

EVRENİN BÜYÜK SIRRI YAŞAM NASIL BAŞLADI?

"RNA gibi kendi kendini kopyalayabilen büyük moleküllerin aniden ortaya çıkmış olması düşüncesi fazlasıyla gerçek dışıdır. Küçük moleküllerin enerjiyle yürüyen tepkime döngüleri, yaşamın başlangıcıyla ilgili daha uygun bir alternatif sunmaktadır"

Müfrettin Sarı ve Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

Olağandışı buluşlar olağandışı iddiaların kapısını açar. James Watson, kendisi ve arkadaşı Francis Crick'in DNA molekülünün yapısını ortaya çıkarmalarından hemen sonra bu çarpıcı buluşlarını "Gökyüzünde süzülerek uçan kartal duyabilecek herkese duyursun ki, biz yaşamın sırrını keşfettik" şeklinde ifade etmiştir.

Onların keşfettikleri DNA'nın harikulade çift sarmal yapısı da doğrusu böyle bir nitelemeyi hak etmişti. Bilginin depolaması ve korunmasında, söz konusu çift sarmal yapıda bulunan ve "baz" adı verilen 4 adet kimyasal yapı başlıca depolama malzemeleridir ve alfabe'deki harflerin sözcük oluşturmada oynadıkları role benzer bir rol oynamaktadır.

Dahası, yaşamsal bilgi, biri diğerinin yapıtaşlarının sıralamasına göre kendi yapıtaşlarını konforme ederek birbiriyle eşleşen iki zincirin oluşturduğu makromoleküler yapıda depolanmıştır.

Kopyalamak için önerilen bu mekanizmada: DNA çift sarmal yapısının iki zinciri ayrılır ve nükleotid denen bazlar her bir zincir etrafında düzenlenerek iki çift yeni yapı meydana getirir. Bu şekilde bir önceki orijinal çift sarmal yapısıyla tamamen aynı olan iki zincir oluşmaktadır.

Watson-Crick modeli günümüzde hücrelerdeki yaşamsal işlevlerin keşfinin kapılarını açmıştır. Bu buluş aynı zamanda yaşamın başlangıcı ve niteliği hakkındaki iddiaların çoğalmasına öncülük etmiştir. Nobel ödüllü H.J.Muller genetik malzemenin; ilk olarak araştırmacı Carl Sagan tarafından, seyreltik bir organik malzeme çözeltisi içerisinde serbestçe yaşayan, çıplak genden oluşan bir primat olarak tanımlanan ve ilk yaşamın günümüzdeki temsilcisi olarak varlığını devam ettiren bir malzeme olduğunu ifade etmiş ve Sagan'ın bu tanımına katıldığını belirtmiştir (Bu makalede "organik" terimi, karbon bağı içeren, hem yaşam içerisinde var olan hem de yaşamda tek başına rol oynamayan bileşikler belirtir). Yaşam kavramının şu ana kadar birçok farklı tanımla yapılmıştır. Bir başka yaşam tanımı da NASA'nın "Yaşam, Darwin'in evrim teorisindeki süreçlerine maruz kalma ve değişikliklere uyuma kapasitesine sahip, kendi kendini bir arada tutan kimyasal bir sistemdir" tanımıyla uyumludur. Richard Dawkins, yaşayan en erken öz varlıkların bu durumlarını "Bencil Gen" adlı kitabında ayrıntılı bir şekilde irdelemiştir: "Herhangi bir noktada, kazara veya tesadüfen, kendi kendini kopyalayabilen, karmaşık ve olağandışı bir molekül ortaya çıkmıştır.

Kopyalayıcı olarak adlandırılan bu molekül belki en büyük veya en karmaşık molekül değildi, ancak kendi kopyasını oluşturabilme gibi olağanüstü bir özelliğe sahipti. Dawkins otuz yıl önce bu düşüncesini yazdığı anda, "Önce-kopyalayıcı" olarak adlandırılan bu yaklaşımdaki kopyalayıcı için DNA en büyük adaydı. Ancak, daha sonraları DNA ve RNA'nın yapı ve işlevleriyle ilgili yapılan araştırmalar ilerledikçe, bazı biliminsanları ilk kopyalayıcı olarak RNA'ya yöneldiler. "Önce-kopyalayıcı" kavramı önceleri "Önce-DNA" ifadesiyle aynı anlamda ve biri diğerinin yerine kullanılırken, zamanla "Önce-RNA" ifadesi onun yerini almıştır. Ancak, New York Üniversitesi'nden Robert Shapiro ve ona benzer düşünen bilim insanları, yaşamın başlangıcına dair Önce-kopyalayıcı modelinin her iki durumda da temelde eksik bir düşünce olduğunu iddia etmişler ve kopyalayıcı esaslı olmayan daha uygun ve geçerli başka alternatiflere odaklanmışlardır.

