yetiştirilmiş, bağışıklık sistemi zayıf insanlarda solunum ve boşaltım sistemi hastalıklarına sebep olan, toprak ve tatlı suda yaygın olarak bulunan pseudomonas aeruginosa bakterisinin civa toksisitesine karşı doğal direnç sağlayan plazmitleri ortamdaki alabildiği gözlenmiştir.

Çoğu çalışma birleşmenin doğadaki çevresel etkilerden, laboratuvarında olduğundan daha farklı etkilendiğini ortaya koymuştur.

Laboratuvarında birleşmenin gerçekleşmesi için 6-18°C arasında bir sıcaklık çok düşükken doğal bir ortam için yeterlidir. Birleşmeyi en az düzeye indirmek için gereken şartlar, tam ve doğru olarak, ancak doğada yapılacak deneylerle belirlenebilir.

Plazmitler üzerinden yürütülen genetik bilgi iletim mekanizmasının birkaç aksayan yönü de vardır. Plazmitler bakterilerin büyüme hızını düşürürler ve organizmaya yarar sağlamıyorlarsa organizma tarafından yok edilirler. Örnek olarak cıvaya karşı direnç sağlayan bir plazmit yaşadığı ortamda civa bulunmayan bir canlıya ulaşırsa canlı tarafından kısa sürede uzaklaştırılır. Ayrıca plazmitlerin bakteriyel kromozomlara katılmasına

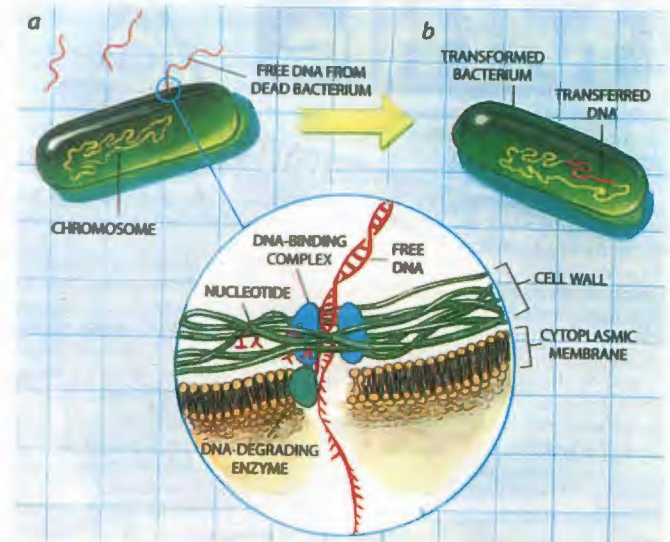
çok ender olarak rastlanır. Genelde bakterinin genetik yapısının kararlı bir parçası olamazlar ve hücre bölünmesi gerçekleştiği zaman kromozomlar değişmeden kopyalanır. Bu sebeple biyoteknolojiler genetik yapısı değiştirilmiş bakterideki bir genin birleşme ile yayılmasını önlemek için rekombinant bakterileri kullanmayı tercih etmektedirler.

Doğadaki gen iletimi ile ilgili ayrıntılı olarak çalışılan ilk mekanizma birleşme olsa da ilk olarak 1928'de yapılan bir çalışmada zararsız olan pneumococcal bakterisinin, zararlı, fakat ölü pneumococcus bakterisi taşıyan fareye enjekte edilince öldürücü hale geldiği gözlenmiştir. Bakterideki bu değişimin kaynağı ölü bakteriden ortama salınan DNA olarak belirlenmiştir. Alıcı hücreler, eğer kararlı olarak kalabilirse ortamdaki DNA'yı almak için özel yüzey proteinlerine ihtiyaç duyarlar.

Günümüze kadar araştırmacılar serbest DNA'nın toprakta veya suda kararlı kalamayacağını ve dolayısıyla dönüşümün gerçekleşmeyeceğini savunmaktaydılar. Fakat yapılan son çalışmalarda DNA'nın toprak bileşenleri ile birleşerek kararlı kalabildikleri görülmüştür.

