

# KARBONSUZ VE SUSUZ YAŞAM OLABİLİR Mİ?

## ALTERNATİF BİYOLOJİLER

İnsanlık soyutlama becerisi kazandı, her şeyi kendisine (ve herkes kabul etmese de gezegenimizi paylaşan öteki türlere) ait bir özellik olarak nitelendirmiş. Nedeni basit. Bu özelliğe sahip başka bir dünya görmemişiz. Hominid atalarımızı geçtik, modern insan türünün kolektif belleğinin gidebileceği onbinlerce yıl öncesinde yok. Peş peşe gelen çığır açıcı gelişmelerle yenilenen, bizi artık Dünyamıza sığamaz hale getiren çağdaş bilimin görkemli egemenliğindeki günümüzde de yok. En yakın gezegenlere ziyaret şimdiki teknolojiyle onbinlerce yıl süreceğinden, onlardan bize yapılanları da (haydi UFO tacirlerini fazla gücendirmeyelim) “zararsız heyecan arayışları” olarak nitelendirebileceğimizden, Dünyamız dışındaki yaşamla fiziki teması uzunca bir süre gündemimizden düşürebiliriz.

Böyle olunca da yaşama kendi deneyim ve önyargılarımızın mührünü basmamız şaşırtıcı değil. Serbest katkılarla giderek zenginleşen ve sürekli ye-

nilenen içeriğiyle kendi de adeta “canlı” bir organizmayı andırmaya başlayan İnternet ansiklopedisi Wikipedia’ya canlılığın tanımını sorun: Filozofların, fizikçilerin, biyologların tanımlarını içeren sayfaları geçip hepsinden süzölmüş özet yaşam tanımının kriterlerinin geçerliliği bile kuşku altında. Uçsuz bucaksız evrenin ücra köşelerinden birinde alelade bir yıldızın çevresinde dolanan küçük bir gezegenin üzerindeki organizmaların fiziki koşulları ve içlerinde en gelişmiş beyinlerin erişebildiği bilgi düzeyiyle sınırlı.

“Yaşam, organizmaları inorganik nesnelere, yani yaşam-dışından ve ölü organizmalardan ayıran ve kendini metabolizma, üreme, ve içsel dinamiklerden kaynaklanan değişimlerle çevreye uyum sağlamak yetisiyle ortaya koyan durumdur” diye tanımlıyor Wikipedia.

Klasik kıstaslar olarak da şunları sıralıyor:

**Homeostazis:** Sürekli bir durumu

korumak için iç ortamın kontrol altında tutulması; örneğin yükselen vücut sıcaklığını düşürmek için terlemek.

**Örgütlü yapı:** Yaşamın temel birimleri olan tek ya da daha çok hücreden yapılmış yapılar.

**Metabolizma:** Cansız maddeleri hücre bileşenlerine dönüştürerek (anabolizma) ve organik maddeyi parçalayarak (katabolizma) enerji harcamak. Canlılar, iç örgütlenmelerini korumak (homeostazis) ve yaşama ilintili öteki olguları üretebilmek için enerjiye gereksinim duyarlar.

**Gelişme:** Ya da büyüme...Bir organizmanın gelişmesi demek, içindeki maddenin artışından çok, tüm parçalarının boyutlarının büyümesi demektir. Evrim geliştikçe sözkonusu tür çoğalır ve yayılır.

**Uyum:** Ortama yanıt olarak belli bir süre içinde değişim geçirme yeteneği. Evrim sürecinin temel taşı olan bu yetenek, organizmanın kalıtım şifresinin yanında metabolize edilen maddelerin bileşimi ve dış faktörlerle de ilintili.



**Uyarılara yanıt verebilme:** Yanıt, tek hücreli bir organizmanın dokunulduğunda büzülmesinden, daha yüksek hayvanlardaki tüm duyuların karmaşık tepkilerine kadar çok çeşitli biçimler alabilir. Yanıt çoğu kez bir hareketle kendini ortaya koyar. Örneğin, bir bitkinin yapraklarının Güneş'e doğru dönmesi ya da bir hayvanın avını kovalaması.

**Üreme:** Yeni organizmalar üretme yeteneği. Üreme, bir hücrenin iki hücre oluşturmak üzere bölünmesi de olabilir. Ancak daha genel anlamda kavram, eşeysiz olarak tek bir ana (isterse-niz de ata deyin, nasılsa burada cinsiyet söz konusu değil), ya da eşeyli olarak en az iki (burada ana ve baba gerekli oluyor) organizmadan yeni bir birey üretmesi anlamında kullanılıyor. Bu arada gelişme sürecinde yeni hücrelerin üretilmesi anlamında da kullanılıyor.

Gerçi bu yedi kıstas üzerinde görüş birliği yok. Örneğin, işçi karıncalar gibi yaşayan ama özel bir sınıfta olduğu için, katırlar gibi hibrid oldukları için, bazı insanlar gibi hadım edildikleri için kendini yeniden üretemeyen, ama yine de canlı tanımına uyan organizmaların varlığına işaret edenler var. Sonra bir türün içindeki bireylerin bazıları üreme yaşına gelmeden öldüğü için, bireylerinin %100'ü kendini üretebilen bir tür yok.

Virüsler ve tanımlı işlevlerinden sapmış prion proteinleri, çoğu kez yaşam formu sayılmayıp "tekrarlayıcılar" kategorisine sokuluyorlar.

Bu arada canlılar sınıfına sırf felsefi nedenlerle virüsleri (çoğaldıkları için), ateşi (yandıği için), değişim geçirip evrimleşmek üzere yazılmış bazı bilgisayar programlarını, gelecekte ortaya çıkabilecek ve bazı insan davranışlarını taklit edebilecek bilgisayar programlarını, hareket ettikleri için makineleri, hatta üreyemeseler bile metabolizma yapabilen proto-hücreleri sokanlar da var.

Var olan tanımların eksikliklerini gidermeye, tanımı yeni teknolojik gelişmelerin ya da bilgilerin ışığında genişletmeye ya da daraltmaya yönelik öneriler de bulunuyor.

Ne var ki, biliminsanlarının büyük çoğunluğu bir organizmanın, canlı sayılabilmesi için yukarıda sayılan yedi kıstasın hepsini

yerine getirmesi gerektiği görüşünde birleşiyorlar.

Bu kıstaslar canlılığın tanımı konusundaki karmaşayı bir ölçüde giderse de, bırakın Güneş-dışı gezegenleri, kendi Dünyamızdaki yaşamı bile uzun süre betimleyemeyecek gibi görünüyorlar. Nedeni, şimdiye kadar bilinen tüm canlıların, yaşamın yapıtaşları olan aminoasitlerden yalnızca belli 20 tanesini kullanmasına karşılık, biyologların son yıllarda 21. aminoasiti de "bölünebilen" bir canlı organizmasına sokabilmeleri. Bunun yanı sıra yapay yaşam çalışmalarının hızlanması da birçok biliminsanı, yaşam için çizilen çerçevenin dışına bakmaya zorluyor. Bu çerçevenin artık sorgulanmaya başlanan en kalın çizgisi de, büyük ölçüde karbonun ve bir ölçüde sıvı suyun varlığına dayanan organik biyokimya.

Alıştığımız kimyamızın dışındaki "uzaylıların" neden yapılmış olabilecekleri ve neye benzeyebileceklerini tahminde zorlanıyoruz. Görünüm konusunda iş bilimkurguya kalıyor. Biz de bu bilgilerin zihinde "canlandırılması" işini bilimkurguya bırakmak zorunda kalıyoruz. Ama gerek bu sayımızın kapağındaki, gerekse de bu yazıyı süsleyen görüntülerin çoğu bilimle fantezinin birbirine olabildiğince yaklaştığı, "bilimkurgu" adına en yakışan bir ara yüzden, bilimsel bulguların makul ölçüler içinde bilinmeyene doğru genişletildiği, NASA tarafından eğitim amacıyla hazırlatılan "Mavi Ay" ya da Aurelia Gezegeni adlı bir televizyon dizisinden alınma görüntüler.

Tabii işin içine düşgücü ve sanat girince, havada uçan balinalar da olur, üzerinde uçan cisimleri avlayan canlı denizler de olur ve daha neler neler!..

Biliminsanlarının fantezileriye, hepsi olmasa da (bulutlardaki canlılar) daha yere basan şeyler. Bu sayımızda da bu uzun ama gerekli girişten sonra asıl konumuzu, bildiğimiz organik biyokimyanın dışında, akla, deneyimlerimize çok yabancı gelen, ama sağlam bir bilim temelini oturtulmuş alternatif biyolojileri tanıtan, esas olarak

New Scientist Dergisi'nde David Fox imzasıyla yayımlanan "Life: But Not As We Know It" (Yaşam: Ama Bildiğimizden Değil) adlı makale ile Wikipedia ansiklopedisinden çeşitli yazılar ve NASA ile, Science Daily sitelerinden çeşitli haberlerden oluşmuş bir derlemeyle sunuyoruz.

## Takıntılarımız Boşuna Değil

Fox, yazısına neredeyse yarım yüzyıl önce, yaşam konusundaki insan önyargısına mizahi bir isyana gönderme yaparak başlıyor:

Çölde sürünmekte olan uzaylı "Amonyak! Amonyaaak!" diye bağırıyor. Sahne, Robert Grossman'ın 1962 yılında New Yorker dergisinde çizdiği bir karikatürden. Suyun belki de evrende yaşam veren tek sıvı olmadığını vurgulamak isteyen bir mizah denemesi. Ama herhangi bir lise biyoloji öğretmenine sorun; kuşkusuz bunun bir fanteziden başka birşey olmadığını söyleyecektir.

