

CANLILIK KURALLARINA UYmayan BAKTERİLER

ARCHAEBACTER'LER

Yrd.Doç.Dr.Cumhur ÇÖKMÜŞ*

Şu ana kadar öğrendiğimiz canlılığın temel kurallarına aykırı davranan *Archaeobacter*'lerin özellikleri daha iyi anlaşıldıkça birçok bilimsel doğrumuzu tekrar gözden geçirmek ve uygulamalı bilimlerde yeni bakış açıları yaratmak zorunda kalıyoruz.

Canlıların son 15 yıla kadarki sınıflandırılmaları iki büyük gruba ayrılarak yapıyordu; 1) Bakterilerin ve Cyanobacter'lerin (Mavi-yeşil algler) bulunduğu *PROKARYOT*'lar (İlkel çekirdekli) ve 2) bitki ve hayvanların yanında alglerin, mantarların ve protozoaların bulunduğu *ÖKARYOT*'lar (gerçek çekirdekli). Prokaryot canlıların DNA'sı (Deoksiribonükleik Asit) belirgin bir zarla çevrelenmemiş olduğu için hücrenin sitoplazması içerisine dağılmış olarak bulunur. Buna karşılık, ökaryot canlıların DNA'ları ise lipid ve proteinden oluşan çift katlı bir kılıfla çevrelenmiş olup sitoplazmadan ayrılmıştır.

Özellikle son yıllarda açığa çıkarılan olağanüstü özellikleriyle dikkatleri üzerinde toplayan *Archaeobacter*'ler (İlkel bakteriler) canlılar âleminin üçe ayrılmasına neden olmuştur. Buna göre, canlılar *Ökaryotlar*, *Bakteriler-Cyanobacter'ler* ve *Archaeobacter'ler* olmak üzere ayrılmaktadır. Moleküler sistematik çalışmalar *Archaeobacter*'lerin normal bakterilerden ziyade ökaryotlara daha fazla benzediklerini göstermiştir.

Archaeobacter'lere "İlkel bakteriler" denmesinin nedeni, dünyanın ilk oluşumu sırasında görülen ilkel şartlarda dahi gelişebilmelerinden kaynaklanır. Bu bakteriler, canlılığın var olmasının veya sürdürülebilmesinin olanak dışı olduğu ekstrem ortamlarda gelişebilme yeteneğine sahiptirler. *Archaeobacter*'ler, aşağıda, **HALOFİLİKLER**, **METAN ÜRETENLER** ve **KÜKÜRDE BAĞIMLILAR** şeklinde gruplanarak incelenmiştir.

Halofilik (Tuzcul) Archaeobacter'ler : *Archaeobacter*'lerden bazıları oldukça yüksek NaCl konsantrasyonuna ihtiyaç duyarlar. Bunlara ekstrem halofilik *Archaeobacter*'ler denir. Bu grup bakteriler, gelişebilmeleri için en az 1.5 M (%8.8) NaCl'e ihtiyaç duyarlar. Çoğunluğu 3-4M (% 17-23) NaCl'e olmasına rağmen 5.5 M (%32 doymuş çözelti) NaCl'e ihtiyaç duyanlar da vardır. Yakın zamanlara kadar el-



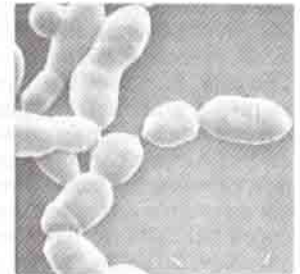
San Francisco Koyu yakınlarındaki bir deniz suyunu buharlaştırıp tuz elde etme sistemi. Havuzlarda üreyen halobakteriler kırmızı rengin ortaya çıkmasına neden olur.

de edilen sonuçlara göre, halofilik *Archaeobacter*'ler çubuk şekilli *Halobacterium* ve yuvarlak şekilli *Halococcus* cinsleri içerisinde toplanmışlardır. Daha sonraki araştırmalarla bu gruba *Natronobacterium* ve *Natronococcus* cinsleri de ilave edilmiştir. Bu bakteriler tuz konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu, güneşin etkisiyle kurumuş tuz havuzlarında veya doğal tuz göllerinde gelişebildikleri gibi, oldukça fazla tuzlanmış balık ve et gibi gıdalarda da gelişebilirler. Fakat, bu bakterilerin besin zehirlenmesi yaptığına dair şu ana kadar hiçbir bildiri yoktur.

