

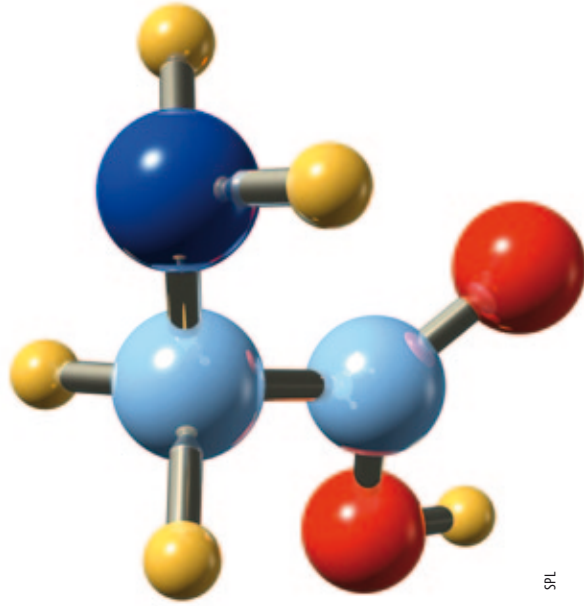
Evrende Biyomoleküller ve Olası Yaşam Biçimleri

İnsanoğlunun cevabını aradığı belki de en eski soru:
Evrende yalnız mıyız? Bunu henüz bilmiyoruz.
Ancak kesin olarak bildiğimiz bir şey var, o da uzayda
yaşam için gerekli olan yüzlerce farklı molekülün
bol miktarda bulunduğu.

Yaklaşık 14 milyar yıl önce “Big Bang” dediğimiz o Büyük Patlama ile evrenin yaşam saati de işlemeye başladı. Evrenin özü nereden geldi ve öncesinde neler vardı? Bu soruları yanıtlamak çok zor. Çünkü bu konuda elimizde spekülasyondan öte bilgi yok. Büyük Patlama anı zaman saatinin “sıfır noktası” olarak kabul edildiğinden bundan öncesini düşünmek anlamsız görünüyor. Ancak her ne olursa olsun bu konu insanoglunun ilgisini çekmeye devam edecek.

Büyük Patlamadan sonra saatler 0,01 mikro (yani milyonda bir) saniyeyi gösterdiğinde evrenin sıcaklığı yaklaşık yüz trilyon derece idi (10^{14} °C) ve proton, nötron gibi atomun temel yapıtaşları oluşmaya başladı. Yüz trilyon derece size çok yüksek gelebilir, ancak 0,01 mikro saniye öncesinde bu sıcaklığın daha da yüksek (10^{32} °C) olduğunu biliyoruz. Proton ve nötron oluşuktan sonra tüm elementlerin en küçüğü olan hidrojen için elektronun bulunması yeterliydi. Sıcaklığın düşmesiyle elektronlar da oluşmaya başladı. Evren genişledikçe sıcaklık düşmeye devam etti ve milyar derece düzeyine indi. Bu aşamada proton, nötron gibi atom çekirdeğini oluşturan yapılar nükleer kuvvetin etkisiyle bir araya gelmeye başladı. Böylece döteryum (çekirdeğinde bir proton ve bir nötron bulunan hidrojen; ağır hidrojen), helyum, lityum, berilyum ve bor gibi elementler oluşmaya başladı. Karbon, oksijen, azot gibi yaşam için gerekli olan daha ağır elementler henüz yoktu ve çok sonraları yıldızlar tarafından oluşturulacaktı. Ancak organik moleküllerin oluşumunda son derece önemli rolü olan hidrojen artık bol miktarda bulunuyordu.