Bakteriden insana bilinen tüm canlıların yaşamı, iki temel kimyasal girdiye bağlıdır: karbon ve su. Çoğu kez yaşamın omurgası diye anılan karbonun, yaşam için kritik öneme sahip görünen karmaşık molekülleri oluşturmak üzere temel elementleri birbirine yapıştırmak gibi kolay bulunmayan bir yeteneği var. Ve içinde tüm

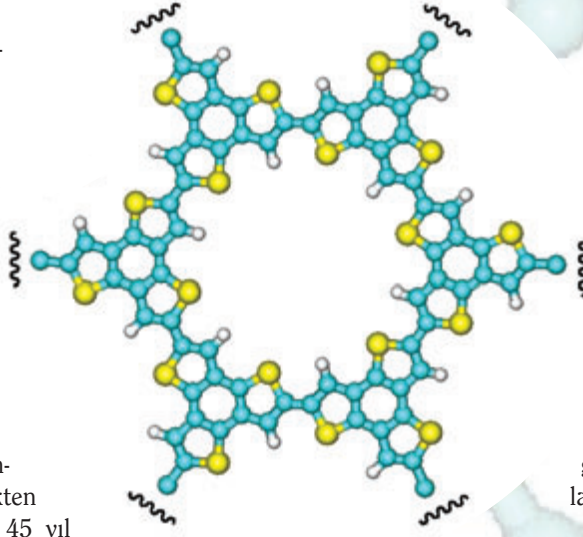


bu karmaşık moleküllerin gezindiği ve yaşamın temel tepkimelerinin gerçekleştiği ortam da su. Başka hiçbir sıvının aynı işi yaptığı gözlenmemiş değil. Mars ve Venüs'e gönderilen sondalar, buldukları çıplak susuz ortamların küçük yeşil adamlardan yoksun olduğunu belirleyerek bunu doğrulamış bulunuyor.

Yine de garip alternatif kimya setleri üzerine kurulu yabancılar düşüncesi terk edilmişlikten uzak. Grossman'ın hayalinden 45 yıl sonra bizler hâlâ evrenin bir yerlerinde garip bir yaşam biçiminin, kurmuş dudaklarını ıslatmak için şöyle buz gibi bir amonyak ya da sıvı metanın özlemini çekme olasılığını kaldırıp atamıyoruz. Bu bir yana, yeni araştırmalar doğru ortamı bulduğunda yaşamın Dünya'da gözlediklerimizden tümüyle farklı bir kimyasallar setinden ortaya çıkabileceğini de gösteriyor. Bu türden çalışmalar Dünya dışı yaşam araştırmalarımızda tümüyle yeni bir yaklaşımı gerekli kılabileceği gibi, burada, kendi evimizde yaşamın ortaya çıkışını daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir.

İlk bakışta başka yerlerdeki yaşamın da Dünya'daki yaşama benzemesi gerektiği mantıklı görünüyor. Suyun, karbonun ve hatta proteinler ve DNA gibi özel moleküllerin yaşamı destekleyecek en iyi seçenekler olduklarını düşünmek kolay. Karbon, karmaşık biyomoleküllerin tutunacakları bir yapı iskelesi rolü için son derece uygun. Oksijen, azot ve hidrojen gibi başka elementlerle birleşen karbon atomu zincirleri, amino asitler, proteinler ve DNA gibi yaşamın büyük molekülleriyle, enerjiyi depolayan ve bitkilerde, ağaçlarda ve böceklerde sert yapıların inşasına yardımcı olan polisakaritler gibi şekerlerin omurgasını oluşturuyor.

Karbon ayrıca, hidrojen, helyum ve oksijenin ardından evrende en çok bulunan elementlerden biri olması nedeniyle, yaşamın ortaya çıkmak için kolayca erişilebileceği bir yapıtaşı. Doğada bulunan 93 element arasında yalnızca silisyum yaşam için olası bir alternatif iskele.

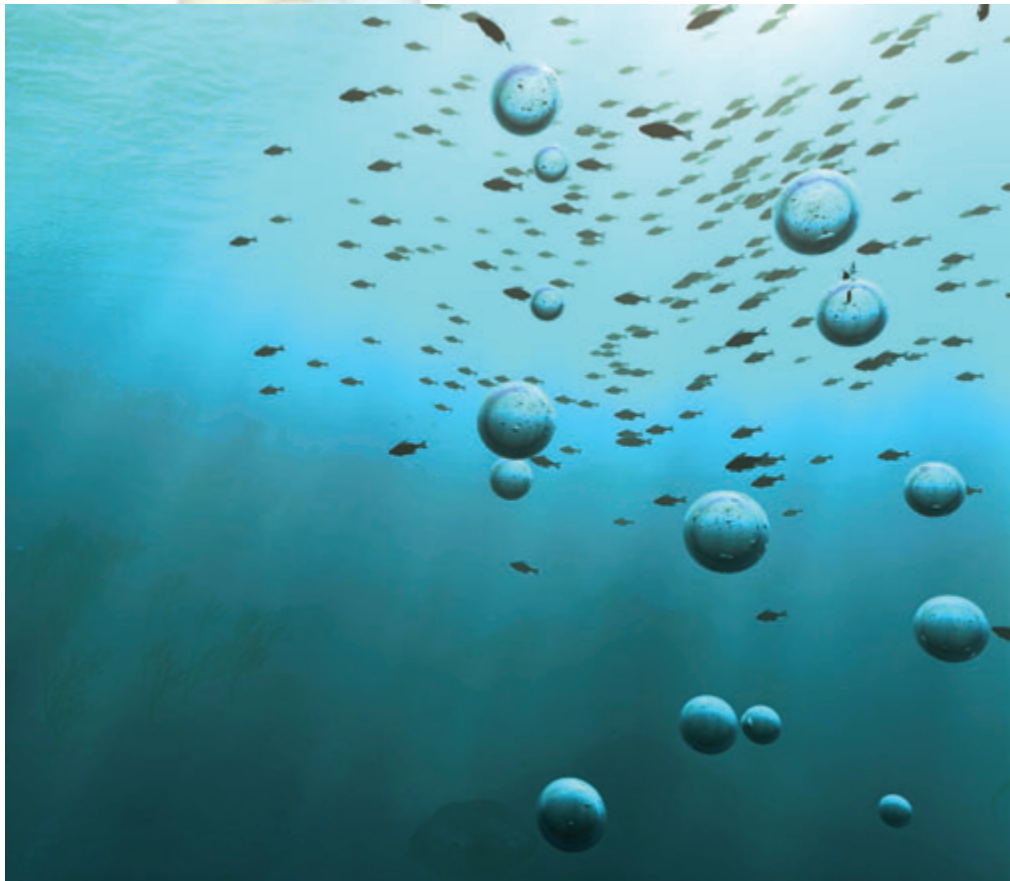


Amino asitler ve nükleobazlar (hücrelerin protein ve DNA oluşturmak için kullandıkları basit yapıtaşları) gibi organik moleküller, meteoritlerde bulundu. Laboratuvar deneyleri, kritik önemdeki bu moleküllerin -80 °C'den, +160 °C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında kendiliklerinden oluşabildiğini doğruluyor. Dolayısıyla karbonun, nerede ortaya çıkarsa çıksın yaşamın kalbinde olmasını beklemek doğal.

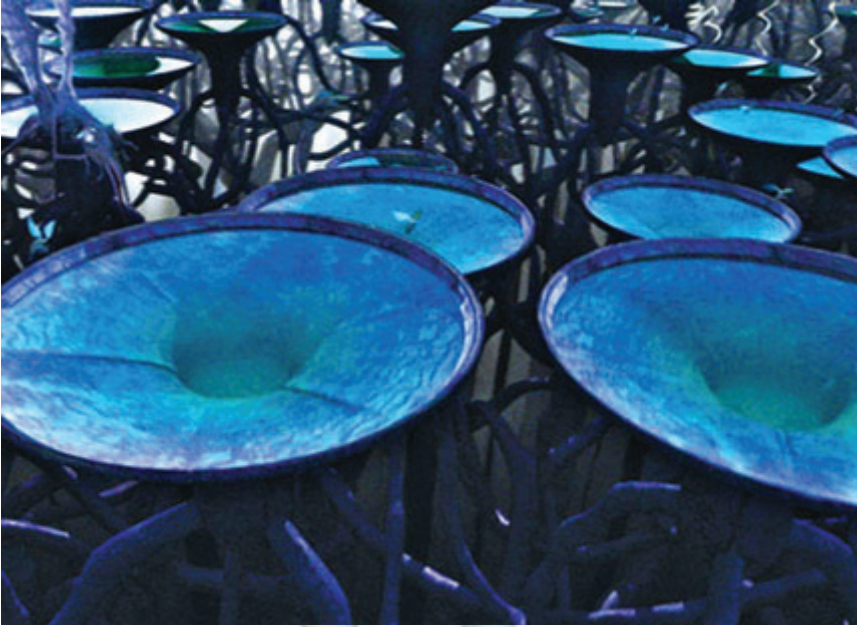
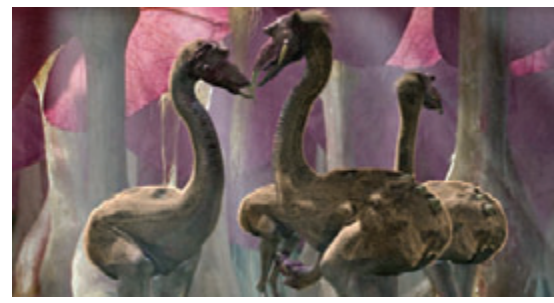
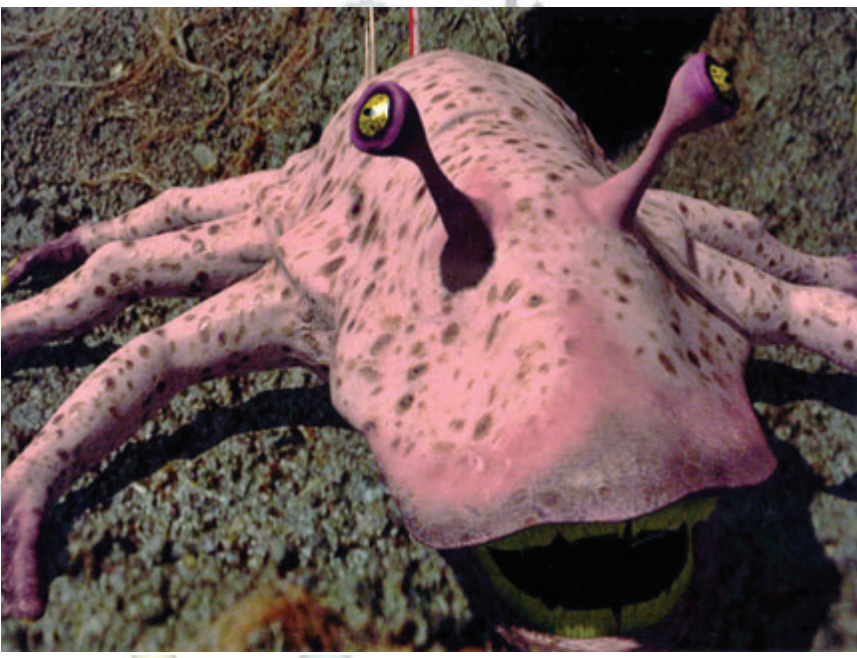
Gelelim, NASA'nın öteki gezegenlerde bulabilmek için yoğun çaba gösterdiği suya. Daha önce NASA'da burisyer olarak çalıştıktan sonra şimdi

Londra'daki BioUpdate Derneği'nde görev yapan Felix Franks, "Suyun saymakla bitmeyecek özellikleri" olduğunu vurguluyor. Su, öteki moleküllerin biyolojik tepkimelerde katalizör olarak kullandıkları hidrojen atomlarını kolayca iletebiliyor. Ayrıca, atmosfer basıncı altında geniş bir sıcaklık aralığında sıvı olarak kalabildiğinden, biyomoleküllerin tepkimeye girecek başka bir molekül buluncaya kadar içinde gelişigüzel dolaşabilecekleri bir ortam sağlamaya uygun.

