



فصل ۱

## مولکول‌های اطلاعاتی

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

@Zistnovin

## نوکلئیک اسیدها

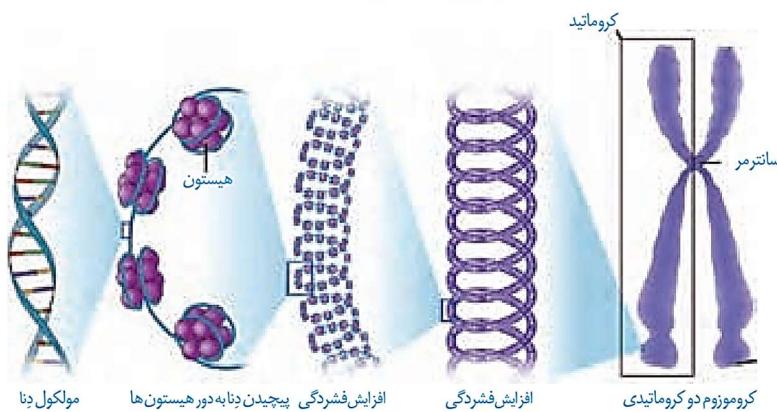
# گفتار ۱

نکات متن:

- هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل، اندازه، توانایی‌ها و... دارند. (این ویژگی‌ها در یاخته‌های مختلف، متفاوت است).
- ویژگی‌های یاخته‌ها 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 ژن‌ها ذخیره می‌شوند که خود ژن‌ها، بخش‌هایی از مولکول DNA (دنا) می‌باشند.

یادآوری:

ماده ژنتیکی موجود در هسته = فامتن‌ها (کروموزوم‌ها) و هر فامتن تشکیل شده از : DNA + پروتئین (هیستون‌ها)



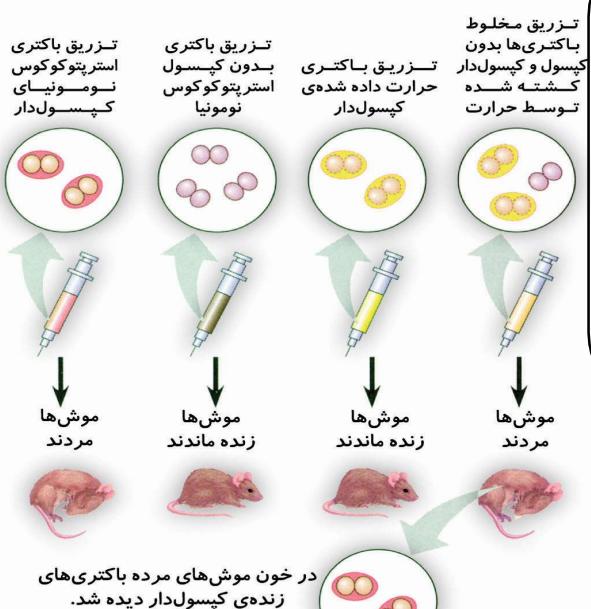
آزمایش گرفیتیت:

گرفیتیک باکتری‌شناس بود

هدف آزمایش: کشف واکسن علیه باکتری مولد آنفولانزا (استرپتوکوکوس نومونیا)

- دو نوع از این باکتری وجود دارد
- ✓ نوع پوشینه‌دار (کپسول‌دار) این باکتری موجب بیماری (سینه پبلو یا آنفولانزا) می‌شود.
  - ✓ نوع بدون پوشینه این باکتری قبل از اینکه بخواهد بیماری ایجاد کند، توسط سیستم ایمنی بدن از بین می‌رود.
- باکتری استرپتوکوس نومونیا**

### آزمایش گریفیت (در جستجوی ماده‌ی ژنتیک):



### نتایج آزمایش گریفیت:

- کپسول باکتری عامل مرگ موش‌ها نیست.
- باکتری‌های بدون کپسول با دریافت مواد ژنتیکی از محیط خارج (در مرحلهٔ چهارم آزمایش) در خصوصیات ظاهری خود تغییراتی پدید می‌آورند.
- از نتایج این آزمایشها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر منتقل شود ولی ماهیت این مادهٔ و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.



عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دنا است

### آزمایش آقای ایوری و همکاران

#### مراحل آزمایش:

۱. استخراج عصارهٔ سلولی باکتری‌های (استرپتوکوس نومونیا) پوشینه‌دار کشته شده
۲. افزودن آنزیم تخریب‌کنندهٔ پروتئین‌ها (پروتئازها) به عصاره و در نتیجه تمام پروتئین‌های موجود در عصاره از بین رفت.
۳. وقتی عصارهٔ فاقد پروتئین‌ها را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می‌گیرد؛ نتیجه گرفتند که پروتئین‌ها مادهٔ وراثتی نیستند.
۴. در آزمایش دیگری مخلوط به دست آمده را در یک گریزانه (سانتریفیوژ) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به صورت لایه‌لایه جدا کردند. با اضافه کردن هریک از لایه‌ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد انجام می‌شود.

پسندیدنی ← انتقال صفت فقط زمانی رخ می‌دهد که DNA وجود داشته باشد.

**نتیجه آزمایش:** ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است. به عبارت ساده‌تر، دنا همان ماده وراثتی است.

**نکته:** نتایج به دست آمده مورد قبول عده ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پیر و تئیرها ماده وراثتی هستند.