RNA dünyada hüküm sürmeye başlayınca "Önce-RNA" modelinin gelişimiyle, yaşamın ilk önce DNA ile başladığı tezini esas alan "Önce-DNA" teorisine itirazlar başlamıştır. DNA kopyalamasının, yüksek molekül ağırlıklı makromoleküller ailesinin bir üyesi olan ve kimyasal olarak DNA'dan çok farklı özelliklere sahip "protein" molekülleri olmaksızın yürümesi mümkün değildir. Her ikisi de; küçük alt birimlerin birbirleriyle bağlanarak uzun zincirler meydana getirmesiyle oluşur, fakat DNA'nın nükleotidlerden oluşmasına karşılık, proteinlerin yapıtaşı amino asitlerdir. Proteinler yaşayan bir hücrenin işçileridir. Proteinlerin en çok bilinen alt sınıflarından biri olan, yaşamsal faaliyetlerdeki kimyasal tepkimeleri hızlandıran ve düzenleyici ve hızlandırıcı olarak davranan enzimler olmadan aynı tepkimeler çok daha yavaş gerçekleşmektedir. Hücrelerde şu an kullanılan proteinler de, bir önceki basamakta DNA'da kodlanmış direktiflerle inşa edilmiştir.

Yukarıda anlatılanlar eski ve meşhur bir bilmeceyi akla getirmektedir: "Önce hangisi vardı? Tavuk mu, yumurta mı?" DNA, proteinlerin sentez mekanizmalarını yönetir, bununla birlikte proteinler olmadan da DNA'daki bilginin kopyalanması ve yeniden elde edilmesi mümkün değildir. O halde öncelikle şu temel soruyu sormak gerekir; Hangi makromolekül daha önce ortaya çıktı? Proteinler mi (tavuk) yoksa DNA mı (yumurta)? ...

Dikkatler RNA'ya yönelince, muhtemel yeni bir çözüm ortaya çıktı. Bu çok işlevli karmaşık molekül sınıfı tıpkı DNA'da olduğu gibi nükleotidlerden oluşmaktadır, ancak, hücre işlevlerinde çok önemli roller üstlenmektedir. Bazı RNA molekülleri gerekli bilgiyi DNA'dan proteinlerin sentezlendiği ribozomlara taşımaktadır. Çok farklı işlevler yürüten RNA; DNA veya bazı tek zincirli katlanmış protein yapılarına benzer şekilde çift sarmal yapısına sahip olabilir.

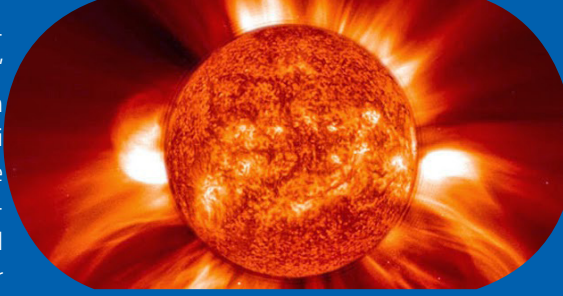
1980'li yılların başında bilim insanları RNA'dan oluşan ribozomları keşfettiler. Tavuk ve yumurta bilmecesine şöyle basit bir çözüm ortaya atıldı:

Dünyada yaşam kendi kendini kopyalayabilen ilk RNA'nın ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Nobel ödüllü bilim adamı Walter Gilbert, 1986 yılında Nature dergisinde yayınlanan makalesinde şöyle demiştir: "Sadece kendisinin sentezlendiği tepkimeleri katalizleyen RNA moleküllerinden oluşan bir RNA dünyası düşünülebilir...