Ama şu bildiğimiz sıradan suyun en sıradışı özelliği, yüksek yüzey gerilimi (bir damlacığın yüzeyinin esneklik derecesi) ile, düşük viskoziteye (yüksek akışkanlığa) bir arada sahip oluşu. Bu özelliği, yağmur damlaları arabamızın camında boncuk boncuk kaldığında, ama daha sonra yağ damlacıklarının yapabileceğinden çok daha hızlı biçimde aşağıya kayabilmelerinde görüyorsunuz. Bu nedenle su, bir yandan proteinler gibi kalabalık moleküllerin çevresinde koruyucu kafesler kurarken (proteinlerin katlanmış durumda kalmasına yardımcı olmak için), aynı zamanda şekerler gibi küçük moleküllerin sıvı içinde yakalanıp tüketilene kadar oraya buraya dolaşmalarına izin verme konusunda tüm öteki sıvılardan daha başarılı.







NASA'nın Dünya-dışı yaşam konusundaki bilimsel fantezisi "Aurelia" gezegenindeki yaşam biçimlerinden örnekler.

Yaşamın temel biyokimyası için bir beşik olarak su, kuşkusuz hayret verici bir molekül. Ancak onun eşsiz olduğu konusunda herkes fikir birliği içinde değil. NASA'nın California'da Moffett Field'de bulunan Ames Araştırma Merkezi'nden Christopher McKay, "Suyun yaşam için gerekli olduğu çok kuşkulu" diyor. Washington Eyalet Üniversitesi'nden astrobiyolog Dirk Schulze-Makuch da aynı görüşte. Dünya'daki yaşamın suya bağımlılığının rastlantısal olduğunu düşünüyor. "Dünya'daki yaşam suyla çalışmayı öğrendi; çünkü gerçekten bol olan tek sıvı suyd. Bunda sihirli bir taraf olduğuna inanmıyorum". Daha sıcak bir gezegende sülfürik asit okyanusları, daha soğuklarındaysa metanol, amonyak, hatta metan da aynı işi yapabilir.

Avrupa ve ABD uzay kurumları Mars'ta da Dünyamızdakine benzer, su tabanlı yaşamı araştırırsanız, yaşamın suya gereksinim duymadığı yolun-

da kanıtlar başka yerlerde ortaya çıkıyor. Sanayide kullanılan kimyasalların üretimi için enzimlerden yararlanan mühendisler, bu temel biyolojik katalizörlerin heksan gibi hidrokarbon sıvılarda da işlev gördüklerine ve böylece suyun sandığımız kadar gerekli olmadığını gösterdiklerine yakından tanık oluyorlar.

Ayrıca birçok kişi de suyun her özelliğinin eşsiz olmadığına işaret ediyor. Hidrojen florid, sülfürik asit, amonyak ve hatta hidrojen peroksit gibi küçük bir grup sıvı da, suyun hücrelerin besinleri sindirebilmesini sağlayan kimyasal tepkimeleri kolaylaştıran hidrojen iyonlarını kolayca taşıma yeteneğini paylaşıyorlar ve hepsi de yaşam sıvısı olmaya aday gösterilmiş bulunuyor. Örneğin, bazı araştırmacılar Mars toprağında hidrojen peroksit tabanlı mikropların yaşadığını öne sürerken, bazıları Venüs'ün bulutlarında sülfürik asitten yapılmış canlıların bulu-

nabileceği görüşündeler. En azından enzimler gibi temel hücresel makinele-ri faaliyete geçirebilmek açısından yaşam, sudan başka çözücüler içinde de mümkün olabilir.

California Üniversitesi'nden (Berkeley) biyokimya mühendisi Douglas Clark, "30-40 yıl öncesinin dogması, enzimlerin su dışındaki ortamlarda hiçbir şekilde işlemeyecekleri yolundaydı" diyor. "Ancak, şaşırtıcı olsa da belli koşullar altında enzimler sudan başka sıvılar içinde de son derece aktif olabiliyorlar".

Clark halen ilaç yapımında kullanılacak karmaşık kimyasallar üretebilmek için enzimleri kontrol altına almaya çalışıyor. Enzimleri aseton, dietil eter, toluen ve heksan dahil birçok endüstriyel çözücü içinde denemiş. Bazı enzimlere bu çözücüler içinde de tıpkı suda olduğu gibi işlev yaptırılmayı başarmış.

## Susuz Bir Dünya'ya Uyum

Gerçi Clark'ın enzimleri, hâlâ üzerlerine yapışmış birkaç su molekülü barındırıyorlar; dolayısıyla tümüyle sudan bağımsız çalışıyorlar denemez. Ayrıca iyi çalışmaları için enzimlere tuz uyguluyor; ki, tuzdaki iyonlar, suyun yokluğunun etkilerini gideren yüklü bir ortam sağlıyorlar. Ancak şunu da akılda tutalım: Bu enzimler, su içinde dört milyar yıllık bir evrimin ürünleri.

Başka bazı çalışmalar, enzimlerin sudan başka sıvılar içinde de işlev yap-





Süperkritik CO<sub>2</sub>

maya kolaylıkla uyum sağlayabileceklerini gösteriyor. Subtilisin adlı maya enzimine gelişigüzel mutasyonlar yaptıran ve değişim geçirenlerin faaliyetini yüksek derişimde dimetilformamit içinde izleyen California Teknoloji Enstitüsü'nden bir ekip, enzimin orijinal yapıdakine kıyasla bu sıvı içinde 500 kat daha aktif olan bir türünü geliştirmiş. Bu iş için art arda beş kontrollü seçim gerekmiş ve sonuçta enzimin amino asitlerinden yalnızca %5'i değişmiş. Clark, "içinde enzimlerin iş görebileceği sıvıların çeşidi, sıcaklık aralıkları ve basınçlar açısından enzim işlevlerinin sınırlarını henüz belirleyebilmiş değiliz" diyor.

Yaşamı destekleyen sıvılar içinde en tuhafı karbon dioksit olabilir. Karbon dioksit, Dünya'da gaz halinde bulunuyor. Ama Neptün ve Venüs gibi gezegenlerde görülebilecek koşullara uygun olarak basıncı 90 atmosfere çıkardığımızda CO<sub>2</sub>, kimyacıların "süperkritik" diye tanımladıkları "sıvı benzeri" bir duruma çöküyor. Süperkritik CO<sub>2</sub> ile dolu bir sürahiyi elinizde tuttuğunuzda, ağırlığını suyunki kadar hissedersiniz. Ama bu sıvı ile dolu bir havuza atlayacak olursanız kendinizi sanki havada yüzüyormuş gibi hissedersiniz; çünkü içindeki moleküller, sıvıların büyük çoğunluğunda olduğu gibi birbirlerine sıkı sıkıya bağlanmış olmayacaktır. Mühendislerin süperkritik CO<sub>2</sub> içinde denedikleri enzimler, heksan ya da eter içinde olduğu gibi rahatlıkla işlev görmüşler.

Tabii uygun bir çözücü, yaşamın öyküsünün yalnızca bir bölümü. Birkaç virüs dışında Dünya'daki tüm yaşam, bir organizmayı inşa etmek ve yönetmek için gereken bilgiyi şifrelemek için deoksiribonükleik asitlerden (DNA) yararlanır. Peki buna bir alternatif olabilir mi? Kalıtım bilgileri başka bir biçimde saklanabilir mi?

DNA, bükülmüş bir merdiven biçiminde ikili bir sarmaldan oluşur. Merdivenin her basamağı, her biri baz diye adlandırılan bir çift molekül içerir. Bu bazlar, DNA'nın genleri kodlayan parçalarıdır. Bu bazların G, A, C ve T baş harfleriyle tanınan dört türü vardır ve bunlar her kalıtım şifresinin alfabesini oluştururlar. Basamaklar birbirlerine elektrik yüklü fosfat gruplarıncı bağlanmış deoksiriboz şekerlerle bağlanırlar.

Biyologlar, doğru çalışması için yapısının hangi kısımlarının gerekli olduğunu bulmak amacıyla metodik olarak DNA'nın farklı kesimlerini değiştirdiler. Bu çalışmalar sonucu, moleküle zarar vermeksizin değiştirilebilecek birçok bölüm keşfettiler. Örneğin, deoksiribozu başka bir şekerle, örneğin treoz'la değiştirebilirsiniz.

Bazıları temsil etmek üzere farklı türde ve sayıda moleküller de kullanılabilir.

## DNA Felaketi

Gainesville'de (Florida, ABD) Uygulamalı Moleküler Evrim Vakfı biyologlarından Steven Benner, bilinen seçeneklerin bu noktada sona erdiğini söylüyor. Benner, elektrik yüklü fosfat gruplarını yüksüzlerle değiştirmenin felaket getirdiğini keşfetmiş. DNA ipikliği kararsızlaşıyor. Bir top biçimine çöküyor ve deneysel çözeltinin dibinde pütürler halinde toplanıyor.

