

پیدایش و گسترش زندگی

سرآغاز زندگی (مراحل تغییرات)

۱. پوشیده بودن سطح زمین از مواد مذاب در ۴ میلیارد سال پیش
 ۲. سرد شدن زمین و تبدیل مواد مذاب، به پوسته‌ی سنگی
 ۳. متراکم شدن بخار آب موجود در اتمسفر و بارش باران
 ۴. تشکیل اقیانوس‌های وسیع اولیه
- نتیجه: سرد شدن کره‌ی زمین
- نتیجه: پدید آمدن اقیانوس‌ها

نکته

۱. به عقیده‌ی دانشمندان اولین بار، حیات در داخل اقیانوس‌ها پدیدار شد.
۲. اولین مرحله‌ی پیدایش حیات، سرد شدن زمین و پدید آمدن اقیانوس‌ها بود.
۳. شواهدی که از اندازه‌گیری سن زمین به دست می‌آید، حاکی از آن است که زمین در مدت‌ها قبل از پیدایش حیات، وجود داشته است.
۴. دانشمندان با کاربرد روشی به نام «عمر سنجی»، سن سنگ‌ها و آثار حیاتی را تخمین می‌زنند.

چگونگی تشکیل مواد شیمیایی پایه‌ی حیات

(مواد آلی اصلی)

۱. واکنش شیمیایی مولکول‌های غیرزیستی (مواد معدنی) با یکدیگر در جو اولیه‌ی زمین انجام شد که نتیجه‌ی آن، تولید تعداد و انواع زیادی از مولکول‌های آلی ساده (مثل آمینواسیدها) بود.
۲. مولکول‌های ساده با استفاده از (قند) انرژی خورشید (پرتوهای فرابنفش)، (پ) گرمای حاصل از فعالیت‌های آتشفشانی و (ج) رعد و برق، مولکول‌های پیچیده‌تر (درشت‌مولکول‌ها) را به وجود آوردند. ممکن است این مولکول‌های پیچیده، واحدهای سازنده‌ی اولین سلول‌ها بوده باشند:

مولکول‌های غیرزیستی ← مولکول‌های زیستی ساده ← مولکول‌های زیستی پیچیده‌تر (احتمالاً واحدهای سازنده‌ی اولین سلول‌ها)

الگوی سوپ بنیادین

در دهه‌ی ۱۹۲۰، دانشمندان اظهار داشتند که در اقیانوس‌های اولیه‌ی زمین، در **زمان کوتاهی**، مقدار زیادی ماده‌ی آلی پدید آمد. این نظریه، به الگوی سوپ بنیادین مشهور شد.

اصول نظریه‌ی سوپ بنیادین

۱. در آغاز پیدایش حیات، مولکول‌های آلی ساده (مثل آمینواسیدها)، از گازهای موجود در جو زمین به وجود آمده‌اند.

۲. سپس این مولکول‌های آلی ساده به درون اقیانوس‌های اولیه وارد شده‌اند؛ بنابراین، اقیانوس‌ها مانند سوپ، در مدت کوتاهی، پر از مواد آلی گردیده‌اند.

توضیح

۱. دانشمندان در دهه‌ی ۱۹۲۰ با این فرض که **عمر حیات** روی کره‌ی زمین (نه عمر کره‌ی زمین!) حدود یک میلیارد سال است، این نظریه را ارائه دادند. (البته امروزه می‌دانیم این فرض نادرست است و عمر حیات روی کره‌ی زمین، **بیش از ۳/۵** میلیارد سال و عمر کره‌ی زمین **حدود ۴/۵** میلیارد سال است).

۲. پس از ارائه‌ی نظریه‌ی سوپ بنیادین، **گروه‌ی دیگر** (نه بنیانگذاران نظریه‌ی سوپ بنیادین!)، در توضیح این نظریه اعلام داشتند که جو اولیه‌ی زمین، گاز (نه اتم) اکسیژن (O_2) نداشته و در عوض، غنی از نیتروژن (N_2)، هیدروژن (H_2) و گازهای دارای هیدروژن از جمله بخار آب (H_2O)، آمونیاک (NH_3) و متان (CH_4) بوده است.

۳. در آن زمان، انرژی خورشیدی (فرابنفش) یا انرژی الکتریکی حاصل از رعد و برق، انرژی الکترون‌های این گازها را افزایش داده و **در غیاب اکسیژن**، سبب ترکیب آن‌ها با یکدیگر و در نتیجه، ایجاد مولکول‌های آلی ساده شده است.

۴. مولکول‌های آلی ساده در اثر بارش باران، به درون اقیانوس‌ها منتقل شده‌اند (تشکیل سوپ).

۵. این مولکول‌های آلی ساده، باز هم از **انفجارهای آتشفشانی زیر اقیانوس‌ها** انرژی گرفته و پس از ترکیب با یکدیگر، مولکول‌های آلی پیچیده را در اعماق اقیانوس‌ها به وجود آورده‌اند. به همین ترتیب، مولکول‌های آلی ساده و مولکول‌های آلی پیچیده، در درون اقیانوس با یکدیگر ترکیب شده و مولکول‌های آلی پیچیده‌تری را به وجود آوردند.