Yaşamın oluşması için gerekli hammadde karışımlarını içeren primordial çorbadan nükleotidleri alarak, kendisiyle aynı RNA zincirini sentezlemesi için gerekli olan katalitik aktiviteyi gösterebilecek bu RNA molekülleri sayesinde evrimin ilk basamağı başlamış

olacaktır". Bu bakış açısıyla, kendini kopyalayabilen, cansız maddelerden oluşmuş ilk RNA'nın, şu anki RNA, DNA ve proteinlerin yürüttüğü değişik işlevleri ilk evrelerde tek başına üstlendiği söylenebilir.

RNA'nın, yaşamın evrimsel sürecinde DNA'dan ve proteinlerden daha önce ortaya çıktığına dair birçok iddia ortaya atılmıştır. Örneğin, kofaktör olarak bilinen çok sayıda küçük molekül enzim katalizli tepkimelerde rol almaktadırlar. Bu kofaktörler, günümüzde kendilerine henüz açıklanamayan nedenlerle tutunmuş RNA nükleotidlerini taşırlar. Bu tür yapılar; yalnızca RNA'nın olduğu, DNA ve proteinlerin henüz var olmadığı zamanlarda biyokimyasal dünyayı yöneten "moleküler fosil" kalıntıları olarak düşünülmektedir. Bu ve diğer iddialar RNA'nın DNA ve proteinlerden daha önce var olduğunu desteklemesine rağmen; RNA dünyası öncesindeki yaşamsal evreleri ve kalıntıları da içeren yaşamın kökeni hakkında yeterli bilgiler vermemektedir. Bilim insanları RNA'nın içinde bulunduğu ve aktif rol oynadığı ilk yaşam evreleriyle ilgili tezleri, RNA'nın, DNA ve proteinlerden önce var olduğu fikriyle karıştırarak, her iki durumu da ifade etmek için "RNA Dünyası" terimini kullanmaktadırlar. Ancak, "Önce-RNA" terimi, özellikle "yaşamın ilk başlangıç mekanizmalarında RNA'nın bulunduğu"



düşüncesini ifade etmek için kullanılmış ve bu yaklaşımla "RNA'nın DNA ve proteinlerden önce sentezlendiği" iddiasının farklı şeyler olduğunu belirtmiştir.

Primordial Çorba Kazanı Henüz Boşken

"Önce-RNA" hipotezinin karşı karşıya olduğu büyük bir soru vardır: Kendi kendini kopyalayabilen ilk RNA nasıl ortaya çıkmıştır? RNA'nın ilk cansız nükleotid karışımından (primordial çorba) oluştuğunu iddia eden görüş çok büyük engellerle bloke olmuştur. RNA'ların yapıtaşları olan nükleotidler diğer büyük organik moleküllerde olduğu gibi karmaşık maddelerdir. Her bir nükleotid bir şeker grubu, bir fosfat grubu ve azot içerikli dört temel alt-altbirimden birini içerir (Genellikle "alt birim" kavramı "nükleotid" terimi tanımlanırken kullanıldığından, nükleotidin kendi içindeki azot içeren kalıntı "alt-alt birim terimi ile tanımlanmıştır). Böylelikle, her bir RNA nükleotidi, hepsi tam ve kesin bir üç boyutlu yapıda birbirineyle bağlanmış 9 veya 10 karbon atomu, çok sayıda azot ve oksijen atomları ve fosfat grupları içerir. Bu yapıtaşlarını içererek oluşabilecek, ancak RNA'da yer alamayacak binlerce farklı muhtemel nükleotidin oluşması için çok fazla alternatif yol vardır. Nükleotidlere çok benzeyen, ancak nükleotid olmayan, bu kararlı muhtemel moleküllerin sayısı yüzler ve binlerden milyonzara kadar uzanabilir.

Uygun nükleotidlerin bütün bunlara rağmen şaşırtıcı bir şekilde bir araya gelerek düzenli yapılar oluşturabileceği düşüncesi, Stanley L. Miller'in 1953'te yaptığı meşhur deneyi ile gösterilmiştir. Miller, dünyanın ilk oluştuğu dönemlerdeki ilkel atmosferinde var olduğu düşünülen temel gazların kapalı bir kaptaki karışımlarına kıvılcımla elektriksel boşalım uygulaması ve sonrasında amino asit oluştuğunu görmüştür. Ayrıca, 1969 yılında Avustralya'ya düşen Murchison meteorunda da amino asitlere rastlanmıştır. Doğa bunlara benzer örnekleri sunma konusunda oldukça cömert görünmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, bazı araştırmacılar, tüm yaşamsal yapıtaşlarının Miller deneyine benzer şekilde oluşabileceği ve meteorlarda bulunabilecekleri varsayımlarına yöneldiler. Ancak gerçek bu kadar basit değildi.