Büyük Patlamadan 100-300 milyon yıl sonra hidrojen ve helyumdan oluşan gaz bulutlarının çekim kuvveti etkisiyle yoğunlaşması sonucu, ilk yıldızların oluşmaya başladığını biliyoruz. Yoğunluğun artmasıyla yıldız merkezindeki basınç ve doğal olarak sıcaklık giderek arttı. Artan sıcaklık sonunda yıldızların merkezinde çekirdek tepkimeleri başladı ve bir dizi karmaşık zincirleme tepkime sonucu öncekiler göre daha ağır elementler, örneğin karbon, fosfor, azot, oksijen ve kükürt oluştu. Bu aşama çok önemli. Çünkü yaşam için gerekli az sayıda elementin büyük çoğunluğu Büyük Patlamadan bu noktaya kadar geçen sürede oluştu. Oluşan ilk yıldızlar yaşam için gerekli elementleri üreten fabrikalar gibi çalışıyordu. Bu aşamaya kadar oluşan elementler günümüzde canlı dokuların % 98-99'unu oluşturuyor. Kısacası ilk yıldızların doğduğu evrenin bebeklik döneminde, yaşam için gerekli hemen hemen tüm elementler artık vardı.



SPL

Atomdan Moleküle

Hidrojen ve helyumdan sonra evrende en yaygın bulunan elementler karbon ve oksijendir. Moleküler hidrojen yıldızlararası boşlukta en çok bulunan moleküldür, bunu karbon monoksit (CO) ve su (H_2O) takip eder. Bu moleküller son derece önemli, çünkü aynı zamanda yaşam için gerekli moleküller. Bu moleküllerin varlığı yeni değildir, 13 milyar yıl önce oluşmuş karbon monoksit molekülleri tespit edilmiştir. Karbon monoksitin varlığı ortamda hem karbon hem de oksijenin olduğu anlamına gelir. Karbon monoksitin oluşabileceği bir ortamda da hidrojen ve oksijenden su oluşabilir. O zaman yaşamın temeli olan moleküllerin evrende yeni olmadığını, milyarlarca yıldır var olduklarını söyleyebiliriz. Tıpkı ilk oluşan elementler gibi ilk ortaya çıkan moleküller de yaşam için gerekli moleküllerdir. Uzayda sadece su ve karbon monoksit mi var? Hayır, yüzlerce farklı molekülün var olduğu biliniyor. Tablo 1’de bunların sadece bir kısmı verilmiştir. Her geçen gün yeni ve daha büyük moleküller keşfediliyor. Çok yakın bir dönemde Max Planck Enstitüsü’nden radyo-astronomi uzmanları, galaksimizin merkezine yakın bir bölgede *etil format* (C_2H_5OCHO) ve *n-Propil siyanid* (C_3H_7CN) gibi iki büyük molekül keşfettiklerini bildirdi. Bunlar gibi yeni moleküllerin bulunması artık sürpriz değil. Daha büyük ve kompleks moleküller ve hatta makro moleküllerin bulunmaması için bir neden yok. Ancak makro molekülleri belirlemek biraz zor. Uzaydan gelen kızılötesi ışınların tayf ölçümleri yapılarak moleküllerin varlığı belirleniyor. Büyük moleküllerin kızılötesi tayf ölçümleri basit moleküller kadar kolay olmuyor. Çünkü eklenen her molekül yapının anlaşılmasını daha da güçleştiriyor.

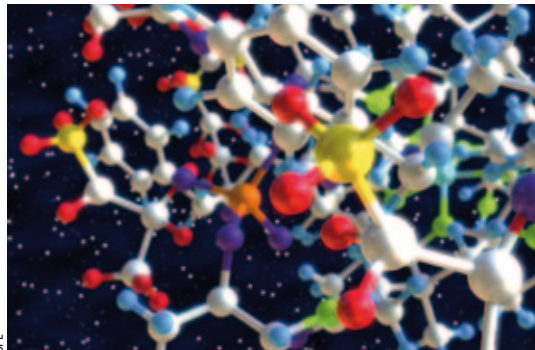
Peki, bu moleküller uzayın neresinde? Gezegenlerde, kuyruklu yıldızlarda, soğuk yıldızların atmosferlerinde ve özellikle çok geniş bir alanı kaplayan yıldızlararası bulutlarda, kısacası birçok yerde. Samanyolu galaksisinde gözlenen organik moleküllerin benzerleri başka galaksilerde de var. Uzayda bulunan moleküller içinde özellikle su, metan ve aminoasit moleküllerinin ayrı bir önemi var.

