



## فصل ۱

## مولکول‌های اطلاعاتی

یکی از پرسش‌هایی که یافتن جوابی برای آن بیش از پنجاه سال طول کشید، این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است؟ پاسخ این سؤال، به ظاهر شاید ساده باشد ولی برای رسیدن به آن، پژوهش‌ها و آزمایش‌های زیادی انجام شد که در حال حاضر هم ادامه دارد.

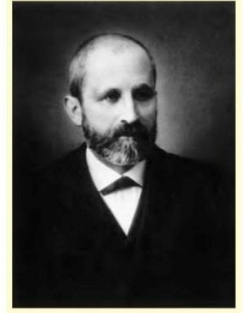
در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش‌ها توضیح داده می‌شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول‌های مرتبط به آن یعنی دنا (DNA)، رنا (RNA) و پروتئین بیشتر می‌کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول‌ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل‌های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می‌شویم.



طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.



alpschool.ir



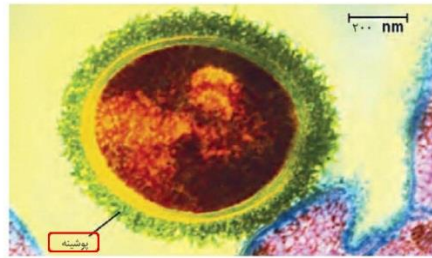
دانشمندی سوئیسی به نام میشر<sup>۱</sup> در سال ۱۸۶۹ نوکلئیک اسیدها را کشف کرد. او ترکیبات سفید رنگی را از هسته گویچه‌های سفید انسان و اسپرم ماهی استخراج کرد که نسبت نیتروژن و فسفات در این ترکیبات با نسبت آن در ترکیبات حاصل از بخش‌های دیگر یاخته متفاوت بود. همین باعث شد که میشر این ترکیب زیستی را به عنوان ترکیب جدیدی معرفی کند. او این ماده را نوکلئیک اسید (اسید هسته‌ای) نامید؛ چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی هم داشت.

<sup>۱</sup> Friedrich Miescher

## گفتار ۱ نوکلئیک اسیدها

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولید مثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. کدام یک از این دو ماده، ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی است؟ پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دنا است که به عنوان ماده ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. اما دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

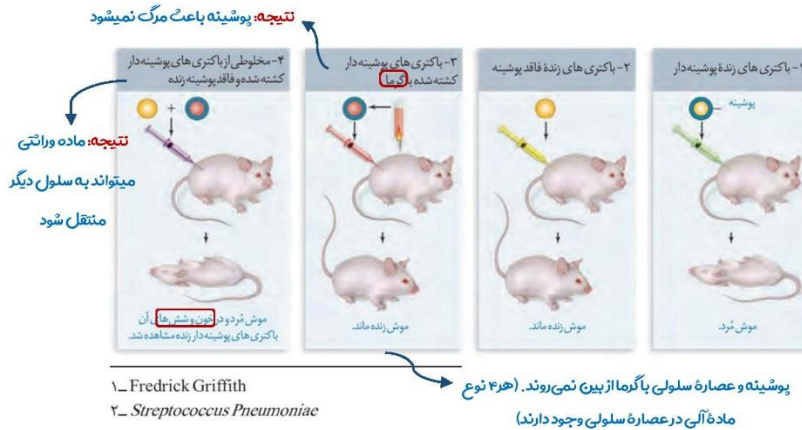
اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت<sup>۱</sup> به دست آمد. او سعی داشت واکسنی برای آنفلوآنزا<sup>۲</sup> تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا<sup>۲</sup> است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود ولی نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند (شکل ۱). ← پوشینه متفاوت باغشا است!



شکل ۱- باکتری پوشینه‌دار  
۱- لایه حفاظتی، مقاوم پوشینه‌دارها از بدون پوشینه‌ها بی‌تر است.  
۲- نقش چسبندگی؛ اتصال باکتری به کتیله‌گاه (مطابق شکل)

شکل ۱- باکتری پوشینه‌دار

آزمایش‌ها و نتایج کار گریفیت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.



EXTRA: پوشینه از جنس پلی ساکارید است!

تزیق باکتری‌ها به خون انتقال از خون به شش‌ها

اگر دستگاه ایمنی موش از کار افتاده باشد، .....

شکل ۲- آزمایشات گریفیت و نتایج آن

## گروه آلی

### باکس نکات:

\* هردو باکتری پوشینه‌دار و بدون پوشینه، سیستم ایمنی را تحریک می‌کنند.

\* هردو نوع باکتری، ژن مربوط به آنتی‌ژن سطحی را دارند.

(ص/غ) دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. (دی ۱۴۰۰)

(ص/غ) گریفیت عامل بیماری آنفلوآنزا را نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا می‌دانست. (شهریور ۱۳۹۹)

(بلند پاسخ) شکل روبرو یکی از آزمایش‌های گریفیت را نشان می‌دهد نتیجه این آزمایش چیست؟ (خرداد ۱۳۹۹)



## بیشتر بدانید

گریفیت در سال ۱۹۲۸ نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.



گریفیت مشاهده کرد تزریق باکتری های پوشینه دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آنها می شود؛ در حالی که تزریق باکتری های بدون پوشینه به موش های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی شود. او در آزمایش دیگری باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرما را به موش ها تزریق و مشاهده کرد که موش ها سالم ماندند. گریفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه به تئیهی عامل مرگ موش ها نیست. سپس مخلوطی از باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرما و زنده بدون پوشینه را به موش ها تزریق کرد؛ برخلاف انتظار، موش ها مُردند! او در بررسی خون و شش های موش های مرده، تعداد زیادی باکتری های پوشینه دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری های مرده، زنده نشده اند بلکه تعدادی از باکتری های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه دار شده اند.

از نتایج این آزمایش ها مشخص شد که ماده وراثتی می تواند به یاخته دیگری منتقل شود ولی ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

## عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دنا است

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری<sup>۱</sup> و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصاره استخراج شده از باکتری های کشته شده پوشینه دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین های موجود را تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟ با استفاده از گرما یا آنزیم پروتئاز

آنها سپس باقی مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می گیرد؛ پس می توان نتیجه گرفت که پروتئین ها ماده وراثتی نیستند.

در آزمایش دیگری عصاره استخراج شده از باکتری های کشته شده پوشینه دار را در یک گریزان (سانتریفیوژ<sup>۲</sup>) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کردند. با اضافه کردن هر یک از لایه ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه ای که در آن دنا وجود دارد انجام می شود.

نتایج این آزمایش ها، ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است. به عبارت ساده تر، دنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج به دست آمده مورد قبول عده ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پروتئین ها ماده وراثتی هستند.

در آزمایش های دیگری عصاره باکتری های پوشینه دار را استخراج و آن را به چهار قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب کننده یک گروه از مواد آلی (کربوهیدرات ها، پروتئین ها، لیپید ها، نوکلئیک اسیدها) را اضافه کردند. سپس هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همه ظروف انتقال صورت می گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب کننده دنا است.

قبل از گریفیت و ایوری، دنا و ساختار آن (و نه شکل فضایی آن) را می شناختند

تکرار مرحله ۴ آزمایش گریفیت

## بیشتر بدانید

ایوری و همکارانش برای اولین بار در سال ۱۹۴۴ نشان دادند که دنا، ماده ژنتیک است.



در هر سه آزمایش ایوری، باکتری هارا در محیط، کشته دادند.

۱- Oswald Avery

۲- Centrifuge

(پاسخ کلمه ای) ایوری و همکارانش ابتدا در عصاره استخراج شده از باکتری های کشته شده پوشینه دار، چه

گروهی از مواد آلی را تخریب کردند؟ (شهریور ۱۴۰۱)

(ص/غ) از نتایج آزمایش های گریفیت مشخص شد که دنا (DNA) عامل مؤثر در انتقال صفات وراثتی است.