Miller deneyine benzer deneysel ortamlarda sentezlenen amino asitler nükleotidlerden çok daha basitlerdir. Bu sentetik amino asitlerde, bir azot ve iki hidrojen içeren amino grubu ile bir karbon, iki oksijen

ve bir hidrojen içeren karboksil grubu vardır ve her ikisi de aynı karbon atomuna bağlıdır. Doğal proteinleri oluşturmak için kullanılan 20 amino asitin sadece en basiti ve küçüğü (Glisin) iki karbon atomu içerir. Geriye kalan amino asitlerin 16 tanesi ise 6 veya daha az karbon atomu içerir. Miller deneylerinde sentezlenen en önemli amino asit ve benzer yapılar iki veya üç karbonludur. Buna karşılık, şu ana kadar elektriksel boşalım deneyleri sonucu sentezlenen veya meteorlarla yapılan çalışmalarda saptanan herhangi bir nükleotid rapor edilmemiştir.

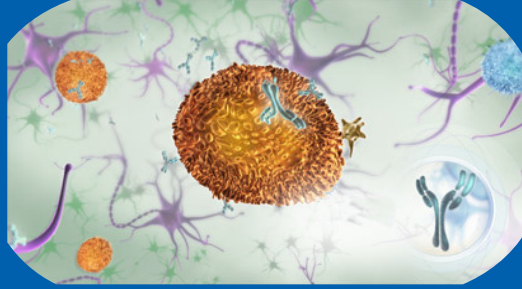
Görünüşte, cansız doğa çok karbonlu moleküller yerine daha düşük karbon sayılı moleküller oluşturmaya eğilimlidir ve bu yüzden bizim yaşamsal türlerimizin oluşması için mutlaka gerekli olan nükleotidlerin oluşması noktasında isteksizdir. "Önce-RNA" kavramını bu ölümcül eksiklikten

kurtarmak için, onun savunucuları prebiyotik sentez olarak bilinen bir kavram geliştirmişlerdir. Bu araştırmacılar, kendi laboratuvarlarında, kontrollü ve dikkatlice izlenen bir tepkime serisiyle, dünyanın ilk oluştuğu dönemlerdeki çevresel koşulların sağlanması ve uygun başlangıç malzemelerinin de kullanılması

koşuluyla, RNA ve onu oluşturan yapıtaşlarının oluşabileceğini göstermeye çalışmışlardır.

Bazı kimyacılar RNA'dan daha basit, yapısal olarak RNA'ya benzeyen ve kendini kopyalayabilen moleküllerin ilk önce oluştuklarını ve "RNA Öncesi Dünya" da onların söz sahibi olduklarını önermişlerdir. Muhtemelen bu ilk kopyalayıcılar RNA'nın katalitik kapasitesine sahip olmalıydılar. Modern biyolojide, bu farazi kopyalayıcı moleküllere ait bir kalıntı ve onların katalizlediği herhangi bir tepkimenin saptanmaması nedeniyle, RNA'nın ortaya çıkmasıyla bunların sahneden çekildiği ve RNA'nın tüm yaşamsal işlevleri tamamen eline almış olduğu düşünülmektedir.

Doğa uygun nükleotid veya daha basit maddelerin ilkel bir karışımını içeren primordial çorbayı sağlamış olsa bile, onların kendiliğinden birleşerek kopyalayıcıları oluşturması düşüncesi imkansızlıklar ve inandırıcı olmayan kabuller içermektedir. Farz edelim ki; onları zincire dönüştürmeye yönelten koşullar altında, primordial çorbadan ayrılarak sıralanan yapıtaşları her nasılsa birleşerek uzun zincirli kopyalayıcılar molekülünü oluşturmuş olsun. Tepkime ortamında bu molekülün kendi kendini kopyalama özelliğini engelleyecek, henüz olgunlaşmamış veya kusurlu birimler içeren başka zincirler de oluşacaktır. Oluşan bu kusurlu birimlerin en basitlerinden biri de;