Bu deneylerden önce insanlar fosfatların niye orada olduklarını, erkeklerdeki meme uçları gibi işlevini yitirmiş evrimsel bir araç olup olmadıklarını merak ediyorlardı. Ama şimdi fosfatların yaşamsal bir işlev gördükleri anlaşılacak bulunuyor. Elektrik yükleri, zinciri boyunca su moleküllerinden bir iskele oluşturarak DNA'nın dik durmasını sağlıyorlar. Bu su molekülleri olmadan DNA kolayca topak haline geliyor - işte size suyun tanıdığımız yaşam için ne kadar gerekli olduğunu gösteren başka bir örnek!.. Diyelim,

amonyak ya da metan içindeki bir Dünya dışı canlının DNA'sı, kendini sert tutacak su olmadığından yuvarlanıp topaklaşmamak için çok farklı yapılarla gereksinim duyacaktır. Harvard Üniversitesi'nden moleküler biyolog Jack Szostak, bu yüklü fosfatların daha yağlı birşeylerle, örneğin hidrokarbon ya da benzen molekülleriyle değiştirilmeleri gerekebileceğini söylüyor.

Bazıları, yaşama rastladığımız her yerde genetiğin aynı olacağını düşünüyor. Colorado Üniversitesi'nde bir biyokimyacı olan ve ABD Ulusal Bilim Akademisi'ne astrobiyoloji konusunda danışmanlık yapan Norman Pace, "Ufak tefek farklılıklar düşünebilirsiniz" diyor. "Ama doğal seçilimin çekici güçlüdür ve yalnızca en iyiler varlıklarını sürdürebilir". Bu, araştırmacıların "toplanma" diye adlandırdıkları bir olgu.

Yaşamın ortaya çıktığı her yerde birçok farklı biyokimyasal süreç yan yana var olabilir, ama zaman geçtikçe evrim içlerinde en



etkili olanını seçerek, değişik gezegenlerdeki yaşam biçimlerinin sınırlı sayıda seçenек üzerinde toplanmasını sağlar.

Tümüyle farklı bir kimya -diyelim karbon yerine silisyum- üzerine kurulu bir yaşam formu keşfetsek bile, düş kırıcı biçimde bize benzeyebilir. Washington Üniversitesi'nden (Seattle) astrobiyolog Peter Ward, "farklı atomlardan yapılabilsen, bahse girerim hücrel mekanizmalar gözümüze tanıdık gelecektir" diyor.

Biliminsanlarının büyük çoğunluğu egzotik yabancılar bulsak bile, bunların basit mikroplar olacakları görüşünde. İşin içine karıncayıyan ya da zebra gibi gerçekten karmaşık canlılar girdiğindeyse, Dünya'daki yaşamla benzerlikler daha da belirgin olacaktır.

Ward, "karmaşıklık bir sinir sistemi gerekli kılar" diyor. "Ve bir sinir sistemi de oksijen ister". Nöronlar (sinir hücreleri) doymak bilmez güç tüketicileridir ve Dünya'daki oksijen solumayan bazı mikroplar oksijen yerine CO<sub>2</sub> ya da demir mineralleri kullanıyor olsalar bile, bu stratejiler molekül başına oksijenin verdiği enerjinin ancak yarısını, hatta bazen yalnızca %5'ini sağlar. Omurgalı benzeri canlıların yaşadığı bir dünya büyük olasılıkla oksijene ve hızlı metabolizma için ılıman bir iklime gereksinim duyacaktır; ki, bu da suyun varlığını kolaylaştırır.

Tüm bunlardan sonra Güneş Sistemimiz içinde gerçekten yaban biyokimya bulmak için nereye bakmalıyız? Hem McKay hem de Schulze-Makuch, Satürn'ün uydusu Titan'ın yüzeyindeki mikropların, atmosferin yukarılarında Güneş ışığına üretilen eten adlı bir gazı kullanacaklarını ve atık ürün olarak da metan üreteceklerini öngörüyorlar. Bu mikropların hücreleri sıvı metan ya da etan ile dolu olacak. Çoğu kişi, Titan'a doğrudan yaşam araştırarak bir sonda göndermeden önce, orada olup biten biyoloji dışı kimyasal süreçleri daha iyi anlayıp bunları gerçek yaşam belirtilerinden ayırtedebilmemizi sağlayacak bir ara seferin gereğine inanıyor.

Schulze-Makuch, "Eğer Titan'da yaşam varsa, bu oldukça egzotik, Dünya'daki yaşamdan hayli farklı olacaktır" diyor. "Dolayısıyla bilgilerimizi derinleştirmek, neye bakacağımızı bilmemiz gerekecek".

## Azot-Fosfor Biyokimyası

Azot (ya da daha sık kullanılmaya başlayan adıyla nitrojen) ve fosfor da biyokimyasal moleküllere temel olarak bazı olanaklar sunuyor. Karbon gibi fosfor da kendi başına uzun zincir moleküller oluşturabiliyor; ki, fosfor böylesine tepkin (reaktif) olmasaydı kendisine karmaşık makromoleküller kurabilme potansiyeli sağlayabilirdi. Ancak, azotla birlikte olunca çok daha kararlı kovalent bağlar kurabiliyor ve halka biçimliler de dahil geniş bir aralıkta karmaşık moleküller oluşturabiliyor.

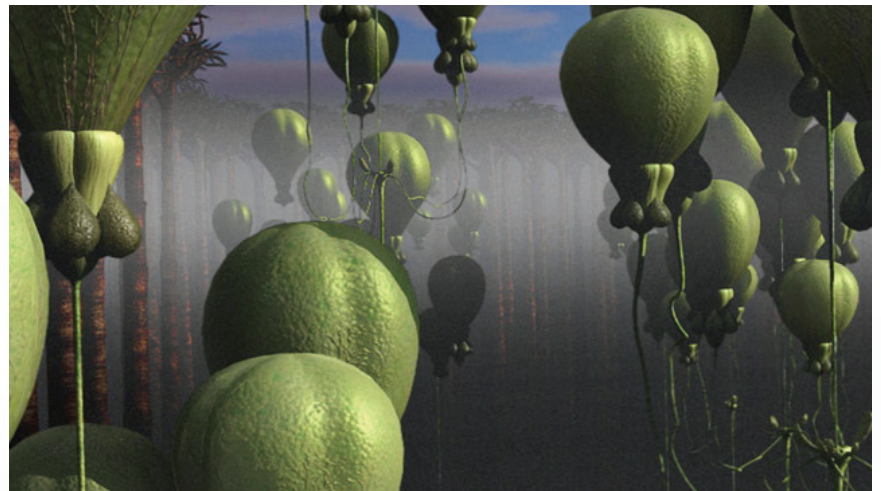
Dünyamız atmosferinin yaklaşık %78'i azot. Ancak bu bolluk bir fosfor-azot (P-N) canlı için fazla yarar sağlamıyor. Nedeni, moleküler nitrojenin (N<sub>2</sub>) neredeyse hiç tepkimeye girmeyen soygaz özellikleri taşıması ve üçlü bağ yapısından ötürü de onu bir yere bağlamanın yüksek enerji maliyeti. Gerçi, baklagiller gibisinden bazı Dünya bitkileri, kök nodüllerinde yaşayan bazı oksijen solumaz bakterilerle olan karşılıklı yarar (simbiyoz) ilişkisi sayesinde azotu bağlayabiliyorlar. Ama bir azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ya da amonyak (NH<sub>3</sub>) atmosferi, yaşam için moleküler azota kıyasla çok daha yararlı. Azot ayrıca nitrojen monoksit, dinitrojen oksit ya da dinitrojen tetroksit gibi başka birtakım oksitler de oluşturuyor. Bunların hepsi de azot dioksit bakımından zengin bir atmosfer içinde doğal olarak bulunacaktır.

Bir azot dioksit atmosferinde Dünya'daki P-N bitkilerin benzerleri azot dioksiti havadan ve fosforu da toprak-

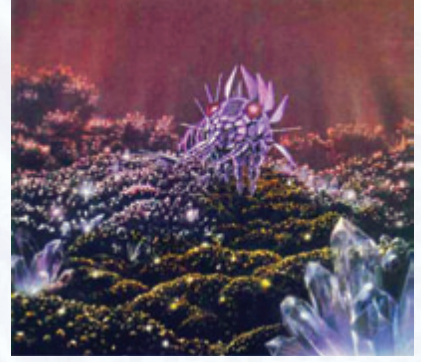
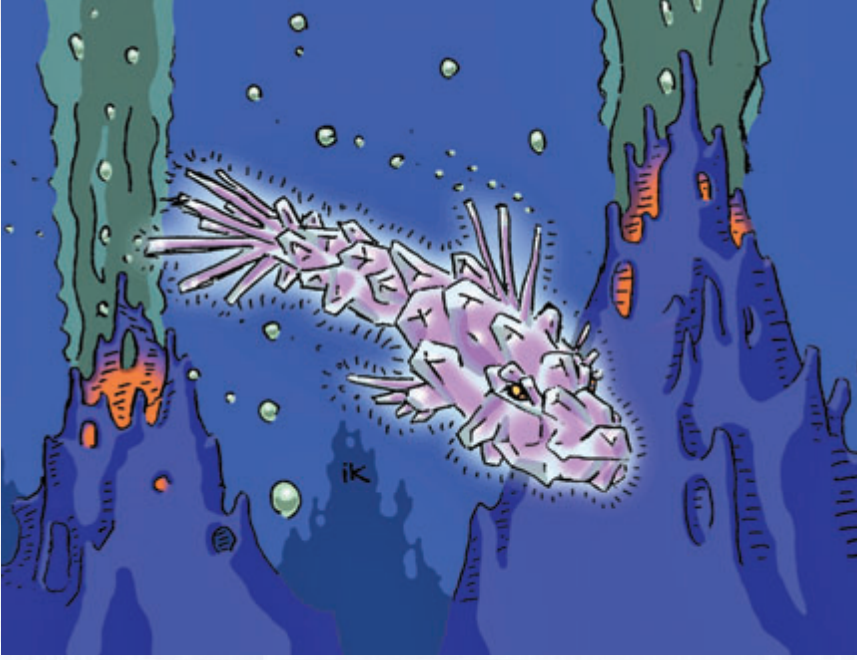
tan alabilirler. Azot dioksitin indirgenmesiyle şeker benzeri moleküller üretilirken atık oksijen de atmosfere salınır. Fosfor ve azot temelli hayvanlar da bitkileri yer, atmosferdeki oksijeni kullanarak şeker benzerlerini çözerek enerji elde ederler (metabolizasyon). Azot dioksiti nefesleriyle atmosfere geri verirler ve katı atık olarak da fosfor ya da fosfor zengini maddeleri yüzeye bırakırlar.