(دی ۱۴۰۱) - (خرداد ۱۴۰۱)

(ص/غ) از نتایج آزمایش های گریفیت مشخص شد که باکتری بدون پوشینه با دریافت دنا از

محیط خارجی، پوشینه دار شد. (شهریور ۱۴۰۰)

## پاکس نکات:

\* همه نوکلئوتیدها، چه دارای باز پورینی و چه دارای باز پیریمیدینی باشند، در ساختار باز آلی خود، یک حلقه شش ضلعی دارند.

\* همه سلول‌های ساختار بدن موجود زنده، لزوماً دارای نوکلئیک اسید نیستند.  
← مثال:

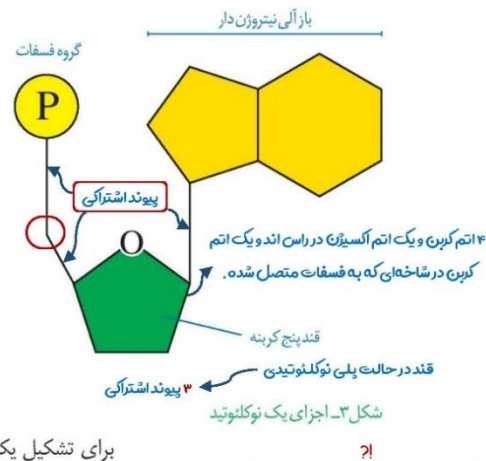
## ساختار نوکلئیک اسیدها

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی ریبونوکلئیک اسید** (دنا) و **ریبونوکلئیک اسید** (رنا) هستند، همگی **پسپارهای** (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام **نوکلئوتید** هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن دار و یک تا سه گروه فسفات. قند پنج کربنه در دنا، **دئوکسی ریبوز** و در رنا، **ریبوز** است. دئوکسی ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. **باز آلی نیتروژن دار** می تواند پورین باشد که ساختار دو حلقه ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می تواند پیریمیدین باشد که ساختار تک حلقه ای دارد؛ شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در رنا به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.

برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن دار و گروه یا گروه های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می شوند (شکل ۳).

نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند.

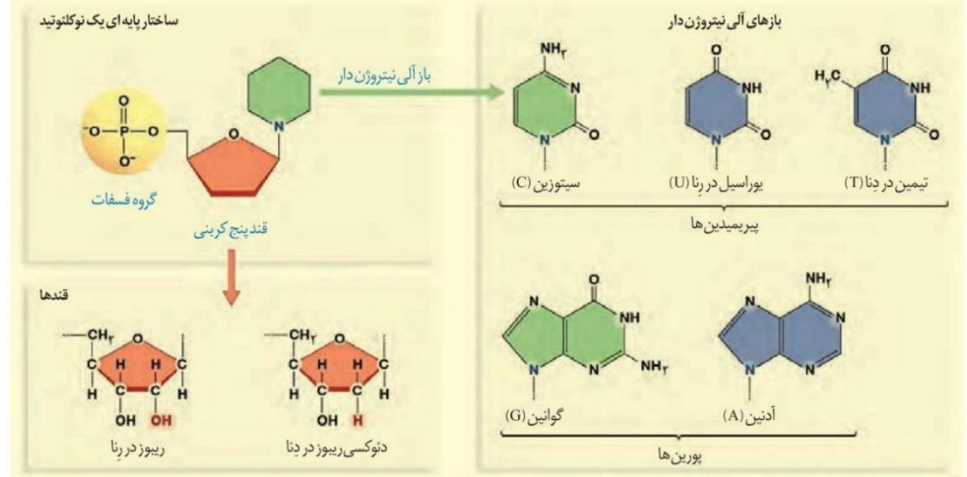
نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی استر** به هم متصل می شوند و **رشته پلی نوکلئوتیدی** را می سازند. در تشکیل پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می شود (شکل ۵). رشته های پلی نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می سازند، مثل رنا، یا به صورت دوتایی مقابل هم قرار می گیرند و نوکلئیک اسیدهای مثل دنا را می سازند.



ATP :

## بیشتر بدانید

انواع بازهای آلی نیتروژن دار و پنتوزها



alpschool.ir

(ص/غ) در تشکیل پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از

قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می شود. (خرداد ۱۴۰۱)

(جاخالی) باز آلی نیتروژن دار می تواند ..... باشد که ساختار دو حلقه ای دارد؛ شامل

آدنین (A) و گوانین (G). (شهریور ۱۳۹۸)

(پاسخ کلمه ای) قند پنج کربنه در نوکلئوتیدهای دنا، چه نام دارد؟ (شهریور ۱۴۰۱)

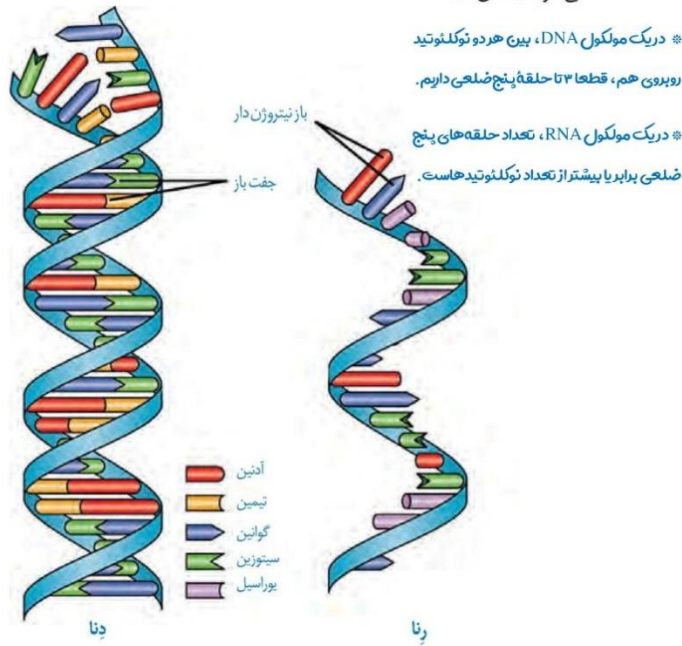
(پاسخ کامل) قند مولکول دنا و رنا را با یکدیگر مقایسه کنید. (خرداد ۱۴۰۰)

\* در یک رشته نوکلئیک اسید خطی تعداد پیونده فسفودی استر = ..... تعداد نوکلئوتیدها

\* اگر نوکلئیک اسید حلقوی باشد تعداد پیوند فسفودی استر = ..... تعداد نوکلئوتیدها

\* در یک مولکول DNA (دور رشته ای) تعداد پیوند فسفودی استر = ..... تعداد نوکلئوتیدها

بنابراین مولکول های دنا از دو رشته پلی نوکلئوتید و مولکول های رنا از یک رشته پلی نوکلئوتید تشکیل می شوند (شکل ۴).



شکل ۴- دنا ی دور رشته ای و رنا ی تک رشته ای

دو انتهای رشته های پلی نوکلئوتید نیز می توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند؛ برای مثال دنا در باکتری ها به صورت حلقوی است. در نوکلئیک اسیدهای خطی گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشته دنا و رنا ی خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).