yapıtaşlarının, oluşması beklenen zincirin ucu yerine, istenmeyen şekilde zincirin ortalarından bağlanması sonucunda, "kol" adı verilen yapıların oluşmasıdır. Bu durumda kopyalayıcı zincir molekülü uzamak yerine dallanacaktır. Normalde, tarafsız doğa teorik olarak kimyasal yapıtaşlarını kullanarak kopyalayıcı ve katalitik işlevler için gerekli düzenli geometriye sahip uzun zincirli yapılar yerine, daha geniş varyasyonda, rastgele, kısa ve düzensiz zincirler oluşturma eğilimindedir. Hatta, düzenli bir geometrik şablona bağlı kalarak belirli özelliklere sahip uzun zincirli bir makromolekülün, yapıtaşlarından kendiliğinden oluşması olasılığı ihmal edilecek kadar küçüktür ve gözlenebilen evrenin herhangi bir yerinde bir defa olması bile istisnai derecede yüksek bir şans anlamına gelecektir.

Küçük Moleküllerle Yaşam (Önce-Metabolizma Yaklaşımı)

Nobel ödüllü araştırmacı Christian de Duve, kopyalama özellikli büyük moleküllerin ilk önce ve aniden oluşması ihtimalinin bilimsel sorgulama kriterlerinin kapsamı dışında kalan bir mucize olarak adlandırılabilceğini iddia etmiştir. DNA, RNA ve yüksek düzenlilik formunda sentezlenmiş diğer moleküller, evrende yaşamın başlangıcı ve gelişimi sürecinde katılımcı, düzenleyici ve yönlendirici olarak ayrı bir yere koyulabilirler. Ancak, başlatıcı olarak düşünülme şansları bilimsel sınırlar içerisinde son derece düşüktür. Oysa küçük moleküllere yöneldikçe, içinden yaşamsal form çıkarabilecek varyasyonlar büyük oranda artacaktır. Cansız doğa, bize küçük moleküllerin çok farklı varyasyonlarını, yaşamın oluşması için gerekli potansiyel metabolik ortamlar olarak sunmaktadır.

Küçük-molekül yaklaşımının gerçekleşmesi için Shapiro tarafından öne sürülen beş temel koşul aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

1. Öncelikle Canlı Ortamı Cansız Ortamdan Ayıran bir Membran Gereklidir

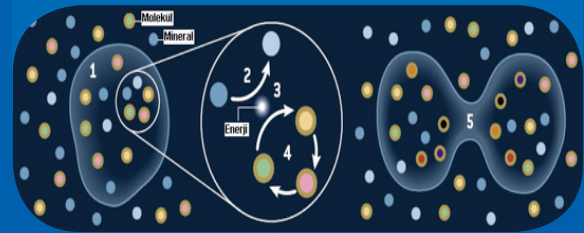
Yaşam; termodinamiğin ikinci kanununa göre entropiyi düzensizliğe doğru giderek artıran evren ve içindeki cansız maddelerin aksine, yüksek düzenlilik seviyesi ve düşük entropiye meyilli bir organizasyondur. Bu canlı sistem yaşamsal işlevlerle kendi içindeki entropiyi azaltırken, yine aynı işlevlerin sonucu oluşan atık malzemeler ve açığa çıkan

enerjiyle kendi dışındaki çevrenin entropisini artırır. Aynı şekilde, yaşayan bir hücre bölünüp çoğalırken kimyasal ve ışık enerjisini ısıya çevirirler. Oluşan bu ısı çevreye salındığı zaman, yaşayan sistemin entropisi azalırken, bu durumu dengeleyici olarak çevrenin entropisi artar. Entropideki değişiklikler nedeniyle sistemin kararlılığını ve yapısını koruyabilmesi için bir membrana ihtiyaç vardır. Söz konusu membran canlı sistemleri yaşamsal paketler halinde cansız çevreden ayıracak ve canlılıklarını sürdürecektir nitelikte olmalıdır.

Önce-Metabolizma Yaklaşımı için 5 Temel Koşul

Küçük moleküllerin-burada enerji aktarımı ile yürüyen bir kimyasal döngüyle lokalize olmuş belirli bir bölgedeki düzenliliğin gelişmesi olarak tanımlanan- bir yaşamsal formu oluşturabilmesi için en az 5 süreç gereklidir.