نکته

۱. توجه فرمایید در جو اولیه‌ی زمین، اکسیژن آزاد (یا گاز اکسیژن) وجود نداشته (زیرا جاننداری که بتواند فتوسنتز انجام دهد، نبوده است)، ولی اتم اکسیژن در ساختار بخار آب وجود داشته است.

۲. اتم اکسیژن، میل بسیار زیادی به جذب الکترون‌های پرانرژی دارد؛ به همین دلیل، دانشمندان چنین استنباط کردند که اگر در جو اولیه‌ی زمین، گاز اکسیژن وجود داشت، الکترون‌های پرانرژی را جذب می‌کرد و مانع از واکنش‌های مولکول‌های هیدروژن‌دار با یکدیگر می‌شد، ولی چون اکسیژن وجود نداشت، گازهای هیدروژن‌دار می‌توانستند با یکدیگر ترکیب شده و مولکول‌های آلی ساده را بسازند.

۳. امروزه اکسیژن موجود در جو زمین، **سریعاً** الکترون‌های پرانرژی حاصل از رعد و برق و گرمای خورشید را جذب می‌کند.

۴. بر اساس الگوی سوپ بنیادین، آب اقیانوس‌های اولیه‌ی زمین، مملو از مولکول‌های آلی مختلف بوده است، ولی توجه داشته باشید که دانشمندان، **منشأ این مواد آلی را جو زمین می‌دانستند.**

۵. جو اولیه‌ی زمین به علت عدم وجود گاز اکسیژن، بیش‌تر خاصیت احیاکنندگی داشت، ولی جو امروزه‌ی زمین، به دلیل وجود گاز اکسیژن و تمایل زیاد آن به جذب الکترون، بیش‌تر خاصیت اکسیدکنندگی دارد.

ادامه

۶. در الگوی سوپ بنیادین، مولکول‌های ساده‌ی آلی در جو، مولکول‌های پیچیده‌ی آلی، در اقیانوس‌ها ایجاد شده‌اند.

۷. در این الگو، ساخت مولکول‌های ساده‌ی آلی در جو، به کمک انرژی خورشید و انرژی حاصل از رعد و برق بوده و ساخت مولکول‌های پیچیده‌ی آلی در اقیانوس‌ها، به کمک انرژی حاصل از فعالیت‌های آتشفشان‌ها صورت گرفته است.

۸. اولین مولکول‌های تشکیل‌شده در مسیر پیدایش حیات، مولکول‌های غیرزیستی و غیرآلی نظیر هیدروژن، نیتروژن، آمونیاک، متان و بخار آب بوده است.

آزمایش میلر

✓ استانیلی میلر در نیمه‌ی قرن بیستم (۱۹۵۳)، الگوی سوپ بنیادین را آزمایش کرد.

✓ او گازهای هیدروژن، نیتروژن، متان و آمونیاک را به همراه بخار آب (H_2O) و در **غیاب** اکسیژن، در یک دستگاه در معرض جرقه‌ی الکتریکی (به منظور شبیه‌سازی رعد و برق) قرار داد و پس از چند روز، ترکیبات متعددی از مولکول‌های ساده‌ی زیستی (آمینواسیدها، اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها) پیدا کرد.

✓ میلر با توجه به نتایج حاصل از آزمایش، **بر الگوی سوپ بنیادین صحه گذاشت.**

✓ در آزمایش میلر، به دلیل این‌که هیچ منبعی برای فسفر وجود نداشت، نوکلئوتید ایجاد نگردید؛ بنابراین DNA، RNA و پروتئین نیز به وجود نیامد.

✓ در آزمایش میلر، از اکسیژن استفاده شد، ولی اکسیژن استفاده‌شده، به صورت اکسیژن آزاد (گاز اکسیژن « O_2 ») نبود.

مواردی از سوپ بنیادین که امروزه قابل قبول است

۱. جو اولیه‌ی زمین در آغاز پیدایش حیات، فاقد اکسیژن آزاد (یا گاز اکسیژن « O_2 ») بوده است.

۲. مولکول‌های غیرزیستی، منشأ مولکول‌های زیستی است.

مواردی از سوپ بنیادین که امروزه قابل قبول نیست

۱. تصور دانشمندان این بود که **پیدایش حیات** در روی کره‌ی زمین، یک میلیارد سال پیش روی داده است، ولی در حال حاضر، با **اندازه‌گیری سن زمین** و همچنین کشف **سنگواره‌هایی** با قدمت ۳/۵ میلیارد سال، می‌دانیم که حیات در واقع بسیار پیش‌تر از آن تشکیل شده است.

۲. امروزه می‌دانیم که در آغاز پیدایش حیات، به دلیل وجود پرتوهای فرابنفش خورشید، مولکول‌های آلی ساده، از گازهای موجود در جو زمین به وجود **نیامده‌اند.**

توضیح

با توجه به این‌که در ۴ میلیارد سال پیش، در جو اولیه‌ی زمین، به دلیل نبود اکسیژن آزاد، لایه‌ی اوزون (گاز O_3) نیز وجود نداشته، لذا پرتوهای فرابنفش خورشید، گازهای هیدروژن‌دار مثل آمونیاک و متان را در اتمسفر تجزیه می‌کردند؛ بنابراین امروزه می‌دانیم که در جو اولیه‌ی زمین، اصولاً گازهای هیدروژن‌دار نمی‌توانستند وجود داشته باشند؛ به بیان دیگر، در مدل سوپ بنیادین، به عدم وجود لایه‌ی اوزون توجهی نشده بود.