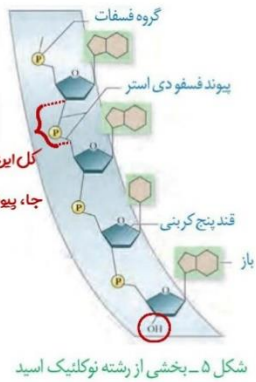
**تلاش برای کشف ساختار مولکولی دنا**

در ابتدا تصور می شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول های دنا از هر جاندار ی که به دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد. فقط DNA، نه RNA!!! اما مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دناهای جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

۱- Erwin Chargaff

**بیشتر بدانید**  
**فسفودی استر**  
 در درس شیمی با استرها آشنا شدید که دارای گروه عاملی  $\text{O}=\text{C}-\text{O}$  هستند این گروه عاملی در ساختار برخی مواد سازنده بدن موجودات زنده از جمله نوکلئیک اسیدها وجود دارد. با این توصیف گروه عاملی فسفواستر و گروه عاملی فسفودی استر نامیده می شوند که در زیست شناسی آن را پیوند فسفودی استر می خوانند.

یادداشت نکات!



؟ (پاسخ کلمه ای) بر اساس مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دناهای جانداران مقدار آدنین در دنا با مقدار کدام باز آلی برابر است؟ (شهریور ۱۴۰۱)

(ص/غ) در نوکلئیک اسیدهای خطی گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است. (خرداد ۱۳۹۹)

(ص/غ) مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش های چارگاف را تأیید می کند. (خرداد ۱۳۹۸)

(جاخالی) دو انتهای رشته های پلی نوکلئوتیدی نیز می توانند با پیوند ..... به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند. (دی ۱۴۰۰)

## بیشتر بدانید

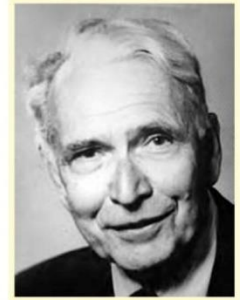
برخی از نتایج آزمایش های چارگاف (درصد)

گونه	A	T	G	C	$\frac{A+G}{T+C}$	$\frac{A+T}{G+C}$
انسان	۳۱/۰	۳۱/۵	۱۹/۱	۱۸/۴	۱/۰۰	۱/۶۶
مگس سرکه	۲۷/۳	۲۷/۶	۲۲/۵	۲۲/۶	۰/۹۹	۱/۲۲
ذرت	۲۵/۶	۲۵/۳	۲۴/۵	۲۴/۶	۱/۰۰	۱/۰۴

اختلاف کم درصدها به دلیل خطاهای آزمایش است.

## بیشتر بدانید

چارگاف در سال ۱۹۵۰ نشان داد که در دنا جانداران گوناگون  $A=T$  و  $G=C$  است.



## استفاده از پرتو ایکس برای تهیه تصویر از دنا

ویلکینز<sup>۱</sup> و فرانکلین<sup>۲</sup> با استفاده از پرتو ایکس از مولکول های دنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶).

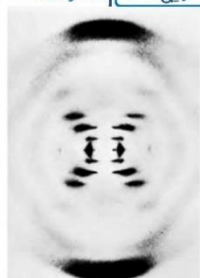
با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دنا نتایجی را به دست آوردند از جمله اینکه دنا حالت مارپیچی و

بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول ها را نیز تشخیص دادند.

ترکیبی ۲-۱۱ پرتو X ← سرطان زا ...



فرانکلین



ویلکینز

شکل ۶- تصویر تهیه شده با پرتو ایکس از مولکول دنا توسط ویلکینز و فرانکلین

## مدل مولکولی دنا

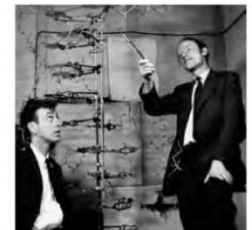
واتسون<sup>۳</sup> و کریک<sup>۴</sup> با استفاده از نتایج آزمایش های چارگاف و داده های حاصل از تصاویر تهیه شده با

پرتو ایکس و با استفاده از یافته های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال

۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش های امروزی مورد تأیید قرار

گرفته اند. ← مدل مولکولی واتسون و کریک فقط در مورد DNA است، نه RNA !!!

شکل ۷- واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دنا



- ۱- Maurice Wilkins
- ۲- Rosalind Franklin
- ۳- James Watson
- ۴- Francis Crick

(ص/غ) ویلکینز و فرانکلین با استفاده از پرتو ایکس ابعاد مولکول دنا را تشخیص دادند. (دی ۱۳۹۷)

- \* در اسیدهای نوکلئیک همواره A با T برابر نیست. (مثلاً در RNA)
- \* در هر مولکول DNA تعداد پیوندهای هیدروژنی برابر یا بیشتر از تعداد نوکلئوتیدهاست. (اما کمتر نمی تواند باشد)

### نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دنا در حقیقت از دو رشته پلی نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته ای را ایجاد می کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ خورده مقایسه می شود. ستون های این نردبان را قند و فسفات و پله ها را بازهای آلی تشکیل می دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی استر، و بین بازهای روبه روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را در مقابل هم نگه می دارد. این پیوندها بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می شوند. آدنین (A) با تیمین (T) روبه روی هم قرار می گیرند و گوانین (G) با سیتوزین (C) جفت می شوند. به این جفت بازها **بازهای مکمل** می گویند. بین G و C نسبت به A و T پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می شود. ← **۳ پیوند هیدروژنی: G و C** **۲ پیوند هیدروژنی: T و A**

قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛ زیرا یک باز تک حلقه ای در مقابل یک باز دو حلقه ای قرار می گیرد و باعث **پایداری** مولکول دنا می شود. نتیجه دیگر جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشته یک مولکول دنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشته دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشته مکمل آن باید TACG باشد.

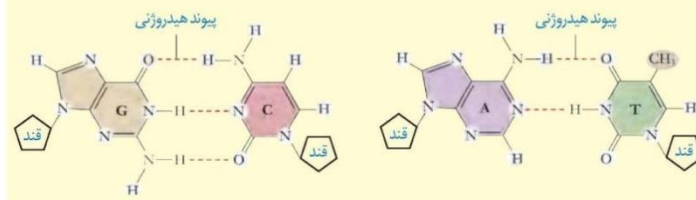
اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دنا حالت پایدارتری می دهد. در عین حال، دو رشته دنا در موقع نیاز هم می توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.



شکل ۸- مدل مارپیچ دورشته ای دنا

### بیشتر بدانید

بازهای مکمل و پیوندهای هیدروژنی بین آنها



alpschool.ir

- ؟
- (۲ گزینه ای) در مدل پیشنهادی واتسون و کریک پله های این نردبان را (قند و فسفات - بازهای آلی) تشکیل می دهند. (شهریور ۱۳۹۹)
- (پاسخ بلند) به چه دلیل قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان است؟ (دی ۱۴۰۱)
- (پاسخ کوتاه) در مدل نردبان مارپیچ دنا پله ها از چه مولکولی ساخته شده اند؟ (شهریور ۱۴۰۰)
- (پاسخ بلند) با توجه به مدل پیشنهادی واتسون و کریک برای دنا، یک نتیجه جفت شدن بازهای مکمل را بنویسید. (خرداد ۱۳۹۹)

سال ۱۸۶۹م: میشر در عصارهٔ یاخته‌ها به وجود اسیدهای هسته‌ای (نوکلئیک اسیدها) پی‌برد.

سال ۱۹۲۸م: گریفیت نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.

سال ۱۹۴۴م: ایوری و همکارانش برای اولین بار نشان دادند که DNA، مادهٔ ژنتیک است.

سال ۱۹۵۰م: چارگاف نشان داد که در DNA جانداران گوناگون تعداد T مساوی تعداد A و تعداد C مساوی تعداد G است.

سال ۱۹۵۲م: فرانکلین و ویلیکینز نشان دادند که DNA ساختار مارپیچی و چندرشته‌ای دارد.

سال ۱۹۵۳م: واتسون و کریک مدل مارپیچ دورشته‌ای را برای DNA ارائه کردند.

## رنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک اسیدها، رنا است. مولکول رنا تک رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های DNA ساخته می‌شود. رناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

**رنا پی‌یک (mRNA):** اطلاعات را از DNA به رنا‌تن‌ها می‌رساند. رنا‌تن با استفاده از اطلاعات رنا پی‌یک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.

**رنا ناقل (tRNA):** آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رنا‌تن‌ها می‌برد.

**رنا رنا‌تنی (rRNA):** در ساختار رنا‌تن‌ها علاوه بر پروتئین، رنا رنا‌تنی نیز شرکت دارد.

علاوه بر این نقش‌ها، رناها نقش آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز دارند.

مثل نقش microRNA در تنظیم بیان ژن

مثل نقش rRNA در ساخت زنجیره پلی‌پپتیدی

## ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار DNA آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در DNA قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول DNA است که بیان آن می‌تواند به تولید رنا یا پلی‌پپتید بینجامد. اینکه رنا چگونه دستورالعمل‌های DNA را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

ابتدا از همه RNA تولید می‌شود

## دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وسازی<sup>۴</sup>

نوکلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار DNA و رنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را برعهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

ترکیب ۷ و ۵ - ۱۷

(نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات) NADPH: در فتوسنتز  
(نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید) NADH: در تنفس سلولی  
(فلاوین آدنین دی نوکلئوتید) FADH<sub>2</sub>

هر سه «دی نوکلئوتید» هستند!

۱- messenger RNA  
۲- transfer RNA  
۳- ribosomal RNA  
۴- Metabolism

## گروه آلفا

### باکس نکات:

\* در سیتوسول، میتوکندری، کلروپلاست و سطح شبه آندوپلاسمی ریبوزوم داریم.

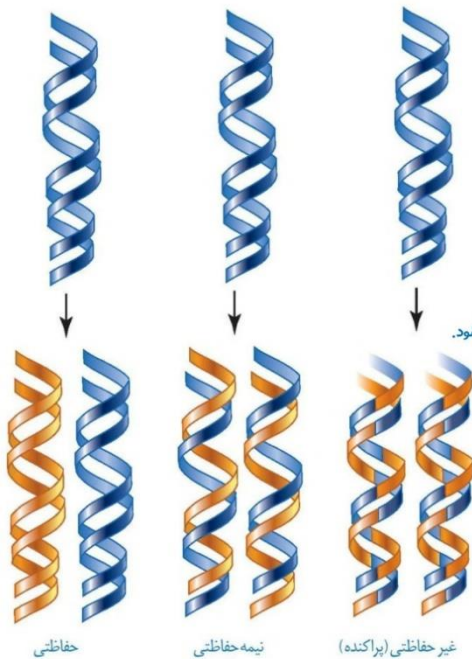
\* در همه سلول‌های بدن یک جاندار، همه ژن‌ها وجود دارند؛ به جز سلول‌های فاقد هسته و سلول غیرزنده‌ای که محتویات سلولی‌اش را از دست داده، مثل تراکئیدها.

\* در بعضی از سلول‌ها مثل سلول‌های ماهیچه اسکلتی که دارای چند هسته می‌باشد، چند نسخه از ژن وجود دارد.

(جاخالی) ژن بخشی از مولکول DNA است که بیان آن می‌تواند به تولید ..... یا ..... بینجامد. (دی ۱۳۹۹)  
(پاسخ کلمه‌ای) یک نقش نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وسازی را بنویسید. (خرداد ۱۴۰۱)

\* در بین ۴ گروه مواد آلی، DNA تنها مولکولی است که می‌تواند شبیه به خودش را بسازد.

\* در همانندسازی حفاظتی و نیمه حفاظتی، رشته‌های DNA حفظ می‌شود و در یک رشته، ۲ نوع نیتروژن وجود ندارد.



شکل ۹- طرح‌های مختلف برای همانندسازی

با توجه به اینکه دنا به عنوان ماده وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است، این پرسش مطرح می‌شود که هنگام تقسیم یاخته، این اطلاعات، چگونه بدون کم و کاست به دو یاخته حاصل از تقسیم می‌رسند؟ این کار با همانندسازی دنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دنا جدید از روی دنا قدیمی همانندسازی<sup>۱</sup> می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹).

در این نوع همانندسازی، تمام جهش‌هایی که در همانندسازی رخ می‌دهد، به یک سلول منتقل می‌شود.

۱- همانندسازی حفاظتی: در این طرح هر دو رشته دنا قبلی (اولیه) به صورت دست نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دنا جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. چون دنا اولیه به صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

۲- همانندسازی نیمه حفاظتی: در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دنا مربوط به دنا اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنا قبلی وجود دارد، به آن نیمه حفاظتی می‌گویند.

تفاوتی که پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدهای رشته مادری شکسته می‌شود.

۳- همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده): در این طرح هر کدام از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.

### کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون<sup>۲</sup> و استال<sup>۳</sup> با به کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دنا نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (<sup>15</sup>N) دارند، نشانه گذاری کردند.

۱- Replication  
۲- Meselson  
۳- Stahl

(جاخالی) در طرح همانندسازی ..... ، تشکیل پیوند فسفودی استر، بین نوکلئوتیدهای

قدیمی با نوکلئوتیدهای جدید قابل مشاهده است. (خرداد ۱۴۰۲)

(۲ گزینه‌ای) در آزمایش مزلسون و استال <sup>15</sup>N در ساختار (باز آلی - قند) که در ساخت دنا باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. (دی ۱۴۰۱)

(بلند پاسخ) مزلسون و استال برای نشانه گذاری دنا از چه نوکلئوتیدهایی استفاده کردند؟ (خرداد ۱۴۰۱)

دناهایی که با  $^{15}\text{N}$  ساخته می‌شوند نسبت به دناهای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود  $^{14}\text{N}$  دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به وسیلهٔ گریزانه با سرعت بسیار بالا می‌توان آنها را از هم جدا کرد. آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای  $^{15}\text{N}$  کشت دادند.  $^{15}\text{N}$  در ساختار بازهای آلی نیترोजن دار که در ساخت دناهای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دناهای سنگین تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای  $^{14}\text{N}$  منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند. برای سنجش چگالی دناها در هر فاصلهٔ زمانی، دناهای باکتری‌ها را استخراج و در شیبه از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند؛ در نتیجه مواد بر اساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند. مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می‌بینید.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دنا، نیمه حفاظتی است.



- \* در نسل اول همانندسازی، دیگر هیچ DNA سنگینی نداریم.
- \* به تدریج با افزایش همانندسازی‌ها، ضخامت لایهٔ سبک بیشتر می‌شود.
- \* در مدل همانندسازی حفاظتی، با افزایش تقسیمات، ضخامت لایهٔ بالایی زیاد می‌شود ولی ضخامت لایهٔ پایینی تغییری نمی‌کند.

شکل ۱۰- آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به دست آمده:  
الف) دناهای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دناهای آنها  $^{15}\text{N}$  و چگالی سنگینی داشت.  
ب) دناهای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی  $^{14}\text{N}$  (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نوار در میانه لوله تشکیل دادند. پس دناهای آنها چگالی متوسط داشت.  
پ) دناهای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه) پس از گریز دادن دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند. پس نیمی از آنها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند. چرا؟

بیشترین نیرو به مواد سنگین‌تر در سانتریفیوژ هرچه مولکول یا سلول، سنگین‌تر باشد، وارد می‌شود. پایین‌تر می‌رود، و هرچه سبک‌تر باشد، بالاتر می‌ماند.