1. Yaşamsal bölgeyi cansız çevreden ayırmak için bir sınır veya membran oluşmalıdır.
2. Aşağıdaki şekilde mavi kürelerle gösterilen, mineral olarak tanımlanan ve ısı üreten tepkimelerden geçen bir enerji kaynağı olmak zorundadır.
3. Açığa çıkan enerji döngüye esas temel bir kimyasal tepkime oluşumunu sağlamalıdır.
4. Kimyasal tepkimelerin birbiriyle ilişkili bir ağı oluşmalı ve bu ağın karmaşıklığı adaptasyona ve evrime izin verecek şekilde zaman içinde artmalıdır.
5. Tepkime ağı kaybettiğinden daha hızlı bir şekilde içerisine malzeme almalıdır ve tepkimelerin gerçekleştiği kapalı sistem değişen durumlara göre kendini geliştirebilmelidir. Bu yaklaşımda RNA veya DNA gibi bilgi depolayabilen büyük moleküllere gerek yoktur; kalıtsal bilgi, ağdaki bileşiklerin benzeşme ve bir arada yoğunlaşma özellikleriyle korunur.



Günümüzde, lipitler olarak sınıflandırılan kimyasallardan oluşan gelişmiş çift tabakalı hücre membranları, yaşayan hücreleri çevrelerinden ayırmaktadır. Yaşamın ilk başladığı dönemlerde, bazı doğal yapılar aynı işlevi icra etmekteydiler. Bu tezi desteklemek için, Kaliforniya Üniversitesi'nden Dawid W. Deamer, meteorlarda membrana benzer yapılar saptamıştır. Biyolojik organizasyonlar dışında var olan ve doğanın farklı amaçlarla kullandığı inorganik membranlar da saptanmıştır. Buna örnek olarak, demir sülfat membranlar, yapı içindeki molekülleri dış çevreden ayıran elektrostatik etkileşimlerin olduğu kaya yüzeyleri, küçük su (göl, gölet, havuz) ve gaz (sis, duman) sistemlerinin çevreyle temas halindeki dış yüzeyleri verilebilir.

2. Yaşamsal Organizasyon Süreçlerinin Yürütülebilmesi için bir Enerji Kaynağı Gereklidir

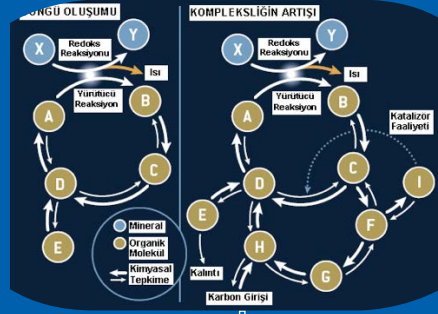
Bizler yaşamımızı devam ettirebilmek için, karbonhidrat ve yağları soluduğumuz havadaki oksijenle birleştirerek tüketiriz. Mikroorganizmalar, gıda ve oksijen yerine mineralleri kullanabilen çok özelleşmiş işlevlere sahip canlılardır. Hem büyük canlılar hem de mikroorganizmalar için gerekli olan bu dönüşümler redoks tepkimeleri olarak adlandırılır. Bu tepkimelerde elektronca zengin (indirgenen) maddelerden elektronca fakir (yükseltgenen) maddelere elektron aktarımı gerçekleşmektedir. Bitkiler güneş enerjisini doğrudan bünyelerine alırlar ve bu enerjiyi yaşamsal işlevleri için kullanırlar. Hücre membranının iki yüzeyi arasındaki asitliğin farklı olduğu özel durumlarda, hücre tarafından diğer enerji formları da kullanılır. Henüz diğerleri kadar olmasa da, radyoaktivite ve ani sıcaklık değişiklikleri gibi faktörler de evrenin başka yerlerinde yaşamın oluşması ve devamı için enerji kaynağı olarak kullanılmış olabilir.

3. Yaşamı Oluşturan ve Devam Ettiren Organizasyon Süreçlerine Enerji Salınımını veya Aktarımını Sağlayacak Eşleşme Mekanizmaları Gereklidir.