نکته

۱. با توجه به مطلب فوق می‌توان نتیجه گرفت که در آزمایش میلر، نحوه‌ی بازسازی جوّ اولیه‌ی زمین، به صورت اشتباهی انجام گرفته بود، چون در جوّ اولیه‌ی زمین، آمونیاک و متان وجود نداشته است.
۲. حدود ۲/۵ میلیارد سال پیش، سیانوباکتری‌ها شروع به انجام فتوسنتز کردند که نتیجه‌ی آن، افزودن مولکول اکسیژن به جوّ زمین بود. اشعه‌ی فرابنفش نیز با تجزیه‌ی مولکول‌های اکسیژن (O_2)، باعث تشکیل مولکول اوزون (O_3) گردید.

الگوی حباب

به دلیل عدم وجود اکسیژن و لایه‌ی اوزون در جو و همچنین به دلیل حضور اشعه‌ی فرابنفش که عملاً انجام هر واکنشی را در جو غیرممکن می‌ساخت، دانشمندان اعلام کردند که احتمالاً در حباب‌های درون اقیانوس‌ها، مواد آلی ساده به وجود آمده‌اند.



مراحل پیدایش مواد آلی طبق الگوی حباب

مرحله‌ی اول: متان و آمونیاک و دیگر گازها، از دهانه‌ی آتشفشان‌های زیر دریا خارج و در حباب‌هایی زیر دریا محبوس شدند.

مرحله‌ی دوم: از واکنش متان، آمونیاک و دیگر گازها در درون این حباب‌ها، مولکول‌های آلی ساده مثل آمینواسیدها تشکیل شدند.

مرحله‌ی سوم: حباب‌ها پس از آمدن به سطح اقیانوس و ترکیدن، مولکول‌های آلی ساده را آزاد کردند.

مرحله‌ی چهارم: مولکول‌های آلی ساده، توسط باد انتقال پیدا کرده و به سمت بالا حرکت کردند. این مولکول‌ها در مسیر حرکت، از اشعه‌ی فرابنفش (نور خورشید) و رعد و برق، انرژی گرفته و مولکول‌های پیچیده‌ی آلی را تشکیل دادند.

مرحله‌ی پنجم: باران، بسیاری از (نه همه‌ی!) مولکول‌های پیچیده‌ی آلی را که به تازگی تشکیل شده بودند، به همراه مولکول‌های دیگر (مولکول‌های آلی ساده که هنوز به مولکول‌های آلی پیچیده تبدیل نشده بودند) را به درون اقیانوس‌ها بردند. مولکول‌های آلی ساده و مولکول‌های آلی پیچیده، در درون اقیانوس با یکدیگر ترکیب شده و مولکول‌های آلی پیچیده‌تری را به وجود آوردند.

نکته

۱. نقش حباب‌ها:

الف) حفاظت از متان و آمونیاک و دیگر گازها در برابر اشعه‌ی فرابنفش

ب) افزایش تراکم گازها و در نتیجه، افزایش انجام واکنش‌ها و همچنین افزایش سرعت واکنش‌ها در داخل حباب

ج) تشکیل مولکول‌های آلی ساده (مثل آمینواسیدها) در درون آن‌ها

۲. با توجه به مراحل الگوی حباب می‌توان نتیجه گرفت:

الف) مولکول‌های آلی ساده، در اثر پرتو فرابنفش تجزیه نمی‌شوند؛ به عبارت دیگر، ماده‌ی اولیه‌ی آن‌ها (مثل آمونیاک و متان)،

در اثر پرتو فرابنفش تجزیه می‌شوند، ولی این پرتو بر ترکیبات حاصل از این مواد اولیه، تأثیری نداشت.

ب) همه‌ی مولکول‌های آلی ساده پس از خروج از حباب‌ها، با یکدیگر واکنش ندادند، بلکه برخی نیز پس از بازگشت به

اقیانوس‌ها، با مولکول‌های پیچیده ترکیب شده و مولکول‌های پیچیده‌تر تشکیل دادند.

ادامه

۳. متان، منبع کربن و هیدروژن و آمونیاک، منبع نیتروژن و هیدروژن می‌باشند؛ بنابراین، برای تولید مولکول‌های آلی ساده مثل آمینواسیدها، وجود متان و آمونیاک ضروری بود.
۴. با توجه به وجود اشعه‌ی فرابنفش، بهترین نقطه برای تشکیل مواد آلی ساده، طبق الگوی حباب، داخل اقیانوس‌ها بوده است.
۵. بر اساس الگوی حباب، گازهای آتشفشانی منشأ تشکیل مواد آلی ساده بوده‌اند.
۶. واکنش‌های شیمیایی درون حباب‌ها، بسیار سریع‌تر از واکنش‌ها در جوّ اولیه، در الگوی سوپ بنیادی صورت می‌گرفت، زیرا تراکم گازهای درون حباب‌ها، بسیار بیش‌تر از تراکم آن‌ها در جوّ اولیه بود.
۷. اغلب زیست‌شناسان اتفاق نظر دارند که مولکول‌های کوچک آلی، با کسب انرژی، از طریق فرایندهای شیمیایی ساده تشکیل شده‌اند.
۸. دانشمندان تاکنون نتوانسته‌اند در محیط آبی در آزمایشگاه، زنجیره‌های طویل DNA و پروتئین‌ها را بدون وجود نوکلئیک‌اسیدهای مادری (رشته‌ی DNA الگو یا mRNA) بسازند، گرچه زنجیره‌های کوتاه RNA و DNA در محیط‌های آبی تشکیل شده‌اند.