Bir amonyak atmosferindeyse P-N bitkileri havadan amonyak, topraktan da fosforu çekerler, sonra amonyak oksitleyerek P-N şekerleri üretirler ve atık olarak atmosfere hidrojen bırakırlar. P-N hayvanlarıysa bu kez indirgeyici rolü üstlenirler; hidrojen soluyarak P-N şekerlerini amonyak ve fosfora dönüştürürler. Bu hem azot dioksit dünyasındaki, hem de kendi dünyamızda bildiğimiz biyokimya oksitleme-indirgeme süreçlerinin tam tersi. Bu, Dünyamız atmosferindeki karbon stokunun, karbon dioksit yerine metan biçiminde olması durumuna benzetilebilir.

Gelgelelim, bu kuramsal olasılıkların gerçeklerle çok da örtüşmediğine dikkat çeken araştırmacıların sayısı az değil. Karşı çıkışların temelinde fosfor-azot döngüsüne dayalı biyolojik süreçlerin birçok noktada enerji açığıyla karşılaşma olasılığı yatıyor. Bir başka sorun da gerçek dünyalarda azot ve fosforun gereken miktar ve oranlarda bulunabilmesinin düşük bir olasılık olması. Yıldızlardaki çekirdek tepkimelerinde tercihli olarak üretilen karbon daha fazla olduğundan, tercihli mekanlarda bulunabilme olasılığı da daha yüksek.







Silisyum temelli organizmalar, canlı kristaller biçiminde düşünülüyor.

## Kum Adam Sahnede

H.G. Wells bir zamanlar gökadamızın bir köşesinde silisyum ve alüminyumdan yapılmış "insan"ların, ortalama sıcaklığı 1500 °C'yi aşan bir dünyada erimiş demirden bir okyanusun kıyısında geziniyor olabileceklerini söylemişti. İşin gerçeği ise, eğer bir yerlerde silisyum tabanlı yaşam formları ortaya çıktıysa, sıcaklığa değil soğukluğa uyum sağlamış olmalıydılar.

Silisyumun yaşam için alternatif bir yapı iskelesi olarak önerilmesinin nedeni, periyodik tablodaki daha hafif kardeşi karbon gibi onun da uzun zincirler meydana getirmesi. Ama ne yazık ki, kurduğu bağların birçoğu kararlı olamıyor. Kerosen (gaz yağı) gibi karbon temelli kimyasallar oda sıcaklığında kararlı kalırken, karbon atomları yerine silisyum atomları koyarak benzerini yapmaya kalkışsak, oda sıcaklığında kendiliğinden alev aldığını görürdük.

Silisyum atomunun alternatif bir biyokimyasal sistem olarak en çok önerilen madde olmasının nedeni, karbonunkine yakın birçok kimyasal özelliğe sahip olması ve zaten periyodik tabloda karbon grubu içinde bulunması.

Ancak, bir karbon alternatifi olarak bazı handikapları var: Bir kere, silisyum atomları çok daha büyük oldukları, daha büyük bir kütle ve atom yarıçapına sahip oldukları için, biyokimyasal sistemler için önem taşıyan ikili ya da üçlü kovalent bağlar oluşturma-

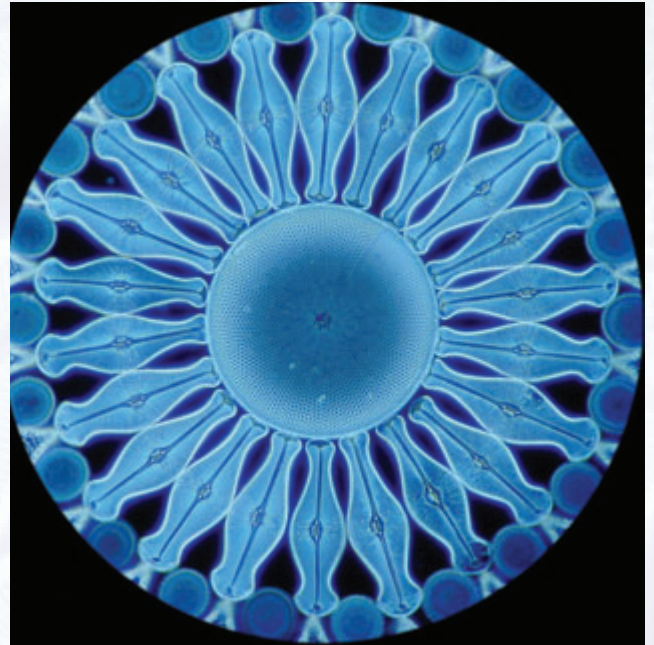
da zorlanıyorlar. Hidrojen ve silisyumun kimyasal bileşikleri olan ve alkan (alcane) hidrokarbonlarla karşılaştırılabilecek olan silanlar (silanes) suyla yüksek ölçüde tepkin (reaktif) ve uzun zincirli silanlar kendiliklerinden çürüyorlar. Silisyum atomları arasında doğrudan bağlar yerine bir sırası silisyum, sonraki oksijen atomlarından oluşmak üzere ardışık sıralar halinde polimerlerden oluşan ve takım olarak silikon (silicone) olarak adlandırılan moleküllerle çok daha kararlı. Bazı Dünya dışı gezegenlerde bulunacağı varsayılan sülfürik asitçe zengin ortamlarda silikon temelli kimyasalların, eşdeğer hidrokarbonlara göre daha çok kararlı olacağı bazı araştırmacılarca vurgulanıyor. Bununla birlikte genel olarak uzun-zincirli silikon moleküllerinin yine de karbon karışımlarından daha az kararlı oldukları bir gerçek.

Bir başka sorun da pek çok kum çeşidinin ortak temeli olan ve karbon dioksitin karşısı sayılabilecek silisyum dioksitin, suyun sıvı halde bulunabileceği sıcaklık aralığında çözünmeyen

bir katı olarak kalması. Buysa, yaşam için gereken biyokimyasal moleküller dizisi silisyum dioksitten türetililebilir bile, silisyumun su-temelli biyokimyasal sistemlere dahil edilmesini güçleştiriyor.

Nihayet, yaklaşık 10 yıl öncesine kadar yıldızlararası uzayda tanımlanabilen moleküllerden 84'ü karbon temelli iken, yalnızca 8'i silisyum temelli. Üstelik bunların da dördü karbon atomları içeriyor. Evrendeki karbon varlığı, silisyumun yaklaşık 10 katı. Bu da evrende karmaşık karbon bileşimlerinin çok daha fazla olduğunu, böyle olunca da en azından gezegen yüzeylerinde var olan koşullarda silisyum temelli biyolojiler için çok daha küçük bir temel olduğunu gösteriyor.

Dünya ve öteki kayaç gezegenler silisyum bakımından özellikle zenginken, karbon bakımından fakirler. Gel-



Diatomların dış iskeletleri, Dünya'da silisyum temelli yapıların örnekleri.





gelelim, Dünya'daki yaşam karbon temelli. Karbonun, azlığına karşın yaşama temel oluşturmada sayıca üstün silisyuma göre çok daha başarılı olması da, silisyumun Dünya benzeri gezegenlerde biyokimya için fazlaca uygun olmadığını göstergesi sayılabilir. Colorado Üniversitesi'nde biyokimyacı olan ve aynı zamanda ABD Ulusal Bilim Akademisi'ne astrobiyoloji konusunda danışmanlık yapan Norman Pace "Ben asla 'asla' demem" diyor. "Yine de karbon temelli olmayan yaşam bulunabileceği konusunda iyimser değilim".

Ancak, silikanın, Dünya'daki canlıların bazılarında kullanıldığı bir gerçek. Örnek, diatom denen mikroskopik canlıların silikat iskelet yapıları.

Nitekim Glasgow Üniversitesi'nden (İskoçya) Alexander Graham Cairns-Smith, 1985'te yazdığı "Seven Clues

to the Origin of Life - Yaşamın Kaynağı için Yedi İpucu" adlı kitabında dile getirdiği tartışmalı tezinde, yaşamın (büyük olasılıkla silisyum temelli olan) kil moleküllerinin kendilerini yeniden üretme becerileri kazanmasıyla başladığını öne sürüyordu.

Ayrıca silisyum bileşiklerinin, kayaç gezegen yüzeylerinden çok farklı sıcaklık ve basınç koşullarında, karbonla birlikte ya da kendi başına benzer biyolojik yararlar sunabileceklerini de gözden uzak tutmamak gerek. Silisyumun bir kötü tarafı da, oksijenle çok güçlü bağlar kurduğundan, Dünya'daki gibi öteki gezegenlerde de silisyum oksit olarak kayalara hapsolmesi, dolayısıyla da yaşama başlangıç ilkel su birikintisi kimyasının erişimi dışında kalması. Böyle olunca da silisyum temelli yaşam, yalnızca oksijenin kıt olduğu dünyalarda (Titan gibi) ortaya çıkabilir.

Cambridge Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü'nden William Bains, "Oksijenin hiç bulunmadığı, suyun da çok az olduğu ortamlarda silisyum kimyası daha olası" diyor.

Eğer silisyum temelli yaşam Güneş Sistemimizde ortaya çıkmışsa, Satürn'ün sıvı metan ve etanın suyun yerini aldığı uydusu Titan'da ya da Neptün'ün, yüzeyi altındaki sıvı azotun su yerine geçebileceği uydusu Triton'da rahatlıkla gelişebilir.

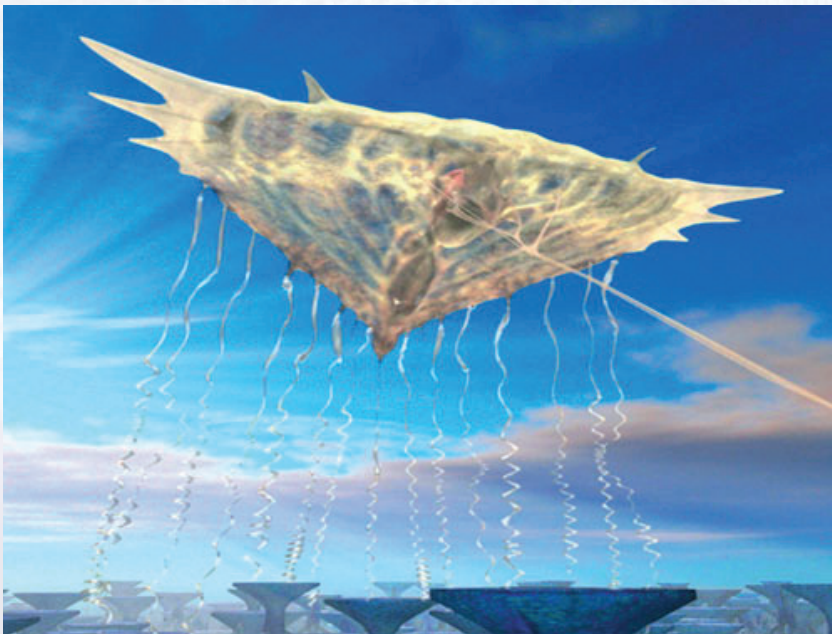
Tanıdığımız kadarıyla karbon temelli biyokimya sıvı azot (-196 °C), sıvı metan (-164 °C) ve sıvı etan (-89 °C) sıcaklıklarında iyi çalışmaz; çünkü karbonun kurduğu bağları kırarak yeterli termal enerji bulunmaz. Oysa silisyumun öteki atomlarla yaptığı daha zayıf bağlar bu sıcaklıklarda bile kolayca kırılıp tekrar oluşarak metabolizmanın çalışmasını sağlarlar.

