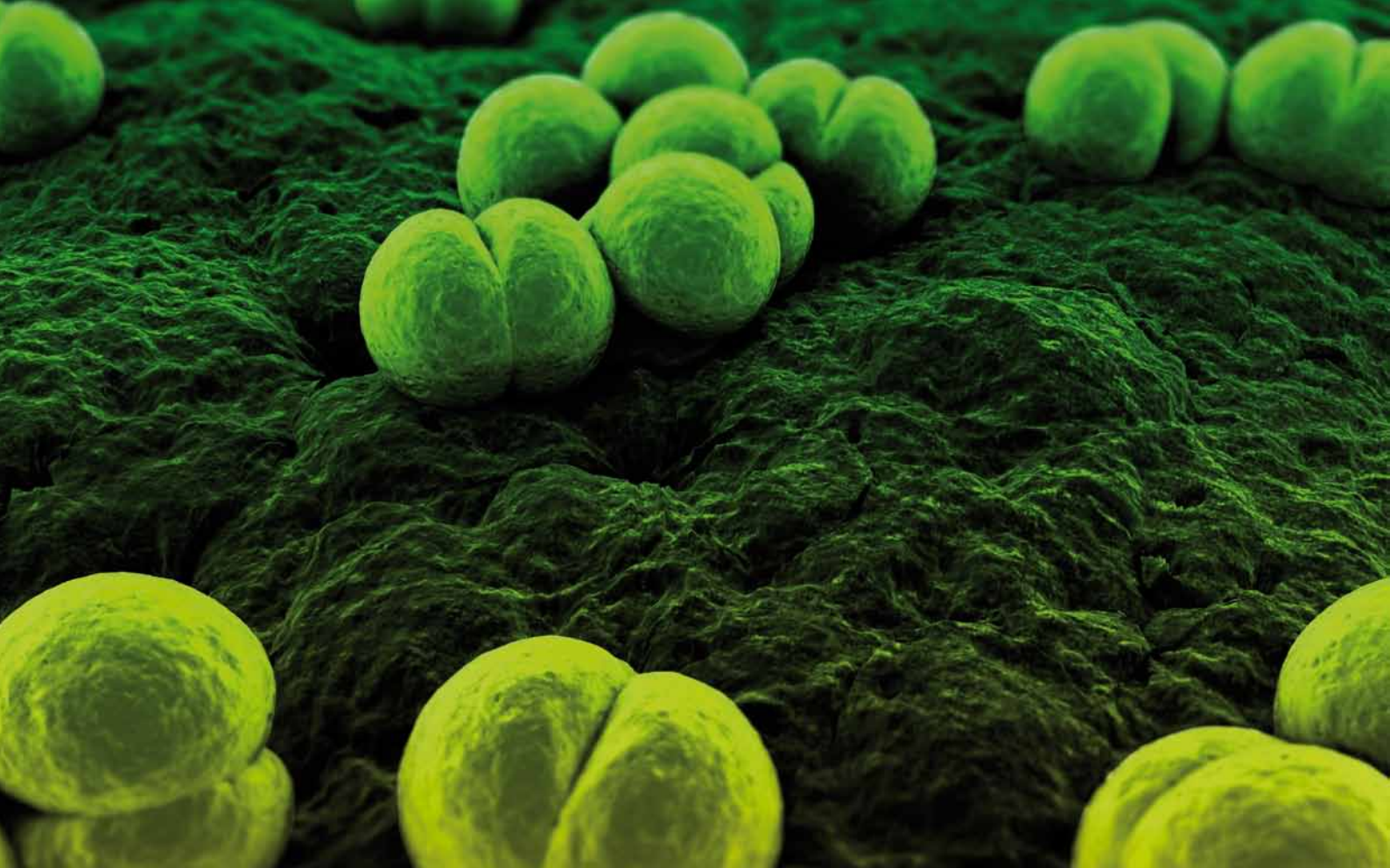


Mikroplar Akıllı mı Ne?

Dünyadaki canlıların büyük çoğunluğunu gözle göremediğimiz mikroorganizmalar oluşturuyor. Bu tek hücreli canlılar hemen hemen her çeşit ortamda yaşayabilecek bir biyolojik çeşitlilik sergiliyor. Mikroorganizmalar çok hücreli canlılara göre çok daha basit canlılar olarak kabul edilseler de kimi özellikleri yapısal basitliklerinden beklenmeyecek ölçüde karmaşık ve gelişmiş olabiliyor. Araştırmacıların adeta bir çeşit zekâya benzettiği bu özellikler mikroorganizmaların sandığımız kadar basit ve ilkel canlılar olmadığını düşündürüyor.