Şekil'de ekstrem halofil *Archaeobacter*'lerin gelişebildiği San Francisco Koyu yakınlarında kurulan okyanus suyundan tuz elde etme havuzları görülmektedir. Havuzlardaki kırmızı renk, bu derece yüksek tuz konsantrasyonunda gelişebilen halofilik bakterilerden ileri gelmektedir. Halofilik bakterilerden bazıları sodalı göllerde de yaşarlar ve bu bakteriler pH: 9-11 arasında bile gelişebilirler.

Bazıları aerob (oksijene ihtiyaç duyan) ve bazıları da anaerob (oksijene ihtiyaç duymayan) olan halofilik bakterilerin oldukça yüksek tuz konsantrasyon-

Metan üreten iki farklı bakteri türünün elektron mikroskopunda görüntüsü.



* Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Beşevler-ANKARA.

larına uyum sağlamış olmaları oldukça ilginçtir. Bazıları, dış ortamdaki yüksek sodyum konsantrasyonunun doğurduğu ozmotik gücü dengeleyebilmek için hücre içerisinde organik maddeleri (Polialkoller) biriktirirken, bazıları ise hücre içerisine çok miktarda potasyum iyonu alır. Bu şekilde, bakteri hücre içerisinde yüksek ozmotik değer kazanarak direnç kazanmış olur. Eğer dış ortamdaki sodyum iyonu konsantrasyonu, normal bakterilerin ihtiyaç duyduğu düzeye indirilirse, bakterilize olur (erir). Çünkü halofilik bakterilerin en dış kısmında bulunan hücre duvarlarında, normal bakterilerin hücre duvarında bulunan peptidoglikan yerine genelde asidik amino asitlerden oluşmuş glikoprotein bulunur. Bu tip bir hücre duvarının kararlı kalabilmesi için yüksek sodyum iyonuna ihtiyaç vardır.

Metan Üreten Archaeobacter'ler : Archaeobacter'lerden bazıları hidrojen ve karbondioksitten metan üretirler. Bu bakteriler, normal bakterilerden farklı olarak hücre duvarlarında peptidoglikan yerine pseudopeptidoglikan (yalancı peptidoglikan) içerirler. Bu bakteriler, diğerlerinden metan üretmeleriyle ayrılırken, bu özelliklerine bağlı olarak da metabolik farklılıklar gösterirler. Örneğin diğer bakterilerde bulunan ve ATP (Adenozin Tri Fosfat) sentezinde iş gören koenzimler olan NAD (Nikotinamid Adenin Dinükleotid) ve FMN (Flavin Mono Nükleotid) yerine Koenzim F-420, Koenzim F-430, Metanofuran, Metanopterin, Koenzim M ve Komponent B koenzimleri bulunur. Farklı fonksiyona sahip olan bu koenzimler metan oluşumunda iş görürler.

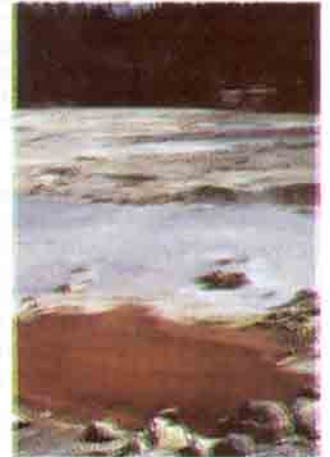
Kükürde Bağımlı Archaeobacter'ler : Bu grup bakteriler ise gelişebilmeleri için indirgenmiş kükürde ihtiyaç duyarlar ve bu bakterilerin çoğunluğu yüksek sıcaklıklarda gelişirler (Termofil). Bazıları suyun kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklarda bile gelişebilirler. Bu nedenle bu bakteriler aynı zamanda *Ekstrem Termofil Bakteriler* olarak da adlandırılırlar. Kükürde bağımlı Archaeobacter'lerin tümü, jeotermal olarak ısınmış topraklardan veya element halinde kükürt içeren sulardan izole edilmişlerdir (elde edilmişlerdir). Oldukça sıcak ve kükürtçe zengin ortamlara "Solfatara" adı verilir ve buralarda sadece ekstrem termofil-kükürde bağımlı Archaeobacter'ler canlılığını sürdürebilirler. Solfatara'lar genellikle İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve Yellowstone National Park'da yaygın olarak bulunurlar. *Sulfolobulus* adındaki Archaeobacter, kükürtçe ve demirce zengin kaynaklarda rahatlıkla gelişebilir. Ekstrem termofil-lerden olan *Pyrodictium* ise 110°C'ye kadar gelişebilir ve 105°C'de en iyi şekilde gelişir. Bu tip bakteriler, aynı zamanda volkanlardan da izole edilmişlerdir. İlk izole edilen bakteri yine *Sulfolobulus* cinsine aittir. Bu bakteri 90°C'ye kadarki sıcaklıklarda ve pH:1-5 arasındaki gelişebilir ve mutlaka oksijenin ortamda bulunması gerekir. Yakın zamanlarda da *Sulfolobus*'a benzeyen bir bakteri, asidik sulfatarik kaynaklardan izole edilmiş ve "*Acidianus*" olarak adlandırılmıştır. "*Acidianus*" kelimesi eski Roma'da farklı yönlerde bakın iki yüze sahip bir tanrının adıdır. Bu anlama uygun olarak *Acidianus* cinsi