Su

Suyun varlığı yeni değil, karbon monoksitin oluştuğu dönemlerden (yaklaşık 13 milyar yıl önce) bu yana evrende su var. İki hidrojen ve bir oksijenden oluşan su molekülü (H_2O) yaşam için temel bir gereksinimdir. Yaşam için hiçbir molekül su kadar önemli değil. Oksijenin olmadığı bir ortamda yaşam olabilir, ancak suya ihtiyaç duyulmayan bir yaşam şekli henüz bilinmiyor. Su ve suyun iyonlaşma ürünleri olan H^+ ve OH^- hemen hemen tüm biyomoleküllerin yapı ve fonksiyonlarını etkiliyor. Karbon atomunun oksijen ve hidrojenle kolaylıkla bağ yapması, bu bileşiklerin su içinde çözülmesini yani su olan ortamlarda karbona dayalı çok kompleks yapıların oluşmasını sağlıyor. Bu nedenle evrende yaşam izi araştıran bilim insanları suyun varlığı ile ilgili bir ipucu bulduklarında heyecanlanıyor. Doğaldır ki bizler de herhangi bir gezegende su bulunabileceğine dair haberler okuduğumuzda hemen orada yaşam bulunabileceğini de düşünür ve umutlanırsınız. Ay dahil çok sayıda gök cisminde ve yıldızlararası toz bulutlarında da su var. Maalesef Ay'da bol miktarda su yok, ancak güneş rüzgârlarıyla taşınan hidrojen iyonlarının Ay'ın yüzeyindeki oksijen içeren minerallerle tepkimeye girmesi sonucu az da olsa su oluşabiliyor.

Metan

Metan, tüm organik moleküller içinde en basit olan ve Güneş Sistemi'nde en bol bulunan organik



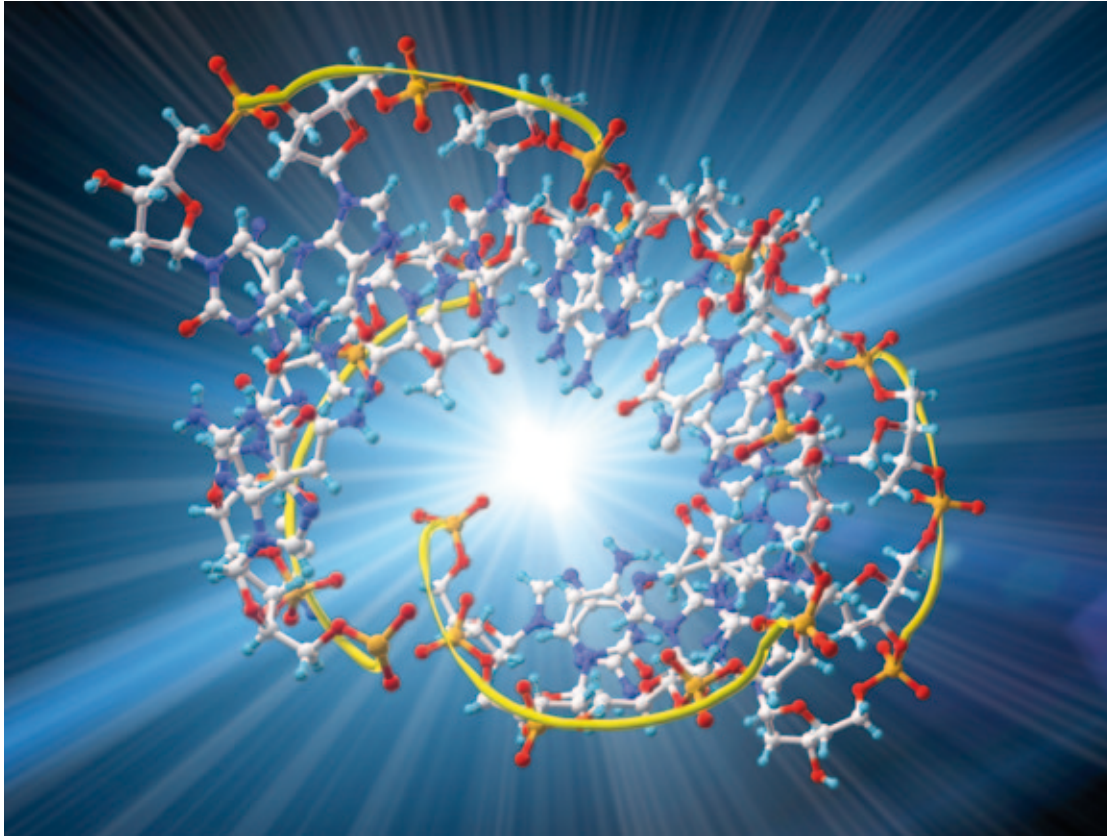
moleküldür. Bir gezegende metan bulunması, su bulunması kadar olmasa da orada yaşamın da var olabileceğini düşündürüyor. Metan 1 karbon ve 4 hidrojen atomundan (CH_4) oluşuyor. Ortamın fiziksel özelliklerine göre çok farklı tepkimelere girebiliyor. Örneğin atmosferin olmadığı uzay boşluğunda morötesi ışınların etkisiyle etan molekülüne dönüşebiliyor. Atmosferin bulunduğu ortamlarda su veya hidrojen peroksitle (H_2O_2) tepkimeye girerek formaldehit oluşturabiliyor. Karbon monoksit su veya hidrojenle tepkimeye girerek metan oluşturabiliyor. Bazı anaerobik bakteriler (oksijensiz ortamlarda yaşayan bakteriler) hidrojen ve karbondioksitten metan üretiyor. Biyolojik sistemlerde başka tepkimeler sonucunda da metan oluşabiliyor. Ancak çok farklı jeokimyasal süreçlerle de metan oluşabileceğinden, varlığı o bölgede yaşam bulunduğu anlamına gelmiyor.