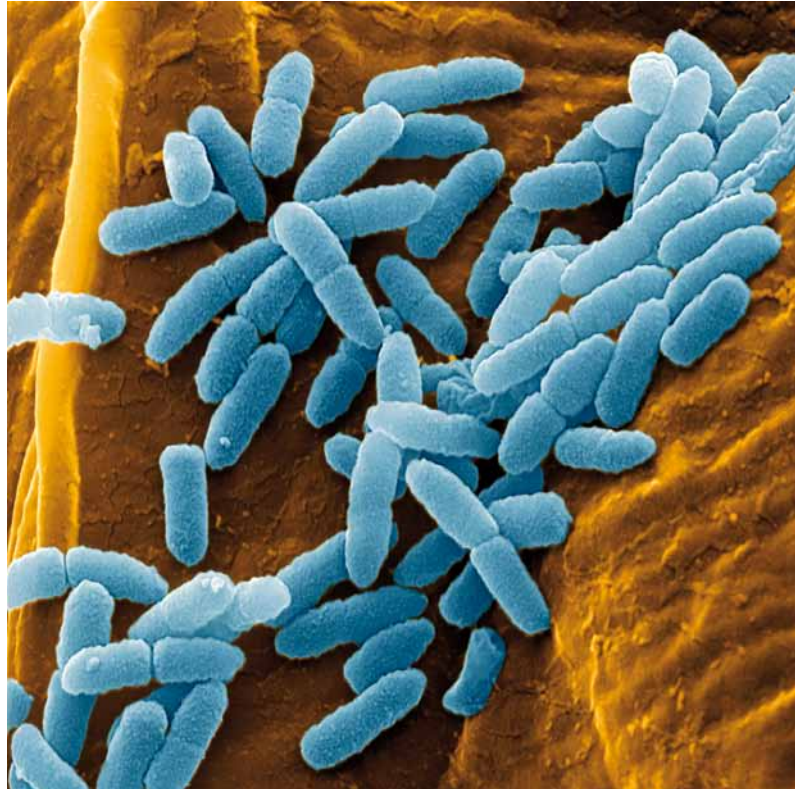
Mikroorganizmaların zekâ ürünüymiş gibi görünen davranışları tıpkı başka özellikleri gibi çeşitlilik gösteriyor. Tabii ki mikroorganizmalar için gerçek bir zekâdan bahsetmek imkânsız, çünkü bir sinir sistemine bile sahip değiller. Mikroorganizmaların bu tür davranışları, bir çeşit “kimyasal bilgisayar” gibi işleyerek sergiledikleri düşünüyor. Bu modele göre, hücre dışarıdan gelen bilgiyi girdi olarak kullanıp çıktı olarak bir davranış ortaya koyuyor. Bu defa işlem birimleri, bilgisayarlardaki mantık kapılarına benzer biçimde işleyen proteinler. Dışarıdan gelen girdiler proteinlerin şekil değiştirmesine, bir araya gelmesine ya da belirli bilgi işleme silsileleri içerisinde bazı proteinlerin kimyasal olarak değişmesine yol açıyor. Sonuçta uyarılan efektör proteinler de davranış tepkisini oluşturuyor.

İşte mikroorganizmaların, çevrelerinin farkında oldukları ve bilinçli olarak tepki verdikleri izlenimini uyandıran davranışlarından bazıları:

Mikroplar İletişim Kuruyor

Bakterilerin kimyasal sinyaller kullanarak akrabalarıyla örgütlendiği, müttefikleriyle işbirliği yaptığı ya da düşmanlarına gözdağı verdiği biliniyor. Mikrobiyologlar bu kimyasal “konuşma”nın, bakteri hücrelerinin hayvan topluluklarının karmaşıklığına yakın biçimde dayanışma göstermesine, çok hücreli canlılar gibi özelleşebilmesine ve sosyal davranış gösterebilmesine olanak sağladığı görüşünde.