Elde edilen enerjinin sistem için her durumda faydalı sonuçlar doğuracağı düşüncesi doğru değildir. Otomobillerde silindir içerisinde benzinin yanmasıyla kimyasal enerji açığa çıkar, fakat bu enerji tekerlekleri döndüren hareket enerjisi şeklinde kullanılmadığı sürece araç harekete geçmeyecek ve bu enerji dönüşüm prosesi amacına ulaşmış olmayacaktır.

Süreçte rol alan mekanik elemanların uygun bağlantıları veya eşleşmeleri gereklidir. Her gün, her birimiz kendi hücrelerimizde, bir nükleotid olan ATP'yi fazla miktarda parçalamaktayız. Bu parçalama tepkimesinden açığa çıkan enerji biyokimyamız için gerekli olan ve enerjinin olmaması durumunda ya hiç ilerlemeyecek veya çok yavaş seyredecek yaşamsal süreçlerin istenen düzeyde yürütülmesinde kullanılır. Tepkimelerin ortak ara ürünler üzerinden yürütülmesiyle eşleşme gerçekleşir ve enzimlerin de devreye girmesiyle süreçler hızlanır. Küçük-Molekül veya önce metabolizma yaklaşımının kabullerinden biri de, eşleşmiş tepkimeler ve ilkel katalizörlerin evrendeki yaşamın başlaması için yeterli olduğudur.

4. Evrime ve Adaptasyona İzin Verebilecek Karmaşık bir Kimyasal Yapı Oluşmalıdır



Şu anda konunun özüne gelmiş bulunuyoruz. A olarak adlandırılan bir organik maddenin aşağıdaki şekilde de gösterildiği gibi, kapalı bir sistemde B olarak adlandırılan başka bir organik maddeye dönüşümünü yürüten bir mineralin enerjetik açıdan uygun bir redoks tepkimesini

düşünün. Bu anahtar redoks tepkimesi yürütücü tepkime olarak da adlandırılır, çünkü organizasyon sürecini harekete geçiren bir makine gibi davranır. Eğer B, kolaylıkla A'ya geri dönüşebilirse veya kapalı sistemden uzaklaşırsa, düzenliliği artan bir organizasyon sağlanılmasından bahsedilemez. Buna karşılık, eğer çok basamaklı kimyasal döngü ile (B, C'ye, C, D'ye, D de A'ya olacak şekilde) B, A'ya dönüşürse, bu durumda dairesel döngüdeki basamaklar, işleme devam etmek için tercih edilecektir. Çünkü bu ara basamaklar A'nın geri dönüşümünü, enerjinin mineral tepkimesi ile faydalı bir şekilde kullanılmasına izin verecek şekilde sağlamaktadır. Döngüdeki D ile E gibi başka bir kimyasal arasında, dairesel ABCD çevrimin dışında ayrı dallanma tepkimeleri de oluşabilecektir. Çünkü ABCD çevriminin yürütülmesi için, döngüye eşlik eden, döngüye madde akışı ve enerji aktarımını sağlayan E ile D arasındaki tepkime de gerçekleşmelidir. Döngü aynı zamanda koşulların değişmesine de adapte olmalıdır. Bahçedeki musluktan akan suyun en yakın dere veya kanala doğru ilerlemesinde, zamanla karşısına çıkan doğal engellerin konumuna göre kendine en uygun ve özgün bir su yolu oluşturması çocukken şahit olduğumuz en ilginç adaptasyon örneklerinden biridir. Eğer su yoluna bir cisimle engellemek veya tıkmak gibi bir dış müdahale olursa, akmakta olan su söz konusu engel etrafından karmaşık bir ağa dönüştürecektir.

Kimyasalların bu çeşitli yolları denemeleri, döngüye enerji kaynaklarını kullandığı önemli tepkime basamaklarını katalizleyecek bileşiklerin geri dönüşümünü sağlamaktadır ve bu farklı yolları kullandıktan sonra başa dönen katalizörlerin tekrar tekrar kullanılması mümkün olmaktadır.