۱- Ultracentrifuge

alpschool.ir

(جاخالی) مزلسون و استال به منظور سنجش چگالی دناها در هر فاصلهٔ زمانی، دناهای باکتری‌ها را استخراج و در لوله‌ای از محلول ..... با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند. (دی ۱۴۰۰)

(بلند پاسخ) در آزمایش‌های مزلسون و استال، بعد از ۲۰ دقیقه قرار گرفتن باکتری در محیط کشت  $^{14}\text{N}$ ، یک نوار در میانه ظرف تشکیل شد با این نتیجه به دست آمده کدام طرح همانندسازی به طور کامل رد شد؟ (خرداد ۱۴۰۲)

- \* تشکیل پیوند هییدروژنی خودبه خودی بوده و دنباسپاراز صرفاً زمینۀ تشکیل آن را فراهم می کند.
- \* همۀ سلول ها به شرط داشتن هسته تقسیم می شوند. (ص / غ) ← چرا؟

**بیشتر بدانید**

**گزینه هم چگال**

برای جدا کردن ذره هایی با چگالی متفاوت و تعیین چگالی آنها از روشی به نام گزینه هم چگال استفاده می شود. در این روش محلولی از نمک یک فلز سنگین مثل سزیم کلرید را در لوله آزمایش قرار می دهند. غلظت این ماده و چگالی آن به طور یکنواخت از پایین به بالای لوله کم می شود و به اصطلاح شیب پیوسته ای از غلظت های مختلف نمک در آن وجود دارد. با ورود مولکول های مد نظر در این محلول و حرکت آنها حین سانتریفیوژ، براساس چگالی خود در نقطه ای متوقف می شوند. چون ذره ها با چگالی یکسان در یک منطقه تجمع می یابند، نواحی را تشکیل می دهند که به آسانی قابل تشخیص اند. با مشخص شدن چگالی محلول در هر نقطه از لوله، می توان چگالی ذره های مورد آزمایش را معلوم کرد.

با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه حفاظتی انجام می شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دنا چگونه از یکدیگر باز می شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می شوند و سپس همانندسازی انجام می شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می شود؟ تحقیقات نشان داده است در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می شوند. بقیه قسمت ها بسته هستند و به تدریج باز می شوند.

**عوامل و مراحل همانندسازی**

ترکیب ۱۱-۲ مرحله S چرخه سلولی

در همانندسازی عوامل متعددی مؤثرند که مهم ترین آنها به شرح زیر است:

- مولکول دنا به عنوان الگو
- واحدهای سازنده دنا که بتوانند در کنار هم نسخه کامل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می دهند.
- افزایش غلظت فسفات → از دست دادن پیوند پراتزی
- آنزیم های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به صورت کامل روبه روی هم قرار می دهد و با پیوند فسفودی استر به هم وصل می کند.

**دقت به ترتیب عمل قبل از همانندسازی!**

**مراحل همانندسازی:** قبل از همانندسازی دنا باید پیچ و تاب فامینه، باز و پروتئین های همراه آن یعنی هیستون ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم هایی انجام می شود. دقت به ترتیب عمل در همانندسازی! سپس آنزیم **هلیکاز** مارپیچ دنا و دو رشته آن را از هم باز می کند (شکل ۱۱).

پیچ و تاب دنا را آنزیم های دیگر اما مارپیچ دنا را هلیکاز باز می کند



شکل ۱۱- همانندسازی دنا

- \* در یک رشته، تعداد DNA پلیمرزهای در حال فعالیت با تعداد هلیکازها برابر است.
- \* در یک حباب همانندسازی، ۲ آنزیم هلیکاز در دو جهت مخالف هم حرکت می کنند.

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دنا آنزیم هلیکاز چه پیوند هایی را از هم باز می کند؟ **هیدروژنی** انواع دیگری از آنزیم ها با همدیگر فعالیت می کنند تا یک رشته دنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. یکی از مهم ترین آنها که نوکلئوتیدهای کامل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می کند **دنا بسپاراز** (DNA پلی میراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می شود؛ به آن **همانندسازی دو جهتی** نیز می گویند. جهت همانندسازی ← از نقطه آغاز به سمت دوراهی ها

۱- Helicase  
۲- DNA Polymerase

- (ص / غ) باز شدن پیچ و تاب DNA و جدا شدن هیستون ها از آن توسط آنزیم هلیکاز صورت می گیرد. (دی ۱۴۰۰)
- (شهریور ۱۴۰۱ جاخالی)
- (ص / غ) در هر دوراهی همانندسازی یک هلیکاز و یک دنباسپاراز دیده می شود. (دی ۱۳۹۹)
- (۲ گزینه ای) در یاخته ای که دنای (حلقوی - خطی) دارد، جدا شدن هیستون ها، قبل از همانندسازی دنا صورت می گیرد. (شهریور ۱۴۰۲)
- (بلند پاسخ) در هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید به انتهای رشته پلی نوکلئوتید در حال تشکیل، چه تغییراتی در تعداد گروه فسفات ایجاد می شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

## باکس نکات:

\* در سلول‌هایی مانند سلول ماهیچه‌ای که تقسیم نمی‌شوند باز هم همانندسازی DNA رخ می‌دهد. ← در میتوکندری

\* پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید اشتباه و نوکلئوتید قبلی تشکیل می‌شود.

\* شکستن پیوندهای اشتراکی بین گروه‌های فسفات، بعد از برقراری رابطهٔ کاملی رخ می‌دهد.

\* عامل ایجاد افزایش یا کاهش غیرطبیعی قطر DNA ← خطا در هنگام فعالیت پلیمرازی

**دوراهی همانندسازی:** در شکل ۱۱ می‌بینید در محلی که دو رشتهٔ دنا از هم جدا می‌شوند، دو ساختار Y مانند به وجود می‌آید که به هریک از آنها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصلهٔ بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی‌استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنا بسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفات به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به صورت تک فسفات به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).

نوکلئوتید جدید به انتهای هیدروکسیل زنجیره در حال ساخت اضافه می‌شود



شکل ۱۲ - همانندسازی دنا

## فعالیت‌های آنزیم دنا بسپاراز

همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تا حدود زیادی مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دنا بسپاراز، نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ بنابراین آنزیم دنا بسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطهٔ آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دنا جدا کند. توانایی بریدن دنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دنا بسپاراز، هم فعالیت بسپارازی (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی‌استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی‌استر را برای رفع اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنا بسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود، **ویرایش** می‌گویند.

اولین نوکلئوتید چک نمی‌شود! سوال صحیح

## همانندسازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در پروکاریوت‌ها که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی در غشا محصور نشده همهٔ پروکاریوت‌ها تک سلولی اند؛ ولی همهٔ تک سلولی‌ها لزوماً پروکاریوت نیستند.

alpschool.ir

؟ (جاخالی) آنزیم دنا بسپاراز در فعالیت بسپارازی (پلیمرازی) خود پیوند ..... را تشکیل می‌دهد. (دی ۱۳۹۷)  
 (۲ گزینه‌ای) فعالیت (نوکلئازی - بسپارازی) دنا بسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود، ویرایش می‌گویند. (شهریور ۱۴۰۱)

پروتئین‌هایی غیر از هیستون‌ها

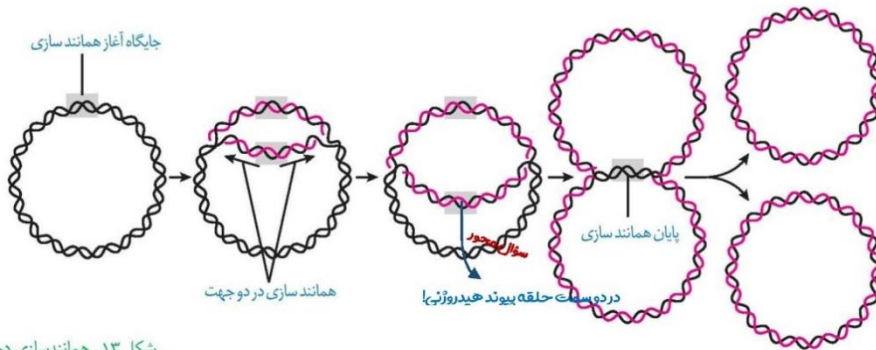
و فام‌تن اصلی دارای یک مولکول دناى حلقوى است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به **غشای یاخته متصل است**. پروکاریوت‌ها علاوه بر دناى اصلی **ممکن است** مولکول‌هایی از دناى دیگر به نام **دیسک (پلازمید)** داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند

استفاده از این ویژگی در مهندسی ژنتیک

تکثیر ۷-۱۳

افزایش مقاومت باکتری در برابر **پادزیست (آنتی‌بیوتیک)‌ها**.  
**نه همه!** اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دناى خود دارند. در این جایگاه دو رشته دنا از هم باز می‌شوند. همانند پروکاریوت‌ها، همانندسازی دو جهتی در باکتری‌ها نیز وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد (شکل ۱۳).