Bakterilerin iletişimine bariz bir örnek *Bacillus subtilis* bakterisinde görülüyor. *Bacillus subtilis* bireyleri besince zengin bir ortamdayken diğerlerinden bağımsız olarak bölünüyor ve bir başlangıç noktasından etrafa yayılan dairesel bir koloni oluşturuyor. Ancak besin miktarı azaldığında bir çeşit dayanışmacı davranış göstermeye başlıyorlar. Görünüşe göre, çoğalan hücreler komşuları tarafından salgılanan kimyasal maddeleri algılıyor ve bu maddelerden özellikle uzaklaşıyor. Bu durum besin kaynağı için daha az rekabet oluşturuyor. Besin miktarı azaldıkça koloninin dallanan uzun kolları bir merkez etrafında sarmal biçimde kıvrılıyor. Besin iyice azaldığında ise kollar epey inceliyor ve koloni çok düzenli bir şekil alıyor. Bu olguyu taklit eden matematiksel modeller oluşturan araştırmacı Ben-Jacob, modelin bakterilerden kimyasal maddeler yayıldığına ilişkin veriler girildiğinde gerçeğe en yakın biçimde çalıştığını ve bunun bakterilerin gerçekten iletişim kurduğu düşüncesini desteklediğini söylüyor.



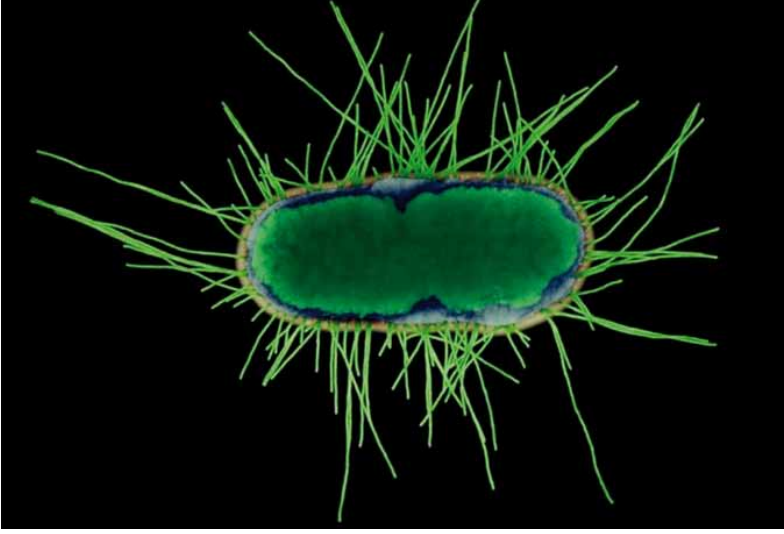
Bacillus subtilis bakterisi ortamdaki besin miktarı azaldığında dayanışmacı davranış gösteriyor.

Mikroplar Karar Veriyor

Pek çok mikroorganizma, çevresindeki kendi türüne ait birey sayısını algılayarak davranış değişikliği gösterebiliyor. Bu da bu canlılara grup halindeyken toplu eylem yapma şansı tanıyor. Mikroorganizmaların eşgüdümlü olarak takım çalışması yapmasını sağlayan yöntemlerden biri, yeter çoğunluğu algılama olarak bilinen olgu.



Tek bir organizma gibi hareket eden bağımsız hücrelerden oluşan cıvık mantar, labirente en kısa yol üzerinde büyüyerek tüp biçiminde yapılar oluşturuyor.



Escherichia coli bakterisi ortama besin girdiğinde rutin hareket döngüsünü değiştirerek doğrusal bir hareketle besine doğru ilerliyor

Vibrio harveyi adlı bakteri bu olgunun gözlemlendiği canlılardan biri. Bu bakteriler rutin olarak öz-tetikleyici olarak adlandırılan bir molekül üretiyor ve bunu çevresine salgılıyor. Çoğu zaman bunun sonucunda hiçbir şey olmuyor ancak molekül ortamda yeterince yüksek yoğunluğa ulaşırsa bu durum, *Vibrio harveyi* hücrelerinde kimyasal bir tepki oluşturuyor ve hücreler parlamaya başlıyor. Molekülün yoğunluğu ortamda bulunan bakteri sayısı ile ilgili, dolayısıyla bakteri sayısı yeterince arttığında bakteriler solgun mavi bir ışıkla parlıyor.

Sonuçta *Vibrio harveyi* hücreleri tek başlarına parlamazken grup halindeyken parlıyor. *Vibrio harveyi*'nin bu davranıştan ne gibi bir avantaj sağladığı henüz bilinmiyor, ancak *Vibrio harveyi*'nin benzer bir davranış sergileyen akrabası *V. fischeri* için bu gizem çözülmüş. Laboratuvar dışında *V. fischeri* genellikle Hawaii'deki bir tür mürekkep balığının içerisinde yoğun koloniler halinde yaşıyor. Mürekkep balığı bakterilere güvenle yaşayıp çoğalabilecekleri bir ortam sağlarken bakteriler de ışık yaparak mürekkep balığının derin deniz habitatında kamuflere yardımcı oluyor.