Bilimkurgu fantezilerinde silisyumdan canlılar genellikle sert ve kristal yapıda dış iskeletlerle (kabuklarla) canlandırılır. Oysa günümüzde var olan silikon polimerlerin bolluk ve çeşitliliğini düşünecek olursanız, bu canlıların görme ve dokunma duyularımıza nasıl hitap edeceklerini zihninizde daha iyi canlandırabilirsiniz: Kaya gibi sert bir bilgisayar çipinden, bir tenis topu gibi zıplayabilen, elastik bir dokuya, ya da arabanızdaki vites kolunu çevreleyen körük gibi oraya buraya kıvrılıp bükülebilen, akla gelebilecek her görünüm ve sertlik derecesinde canlılar. Baines'e göre silisyum faunası böylesine çeşitlilik sergileyebilir. "Uzay giysinizin eldiveniyle dokunduğunuzda, bu 'canlı'yı esnek, yumuşak hissedebilirsiniz".

## Bulutlarda Yaşamak

Gökbilimci Carl Sagan, 1980'de yazdığı *Cosmos* adlı kitabında Jüpiter'in atmosferinde, bulutlar arasında zeplinler gibi dolaşan, içleri gazla dolu canlılar olabileceğini önermişti. Su yerine gaz baloncuklarına dayalı yaşam mümkün mü?

Metabolizma, bir molekülü bir başkasına dönüştüren enzimlere dayanır. Enerji üretmek için besin böyle hazmedilir. Dünya yaşamında suyun en önemli rollerinden biri, hücre içinde







Kalın karbondioksit bulutlarıyla kaplı Venüs atmosferinde sülfürik asit temelli canlıların varolabileceği düşünülüyor.

bu sürecin su gerekiyor olması. Proteinleri küçük parçalara doğrayan, aslında su molekülleri. Asidin yaptığıysa süreci kolaylaştırmak (kimyacıların deyişle katalize etmek).

şekerler ya da amino asitler gibi her türden organik molekülün taşınabileceği uygun bir ortam sağlamak.

Bu moleküller suyun içinde serbestçe çözünüp dolaşabilirler. Enzimler de bunları kolayca yakalayıp, örneğin enerji açığa çıkartmak için bir şeker molekülünü parçalamak gibi biyokimyasal tepkimeleri yerine getirirler.

Balon uzaylılardaysa, bu amaca gaz hizmet edebilir. Amonyak, formaldehid ya da propan gibi basit moleküller balon içinde oraya buraya gezinebilirler ve balonun iç çeperine yapışık enzimler de onları metabolize ederek enerji elde ederler.

California Üniversitesi'nden (Berkeley) biyokimya mühendisi Douglas Clark, "Enzimlerin buhar fazındayken tepkimeleri katalize edebildiklerini biliyoruz" diyor. Örneğin şok dondurmayla kurutulmuş ve toz haline getirilmiş bazı enzimler, gaz halindeki substrat (taban, alt tabaka) molekülleriyle temas ettirildiklerinde hâlâ işlev görüyorlar.

Waikato Üniversitesi'nden (Yeni Zelanda) Roy Daniel, karaciğer esterazı denen bir enzimin, kurutulduktan, yani su içeriği %1'in altına indikten sonra bile gaz halindeki etil butiratı, etanole dönüştürebildiğini gözlemiş. Gerçi enzim normal hızının %1'i hızda çalışıyor; ama bunun sıvı suda konforlu yaşama alışmış bir domuz enzimi olduğunu unutmamak gerek.

Suyun yalnızca buhar olarak var olabileceği bir dünyada birkaç su molekülü bir enzimin yüzeyi üzerine yoğunlaşabilir, böylece onu daha kaygan ve etkili hale getirir. Clark, böyle bir dünyada enzimlerin buhardan su molekülleri çalmak ve böylece deminki domuz enziminden daha randımanlı çalışabilmek için yüzeylerinde özel yapışkan bölgeler geliştirebilmelerinin hiç de yabana atılacak bir olasılık olmadığını söylüyor.

Yine de gaz yaşamı önümüze sorun çıkarmayı sürdürüyor. Hücreler içindeki su, şekerler, yağ asitleri ve RNA molekülleri gibi yüzlerce farklı organik molekülü oradan oraya taşıyabilirken, bir balon içindeki gaz ancak etanol, formaldehid ve propan gibisinden en küçük organik molekülleri taşıyabilir. Demek ki gazla yaşamak istiyorsak, büyük moleküllerle fazla işi olmayan basit bir metabolizmaya gereksinimiz olacak.

## Asit İçenler

Başka dünyalarda yaşam, su yerine sülfürik asit ya da hidrojen florit (suda çözüldüğünde hidroflorik asit deniyor) kullanımı için de evrilmiş olabilir.

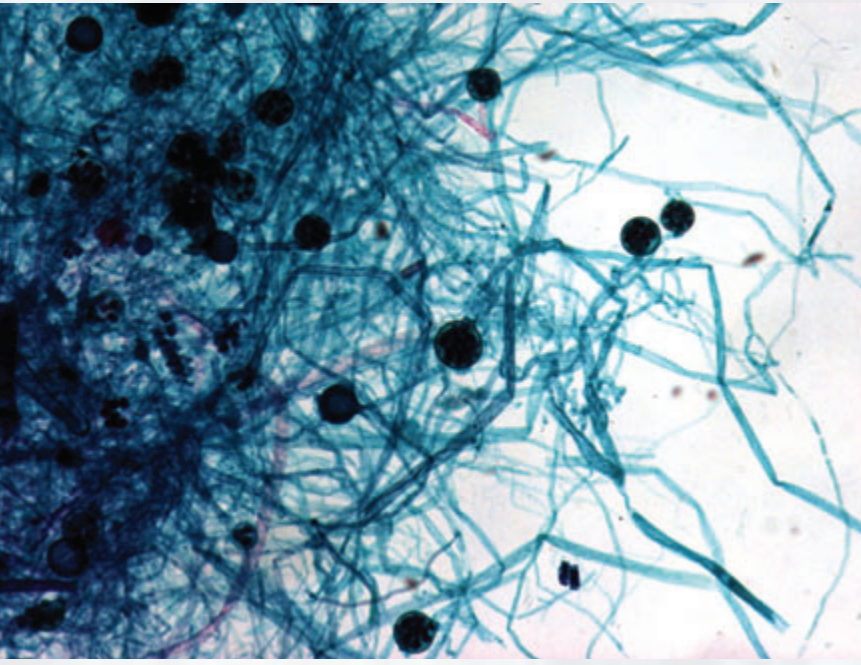
Sülfürik asit ve hidrojen floritin, derinizi delip geçebilen acımasız aşındırıcı maddeler olarak kötü bir şöhretleri var. Ama dünyalıkların büyük çoğunluğunun bilmediği şey, hidroliz denen

Londra'daki BioUpdate Vakfı'ndan fiziksel kimyacı Felix Franks, "Demek ki sülfürik asitle hidrojen floritin ille de kötü olmaları gerekmiyor; ancak işe su karıştığında keskin çözücüler haline geliyorlar" diyor. "Yoksa, kuru sülfürik asit ve hidrojen florit, olsa olsa son derece zayıf çözücüler olabilirler".

Bazıları, asit temelli mikropların Venüs atmosferindeki sülfürik asit bulut damlacıkları içinde yaşayabilecekleri spekülasyonunda bulunuyorlar. Bu mikroplar Venüs henüz gençken ve daha ılıman gezegenin yüzeyinde evrilmiş, daha sonra gezegen ısınınca bulutlara çekilmiş olabilirler. Yüzeiden 50 kilometre yukarıdaki bir bulut katmanı, Dünya'dakini andıran basınç düzeyleri ve 20-80 °C sıcaklıkla daha dost bir ortam sağlıyor olabilir.

Bu bulutların asit düzeyi bildiğimiz akü asiti kadar olabilir; ama Dünyamız bakterilerinden en azından bir tanesi, bu kadar güçlü bir asit içinde varlığını sürdürebiliyor. *Picrophilus torridus* adlı mikrop, sıcak kükürlü geyzerlerde yaşıyor. *P. torridus* asiti hücreleri dışında tutarak yaşamını sürdürebiliyor. Ama hücreleri saf sülfürik asitle dolu olacak Venüs bakterileri için yaşam bunun tam tersine, asiti içeride, suyu dışarıda tutabilmeye bağlı. Franks, "çevrede suyun zerresi bulunmamalı" diyor. "Çünkü asit suyla birlikte son derece aşındırıcı oluyor".





Bazı sucul alglerin arsenik bileşimleri kullandığı biliniyor.

## Arsenik ve Başka Egzotikler

Kimyasal olarak fosfora benzeyen, ancak Dünyamızdaki yaşamın çok büyük bölümü için zehirleyici olan arsenik, yine de bazı organizmaların biyokimyasında görev alıyor. Bazı sucul yosunlar arseniği arsenoşekerler ve arsenobetainler gibi karmaşık bileşiklerin oluşturulmasında kullanıyorlar. Mantarlar ve bakteriler uçucu, metillenmiş arsenik bileşikleri üretebiliyorlar. Mikroplarda hem arsenat indirgenişi hem de oksitlenişi gözleniyor. Dahası, bazı prokaryot canlılar oksijensiz ortamda gelişirken nihai elektron almacı olarak arsenat, bazıları da enerji üretmek için elektron vericisi olarak arsenit kullanıyorlar.