Aminoasitler

Proteinlerin temel yapıtaşı olan aminoasitler yaşam için vazgeçilmez bileşiklerdir. Ancak doğada bulunan aminoasitlerin küçük bir kısmı proteinlerin yapısına doğrudan girebiliyor. Proteinlerin yapısına giren tüm aminoasitlerin bazı ortak özellikleri var. Hepsi de aynı karbon atomuna bağlı bir amino ($-NH_2$) grubu, bir karboksil ($-COOH$) grubu, bir hidrojen atomu ve bir de "R" harfiyle gösterilen yan grup içeriyor. Aminoasitlerin farklı özellikleri de bu yan grubun farklı oluşundan kaynaklanıyor. Protein yapısına giren aminoasitlerin üç boyutlu yapıları dikkate alındığında, glisin hariç diğerlerinin ayna görüntüsü olan izomerleri (molekül formülleri aynı, fakat üç boyutlu yapıları farklı) var. Tıpkı sağ ve sol elimiz gibi ikisi de benzer yapıda olmasına rağmen üst üste çakışmıyorlar. Sağ yapılanma içinde olan aminoasitler D-, sol yapılanma içinde olanlar L- ile gösteriliyor.

Atmosferi geçerek Dünya'ya ulaşmayı başarmış meteoritlerde düşük miktarda da olsa aminoasitlere rastlanmıştır. Meteoritlerde, aminoasitlerin protein yapısına giren ve girmeyen tipleri bulunduğu gibi, hem D- hem de L- formları bulunmuştur. Ancak meteoritlerde bulunan aminoasitlerin Dünya dışı moleküller olduklarını iddia etmek çok zor. Çünkü atmosfere girdikten sonra ve Dünya'da bulunduğu süre içinde çevrede bulunan organik bileşikler meteoritlere bulaşmış olabilir.

Proteinlerde bulunan aminoasitler L- formunda olduğundan meteoritlerdeki D-aminoasitlerin Dünya dışı kaynaklı olabileceği iddia edilebilir. Ancak D- aminoasitleri özellikle bakterilerde önemli oran-



SPL

da bulunur. Örneğin meteoritlerde yaygın olarak bulunan D-glutamik asit ve D-alanin gibi aminoasitler aynı zamanda bakterilerin hücre duvarını oluşturan peptidoglikan tabakanın önemli bileşenleridir. Benzer şekilde, meteoritlerde bulunan fakat protein yapısına girmeyen aminoasitlerin Dünya dışı kaynaklı olabileceği iddia edilmiştir. Ancak meteoritlerde bulunan tüm aminoasitler Dünyada ve atmosferde de bulunuyor.