مقایسه‌ی سوپ بنیادین و الگوی حباب

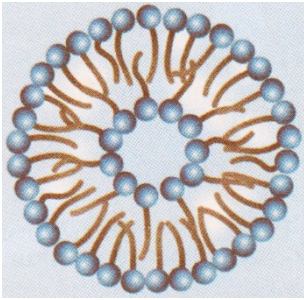
شباهت‌ها

۱. هم در الگوی حباب و هم در الگوی سوپ بنیادین، اعتقاد بر این است که حیات اولیه، در اقیانوس‌ها شکل گرفته است.
۲. در هر دو نظریه، اشعه‌ی فرابنفش خورشید، نقش مؤثری در تولید مولکول‌های زیستی اولیه داشته است. (در سوپ بنیادین، در تولید مولکول‌های آلی ساده و در الگوی حباب، در تولید مولکول‌های آلی پیچیده نقش داشته است).
۳. طرفداران هر دو الگو اعتقاد داشتند که در جو اولیه‌ی زمین، گاز اکسیژن وجود نداشت، ولی گازهای متان و آمونیاک وجود داشتند و در واقع مولکول‌های متان و آمونیاک، نقش اصلی را در ایجاد مولکول‌های زیستی ایفا می‌کردند.
۴. در هر دو نظریه، مولکول‌های آلی ساده و مولکول‌های آلی پیچیده، در **درون اقیانوس** با یکدیگر ترکیب شده و مولکول‌های آلی پیچیده‌تری را به وجود آوردند.

تفاوت‌ها

۱. در الگوی سوپ بنیادین، مولکول‌های آلی ساده در جوّ و مولکول‌های آلی پیچیده، در اقیانوس‌ها به وجود آمدند، ولی در الگوی حباب، مولکول‌های آلی ساده در اقیانوس‌ها و مولکول‌های آلی پیچیده، در جوّ ایجاد می‌شدند؛ البته توجه داشته باشید که در الگوی حباب، مولکول‌های پیچیده‌تر آلی در اقیانوس‌ها به وجود آمدند.
۲. برخلاف الگوی حباب، طرفداران سوپ بنیادین معتقد بودند که پیدایش حیات در روی کره‌ی زمین، یک میلیارد سال پیش روی داده است.
۳. پرتو فرابنفش خورشیدی در الگوی سوپ بنیادین، سبب ایجاد مولکول‌های آلی ساده و در الگوی حباب، سبب ایجاد مولکول‌های آلی پیچیده شده است.
۴. انرژی حاصل از انفجارهای آتشفشانی زیر اقیانوس‌ها، در الگوی سوپ بنیادین سبب ایجاد مولکول‌های آلی پیچیده‌ی آلی و در الگوی حباب، سبب ایجاد مولکول‌های ساده‌ی آلی شده است.
۵. در الگوی سوپ بنیادین، مولکول‌های آلی ساده، به کمک انرژی حاصل از انفجارهای آتشفشانی زیر اقیانوس‌ها، مولکول‌های آلی پیچیده را به وجود آورده‌اند، ولی در الگوی حباب، مولکول‌های آلی ساده، به کمک انرژی حاصل از رعد و برق و پرتو فرابنفش، مولکول‌های آلی پیچیده را تشکیل داده‌اند.

کواسروات‌ها



✓ کواسروات‌ها، ریزکیسه‌هایی توخالی از جنس فسفولیپید هستند که به علت آب‌گریز بودن در آب، به شکل کروی درمی‌آیند (شبیه به وزیکول‌های غشایی).

✓ کواسروات‌ها ممکن است آمینواسید نیز در خود داشته باشند؛ به عبارت دیگر، کواسروات‌ها قابلیت جذب آمینواسیدها و قندهای متصل به آن‌ها را دارند؛ البته توجه داشته باشید که غشای پلاسمایی سلول‌ها برخلاف کواسروات‌ها، ساختاری زنده‌اند.

✓ کواسروات‌ها با این‌که زنده نیستند، اما شباهت زیادی به غشای پلاسمایی سلول‌ها دارند.

✓ کواسروات‌ها دارای دیواره‌ی دو لایه‌ای می‌باشند. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید، سرهای فسفات آب‌دوست فسفولیپیدها، در سمت داخل و یا خارج مجموعه، در تماس مستقیم با مولکول‌های آب قرار دارند و اسیدهای چرب (دم‌های آب‌گریز غیرقطبی هیدروکربنی) نیز، از تماس با آب دور نگه داشته شده‌اند؛ بنابراین، می‌توان گفت ساختار کروی کواسروات‌ها، پایدارترین شکل آرایش مولکول‌هاست.