Bazen klor da, ister karbon temelli biyolojik sistemlerde, isterse de kuramsal olarak önerilen karbonsuz biyolojilerde oksijene bir biyolojik alternatif olarak öneriliyor. Ancak klor evrende oksijene kıyasla çok daha az bulunuyor. Dolayısıyla klorca zengin atmosferleri olan gezegenler, eğer varlarsa bile çok az olmalı. Böyle dünyalarda tuzlar ya da tepkin olmayan başka bileşikler içinde bağlı bulunabilirler.

Kükürt de uzun zincir moleküller oluşturabilmesine karşılık, fosfor ve silanlar gibi o da yüksek tepkinlik sorununu yaşıyor. Karbona alternatif olarak kükürtün biyolojik kullanımı tümüyle kuramsal olsa da, kükürt indirgeyen bazı bakteri türlerine Dünya'da ekstrem koşullara sahip bazı mekanlarda, hatta eskimiş su dağıtım sistemlerinde bile rastlanabiliyor. Bu bakteri-

ler oksijen yerine kükürt elementini kullanarak onu hidrojen sülfid haline indirgiyorlar. Yeşil kükürt bakterileriyle mor kükürt bakterileri bu tür canlılara birer örnek. Ayrıca kükürdü metabolize eden bakterilerin Dünya'da 3,5 milyar yıl önce de var olduğunu gösteren kanıtlar var.

## Yoksa Mars'ta Gerçekten Hayat mı Var?

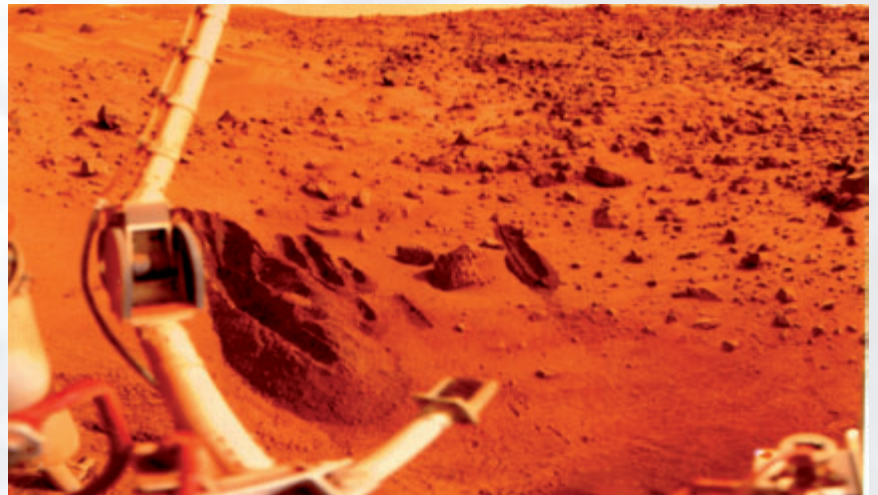
Mars yüzeyine 1976 yılında inen Viking 1 ve 2, başka bir gezegeni yaşam için yoklayan tek uzay araçları oldular. Sonuçlar olumsuz olarak yorumlandı; ancak bazı bilim insanları bu yargıyı sorguluyor.

Viking araçları yaşam bulmaya yönelik birçok deney seti taşıyorlardı. Etiketli Salım (Labelled Release - LR) deneyinde Mars toprağı içine radyoak-

tif izotop karbon-14'le işaretlenmiş, amino asitler gibi basit besinler yerleştirildi. Araç daha sonra toprağı "koklayarak" izotopları içeren gazların çıkıp çıkmadığını araştırdı. Bu izotopu taşıyan gazlar, toprağına yerleştirilen besinlerin mikroplarca metabolize edildiğini gösterecekti. Aslında aranan özellikleri taşıyan bir gaz çıkışı -büyük olasılıkla karbon dioksit, metan ya da karbon monoksit- belirlendi; ancak başka testler çelişkili sonuçlar ortaya koydu.

Araçlar ayrıca toprakta mikropların varlığına işaret edecek olan, şekerlerden hidrokarbonlara ya da alkollere kadar her çeşitten organik madde bulunup bulunmadığını ortaya koyacak bir deney daha gerçekleştirdiler. Ancak yine hiçbir şey bulamadılar. Toprak ısıtıldığında ya da ıslatıldığındaysa oksijen ve karbon dioksit çıkışı gözlemlendi. Bu da toprakta çamaşır suyuna benzer yüksek derecede aşındırıcı bir madde bulunduğuna işaret ediyordu. Tüm bu sonuçlara dayanarak NASA kararını verdi: Mars toprağı yaşam barındırmıyordu.

Gelgelelim, ABD'nin Maryland eyaletindeki Beltsville kasabasında Spherix firmasında bir kimyager olan ve LR deneyini geliştiren Gilbert Levin, deneyde yaşamın varlığının belirlendiği konusunda ısrarlı. Toprağın besin aşılardan önce ısıtıldığı kontrol deneylerinde gaz çıkışı olmamış. Bu da ısınsın Mars'taki toprak örneği içindeki mikropları öldürmüş olabileceğini gösteriyor. Toprağı yalnızca 51°C'ye kadar ısıtmak bu etkiye yol açarken, 46°C'ye kadar ısıtıldığında gaz tepkisi büyük ölçüde azalmakla birlikte tümüyle or-



Viking uzay aracı Mars yüzeyinde deneyler gerçekleştirdi.



tadan kalkmıyor. Levin, bu LR sonuçları için en basit açıklamanın, deneyde Mars toprağında yaşamın bulunması olduğu görüşünde.

Washington Eyalet Üniversitesi'nden Dirk Schulze-Makuch, Mars yaşamı için, onu neden fark edemediğimizi açıklayacak bir model geliştirmiş. Araştırmacı, Viking araçlarının, hidrojen peroksitle ( $H_2O_2$ ) suyun karışımını kullanan egzotik Mars mikropları bulunduğunu söylüyor. Schulze-Makuch'un geliştirdiği açıklamaya göre su temelli yaşam Mars'ta ılıman koşullarda ortaya çıktı (milyarlarca yıl önce), ama gezegen soğumaya başladığında mikroplar hücrelerine  $H_2O_2$  eklemeye başladılar. Bu, mikropların donma noktalarını düşürecek, ve aynı zamanda  $H_2O_2$  su moleküllerini emdiği için mikropların atmosferden nem çekmelerini sağlayacaktı. Bu da sıcaklık sıfırın altına düşükten sonra bile toprağın yüzeye yakın kısımlarında yaşamlarını sürdürmelerini sağlayacaktı.

Schulze-Makuch, *International Journal of Astrobiology* dergisinde yayımlanacak makalesinde Mars mikroplarının Güneş ışığından yararlanarak suyu hidrojen peroksitine nasıl dönüştürdüğünü açıklıyor. "Fotosentez için geliştirilmiş denklemlere paralel bir süreç" diyor. "Tek fark, yan ürünün Dünyamızdaki gibi su değil,  $H_2O_2$  olması."

Viking'in LR deneyleri bu tür mikropları ısıtmış ya da ısıtmışsa, hücrelerindeki  $H_2O_2$ , su ve oksijene ayrılmış olmalı. "Bu model Viking sonuçlarını rahatlıkla açıklıyor" diyor Schulze-Makuch. "Bu küçük canlıları ısıttığımızda patlıyorlar ve  $H_2O_2$ , hücre içindeki tüm organik maddeyi oksitliyor. Bu da or-

ganik bileşikleri daha Viking onları keşfedemeden yok ediyor ve Viking'in gördüğü oksijen ve karbon dioksiti açıklıyor.

Schulze-Phoenix sondası 2008'de Mars'a vardığında araştırmacı modelini sınaama olanağı bulacak. Phoenix, aradığı kimyasalları bulmak için Mars toprağını ve toprak altındaki buzu ısıtacak ve bu kimyasallar buharlaşıp patladıkça enerjinin nasıl emildiğini ya da üretildiğini ölçecek.

Schulze-Makuch benzer ekipmanla şimdi de Dünyamızda deneyler planlıyor. Deneylerin amacı, araçtaki algılayıcıların peroksit mikroplarla karşılaştıklarında nasıl tepki verecekleri konusunda öngörülerde bulunmak. Kendi deney sonuçları Phoenix'in daha sonra gezegen yüzeyinden derleyeceği verilerle örtüşürse, bu, Mars'ta peroksit yaşam olduğu yolundaki tezi güçlendirecek.

## Alternatif Enerji Kaynakları

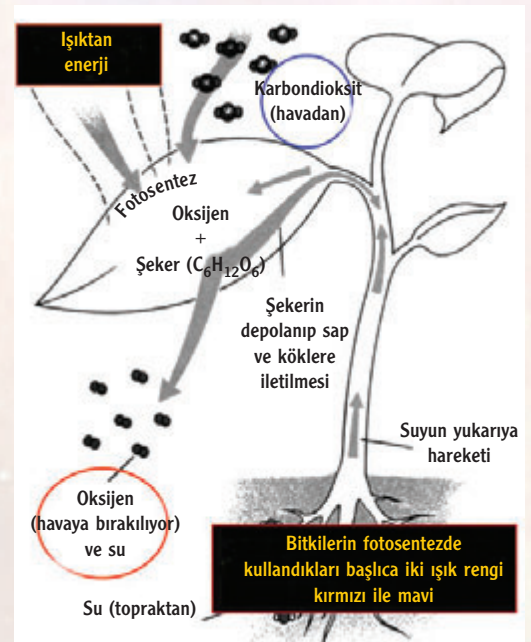
Fizikçilere göre Dünyamızda fotosentez süreci bitkileri genellikle yeşil yaparken, başka renkte bitkiler de Dünyamızdaki yaşamın büyük bölümü için gerekli olan fotosentez sürecini destekleyebilir. Fotosentez sürecinde bitkiler Güneş'ten aldıkları enerjiyi glukoz ya da şeker biçiminde kimyasal enerjiye dönüştürüyorlar. Güneş'se görünür ışık içindeki bazı dalgalı boylarına (renklere) karşılık gelen fotonları, diğerlerine göre daha çok üretiyor. Dolayısıyla Dünya'ya, mavi ya da yeşil renklerdeki ışığa kıyasla kırmızı

ışık fotonları daha çok geliyor. Bitkilerde bulunan klorofil adlı madde de bu nedenle Güneş'in yaydığı elektromanyetik ışınımın görünür ışık dalgalı boyları aralığındaki kırmızı ve mavi ışığı daha çok, yeşil ışığıysa daha az soğurduğu için, yeşil ışık büyük ölçüde yansıyor ve bitkilere rengini veren klorofil yeşil görünüyor.