Yeter çoğunluğu algılama, başka pek çok mikroorganizmada da çeşitli amaçlar için kullanılıyor, bunlara bazı hastalık yapıcı mikroorganizmalar da dahil. *P. aeruginosa* adlı mikroorganizma kistik fibroz hastalarının akciğerlerindeyken, dokulara girmesini ya da hastanın direnç sistemine karşı koyabilmesini kolaylaştıran özel maddeleri ne zaman kullanması gerektiğine yeter çoğunluğu algılama yoluyla karar veriyor. Belirli bir eşik geçildikten sonra etkinleşen bu sistem sayesinde, koloni hastanın bağışıklık sistemini erken bir zamanda uyandırmaktan kaçınmayı başarıyor. Böylece saldırıya geçmeden önce yeterince çoğalmış ve güçlenmiş oluyor.

Hastalık yapıcı mikroorganizmalarda yeter çoğunluğu algılama mekanizmasının keşfi, mikrobik hastalıklara karşı yepyeni bir stratejinin yolunu açtı. Araştırmacılar antibiyotiklere karşı sürekli daha da dirençli hale gelen bakterilerle savaşta, onları öldürmeye çalışmak yerine kendi aralarındaki iletişimi kesmenin çok daha akıllıca olacağını düşünüyor. Böylece bakterilerin yeter çoğunluğu algılama mekanizmaları sekteye uğratarak kazanılan zamanda, bağışıklık sisteminin uyanarak koloniyi etkisiz hale getireceği yönünde bulgular elde edilmiş.

Mikroplar Yönlerini Buluyor

Hayvanlar dünyasında çok gelişmiş örneklerini gördüğümüz yön bulma yeteneği mikroorganizmalarda da görülüyor. Suda yaşayan *Chlamydomonas* algleri ışığa doğru hareket edebilir. Ancak bu yönelimi sadece gelen ışık fotosentez yapması için uygun bir dalga boyundaya gösteriyor.

Escherichia coli bakterileri ise normal şartlarda bir doğru üzerinde hareket ederken aniden kendi çevresinde dönerek rastgele bir yöne doğru tekrar doğrusal harekete başlıyor. Bakterinin hareketi bu iki tip hareketin dönüşümlü gerçekleşmesiyle gerçekleşiyor. Ancak bakterinin bulunduğu ortama bir miktar besin eklendiğinde kendi çevresinde dönme davranışı sonlanıyor ve bakteri besinin "koku"suna doğru yönelerek düz bir çizgide ilerlemeye başlıyor.

Mikroorganizmaların "-taksi" olarak adlandırılan bu tür yönelim hareketleri, çeşitli moleküler mekanizmalara bağlı olarak çalışıyor. *Escherichia coli* bakterisinin kemotaksi (kimyasal yönelim) hareketi için öne sürülen mekanizmaya göre, bakterinin dış yüzeyinde bulunan almaçlar bakterinin hareketinin belirlenmesinde rol oynuyor. Elektrik devresindeki anahtarlar gibi işlev gören bu almaçlar açık ya da kapalı konumda olabiliyor. Almaçların açık ya da kapalı konumda oluşu iki hareketten birini tetikliyor. Normal şartlarda açık ve kapalı almaçların oranı yaklaşık yarı yarıya olduğu için zaman zaman açık ya da kapalı konumdan biri baskın hale geçip hareketin çeşidini değiştirebiliyor. Ancak besin molekülleri almaçlara tutununca almaçları belirli bir konumda kilitleyip hareketin doğrusal olarak devam etmesine sebep oluyor.

Mikroorganizmaların yön bulma yeteneğinin en çarpıcı örneklerinden biri ise cıvık mantarda görülüyor. Cıvık mantarın bir labirentte giriş ve çıkış arasındaki en kısa yolu bulabildiği keşfedildi. Cıvık mantarlar tek bir organizma gibi hareket eden, amipe benzeyen bağımsız hücrelerden oluşuyor.