#### Bakteriden virüse, virüsten bakteriyeye

Yatay gen iletiminin üçüncü türü olan iletim, dönüşümün aksi-



#### BAKTERİYEL TRANSFORMASYON-

a) Ölü bakteri hücrelerinden salınan serbest DNA'ları toplar. Bakteri yüzeyindeki DNA-bağlayan kompleksler DNA'yı toplar, enzimler bu DNA'yı parçalar. b) gram-pozitif bakteriler için transformasyon gösterilmiştir.

nizmaya göre gen taşırlar.

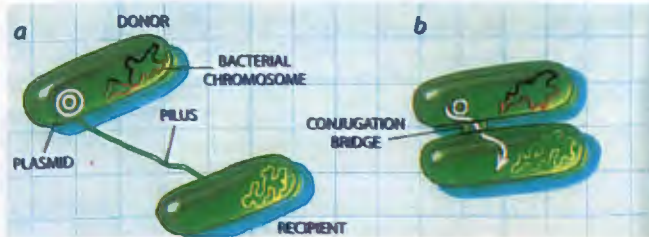
Bakteriyofajlar doğaları gereği bakterilere kendi genetik kodlarını verip kendi kopyalarını sentezletirler, fakat bu kopyaların bazıları viral yerine bakteriyel DNA içerirler. Ayrıca bakteriyofajlar kromozomların tamamını taşıyorsa da kromozom parçalarını ve plazmitleri iletebilirler.

İletim mekanizmasının yabancı bir geni geniş alanlara yayma olasılığı üzerine yürütülen çalışmalarda değişik bir gene sahip bakterinin

yofajlar bu geni taşıyorlarsa gen yeri bakteri grubunda yaygınlaşır. Bu sonuç bakteriler arası gen iletiminin göl gibi doğal ortamlarda iletim mekanizması ile gerçekleştiğini göstermektedir, fakat genetik yapısı değiştirilmiş bakteriler tarafından taşınan genlerin doğadaki iletimi birçok açıdan sınırlandırılmıştır. Bakteriyofajların sadece bir bakteri türünü veya genetik mühendisliğinde kullanılan bakteriler yerine kendi doğal ortamında bulunan bakterileri enfekte edebilmesi en önemli sınırlamalardır.

Günümüzde bilimadamları neredeyse her türlü organizmanın genetik yapısını değiştirebilmekte ve teknolojinin de yardımı ile hastalıklara dayanıklı tarım ürünleri yetiştirilebilmektedir. Bakterilerle doğal ortamlarında yapılan çalışmalar genetik yapısı değiştirilmiş organizmaların doğada güvenle kullanılabilirliğini göstermiştir. Yatay gen taşınım mekanizmalarının iyice anlaşılması ise hem verimlilik, hem de güvenlik artışı sağlayacaktır.

**Kaynak:** Scientific American ●



Bakteri plazmitlere aktarım yapabilir. Gram negatif bakterilerde, verici hücre iplikçiler uzatarak alıcı hücreye bağlanır (a). Daha sonra hücreler arasında bir köprü (daha doğrusu gözenek) oluşur. Sonraki basamakta bir plazmit DNA sarmalı alıcı hücreye geçer (b). Her bir tek sarmal tekrar çift sarmal olur (c). Aktarım tamamlandıktan sonra bakteriler birbirlerinden ayrılırlar. Gram-pozitif bakterilerde de birleşme aynıdır. Fakat hücreler iplikçiler yerine kimyasal sinyallerle birleşirler.



ne, birçok bakteri türünde gerçekleşebilir. Bakteriyofajlar (bakterileri enfekte eden virüsler) bakteriler arasında aşağıda anlatılan meka-

doğal ortama bırakıldığında bakteriyofajlar tarafından enfekte edildiği ve yeni bakteriyofajların oluştuğu gözlenmiştir. Eğer oluşan bakterie-