✓ کواسروات‌ها می‌توانند مولکول‌های لیپیدی دیگر را جذب کرده و بزرگ‌تر شوند (قابلیت رشد کردن).

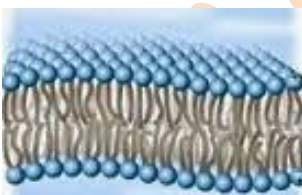
✓ هر کواسرواتِ رشد کرده، قابلیت جوانه‌زنی و تقسیم‌شدن به دو کواسروات را دارد (اما نه به صورت کنترل‌شده و مطابق با قوانین زیستی؛ چون زنده نیستند).

✓ کواسروات‌ها زنده نیستند و توانایی انتقال صفات به نسل آینده را ندارند؛ به عبارت دیگر، قوانین زیستی (مثل انتقال فعال) در مورد کواسروات‌ها، کاربردی ندارد و فقط قوانین فیزیک (مثل انتشار ساده) در مورد آن‌ها صادق است.

✓ می‌توان کواسروات ساخت. اگر یک بطری محتوی روغن و سرکه را تکان دهیم، مولکول‌های چربی به صورت یک کُرّه، مشابه غشای یک سلول در می‌آیند.

نکات ترکیبی از فصل دوم سال دوم

✓ فسفولیپیدها، اجزای اصلی غشاهای سلول، در سلول‌های جانوری و گیاهی و همین‌طور اندامک‌های سلولی هستند. فسفولیپیدها از یک مولکول گلیسرول، دو مولکول اسید چرب و یک گروه فسفات تشکیل یافته‌اند. (فصل دوم سال دوم)



✓ بیش‌ترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی، آب‌گریز هستند، ولی بخش دیگر این مولکول‌ها آب‌دوست می‌باشند؛ در نتیجه، فسفولیپیدهای غشا به صورت دو لایه‌ای به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سدی در برابر مولکول‌های آب و مواد محلول در آن ایجاد می‌کند. البته این سد نسبت به آب، کاملاً غیرقابل نفوذ نیست

و مولکول‌های آب به علت کوچکی، می‌توانند به مقدار اندک از آن عبور کنند. مولکول‌های لیپیدی به آسانی از این بخش غشا عبور می‌کنند.

میکروسفرها



میکروسفر $\times 1250$
در حال جوانه‌زدن

✓ زنجیره‌های کوچک آمینواسید تمایل به تشکیل ریزکیسه‌هایی (وزیکول‌هایی) به نام میکروسفر دارند؛ به بیان دیگر، میکروسفرها ریزکیسه‌هایی از جنس **زنجیره‌های کوچک آمینواسید** هستند که در محیط آبی آزمایشگاهی تولید می‌شوند (از جنس پروتئین و دارای پیوند پپتیدی بوده و حداکثر 20° نوع مونومر دارند).

✓ میکروسفرها قابلیت جذب زنجیره‌های کوتاه آمینواسیدی دیگر را دارند (قابلیت بزرگ‌شدن و رشد کردن).

✓ غشای سلول‌های امروزی، از جنس فسفولیپید بوده و به کواسرات‌ها بیش‌تر شبیه‌اند، ولی به عقیده‌ی پژوهشگران، به دلایل زیر تشکیل میکروسفرها (نه کواسرات‌ها)، **احتمالاً** اولین قدم به سمت سازماندهی سلول بوده است:

۱. برای تبدیل پیش‌سلول‌ها به اولین سلول‌ها، زمان زیادی مورد نیاز است تا واکنش‌های متعددی صورت گیرد و البته همان‌طور که می‌دانیم، کواسرات‌ها در مقایسه با میکروسفرها دوام چندانی ندارند.

۲. بین لیپیدها در کواسرات‌ها، نیروی بین مولکولی، ضعیف است و می‌توانند به آسانی متلاشی شوند، ولی پیوند پپتیدی زنجیره‌های آمینواسیدی در میکروسفرها پایدارتر است.

✓ میکروسفرها نیز مانند کواسرات‌ها، غشای دو لایه‌ای دارند؛ البته غشای دو لایه‌ای کواسرات‌ها، لیپیدی است، ولی غشای دو لایه‌ای میکروسفرها، از جنس پروتئین می‌باشد.

✓ میکروسفرها می‌توانند جوانه زده و به دو میکروسفر تقسیم شوند.

✓ میکروسفرها پس از تشکیل در اقیانوس‌های اولیه، مدتی دوام داشته‌اند، اما پس از چندی، به دلیل نبود انرژی کافی در ساختار بین‌مولکولی آن‌ها، از بین رفته و ناپدید شده‌اند، ولی در طی میلیون‌ها سال، انواعی از میکروسفرها با استفاده از **مولکول‌های دیگر و کسب انرژی**؛ مثلاً آمینواسیدهایی که نقش آنزیمی داشتند و می‌توانستند با تجزیه‌ی ATP، انرژی تولید کنند، به مدت بیش‌تری به بقای خود ادامه دادند و از فراوانی بیش‌تری برخوردار شدند (انتخاب طبیعی).