Dünyada kısmen de olsa iyi korunmuş meteoritler de var. Antarktika'da bulunan meteoritlerde aminoasitler, hidrokarbonlar ve çok sayıda diğer organik moleküllere rastlanmıştır. Ancak Dünyada çok iyi korunmuş olsa da yine de atmosferden geçerken meteorite aminoasitler bulaşmış olabilir.

Tüm bunlara rağmen meteoritlerde bulunan aminoasitlerin tümü Dünyadan kaynaklanmayabilir ve en azından bir kısmı Dünya dışı kaynaklı olabilir. Çünkü yapılan çalışmalar yıldızlararası toz bulutlarında glisin gibi bazı aminoasitlerin var olabileceğini göstermiştir.

Nasıl Bir Yaşam Biçimi Araştırmalı?

Canlı organizmalar yapısal yönden incelendiğinde benzer hiyerarşik yapıya sahip oldukları görülüyor. Öncelikle elementler belli kurallar çerçevesin-

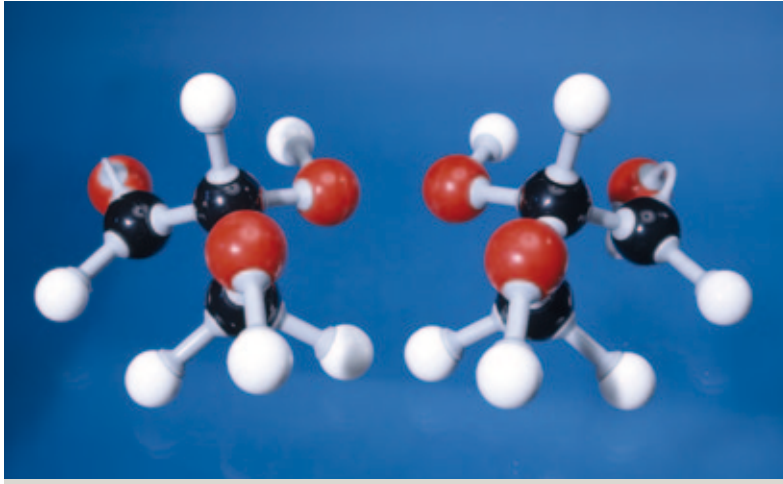
de bir araya gelerek molekülleri, moleküller de birleşerek daha büyük molekülleri (makro moleküller) oluşturuyor. Biyolojinin üç temel polimeri olan nükleik asitler, proteinler ve polisakkaritler, sırasıyla, 20 aminoasitten (bu 20 aminoaside ek olarak selenositte ve prolizin aminoasitlerinin de primer olarak protein yapısına girebildiği gösterilmiştir), 5 nükleotidden ve bir kaç basit şekerden (monosakkarit) oluşuyor. Makromoleküllerin büyüklüğü birkaç molekülden binlerce moleküle kadar çıkabiliyor ve bu moleküllerin mükemmel organizasyonu, sırasıyla, organeller (hücre içi birimler), hücre, doku ve organ gibi daha büyük yapılar meydana geliyor.

Evrende yaşam izi ararken çok hücreli canlılar bulunabileceğini düşünmek, en azından şimdilik, fazla iyimserlik olur; şimdiye kadar çok hücreli herhangi bir canlıya veya izine maalesef rastlanmamıştır. O zaman evrende yaşam yoktur deyip vaz mı geçelim? Elbette ki hayır. Canlı organizmaların hiyerarşik yapısı dikkate alınıp en küçük yapıtaşları araştırılmaya başlansa durumun çok farklı olduğu görülecektir. Son kırk yılda yapılan çalışmalar sayesinde uzayın boş ve kısır bir yer olmadığı, tersine çok sayıda farklı organik molekülün bulunduğu bir alan olduğu biliniyor.

Tüm canlılarda yaşamı oluşturan moleküllerin pek çok ortak noktası var. Örneğin proteinlerin yapı-



Abdurrahman Coşkun, 1994 yılında Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun oldu. 2000 yılında biyokimya ve klinik biyokimya uzmanı, 2003 yılında yardımcı doçent ve 2009 yılında da doçent oldu. Uluslararası hakemli dergilerde (SCI ve SCI expanded) yayımlanmış 32 makalesi var. Özel olarak laboratuvarında kalite kontrol, standardizasyon ve protein biyokimyası konularında araştırmalar yapıyor. Halen Acıbadem Labmed Klinik Laboratuvarları'nda klinik biyokimya uzmanı ve Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak çalışıyor.



