دکتر عیسی یاوری

تکامل شیمیایی

ازدیدگاه علوم فیزیکی، سلول را می‌توان مجموعه‌ای پیچیده از مولکول‌های آلی دانست وبرای کسانی که به‌چگونگی آغاز وتکامل حیات برروی کرهٔ زمین علاقه‌دارند، خاستگاه این مولکول‌های بیولوژیکی (زیست‌شناختی) یکی از جالب‌ترین مسایل‌است.

راستی در کجا، کی وچگونه مولکول‌های شگرفی مانند پروتئین‌ها،اسیدهای‌هسته‌ای وپلی ساکاریدها، که سنگ‌بنای سلول هستند، سنتز شده‌اند ؟

زمین در تاریخ عمر خود که به ۴۸۰۰ میلیون سال تخمین زده می‌شود[۱]، ابتدا باید دورانی در حدود ۱۵۰۰ میلیون سال را پشت‌سرگذاشته باشد که درآن‌حیات وجود نداشته است. درآن دوران که از آن به‌نام **دوران تکامل شیمیایی** یاد می‌کنیم، اجزای عمدهٔ تشکیل دهندهٔ جو زمین («هوا»یی که زمین را فراگرفته) با امروز تفاوت بسیار داشته وبه‌علت دارا بودن مقادیر قابل توجهی از گازهای متان، آمونیاك وآب (ونداشتن اکسیژن آزاد) خاصیت احیا کنندگی[۲] فراوان داشته است. اکسیژن آزادو اکسیدهای کربن در مراحل بعدی تکامل شیمیایی در اثر انجام واکنش‌های فوتوشیمیایی به‌وجود آمدند. لایهٔ ازن Ozone هم که امروزه به‌صورت پوششی زمین را از اشعهٔ فرابنفش خورشید حفظ می‌کند، در روزگاران گذشته (دوران تکامل شیمیایی)، بسیار نازك‌تر بوده و مقادیر بیش‌تری از اشعهٔ یاد شده را از خود عبور می‌داده است. مولکول‌های‌سادهٔ آلی مانند اسید سیانیدریك HCNوفرمالدئیدH_2CO ابتدا در اثر واکنش بین اجزای ساده‌تری که در آتمسفر زمین موجود بودند، تشکیل شدند وکارمایهٔ (انرژی) این فرایندها، نور فرابنفش، گرما، تخلیهٔ الکتریکی (رعد و برق) و سایر شکل‌های انرژی بوده‌است. اگر ازمتان CH_4آمونیاكNH_3وآب آغاز کنیم، فرایند فوتوشیمیایی به‌وجود

---

۱ ــ حدود یك‌سوم عمر ۴۸۰۰میلیون‌سالهٔ زمین صرف تکامل شیمیایی گردیده و پس‌ازآن‌نیز صدها میلیون سال دیگر در تکامل زیستی گذشته است. انسان‌نماهای اولیه تنها چندمیلیون‌سال پیش برروی‌خاك ظاهر شده‌اند. اگر عمر زمین را یك شبانه‌روز (۲۴ ساعت) فرض کنیم، فقط سی‌ثانیه‌از ورود انسان به‌عرصهٔ گیتی می‌گذرد.

۲ ــ اگر برتعداد اکسیژن‌ها در یك مادهٔ شیمیایی افزوده شود، می‌گوییم این ترکیب اکسیده شده واگر از تعداد اکسیژن‌هایش کاسته شود (ویابرتعداد هیدروژن‌هایش اضافه گردد) می‌گوییم احیا شده است. مثلا، در تبدیل متان CH_4 به فرمالدئید H_2CO وبه‌دی اکسیدکربن CO_2 با پدیدهٔ اکسیداسیون ودرتبدیل فرمالدئید به‌متانول CH_3ON باپدیدهٔ احیاروبه‌رو هستیم. درمحیطی آکنده از مولکول‌های هیدروژن‌دار ، مانند متان، آمونیاك وآب، پدیدهٔ احیا آسان‌تر انجام خواهد گرفت وچنین محیطی رااحیا کننده می‌نامیم.