✓ میکروسفرها توانایی کسب انرژی از مواد آلی را داشتند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

الف. هتروتروف بودند. (هتروتروف‌ها جاندارانی هستند که برای کسب انرژی، از مولکول‌های آلی استفاده می‌کنند؛ بنابراین فقط مصرف‌کننده‌اند، ولی اتوتروف‌ها قادرند برای کسب انرژی، مولکول‌های آلی مورد نیاز خود را از ترکیبات معدنی بسازند).

پ. برای تکثیر و نگهداری انسجام ساختاری خود، به برخی مواد آلی نیاز دارند.

ج. به دلیل کسب انرژی، دوام بیش‌تری هم داشتند.

✓ تا این‌جا، میکروسفرها را نمی‌توان زنده در نظر گرفت، زیرا علیرغم تغییرات عمده یعنی **دوام** و **فراوانی** بیش‌تر نسبت به قبل، نمی‌توانستند صفات را به نسل آینده انتقال دهند.

✓ در مراحل بعدی، **بعضی از** میکروسفرها دارای RNA (به عنوان ماده‌ی ژنتیک) شدند و توانستند صفات خود را به نسل بعد هم منتقل کنند و به این ترتیب، نخستین سلول‌های زنده به وجود آمدند. (به بیان دیگر، برخی از میکروسفرها از جنس نوکلئوپروتئین و دارای حداکثر 24° نوع مونومر شدند). کمی جلوتر می‌خوانیم که این میکروسفرهای RNA دار، با «خودهمانندسازی» RNA و جوانه‌زدن (تقسیم‌شدن)، صفات را به نسل بعد (سلول‌های دختر) انتقال دادند؛ بنابراین، می‌توان گفت:

هر میکروسفری که RNA داشته باشد، زنده محسوب می‌شود و توانایی انتقال صفات به نسل بعد را دارد.

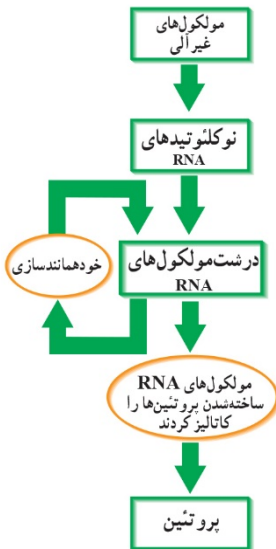
✓ توجه داشته باشید که میکروسفرها از کواسرات‌ها کوچک‌ترند.

نکته‌ی ترکیبی

✓ تصویر فوق، توسط میکروسکوپ نوری و با استفاده از روغن ایمرسیون گرفته شده است. همان‌طور که می‌دانید، در بزرگ‌نمایی بالای 100° از روغن مخصوص (ایمرسیون) استفاده می‌شود. (فصل دوم سال دوم)

مراحل تبدیل مولکول‌های غیر آلی (معدنی) به پروتئین (نقش احتمالی کاتالیزورها)

۱. بر اساس الگوی حباب، نوکلئوتیدهای RNA به کمک انرژی حاصل از آتشفشان‌ها، از واکنش بین مولکول‌های معدنی در زیر اقیانوس‌های اولیه به وجود آمدند.
۲. سپس این ریبونوکلئوتیدها، از رعد و برق و پرتو فرابنفش انرژی گرفته و با هم ترکیب شدند و در نتیجه، زنجیره‌های کوتاهی از RNA (درشت مولکول‌ها) ساخته شد.
۳. این مولکول‌های RNA، احتمالاً قادر به **خودهماندسازی** و **کاتالیز تشکیل پروتئین‌ها** بودند.
۴. چون خودهماندسازی RNA با صحت کامل انجام نمی‌شده، ضمن انجام جهش‌های پی‌درپی، در مولکول‌های RNA تنوع ایجاد شد.



توضیح

- ✓ برخی از مولکول‌های RNA می‌توانند نقش آنزیمی داشته باشند. این ویژگی سبب شد RNA بتواند از روی خودش همانندسازی کند (اولین همانندسازی)؛ به عبارت دیگر، با خاصیت آنزیمی و ساختار سه‌بعدی‌اش توانست از روی توالی خودش، بین نوکلئوتیدها پیوند فسفودی‌استر برقرار کند و RNA دختر را بسازد؛ یعنی:

RNA هم نقش آنزیمی خودش را ایفا می‌کرد و هم به عنوان الگو مورد استفاده قرار می‌گرفت.

- ✓ ساختار سه بعدی RNA، سطحی را فراهم می‌کند (جایگاه فعال آنزیمی) که واکنش‌های شیمیایی می‌توانند در آن کاتالیز شوند (با سرعت بیش‌تری انجام گیرند)؛ به عبارت دیگر، RNA می‌تواند نقش کاتالیزوری داشته باشد و باعث شود که واکنش‌های شیمیایی تسهیل شود.
- ✓ به نظر می‌رسد برخی از RNAهای امروزی (نوعی rRNA) نیز فعالیت آنزیمی دارند و هنگام پروتئین‌سازی، سبب اتصال آمینواسیدها (تشکیل پیوند پپتیدی) در جایگاه A ریبوزوم می‌شوند.