Moleküler Asimetri

Moleküllerin üç boyutlu yapısı katıldıkları biyokimyasal tepkimelerde belirleyici rol oynuyor. Molekül formülleri ve ağırlıkları aynı olduğu halde yapısal formülleri farklı olan moleküllere izomerler denir. Kimyasal bağlar ve formül aynı olduğu halde atomların boşluktaki düzenlenişinin farklı olduğu moleküller de stereoizomerleri oluşturur.

Tüm canlı organizmalarda karbon atomu temel yapıyı oluşturuyor ve 4 bağ yapabiliyor. Eğer karbon atomuna 4 farklı atom veya molekül bağlı ise bu durumda karbon atomuna asimetric karbon atomu adı verilir. Asimetric karbon atomuna aynı zamanda kiral (Yunanca *chiro* "el" demektir) karbon atomu da denir. Eğer karbon atomuna bağlı 4 atomdan veya molekülden en az 2'si aynı ise bu karbon atomuna simetric karbon atomu denir. Asimetric karbon atomunun bulunması moleküle optik aktivite kazandırır. Optik aktiviteyi değerlendirmek için tek düzlemde titreşen polarize ışık kullanılır. Normal ışık polarize değildir, yani her düzlemde titreşir. Ama normal ışık bazı özel prizmalardan geçirilerek tek düzlemde titreşen polarize ışık elde edilebilir. Polarize ışık optik bakımdan aktif bileşikler içe-

ren bir çözeltilerden geçerse, çözeltinin özelliğine göre sağa veya sola doğru kırılmaya uğrar. Eğer polarize ışık sağa kırılmışsa çözeltilerde bulunan bileşikler *dekstrarotator* (d, +), sola kırılmışsa *levorotator* (l, -) bileşik olduğu kabul edilir.

Birbirinin ayna görüntüsü olan bileşiklere enantiyomerler diyoruz. Bu bileşikler üst üste çıkmaz, D- ve L- ile gösterilirler. Sağ yapılanmaya sahip bileşikler D- ile gösterilirken, ayna görüntüleri olan ve sol yapılanmaya sahip enantiyomerler de L- ile gösterilir. Polarize ışığın sağa veya sola kırılması molekülün D veya L izomerine bağlı değil. Bir molekül D (-) iken başka bir molekül D (+) olabilir. Ancak bir bileşimin D formu polarize ışığı sola kırılırsa, L formu aynı derecede sağa kırar. Enantiyomerlerin kimyasal özellikleri hemen hemen aynı olmakla birlikte fiziksel özellikleri farklılık gösterir. Memelilerde bulunan aminoasitler L-izomerleri iken şekerler D-izomerleridir. D-izomerlerini tanıyan enzimler aynı molekülün L-izomerlerini tanımaz. Bu durumda organizmada homojenlik meydana gelir. Çünkü sadece bir izomer tipinin bulunması enzim sayısında da azalmaya neden olacaktır.

taşları olan aminoasitler L- formundadır. Buna karşılık karbonhidratlar D- formundadır. Gerek karbonhidratlar gerekse aminoasitler için bu kuralın istisnaları var. D- formunda aminoasitler ve L formunda karbonhidratlar (monosakkaritler) bulunmakla birlikte bunların sayıları ve miktarları oldukça az. Bu istisnai moleküller, memeli organizmasında da bulunabiliyor ancak özellikle bakterilerde yaygın. Bu yapılar bakterilerin hücre duvarını oluşturan peptidoglikan tabakada önemli rol alıyor. İnsan organizmasında bu moleküllere rastlanıyor, ama bunun neden böyle olduğunu açıklayacak evrensel düzeyde kabul görmüş bir açıklama henüz yok. Başka gezegenlerde bulunabilecek yaşam türleri organizasyon bakımından yeryüzündeki yaşamla tamamıyla ters olabilir, yani proteinlerdeki aminoasitler D-, karbonhidratlar da L- formunda olabilir. En azından elimizde böyle olmayacağını iddia etmemizi sağlayacak karşıt kanıtlar yok.