Sulfolobulus bakterisinin geliştiği kükürtçe zengin sıcak kaynaktan örnek alınırken.

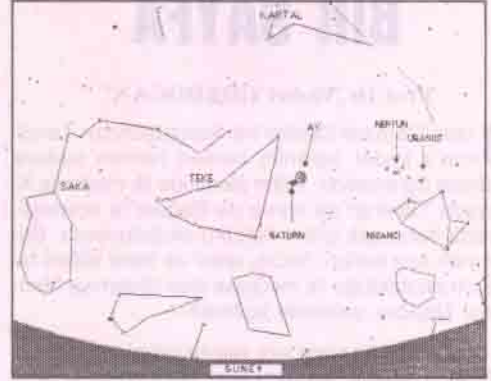
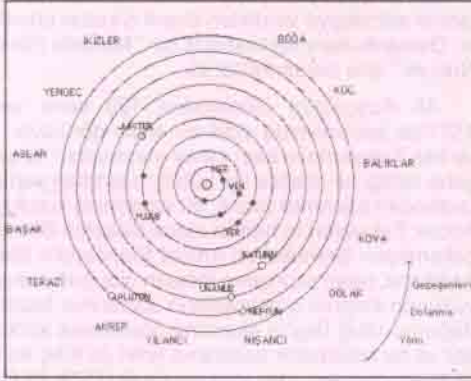
üyeleri hem oksijenli hem de oksijensiz ortamlarda gelişebilme yeteneğine sahiptirler. Bu bakterilerin optimal gelişme sıcaklığı 90°C'dir. Ekstrem termofil Archaeobacter'lerden olan *Staphylothermus* cinsine ait bakterilerin optimal gelişme sıcaklığı ise 92°C'dir. Bu bakteriler 2500 metre derinliğe ve 330 °C'lik sıcaklığa sahip hidrotermal kaynaklardan izole edilmişlerdir.

Canlılığın sıcaklık sınırı, bir yerde o canlıda bulunan biyomoleküllerin dayanıklılığına bağlıdır. 100°C civarında, canlılık için oldukça önemli olan DNA, RNA ve protein gibi maddeler aktivitelerini kaybederler. Örneğin, ATP ve NAD'nin yarı ömrü 100°C'de 30 saniye civarındadır. Buna karşılık *Pyrodictium* 110°C'de bile gelişebilir. Muhtemelen, bu bakteri diğerlerinden farklı olarak yüksek ısıda yıkıma uğrayan molekülleri telafi edecek hızlı bir sentez sistemine sahiptir. Bazı bakterilerin 250-350°C'lik kaynaklardan izole edilmiş olmaları oldukça ilginçtir. Çünkü, DNA'nın 250°C'deki yarı ömrü sadece mikrosaniye civarında iken, protein ve ATP'nin 1 saniyeden daha azdır. DNA, RNA ve proteinlerin bu kadar yüksek sıcaklıklara nasıl dayanabildiği kesin olarak hâlâ bilinmemektedir. Fakat, proteinlerin ve enzimlerin diğer canlılardakilerle aynı tipte amino asitlerden oluşmuş olmasına rağmen, üç boyutlu dü-



Sulfolobulus'un geliştiği demirce zengin jeotermal kaynak.