نکته‌ی ترکیبی

- ✓ آنزیم‌ها شکل سه‌بعدی ویژه‌ای دارند. بخشی از مولکول آنزیم، قالبی است برای چسبیدن به بخشی از پیش‌ماده؛ و با آن جفت می‌شود. این قالب، جایگاه فعال نام دارد؛ در واقع، جایگاه فعال آنزیم، مکمل مولکول پیش‌ماده است و همین مورد، دلیل عمل اختصاصی آنزیم‌هاست.

(فصل اول سال دوم)

تحقیقات سچ و آلتمن

یک فرضیه‌ی جدید بر اساس تحقیقات سچ و آلتمن و تجربیات دیگری که در باره‌ی تشکیل مولکول‌های RNA در آب انجام شد، به صورت زیر شکل گرفت:

۱. شاید RNA، اولین مولکول خودهماندساز بوده است (نتیجه‌ی همانندسازی و تکثیر RNAی اولیه، افزایش مقدار پروتئین بوده است).
۲. RNA ممکن است تشکیل اولین مولکول پروتئینی را کاتالیز کرده باشد؛ یعنی توانسته باشد در درون میکروسفرها، باعث اتصال آمینواسیدها از طریق پیوند پپتیدی و تشکیل مولکول‌های پروتئینی شود (اولین متابولیسم)؛ به عبارت دیگر، RNA ساخته‌شدن آنزیم‌ها و پروتئین‌ها را سازماندهی کرده و با کنترل مسیرهای متابولیسمی، ویژگی‌های میکروسفری را که در آن زندگی می‌کرد، تعیین کند. این پروتئین‌ها بدون الگو ساخته شدند.

۳. **مهم‌ترین مطلب** این است که چون همانندسازی با صحت کامل انجام نمی‌شد (و عمل ویرایش انجام نمی‌گرفت)، در اثر جهش، باعث تنوع RNA و در نتیجه تنوع پروتئین‌ها گردید (اولین جهش در میکروسفرها انجام شد)؛ به بیان دیگر، **دو عامل مهم تنوع** در پروتئین‌های اولیه، **خودهماندسازی RNA و جهش** بوده است.

نکته

احتمالاً در ابتدای حیات، RNA هم نقش آنزیمی داشته و هم به عنوان ماده‌ی ژنتیک به نسل بعد منتقل می‌شده است، امروزه پروتئین‌ها نقش آنزیمی دارند و ماده‌ی ژنتیک نیز DNA است.

جهش در مولکول‌های RNA آنزیمی

- ✓ اولین مولکول‌های RNA آنزیمی به دلیل **وقوع جهش**، دچار تنوع می‌شدند، به همین دلیل، **گوناگونی آنزیم‌ها** به مرور زیاد شد.
- ✓ فرض کنید یک آنزیم (مثلاً آنزیم E_1)، سبب تولید ماده‌ی X از ماده‌ی Y می‌شد ($Y \xrightarrow{E_1} X$) و همین‌طور آنزیم دیگری (مثلاً E_2)، ماده‌ی Y را از ماده‌ی Z به وجود می‌آورد ($Z \xrightarrow{E_2} Y \xrightarrow{E_1} X$) آنزیم‌های E_1 و E_2 در اثر جهش‌های تصادفی ایجاد شده بودند؛ به عبارت دیگر، جهش‌ها **به‌طور دائم** باعث ایجاد توانایی‌های متابولیسمی جدیدی در محیط می‌شدند.

تذکر:

به این نکته‌ی مهم توجه فرمایید که در اثر جهش‌های تصادفی، هم‌زمان آنزیم‌های E_1 و E_2 و ... در محیط وجود داشته است.

خاستگاه متابولیسم

- ✓ مولکول‌های RNA، میکروسفرها و نیز ساختارهای سلول‌مانندی که پس از آن‌ها به وجود آمدند، برای نگهداری **انسجام ساختاری** و نیز **تکثیر** خود، به مواد آلی ویژه‌ای که بتواند نیازهای آن‌ها را مرتفع سازد (مثلاً کسب انرژی)، احتیاج داشتند.
- ✓ فرض کنید سه ماده‌ی آلی X، Y و Z در محیط وجود دارند. ماده‌ی آلی Y می‌تواند در حضور آنزیم E_1 ، به ماده‌ی X تبدیل شود ($Y \xrightarrow{E_1} X$). ماده‌ی Z نیز می‌تواند در حضور آنزیم E_2 ، به ماده‌ی آلی Y تبدیل گردد ($Z \xrightarrow{E_2} Y$)؛ از طرفی، در اثر وقوع جهش‌های تصادفی، میکروسفرهای متنوعی به وجود آمد؛ از جمله:

الف. برخی دارای آنزیم E_1 شدند.

ب. برخی دارای آنزیم E_2 شدند.

ج. برخی دارای هر دو آنزیم E_1 و E_2 شدند.

د. برخی نیز هیچ‌کدام از دو آنزیم را نداشتند.