تعداد نقاط شروع همانندسازی در پروکاریوت‌ها همواره ثابت است. (یا یکی یا بیشتر ولی همواره ثابت)



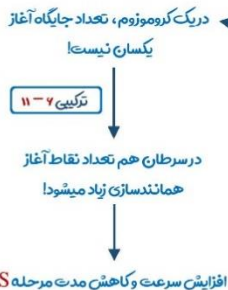
شکل ۱۳- همانندسازی دو جهتی دنا در پروکاریوت‌ها با یک نقطه آغاز

در یوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دنا در هر فام‌تن به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که **مهم‌ترین** آنها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دنا درون هسته قرار دارد که به آن **دناى هسته‌ای** می‌گویند. در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دنا وجود دارد که به آن **دناى سیتوپلاسمی** می‌گویند. این نوع از دنا که حالت **حلقوی** دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود.

هیستون‌ها مخصوص یوکاریوت‌ها!

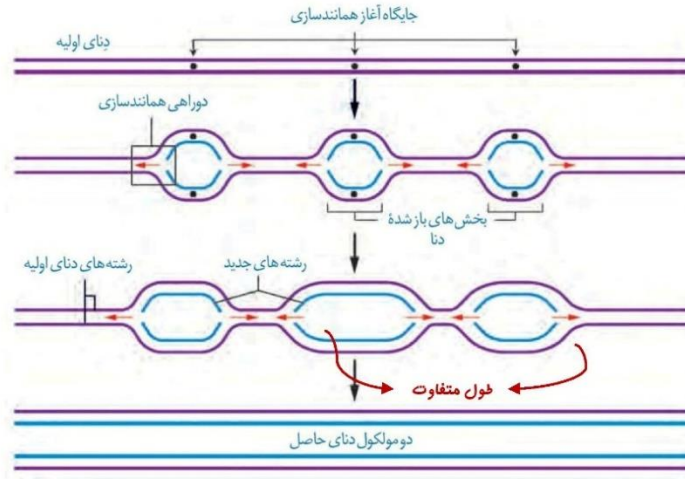
EXTRA ← دنا ۱۳ تا ۱۶ دنا ← دارای ژن‌های یکسان یا متفاوت!

همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آنها چندین برابر دناى باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت در یوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در **چندین نقطه** در هر فام‌تن انجام می‌شود (شکل ۱۴). تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند.



alpschool.ir

- ؟
- (بلند پاسخ) تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در دناى کدام جاندار مورد مطالعه گریفیت می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؟ چرا؟ (خرداد ۱۴۰۲)
- (ص/غ) در یوکاریوت‌ها آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام‌تن (کروموزوم) انجام می‌شود. (شهریور ۱۴۰۱)
- (۲ گزینه‌ای) تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در مرحله مورولا (مشابه - برخلاف) مرحله بلاستولا (زیاد - کم) است. (دی ۱۴۰۰)
- (۲ گزینه‌ای) دنا (DNA) در راکیزه (میتوکندری) به حالت (حلقوی - خطی) است. (خرداد ۱۴۰۰)

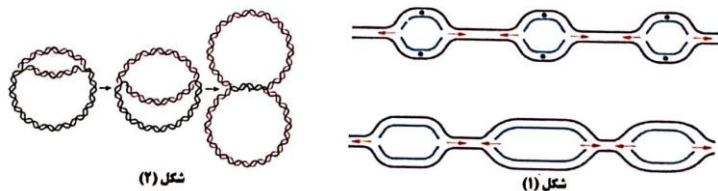


شکل ۱۴ - همانندسازی در  
یوکاریوت‌ها

یادداشت خاص:

alpschool.ir

(پاسخ بلند) شکل‌های زیر همانندسازی دندانه اصلی یاخته جانداران را نشان می‌دهد. با توجه به مطالب کتاب درسی به سؤال زیر پاسخ دهید. (شهریور ۱۴۰۲)

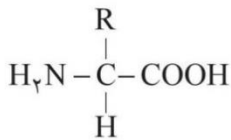


در کدام شکل، تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؟

علاوه بر دنا و رنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند. از جمله این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

### ساختار آمینواسیدها

پروتئین‌ها بسپارهایی از آمینواسیدها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آنها را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همان‌طور که از نامشان برمی‌آید یک **گروه آمین** ( $-NH_2$ ) و یک **گروه اسیدی کربوکسیل** ( $-COOH$ ) دارند. همان‌طور که در شکل ۱۵ می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینواسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

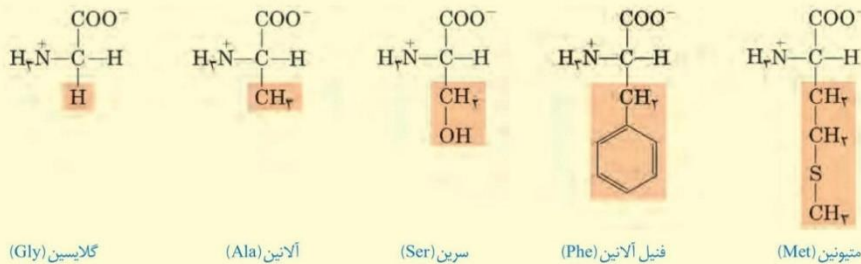


شکل ۱۵- ساختار عمومی یک آمینواسید

هر آمینواسید می‌تواند در شکل دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.

### بیشتر بدانید

نمونه‌هایی از آمینواسیدها را در زیر می‌بینید که به دلیل تفاوت در R ویژگی‌های متفاوت دارند.



### پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند

آمینواسیدهای مختلف با **حضور آنزیم** واکنش **سنتز آبدهی** را انجام می‌دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را **پیوند پپتیدی** می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

هر پروتئینی که ساختارش در همهٔ موجودات یکسان باشد، قطعات سازنده اش هم یکسان است.

(جاخالی) ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به ..... آن بستگی دارد. (شهریور ۱۴۰۰)

(جاخالی) پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را پیوند ..... می‌گویند. (خرداد ۱۴۰۰)

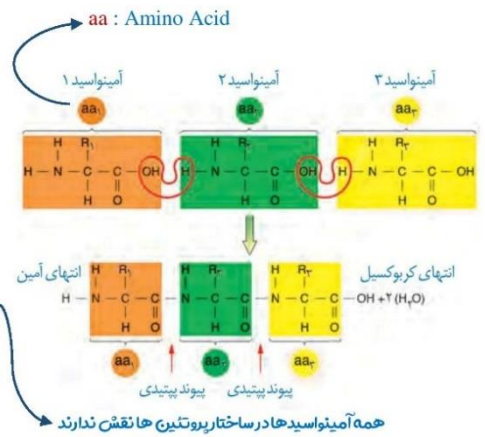
(پاسخ کلمه‌ای) نام گروه اسیدی موجود در ساختار آمینواسیدها چیست؟ (دی ۱۴۰۱)

پاکس نکات:

- \* تعداد پیوندهای پپتیدی همواره از تعداد آمینواسیدها کمتر است. ← تعداد مولکول‌های آب تشکیل شده = تعداد هر پیوند
- \* در ساختار صفحه‌ای، گروه‌های R دو آمینواسید مجاور به صورت متناوب (یک‌درمیان) بالا و پایین قرار می‌گیرند.

وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام پلی پپتید تشکیل می‌شود. پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی پپتیدها ساخته شده‌اند. هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آنها را شناسایی می‌کنند. اگرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.

تعداد پیوندهای پپتیدی همواره از تعداد آمینواسیدها کمتر است.  
 ← تعداد مولکول‌های آب تشکیل شده = تعداد هر پیوند

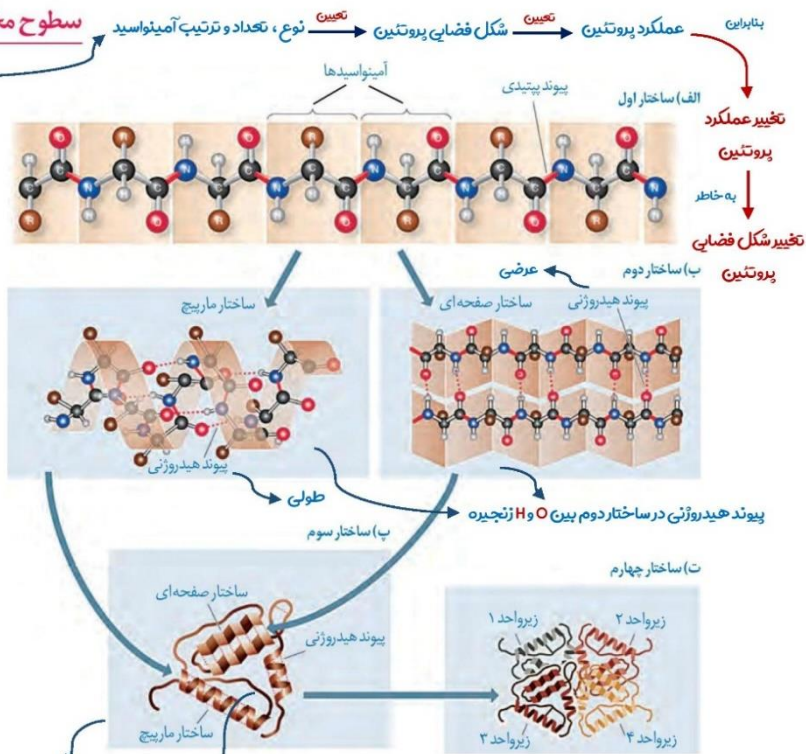


شکل ۱۶- تشکیل پیوند پپتیدی

سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند. یکی از راه‌های پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر محققین است. به ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها پی‌می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند. اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا به یاد می‌آورید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشته پلی پپتید تشکیل شده است. ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است (شکل ۱۷).

در پروتئین می‌توان آمینواسیدهایی را دید که نه در ساختار صفحه‌ای اند و نه در ساختار مارپیچ.



شکل ۱۷- ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

(ص ۱۸) پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و انشعاب دار از پلی پپتیدها ساخته شده‌اند. (خرداد ۱۳۹۹) - (دی ۱۴۰۰)  
 (ص ۱۸) اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، ..... بود. (دی ۱۳۹۸)

\* تغییر در یک آمینواسید قطعاً باعث تغییر در ساختار می‌شود؛ اما تغییر در یک آمینواسید می‌تواند باعث تغییر در عملکرد شود. (شاید هم عملکرد تغییری نکند.)

\* بسته به بنیان R آمینواسید می‌تواند قطبی (آبدوست) یا غیرقطبی (آبگریز) باشد.

**ساختار اول پروتئین - توالی آمینواسیدها:** نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد و خطی است. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل ۱۷-الف).

**ساختار دوم - الگوهای از پیوندهای هیدروژنی:** بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستند که به چند صورت دیده می‌شوند. دو نمونه معروف آنها ساختار مارپیچ و ساختار صفحه‌ای است (شکل ۱۷-ب).

**ساختار سوم - تاخورده و متصل به هم:** در ساختار سوم، تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل‌های متفاوتی در می‌آیند. تشکیل این ساختار در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است؛ به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود. مجموعه این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به صورت به هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند (شکل ۱۷-پ). بنابراین با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن را به شدت تغییر دهد. میوگلوبین نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم است (شکل ۱۸-الف).

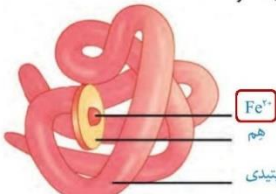
**ساختار چهارم - آرایش زیرواحد:** بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند، این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هر یک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند. نحوه آرایش این زیرواحد‌ها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود (شکل ۱۷-ت). هموگلوبین از چهار زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. دو زنجیره از نوع آلفا و دو زنجیره از نوع بتا است. هر نوع زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ در می‌آیند. در ساختار سوم هر یک از زنجیره‌ها به صورت یک زیرواحد، تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کند. در نهایت در ساختار چهارم، این چهار زیرواحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند (شکل ۱۸-ب).

تغییر در ساختار زنجیره‌های پلی‌پپتیدی هموگلوبین بر اثر جهش در ژن آن، می‌تواند منجر به کم‌خونی داسی شکل و در نتیجه افزایش ترشح اریتروپوئیتین از کلیه‌ها و کبد گردد.

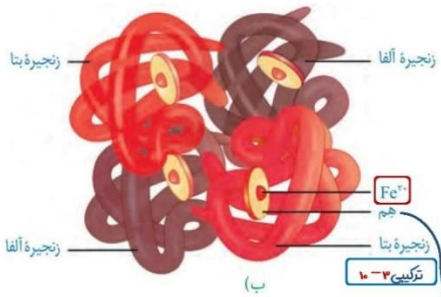
شکل پروتئین را ساختار اول تعیین می‌کند.

مثل ساختار اول!

مثل ساختار دوم!



شکل ۱۷-الف: مثل کم‌خونی داسی شکل! (Sickle cell anemia)



شکل ۱۸-الف: میوگلوبین با ساختار سوم  
ب: هموگلوبین با ساختار چهارم

(ص/غ) نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار نهایی چهارم میوگلوبین است. (خرداد ۱۳۹۸) - (خرداد ۱۳۹۹)

(جاخالی) زنجیره‌های سازنده هموگلوبین در ساختار دوم به شکل ..... در می‌آیند. (دی ۱۴۰۱)

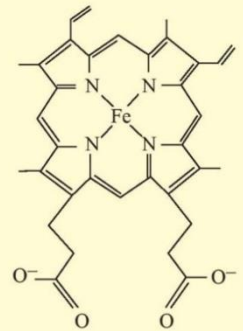
(پاسخ کلمه‌ای) بر هم‌کنش‌های آب‌گریز بین کدام گروه‌های تشکیل دهنده، آمینواسیدها باعث

تشکیل ساختار سوم پروتئین‌ها می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۱)

(پاسخ کوتاه) تشکیل کدام ساختار پروتئین‌ها در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است؟ (خرداد ۱۳۹۹)

بیشتر بدانید

هم (Heme) ترکیبی آهن دار و غیر پروتئینی است و در ساختار پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین و میوگلوبین وجود دارد. هم انواع متفاوتی دارد. فرمول شیمیایی رایج‌ترین آن  $C_{54}H_{72}N_4O_6Fe$  است. هر زنجیره هموگلوبین، یک گروه هم دارد که با داشتن اتم آهن می‌تواند به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین ظرفیت حمل چهار اکسیژن را دارد.