şuyor. Japon araştırmacı Toshiyuki Nakagaki yaptığı deneyde bir civık mantar kitlesini parçalara ayırdı ve her bir parçayı katı agar ortamı (mikroorganizmaların laboratuvar ortamında üzerinde büyütüldüğü jel madde) üzerinde, plastik filmlerle oluşturduğu bir labirentin farklı koridorlarına yerleştirdi. Labirentin girişine ve çıkışına ise besleyici yulaf ezmesiyle doldurulmuş agar blokları koydu. Sonunda mantar parçalarının yayılarak tek bir organizma halinde bir araya geldiğini gördü. Ancak mantar büyürken labirentin çıkmaz noktalarından geri çekilerek giriş ve çıkış arasında kalın bir tüp oluşturdu. Üstelik de giriş ve çıkış arasında dört yol seçeneği olduğu halde mantar her seferinde en kısa yolu seçti.

Mikroplar Öğreniyor ve Hatırlıyor

Mikroorganizmaların bir çeşit hafızası olduğu ve “öğrendikleri” şeylerden yararlanarak davranışlarını değiştirdikleri durumlar da var.

Yapılan araştırmalar mikroorganizmaların hareketlerinin sanıldığı gibi rastgele olmayabileceği, aksine (örneğin yiyecek bulma etkinliklerini optimize edecek nitelikte) hareket stratejilerine sahip olabilecekleri yönünde bulgular ortaya koyuyor.

Örneğin amipler üzerinde yapılan bir araştırma, amip hareket halindeyken eğer önce sağa dönerse bir sonraki dönüşünün iki kat yüksek ihtimalle sola doğru olacağını gösteriyor. Bu da araştırmacılara hücrelerin son döndükleri yönü hatırlamalarını sağlayan ilkel bir hafızaya sahip olduğunu düşündürüyor.

Escherichia coli bakterilerindeyse daha da ilginç bir durum görülüyor. Bu bakteriler yaşam döngülerinin bir bölümünü insan sindirim sisteminde yolculuk ederek geçiriyor ve sindirim sistemi içinde ilerlerken de çeşitli ortamlarla karşılaşılıyor. Bakteri, sindirim yolundaki ilerleyişi sırasında maltoz adlı şekerden önce laktoz adlı şekerle rastlıyor. Laktozla ilk karşılaşmasında laktozu sindirecek biyokimyasal düzenine etkinleştiriyor, ancak aynı zamanda maltozu sindirmesini sağlayacak düzeni de kısmen etkinleştiriyor ki maltozla karşılaştığında maltozu da sindirmeye hazır olsun.

Araştırmacılar bunun yerleşik bir özellik olmayıp öğrenilen bir davranış olduğunu göstermek için *Escherichia coli* bakterilerini aylarca laktozun olduğu ancak maltozun olmadığı besi ortamında büyüttüler. Sonunda bakteriler önceki davranışlarını değiştirerek maltozu sindiren sistemi erkenden etkinleştirmeyi bıraktı.



Çok hücreli organizmalar gibi göz önünde olmaları, çok farklı ortamlarda yaşayabilmeleri, gözlemlenmelerinin ve incelenmelerinin daha zor olması gibi sebeplerden dolayı mikroorganizmaların dünyasına dair pek çok ilginç ve sıra dışı olgu hâlâ gizemini koruyor. Bu gizemler aydınlandıkça da mikroorganizmaları nitelemekte kullanılan “basit”, “ilkel” gibi sıfatlar yeniden gözden geçirilecek gibi görünüyor.

Sürekli şekil değiştirerek oluşturduğuyalancı ayaklarla hareket eden amip, dairesel hareket döngüsüne girmesini önleyerek besin bulma şansını artıran bir hareket stratejisine sahip.

Kaynaklar

Marshall, M., “Why microbes are smarter than you thought”, *New Scientist* Internet Sitesi, 30 Temmuz 2009, <http://www.newscientist.com/article/dn17390-why-microbes-are-smarter-than-you-thought.html?full=true>
Lawton, G., “Review: Wetware by Dennis Bray”, *New Scientist*, Cilt 202, Sayı 2714, 27 Haziran 2009.
Pennisi, E., “The secret language of bacteria”, *New Scientist*, Cilt 147, Sayı 1995, 16 Eylül 2009.

Huang, G., “Tiny organisms remember the way”, *New Scientist*, Cilt 193, Sayı 2595, 17 Mart 2007.
Buchanan, M., “A billion brains are better than one”, *New Scientist*, Cilt 184, Sayı 2474, 20 Kasım 2004.
Sample, I., “Primitive intelligence”, *Nature*, Cilt 407, Sayı 470, 27 Eylül 2000.
Brookes, M., “Get the message”, *New Scientist*, Cilt 159, Sayı 2174, 15 Ağustos 1998.
Poole, P., “Microbes on the move”, *New Scientist*, Sayı 1706, 3 Mart 1990.