آمدن اسید سیانیدریك وفرمالدئید را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$CH_4 + NH_3 \xrightarrow{\text{نور}} HCN + 3H_2$$

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{\text{نور}} H_2CO + 2H_2$$

اسید سیانیدریك وفرمالدئید مواد اولیهٔ مناسبی برای سنتز اسیدهای آمینه (واحد های تشکیل‌دهندهٔ پپتیدها و پروتئین‌ها) در دوران تکامل شیمیایی زمین‌بوده‌اند. برای روشن شدن مسئله، چگونگی تشکیل اسید آمینهٔ گلای‌سین Glycine را ازآمونیاك واسید سیانیدریك، که ابتدا منجربه تشکیل آمینواتان نیتریل می‌شود، به‌صورت زیر نشان می‌دهیم:

$$H_2CO \xrightarrow[-H_2O]{NH_3} H_2CNH \xrightarrow{HCN} H_2C\begin{matrix}NH_2\\CN\end{matrix} \xrightarrow[-NH_3]{H_2O} H_2C\begin{matrix}NH_2\\COOH\end{matrix}$$

آمینواتان نیتریل — گلای‌سین

در سال ۱۹۵۳ دانشمندی‌به‌نام میلر S.Miller برای اثبات این فرضیه کـه: **«در دوران پیش از آغاز حیات، مولکول‌های ساده‌ای نظیرمتان (یاانان) ، آمونیاك و آب وجود داشته‌اند ودر اثر نور خورشید، رعدوبرق وگرما به‌مولکول‌های‌پیچیده‌تری تبدیل شده‌اند»**، اقدام به‌ایجاد شرایط مصنوعی کرهٔ زمین در آغاز دوران تکامل‌شیمیایی نمود. میلر مخلوطی از گازهای یاد شده را در ظرف شیشه‌ای ریخت و آن‌را مسدود ساخت و به‌طور مستمر برای مدتی نسبتا طولانی در معرض نور فرابنفش، تخلیهٔ‌الکتریکی وگرما قرار داد ودر پایان مشاهده کرد که مواد سادهٔ اولیه به‌ترکیبات پیچیده‌تر و متکامل‌تری از جمله مخلوط راسمیك[۳] اسیدهای آمینه تبدیل شده‌اند.

پلی ساکاریدها یا کربوهیدرات‌ها $(H_2CO)_n$ مولکول‌های حیاتی بسیار با اهمیتی هستند که در تکامل شیمیایی نقش ویژه‌ای داشته‌اند و برای ظاهر شدن آنها بر روی زمین سازوکار (مکانیسم) ساده‌ای پیشنهاد شده‌است. فرمول بستهٔ این‌ترکیبات نشان‌می‌دهد که ظاهراً از پلی‌مر (بس‌پار) شدن فرمالدئید به‌وجود آمده‌اند. ما امروزه می‌دانیم که فرمالدئید در مجاورت بازها واکنش‌ها ی‌افزایشی شبه آلدول انجام داده ومولکول‌هایی به‌نام فورموز Formose که شبیه به‌کربوهیدرات‌ها هستند، به‌وجود می‌آورد.

تبیین چگونگی پیدایش اسیدهای هسته‌ای در دوران پیش از آغاز حیات تاحدودی

۳ــ مخلوط راسمیك Racemic mixture مخلوطی به‌مقدار مساوی ازدو ایزومرنوری یك ماده است که یکی از آن‌ها نور قطبیده را به سمت راست و دیگری (به‌همان اندازه) آن را به‌سمت چپ می‌چرخاند. اگر مقدار دوایزومرنوری در مخلوط مساوی باشد، آن‌وقت برنور قطبیده اثر نخواهدداشت. یکی‌ازدلایل‌فعالیت‌نوری‌مولکول‌هاوجودکربن‌نامتقارن‌درآن‌هاست. کربن‌نامتقارن Asymmetric carbon کربنی است که چهارگروه متفاوت به‌آن‌وصل شده‌باشد وچنین کربنی برتصویر آینه‌ای خود انطباق ندارد؛ همان‌طور که دست راست ودست چپ را نمی‌توان برهم منطبق کردویاکفش‌ها رانمی‌توان‌پابه‌پا پوشید.