از این به بعد به هر پروتئینی رسیدید، نقشش رو مشخص کنید!!!

- نشانه‌ای ← مثل هورمون‌ها
- انتقالی ← مثل هموگلوبین
- انقباضی ← مثل اکترین و میوزن
- ساختاری ← مثل کلاژن
- دفاعی ← پادتن، اینترفرون‌ها و...
- ذخیره‌ای ← آلبومین
- آنزیم‌ها

نقش پروتئین‌ها

پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله **فعالیت آنزیمی** که در آن به صورت **کاتالیزورهای زیستی** عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند؛ مثلاً گیرنده‌های آنتی ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این پروتئین‌ها هستند.

برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند. پمپ سدیم - پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید، پروتئینی است که در غشا وجود دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟ کلاژن پروتئینی است که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شود. زردپی و رباط مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکترین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران رد و بدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آنها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

بعضی از پروتئین‌ها می‌توانند چند تا کار انجام دهند؛ ولی برخی

آنزیم‌ها

اختصاصی شده اند و فقط یک کار انجام می‌دهند

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را **انرژی فعال سازی** گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت و ساز مطرح می‌شوند همین طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده **انجام شدنی هستند** زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت و ساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود. آنزیم‌های ترشحاتی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های

آنزیم‌ها انرژی فعال سازی واکنش را فراهم نمی‌کنند؛ بلکه آن را کاهش می‌دهند.

به طور معمول انرژی فعال سازی واکنش‌ها از طریق ATP تامین می‌شود.

گروه آلی

باکس نکات:

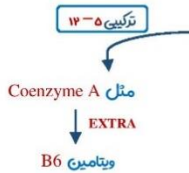
- (جاخالی) آنزیم‌هایی مثل پمپ سدیم - پتاسیم، فعالیت خود را در ..... انجام می‌دهند. (دی ۱۴۰۰)
- (بلند پاسخ) دو گروه از مواد آلی موجود در بدن جانداران که می‌توانند نقش آنزیمی داشته باشند را نام ببرید. (خرداد ۱۴۰۲)
- (پاسخ کلمه‌ای) پروتئینی که باعث استحکام بافت پیوندی و زردپی و رباط می‌شود چه نام دارد؟ (شهریور ۱۴۰۱)
- (پاسخ بلند) آنزیم‌ها چه تاثیری بر انرژی فعال سازی واکنش‌ها دارند؟ (شهریور ۱۴۰۱)
- (پاسخ بلند) نام دو پروتئین که در انقباض ماهیچه‌ها نقش دارند را بنویسید. (شهریور ۱۴۰۲)

مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم-پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

### ساختار آنزیم‌ها

بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**<sup>۱</sup> دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش ماده**<sup>۲</sup> در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند، پیش ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فرآورده**<sup>۳</sup> یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۱۹).

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند **کوآنزیم**<sup>۴</sup> می‌گویند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.

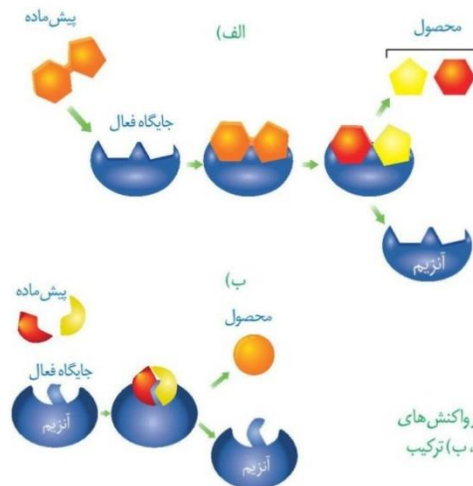


\* آنزیم‌ها توانایی تبدیل واکنش انجام‌نشده‌ی

به انجام‌شدنی را ندارند.

\* آنزیم‌ها همگی مولکول‌های آلی هستند؛ اما

پیش ماده آن‌ها می‌تواند آلی یا معدنی باشد.



- ۱- Active site  
۲- Substrate  
۳- Product  
۴- Coenzyme

alpschool.ir

(جاخالی) بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند که به این مواد

..... می‌گویند. (خرداد ۱۳۹۸)

(۲ گزینه‌ای) شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش ماده یا بخشی از آن (مشابه - مکمل) یکدیگرند.

(دی ۱۳۹۸)

(پاسخ کامل) آرسنیک چگونه مانع فعالیت آنزیم می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

مثل رویسکوا مثل:

تکلیف ۳-۴

## عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند. شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.

اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آنها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند.

آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیاورید؟

آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

تکلیف ۳-۴

پروتئین‌ها در بیشتر اتفاقات سلولی نقش دارند

هرچند واکنش دیدیم

آنزیم!

## بیشتر بدانید

## باکتری‌های مقاوم به گرما

بعضی باکتری‌ها در چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین فعالیت را دارند. دمای آنها هم درصد زیادی باز C و G دارد تا با سه پیوند هیدروژنی استحکام و ثبات بیشتری داشته باشد.

در دمای پایین برخورد پیش ماده و آنزیم کم می‌شود.

## عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

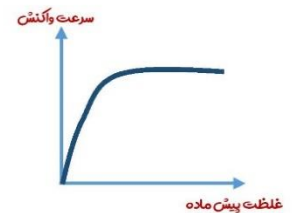
**pH محیط:** بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است؛ مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد.

هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن **pH بهینه** می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود ۸ دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

**دما:** آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیر طبیعی یا پرگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیر فعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیر فعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

**غلظت آنزیم و پیش ماده:** مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش ماده را در واحد زمان به فرآورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فرآورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

هرچه انرژی فعال سازی واکنش کاهش یابد، امکان برخورد مناسب مولکول‌ها و سرعت واکنش، افزایش می‌یابد.



## فعالیت ۲

الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟ تخریب آنزیم‌ها!  
ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟

غیرفعال کردن یک سرری آنزیم‌ها، همزمان با فعال بودن یک سرری آنزیم‌های مورد نظرا

alpschool.ir

(پاسخ بلند) تغییر pH محیط چگونه می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود؟ (شهریور ۱۴۰۱)

(پاسخ بلند) بین مساله تب و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

(پاسخ بلند) یاخته‌ها چرا به مقدار کم به آنزیم نیاز دارند؟ (دی ۱۳۹۹)

(پاسخ بلند) افزایش غلظت پیش ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد، تا چه زمانی می‌تواند باعث افزایش

سرعت واکنش شود؟ (شهریور ۱۳۹۹)

## کاربرد آنزیم‌ها در صنعت

از آنزیم‌ها در صنایع متفاوتی مانند تولید دارو، خوراکی، آشامیدنی و سوخت‌های زیستی استفاده می‌شود. مثلاً آنزیم سلولاز که در تجزیه سلولز به گلوکز نقش دارد از آنزیم‌های مورد استفاده در کاغذسازی و تولید سوخت زیستی است. آنزیم‌ها در صنایع غذایی، به ویژه صنایع لبنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. مایه پنیر در واقع نامی عمومی برای آنزیم‌هایی است که با دلمه کردن پروتئین شیر آن را به پنیر تبدیل می‌کنند. مایه پنیر را به‌طور سنتی از معده نوزادان (شیرخواران) جانورانی مانند گوسفند و گاو به دست می‌آورند. امروزه انواعی از مایه‌پنیرها وجود دارد که از گیاهان و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) به دست می‌آیند.

در صنایع شوینده با استفاده از لیپازها، پروتئازها و آمیلازها انواعی از شوینده‌ها با قدرت تمیزکنندگی بالا تولید می‌شوند. به نظر شما علت استفاده هریک از این آنزیم‌ها در شوینده‌ها چیست؟

alpschool.ir