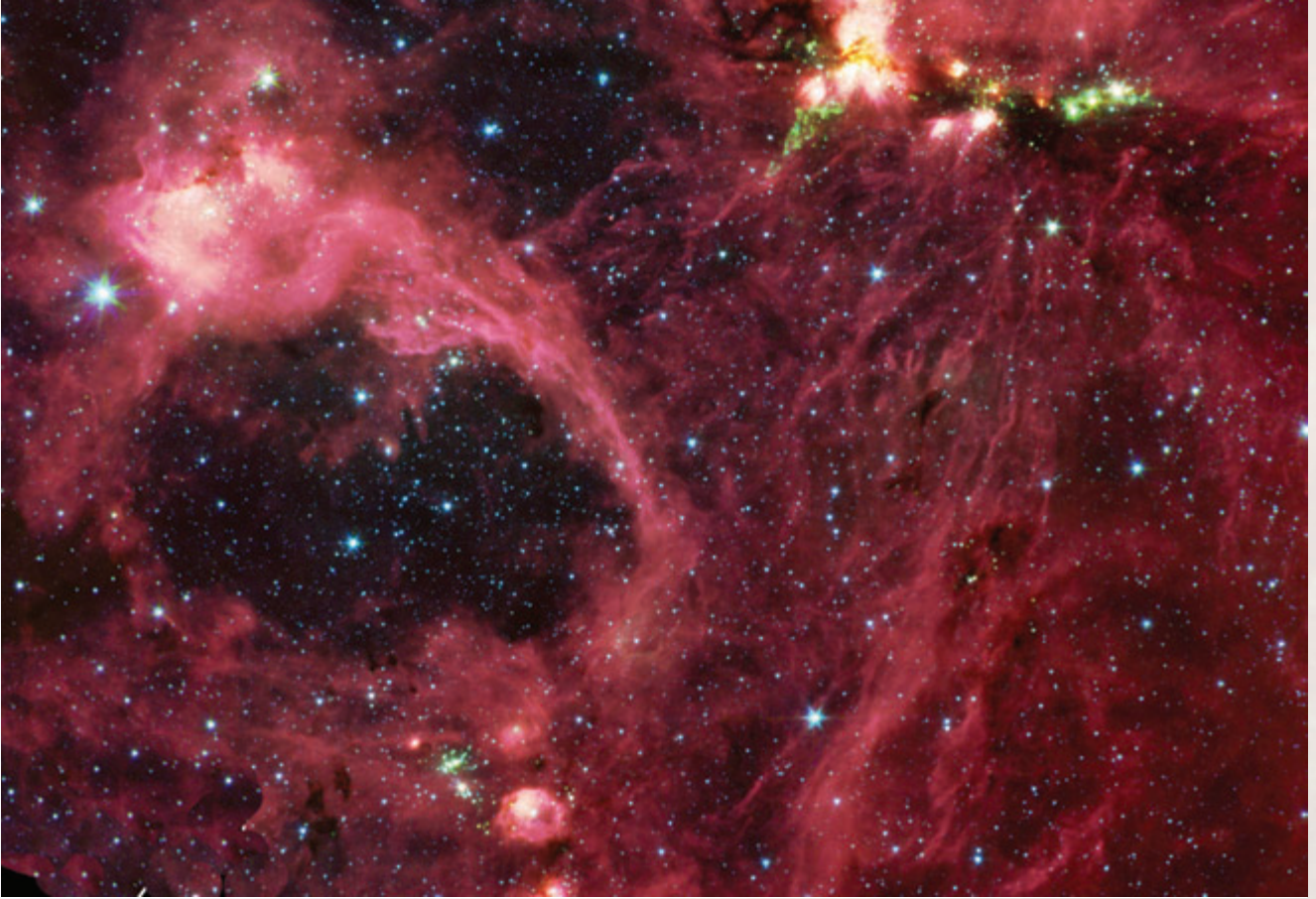
NASA'nın Goddard Uzay Araştırmaları Enstitüsü'nden Nancy Kiang ve ekip arkadaşları, Güneş dışı gezegen sistemlerindeki bitkilerin, farklı dalgalı boylarındaki ışık bileşimlerine göre farklı renkler alabileceklerini söylüyorlar. Kiang'a göre burada belirleyici olan yıldızların farklı kütleleri, dolayısıyla yüzey sıcaklıkları ve yaydıkları ışığın renkleri olduğu kadar, bu ışığın düştüğü gezegenlerdeki gazların çeşidi ve derişimi. Çünkü bu gazlar da üzerlerine düşen ışığın farklı dalgalı boylarındaki bölümlerini soğurabiliyorlar. Dünyamız atmosferindeki ozonun, morötesi ışınımın belli bölümlerini soğurması gibi. Dolayısıyla organizmalar da enerji üretebilmek için ortamda hangi dalgalı boyunda ışık daha çoksa ondan yararlanmak durumunda kalıyorlar. Dünyamızda görünür ışıktan daha farklı bir kaynakla enerji üretiminin bir örneği, (bizim gözlerimizin algı aralığı dışında olduğu için göremediğimiz) yüksek enerjili gama ışınlarını, yaşamı için gereken yararlı enerjiye çeviren bazı mantarlarda görülüyor. Bu mantarlar bunun için melanin adlı pigmenti kullanıyorlar. Oysa siyah bir pigment olan melanin, Dünya'daki organizmaların büyük çoğunluğunda morötesi ve Güneş radyasyonuna karşı savunma aracı olarak kullanılıyor. Man-



Başka dünyalara düşen farklı ışıklar, yeşil Dünya bitkilerinden farklı renklere bitkilere yaşam verebilirler.







Yıldızlar arası toz bulutlarındaki plazmada yaşam benzeri yapıların ortaya çıkabileceği gösterildi.

tarların çoğuysa Güneş radyasyonunu kendisi için yararlı enerjiye dönüştürmek yerine, gereksinim duydukları enerjiyi mevcut biyokütleyi çürüterek elde ediyorlar.

Kiang ve ekibinin geliştirdiği yöntem, önümüzdeki yıllarda Dünya dışı yaşam araştırmalarında astrobiyologlara yardımcı olmaya aday. Bu yöntemden yararlanan araştırmacılar, gözlemledikleri bir gezegenden gelen ışıktan, atmosferinin derişimini çıkarabilecekler ve bu bilgiyi gezegenin yıldızından gelen ışıktaki bilgiyle birleştirerek gezegende hangi yaşam biçimlerinin, hangi renklerde oluşabileceğini tahmin edebilecekler.

## Yıldızlararası Tozda Yaşam

Dünyamızdaki yaşam (en azından bildiğimiz kadarı) organik. Yani karbon dioksit ve karbonatlar dışında karbon bileşimlerine dayanıyor. Geçtiğimiz aylarda Rus Bilimler Akademisi'ne bağlı Genel Fizik Enstitüsü'nden V.N. Tystovich ile Max Planck Dünya Dışı Fizik Enstitüsü (Almanya) ve Sidney Üniversitesi'nden (Avustralya) araştırmacılar, yıldızlararası ortamdaki inorganik toz bulutlarında yaşam tanımına girebilecek örgütlenmeler bulunabileceğini gösterdiler. Bu örgütlenmeler,

sarmal ya da tirbuşon biçimli de olabiliyor. Bu sarmal biçimli moleküller de birbirleriyle genellikle organik bileşikler, hatta yaşamın kendisiyle ilişkilendirilen biçimlerde etkileşebiliyorlar.

Ekip, bir plazma içinde bulunan inorganik molekül karışımlarının davranışlarını incelemiştir. Plazma, kısaca katı, sıvı ve gazların dışında maddenin dördüncü hali olarak tanımlanıyor ve elektronların atomlarından kopmasıyla oluşan bir yüklü parçacıklar karışımı olarak betimleniyor.

Şimdiye kadar fizikçiler böyle bir parçacık bulutu içinde fazlaca bir örgütlenme olamayacağı görüşündeydiler. Ancak, moleküler dinamiğiyle ilgili bir bilgisayar modelini kullanan Tystovich ve arkadaşları, elektrik yükleri ayrışıp plazma kutuplandığında plazma içindeki parçacıkların kendiliklerinden bir yapılaşmaya gidebileceklerini gösterdiler. Bu etki, plazma içinde sarmal biçimli mikroskopik katı parçacıkların oluşmasıyla sonuçlanıyor. Bu yapılar da elektrik yükü taşıdıklarından birbirlerini çekiyorlar. Ancak bu etkileşimde beklenenin aksine benzer yüklü sarmallar birbirlerini çekmekle kalmıyorlar, normal olarak DNA ve proteinler gibi biyolojik moleküllerde görülen değişimler de geçiriyorlar. Örneğin, orijinal yapının iki kopyasını oluşturmak üzere bölünüyor ya da çatallaşabiliyorlar. Bu yeni yapılar da etkileşim

rek komşularında değişimlere yol açabiliyor ve daha kararsız olanların parçalandığı, yalnızca “en güçlülerin ayakta kaldığı” bir evrim de geçiriyorlar.

Peki, yıldızlararası toz içindeki sarmal kümeler canlı olabilir mi? Tystovich, “Bu karmaşık, kendi kendine örgütlenmiş plazma yapıları, kendilerini inorganik canlı madde adayı yapmak için gerekli tüm özellikleri sergiliyorlar” diyor. “Kendi kendilerini yönetiyorlar, kendi kopyalarını üretiyorlar ve evrim geçiriyorlar!”

Tystovich, bu sarmal yapıların oluşması için gereken plazma koşullarının dış uzayda yaygın olarak bulunduğunu vurguluyor. Ayrıca plazmalar Dünyamızdakine benzer koşullarda da, örneğin bir şimşekle de oluşabilir. Araştırmacılar belki Dünyamızın ilk dönemlerinde önce bir inorganik yaşam biçiminin ortaya çıkıp daha sonra gelişerek bildiğimiz organik yaşam için bir kalıp hazırlamış olabileceğini belirtiyorlar.

Derleyen: Raşit Gürdilek

Fox, D., Life: But Not As We Know It, New Scientist, 9 Haziran 2007  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Alternative\\_biochemistry](http://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_biochemistry)  
<http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2007/spectrum.html>  
<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/08/070814150630.htm>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Life>