Ortak noktaların yanı sıra istisnalar da var ve her geçen gün bunlara yenileri ekleniyor. Örneğin 120°C'de yaşayan termofil bakterilerin ve mide gibi asit oranı çok yüksek bir organda yaşayan bakterilerin (*helicobakter pilori*) varlığı gibi. Benzer örnekler çoğaltılabilir. Tıp ve biyolojide sağlanan büyük gelişmelerle "yaşam sınırlarının" bilinenin aksine çok daha geniş olduğu gösterilmiştir ve belli kısıtlamaların yapılması artık doğru değil. O zaman şu soruyu sormamız gerekir evrende nasıl bir yaşamın izlerini araştırmalıyız? Kuşkusuz araştırdığımız yaşamın, gezegenimizde bulunan yaşam türleri ile benzerlik göstermesi gerekmez. Tamamen farklı elementlerden oluşan yaşam şekilleri de olabilir. Bu açıdan baktığımız zaman Dünya dışı yaşamın bulunma olasılığı daha yüksek görünüyor.

Olası Yaşam Biçimleri

Uzayda en çok bulunan atomlar hidrojen, karbon ve oksijen atomlarıdır. O halde bu atomlardan

AtomSayısı	Molekül
2	CO, C ₂ , CN, NO, HCl
3	H ₂ O, CO ₂ , HNC, HCO, SO ₂
4	C ₂ H ₂ , H ₂ CO, H ₂ CN, NH ₃ , HNCO
5	CH ₄ , HCOOH, CH ₂ CN, H ₂ COH ⁺ , HC ₃ N
6	CH ₃ OH, CH ₃ CN, CH ₃ SH, HCONH ₂ , C ₂ H ₄
7	CH ₃ NH ₂ , CH ₂ CHOH, CH ₂ CHCN, HC ₃ N, HC ₂ CHO
8	CH ₃ COOH, CH ₂ CHCHO
9	CH ₃ CH ₂ OH, CH ₃ CH ₂ CN

Tablo 1. Yıldızlararası toz bulutlarında bulunan moleküllerden bazıları

oluşan moleküller de daha çok bulunmalıdır. Eldeki bilgiler de bu yönde. Bunlara ek olarak azot, kürt ve diğer basit elementlerin dahil olduğu çok sayıda bileşik de yaygın olarak bulunuyor. Uzayda o kadar çeşitli molekül keşfediliyor ki yeni bir molekül bulmak artık sürpriz değil. Sadece bu atomlardan oluşan moleküller değil, Dünyada bulunmayan moleküller de keşfediliyor. Uzaydaki fiziksel koşullar Dünyadan farklı olduğu için değişik moleküllerin bulunması sürpriz değil. O halde farklı fiziksel koşulların (sıcaklık, atmosfer basıncı, kozmik ışınlar, çekim kuvveti gibi) egemen olduğu gök cisimlerinde Dünyada olandan farklı yaşam biçimleri olamaz mı? Olmaması için bir neden yok.