دشوار است. به‌هرحال یکی ازاین اسیدهای هسته‌ای مثلا ادنین Adenine رادر نظر می‌گیریم. فرمول بستهٔ ادنین به‌صورت $H_5C_5N_5$ می‌باشد واین خود یادآور این نکته می‌باشد که ظاهراً ادنین از تجمع پنج‌ملکول اسیدسیانیدریك HCN به‌وجود آمده‌است. البته با نوشتن یك رشته معادلات منطقی شیمی می‌توان ازاسید سیانیدریك به‌ادنین‌رسید.

پس ازبررسی چگونگی تبدیل مولکول‌های بسیار ساده به ملکول‌های‌نسبتاً پیچیده‌تر ومتکامل‌تر، مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای هسته‌ای وپلی ساکاریدها، اکنون در مقابل این پرسش قرار گرفته‌ایم که این مولکول‌های آلی، که دردوران‌پیش از آغاز حیات برروی زمین به‌وجود آمدند، چگونه توانستند به‌مواد پلی‌مری وپیچیده‌ای نظیر پپتیدها، DNA، RNA وغیره تبدیل شوند؟ در تشکیل پپتیدها ا زاسیدهای آمینه،در هر مرحله از واکنش، یك پیوند پپتیدی جدید به‌وجود می‌آیدوانجام‌این فرایند، ظاهراً متضمن حذف یك ملکول آب می‌باشد. ازطرف دیگر، امروزه تقریباًمطمئن‌هستیم که‌محیط انجام این واکنش‌ها آبی (مائی) بوده است و از نظر قوانین ترمودینامیکی انجام واکنش‌هایی که آب به‌وجود می‌آورند، در محیط آبی معقول نمی‌باشد.

برای روشن شدن این ابهام، فرضیهٔ جدیدی پیشنهاد گردید که براساس آن‌پلی پپتیدهای اولیه از طریق پلی‌مریزاسیون ترکیباتی مانند آمینواتان‌نیتریل‌ها (که خود محصول افزایش اسید سیانیدریك، آمونیاك وفرمالدئید بوده‌اند) به‌وجود آمده‌اند و ایمینوپلی‌مرهای حاصل نیز در محیط آبی‌به‌سهولت به‌پپتیدهای مربوطه‌هیدرولیزشده‌اند.

هنوز پرسش‌های فراوانی دربارهٔ خاستگاه زندگی وچگونگی تکامل حیات‌برروی زمین وجود دارد که دانش امروزین ماتنها به‌طور نسبی می‌تواند پاسخگوی آن‌هاباشد و در بسیاری مواردهم هنوز پاسخی استوار در اختیار ندارد. برای علم، هنوز ناشناخته های فراوانی وجود دارد که شناخت آن‌ها می‌تواند چگونگی تشکیل سیستم‌های شگرف وپیچیده‌ای مانند سلول حیاتی را روشن سازد وبه‌ما بگوید که باکتریوم‌های ساده‌ای که کارمایهٔ خود را از نور خورشید می‌گیرند، چگونه می‌توانند مولکول‌ها وسیستم‌های متکامل‌تر وعالی‌تری را به‌وجود آورند. گسترش افق‌های دانش‌بشری می‌تواندرآینده برای بسیاری از ابهامات امروزی ماگره‌گشا باشد.

اگر انسان بتواند ضمن جستجوهای کیهانی خود به‌نوعی‌ابتدایی‌تر از حیات،درسایر نقاط منظومهٔ شمسی، دست‌رسی پیداکند، آن‌وقت خواهد توانست برای پرسش‌های بی‌شمار امروزی خود دربارهٔ نکات استفهام‌آمیز وناروشن تکامل، پاسخ‌های روشن‌تر وسریع‌تری بیابد.[۵]

۵ــ برای مطالعهٔ بیش‌تر در زمینهٔ تکامل شیمیایی وزیستی نگاه کنیدبه‌کتاب‌اوپارین به‌نام حیات، طبیعت، منشا وتکامل آن ترجمهٔ آقای هاشم‌نی‌طرفی، انتشارات کتاب‌های جیبی.
ترجمهٔ دیگری ازاین کتاب به‌نام منشا حیات وتکامل‌توسط آقای دکتر نورالدین فرهیخته انجام گرفته است (انتشارات دهخدا).