AĞUSTOS AYININ İLGİNÇ GÖK OLAYLARI



Zekeriya MÜYESSEROĞLU*

Bu ay, Ay ve Güneş tutulması olmayacak. Buna karşın göğün "hava fişek" gösterisi diyebileceğimiz akan yıldız yağmurlarının en güzeli Ağustos ayında görülecek. Bildiğiniz gibi akan yıldızlar, Yer yörüngesi civarında bulunan, çoğu kuyrukluyıldız kalıntıları olan küçük parçacıkların Yer'in kütle çekimine kapılarak atmosferimizde yanmasıdır. En büyük değerine Ağustos'un 12'sinde ulaşacak olan Parseid'ler, 1862 III Kuyrukluyıldızı ile ilgili yağmurlardır. Ay parlaklığının etkili olmadığı bu tarihte, şehir ışığının az olduğu bir bölgede iseniz, saatte 60-100 tane akan yıldız görmeniz mümkündür. Akan yıldızların çıkış noktası Perseus takımyıldızı yöresindedir. Akşamın ilk saatlerinde kuzey-doğu ufkundan doğmaya başlayacak olan Perseus'u, Koltuk takımyıldızının altında bulabilirsiniz.

Merkür, Venüs ve Jupiter, ay başında akşamları batı ufkunda olacaklar, ay sonuna doğru Gü-

A.Ü.Fen Fak. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü.

neş'e daha yakın konuma geleceklerinden görülmeyecekler. Mars, Güneş battıktan sonra kısa süre batı ufkunda parlamaya devam edecektir. Geçen ayın sonlarında "karşı konum" a gelen Satürn, akşamları doğu ufkunda görülmeye başlayacaktır. Gezegenlerin takımyıldızlar arasındaki konumları Şekil-1'de gösterilmiştir. Burada, dört gezegen için ayın başında ve sonundaki konumları içi dolu dairelerle, diğerlerinin de ay ortasındaki durumları boş dairelerle verilmiştir. Şekil'den görüleceği gibi Güneş, Yengeç takımyıldızından Aslan'a doğru ilerleyecektir.

Ay, 3 Ağustos'ta sondördün, 10 Ağustos'ta yeniay, 17 Ağustos'ta ilkdördün ve 25 Ağustos'ta dolunay evrelerinde olacaktır. Uydumuz Ay, ayın 11'inde, birbirine yakın olan Merkür ve Venüs'ün çok yakınına gelerek, Merkür'ü örtecek, ancak bu olay ülkemizden gözlenemeyecektir. Ağustos'un 22'sinde ise Ay, Satürn'ün 1.8 açılı derecesinde olacaktır. Bu olayın Türkiye saati ile 22:15'teki görünümü Şekil-2'de verilmiştir.

zenlenişlerinde farklılıkların olması gerektiği araştırmacılar ileri sürülmüştür. Diğer yandan, son yıllarda yapılan araştırmalarla, Archaeobacter'lerden izole edilen histon benzeri bir proteinin, DNA ile kompleks oluşturması durumunda, DNA'nın normalden 30°C daha yüksek sıcaklık derecelerine dayanabildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Ekstremler termostofil olan *Pyrococcus*'un DNA'sındaki Guanin + Sitozin oranı % 38 olup oldukça düşüktür. Bu durum, bu bakterinin yüksek sıcaklıkta gelişebilmesiyle ters düşmektedir. Çünkü, DNA'daki Guanin + Sitozin oranının yüksek oluşu, daha yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı sağlar.

Sonuç olarak, oldukça ekstrem şartlarda gelişebilme yeteneğine sahip olan Archaeobacter'ler, birçok bilinmeyen ile şu an için en ilginç konulardan birini oluşturmaktadır. Gelecekte Archaeobacter'ler üzerinde yapılacak genetik ve biyokimyasal çalışmalarla "canlılık" için, şu an için koymuş olduğumuz kural ve sınırlar belirli oranda değiştirilecektir. Ayrıca, canlılığın ilk ortaya çıkışı ile ilgili teorilerde de bazı değişikliklerin yapılmasına neden olacaktır. Diğer yandan, Archaeobacter'ler kullanılarak yapılacak olan genetik bilgi aktarım yöntemleriyle biyoteknoloji ve endüstrideki birçok sorun çözümlenebileceği gibi, yeni bakış açıları da yaratılacaktır.

Yanlış sayısız şekillere girebilir; doğru ise yalnız bir türlü olabilir.

J.J.Rouseau