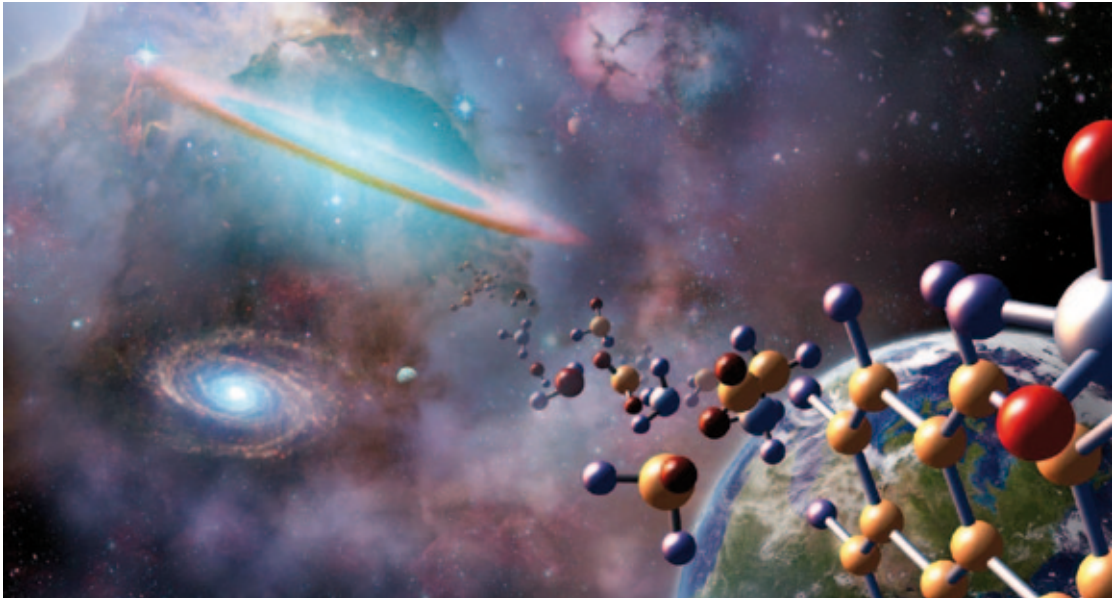
Yaşamın mutlaka suyun içinde olması gerektiğini ortaya koyan herhangi bir fiziksel yasa yok. O zaman, suyun olmadığı bir ortamda yaşam bulunabileceğini düşünebilir miyiz? Örneğin amonyak veya başka moleküller suyun yerini tutabilir mi? Pek çok özelliği ile suya benzeyen amonyağın olduğu bir or-

atomların bağlandığı yaşam şekilleri de olabilir. Hidrojen yerine aday olarak flor düşünülebilir, ancak florokarbon bileşikler hidrokarbonlara göre daha karardır. Dünyadan daha sıcak gezegenlerde florokarbona dayalı yaşamın bulunabileceğini düşünebiliriz.

Karbona alternatif başka atomların temel olduğu yaşam biçimleri olabilir mi? Karbona alternatif olarak silisyum düşünülebilir, ancak silisyum-silisyum molekülleri karbon-karbon moleküllerine göre daha az karardır. Fakat silisyumun başka atomlarla periyodik olarak bağ yapması ve ortam sıcaklığının farklı olması gibi durumlarda silisyumun temel olacağı yaşam biçimleri olabilir.

Sonuç

Evrinde sayısız organik molekül bulunmasına rağmen aynı şeyi maalesef yaşam için henüz söyleyemiyoruz. Polonyalı gökbilimci Kopernik'ten önce evrenin merkezinde Dünya'nın bulunduğu kabul



tamda yaşam var ise, bu kuşkusuz suya göre çok daha düşük sıcaklıklarda olacaktır. Yani suyun buz, amonyağın da sıvı olduğu bir dünya. Dünyaya göre çok soğuk olan gezegenlerde, suya alternatif başka bileşiklerin temel olduğu yaşam şekilleri düşünülebilir. Benzer şekilde, Dünyaya göre daha sıcak olan gezegenlerde de suyun buharlaşacağı düşünülürse daha farklı bileşiklerin oluşturduğu denizlerde yaşam bulunabilir. En azından bulunamayacağını iddia edemeyiz.

Bildiğimiz yaşam suda bulunan hidrokarbon bileşikleri üzerine kurulmuştur. Ancak yine karbonun temel olduğu, fakat hidrojene alternatif olarak başka

ediliyordu. Bu görüşün doğru olmadığı konusunda bugün herkes hemfikir. Ancak her ne kadar evrenin merkezinde Dünya bulunmuyorsa da yaşamın bulunduğu tek gezegen ne yazık ki, bildiğimiz kadarıyla, sadece Dünya. Bir bakıma Dünya evrende yaşamın merkezi. En azından şimdilik böyle biliniyor. Elimizde kesin kanıtlar bulunmadığı sürece evrende yalnız olduğumuzu kabul etmek durumundayız.

Kaynaklar

Fox, A., "Chemical Markers for Bacteria in Extraterrestrial Samples", *The Anatomical Record*, Cilt 268, s. 180-185, 2002.
<http://www.sciencedaily.com/>

releases/2009/04/090421080506.htm
Cernicharo, J., Crovisier, J., "Water in Space: The Water World of ISO", *Space Science Reviews*, Cilt 119, Ağustos 2005.