5. Karmaşık Kimyasal Yapı Büyümeli ve Yenilenebilmelidir.

Yaşamak ve büyümek için, sistem kendisi için gerekli maddeleri kaybettiğinden daha hızlı bir şekilde kazanmalıdır. Kapalı sistemin dışındaki ağ hammaddesinin sistem yerine dış dünyaya doğru difüzyonu entropik açıdan daha tercihlidir. Bazı yan tepkimeler, ortamdan uzaklaşan veya çözelti ortamından kalıntı olarak ayrılan gazları üretebilir. Eğer, bu tür süreçlerin hızı, ağa madde giriş hızından büyük olursa, ağ sönecek ve bu yaşamsal tepkimeler devamlılığını kaybedecektir. Harici gazların tükenmesi de benzer etki yapacaktır. Yeryüzünün en erken dönemlerinde bu tür oluşumların yaşandığı ve çok sayıda alternatif yürütücü tepkimelerin ve harici enerji kaynaklarının var olduğu bir yer veya bölge düşünebiliriz. Sonuçta, bu yaşamsal döngülerin en sağlam ve dirençli olanları diğerlerine oranla, canlılığı engelleyici koşullara daha çok dayanmışlar ve evrendeki yerlerini daha da sağlamlaştırmışlardır.

Yaşamın devamı için, bir kendini yenileme, üreme sistemi er geç gelişmeli ve evrimleşmelidir. Söz konusu yaşamsal ağ bir yağ membranında gerçekleşiyorsa, yeteri kadar büyüdükten sonra fiziksel kuvvetler onu parçalayacak ve bölecektir (New Jersey Princenton İleri Araştırmalar Enstitüsü'nden Freeman Dyson, RNA dünyasının "Düzenli ve Güzel" görüntüsünün aksine, "Çöp Torbası Dünyası" olarak adlandırdığı karmaşık kalıntı ve mekanizmaları içeren bir sistem tanımlamıştır). Örneğin, toprak veya kaya içindeki kapalı bir sistem, bitişindeki sisteme doğru yayılabilir ve onu etkileyebilir. Mekanizma ne olursa olsun, ayrı birimlerin birbirine doğru bu dağılım ve yayılım eğilimleri, herhangi bir birimin salt kendi içindeki yıkıcı aktiviteleri nedeniyle sistemin tamamının yok olmasını engellemektedir. Birbirinden bağımsız birimler bir defa ortaya çıktığında, değişik yollarla genişler ve hammadde için birbirleriyle rekabet ederler. Böylelikle, kullanılabilir enerji kaynakları ve cansız maddelerden ortaya çıkan basit yaşam formlarından, Darwin'in evrim teorisi kapsamında çevresine adapte olabilen gelişmiş yaşam formlarına geçiş mümkün olabilecektir.

Kimyasal Metabolizma Ağının Evrimi

Önce-Metabolizma hipotezi, karmaşıklığı artıran ve çevredeki değişikliklere adapte olabilen kimyasal tepkimelerin bulunduğu bir ağ yapısının oluşumunu gerektirir.

Döngü Oluşumu: Bir enerji kaynağı (burada X mineralini Y'ye çeviren redoks tepkimesi), A olarak tanımlanan bir organik molekülü B'ye dönüştüren başka bir tepkimeyle eşleşir. Daha sonraki (B'den C'ye, C'den D'ye...) tepkimelerle birlikte tekrar A'ya dönen bir döngü oluşur. E gibi çevrim dışındaki moleküler türleri içeren tepkimeler, döngü içine daha fazla madde dahil etme eğiliminde olacaktır. **Karmaşıklığın Artması:** Koşullardaki bir değişiklik döngüdeki bir tepkimeyi engellerse (Örneğin C'den D'ye dönüşüm tepkimesi), döngü kendini tamamlamak için başka bir yol geliştirebilir. Aşağıdaki örnekte, C'den D'ye, F, G, H gibi ara ürünler üzerinden yürüyen yan bir yol gösterilmiştir. C'den D'ye dönüşüm için bir başka yol da; dönüşümün gerçekleşmesini ve hızlanmasını sağlayacak I gibi bir katalizörün çevrime dahil olmasıdır. Canlılığın sağlanması ve devamı için, gelişen ağın, çevresinden karbon içeren maddeleri içerisine alma hızı, difüzyonla veya katransı kalıntı maddeleri gibi beklenmeyen yan ürünlerin oluşumuyla madde kaybetme hızından büyük olmak zorundadır.

Kaynakça

R. Shapiro, Scientific American, Haziran, 2007. ■