میکروسفرها به ترتیب زیر ارتقاء !!! پیدا کردند:

۱. فرض کنید ماده‌ی آلی X نیاز اولیه‌ی میکروسفرها بوده است؛ در این صورت، با گذشت زمان و با مصرف X، این ماده کمیاب شد. در اثر فقدان X در محیط، میکروسفرهایی که فاقد آنزیم E_1 بودند، از بین رفتند، ولی آن‌هایی که در اثر جهش، آنزیم E_1 را داشتند و قادر بودند X را از Y به دست بیاورند، توانستند ادامه‌ی حیات بدهند و به فراوانی آن‌ها افزوده شد. (انتخاب طبیعی)

۲. پس از مدتی، ماده‌ی آلی Y نیز مصرف شد و باز هم میکروسفرهای دارای آنزیم E_1 و فاقد آنزیم E_2 از بین رفتند و فقط فراوانی میکروسفرهایی که در اثر جهش، دارای آنزیم‌های E_1 و E_2 بودند و می‌توانستند ماده‌ی X را از Z به دست بیاورند، افزایش یافت.

✓ به نظر می‌رسد به همین ترتیب، مسیرهای متابولیسمی اولیه، به تدریج با **گذشت زمان** و **تغییرات نیازها**، در اثر وقوع جهش‌های گوناگون پیچیده‌تر شد.

✓ به این نکات کلی توجه فرمایید:

الف. همواره نیاز اصلی سلول، ماده‌ای است که در انتهای مسیر بیوشیمیایی قرار دارد؛ به عنوان مثال، در مسیر $(Z \xrightarrow{E_1} Y \xrightarrow{E_2} X)$ ، ماده‌ی اصلی و مورد نیاز سلول، ماده‌ی X است.

ب. در یک مسیر بیوشیمیایی، ماده‌ی انتهایی، زودتر از سایرین در محیط وجود داشته و زودتر از بقیه، دچار کاهش می‌گردد. (در طرح فوق، ماده‌ی X)

ج. آنزیم انتهایی مسیر نیز، احتمالاً زودتر از سایرین در محیط وجود داشته است. (در طرح فوق، آنزیم E_1)

نکته‌ی بسیار مهم

به این نکته‌ی مهم توجه فرمایید که کمبود ماده‌ی آلی X (یا Y)، باعث ایجاد آنزیم E_1 (یا E_2) نگردد، بلکه آنزیم E_1 و E_2 ، قبل از کمبود X یا Y در محیط، توسط جهش در بعضی از میکروسفرها ایجاد شده بود.

خاستگاه وراثت

۱. نوکلئوتیدها و آمینواسیدها به کمک انرژی حاصل از آتشفشان‌ها، از واکنش بین مولکول‌های معدنی در زیر اقیانوس‌های اولیه به وجود آمدند (بر اساس الگوی حباب).

۲. از طرفی، بعضی از میکروسفرها دارای RNA شدند.

۳. نوکلئوتیدها طی خودهمانندسازی RNA، از روی توالی این مولکول، به یکدیگر متصل شده و بدین ترتیب تعداد مولکول‌های RNA افزایش یافت (RNA با خاصیت آنزیمی خود بین این نوکلئوتیدها، پیوند فسفودی‌استر برقرار ساخت).

۴. برخی از مولکول‌های RNA همچنین بعد از مدتی توانستند با خاصیت آنزیمی خود، آمینواسیدها را از طریق پیوندهای پپتیدی به هم متصل کرده و پروتئین‌ها را بسازند. بعضی از این پروتئین‌ها نیز خاصیت آنزیمی داشتند.

۵. طی خودهمانندسازی، جهش‌هایی نیز ایجاد می‌شد که نتیجه‌ی آن، تولید پروتئین‌های (آنزیم‌های) متفاوتی بود که هر کدام می‌توانستند توانایی‌های خاصی نیز داشته باشند، اما در نهایت، بر اساس اصل انتخاب طبیعی، تعداد کمی از آن‌ها که توانایی کاتالیز واکنش‌های مورد نیاز و توانایی ادامه‌ی روند حیات را داشتند، حفظ می‌شدند.

۶. بعد از مدتی، طی تکامل مسیرهای متابولیسمی، مولکول‌های RNA توانستند ساخته‌شدن آنزیم‌ها و پروتئین‌های ویژه‌ای را سازماندهی کرده و بدین گونه، مسیرهای متابولیسمی مختلف را کنترل کنند؛ در واقع، مولکول‌های RNA، صفات گوناگونی را در درون میکروسفر ایجاد کردند.

۷. مجموع موارد فوق، باعث شد تا مولکول‌های RNA بتوانند ویژگی‌های میکروسفری را که در آن زندگی می‌کردند، تعیین نمایند. احتمالاً بدین ترتیب، سازوکار وراثت شکل گرفت.

نکته

۱. مولکول‌های RNA ی اولیه، هم خاستگاه وراثت و هم خاستگاه متابولیسم بوده‌اند.

۲. تنوع مولکول‌های RNA ی اولیه، از روش‌های زیر صورت می‌گرفت:

الف. خودهمانندسازی مولکول‌های RNA.

ب. ایجاد جهش در برخی از مولکول‌های RNA ی آنزیمی.

۳. مولکول‌های RNA ی اولیه، دارای سه ویژگی زیر بودند:

الف. خاصیت آنزیمی **ب.** خودهمانندسازی **ج.** تغییرپذیری (به دلیل ایجاد جهش)

خاصیت آنزیمی و تغییرپذیری، خاستگاه متابولیسم و خاصیت آنزیمی و خودهمانندسازی، خاستگاه وراثت را توجیه می‌کند.