## آزمایش ایوری (کشف ماده‌ی وراثتی) :

آزمایش تحکیم ادعای اپوری

مراحل آزمایش:

#### ۱. استخراج عصاره سلولی باکتری‌های (استرپتوکوکوس نومونیا) پوشینه‌دار

استخراج عصاره‌ی سلولی باکتری‌های کپسول‌دار و اضافه کردن آنزیم‌های مختلف

کربوهیدرات

لیپاز

عصاره سلولی باقی‌مانده برای ترانسفورماتیون در باکتری‌های بدون کپسول آزمایش شد.

باکتری کپسول‌دار

باکتری بدون کپسول

باکتری کپسول‌دار

باکتری کپسول‌دار

آن تجزیه شده است باعث ترانسفورماتیون نمی‌شود.

**نکته:** عصاره سلولی همه ۴ گروه مواد شیمیایی درون باکتری یعنی اسیدهای نوکلئیک، کربوهیدرات، لیپید و پروتئین‌ها را دارد.

۲. تقسیم عصاره به چند قسمت و افزودن یک آنزیم تخریب کننده مواد آلی به هر قسمت.

۳. افزودن هر کدام از این عصاره‌ها به باکتری‌های زنده بدون کپسول برای انتقال صفت.

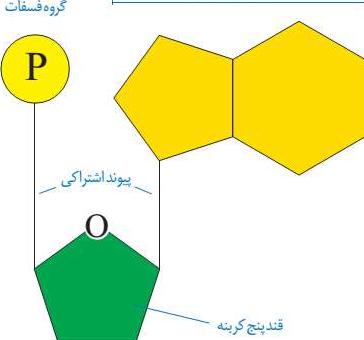
نتیجه  $\leftrightarrow$  انتقال صفت فقط در عصاره‌ای که آنزیم تخریب کننده DNA

۲) انتقال صفت فقط زمانی رخ می دهد که DNA تخریب نشده باشد.

ساختار نوکلئیک اسید

انواع نوکلئیک اسیدها: DNA (دئوكسی ریبونو کلئیک اسید) و RNA (ریبونو کلئیک اسید)

واحدهای ساختاری اسیدهای نوکلئیک : نوکلئوتید  $\leftarrow$  یعنی همه نوکلئیک اسیدها بسیارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام نوکلئوتید هستند.



- قند ۵ کربنی  $\leftrightarrow$  ریبوز در RNA و دئوکسی ریبوز در DNA

- یک باز آلم

۳- یک تا سه گروه فسفات

اجزای یک نوکلئوتید

نکته: دئوکسی ریبوز، یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد.

### انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار در ساختمان نوکلئیک اسیدها:

۱- بازهای پورینی (دو حلقه‌ای): آدنین (A) و گوانین (G)

۲- بازهای پریمیدینی (نک حلقه‌ای): سیتوزین (C)، تیمین (T) و یوراسیل (U)

### نکات:

۱- در DNA باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در RNA به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.

۲- برای تشکیل بک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند.

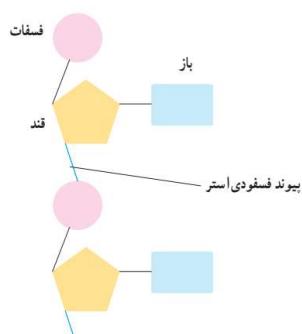
۳- نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند.

۴- پیوند بین دو نوکلئوتید مجاور (پشت سرهم): نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام فسفودی استر به هم متصل می‌شوند و رشته پلی نوکلئوتیدی را می‌سازند.

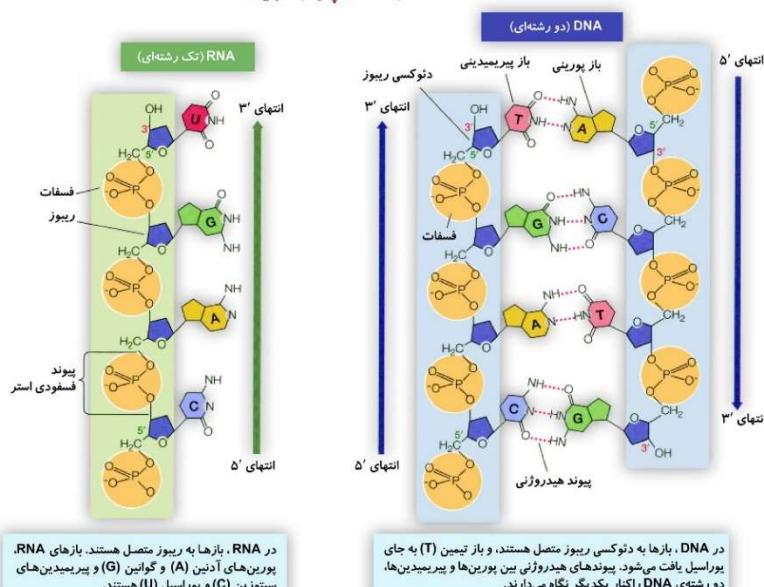
در پیوند فسفودی استر، فسفات نوکلئوتید پائینی به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید بالایی متصل می‌شود.

۵- رشته‌های پلی نوکلئوتیدی یا به تهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند مثل RNA، یا به صورت دو تایی مقد نوکلئیک اسیدهایی مثل DNA را می‌سازند.

۶- در مولکول DNA، پیوند بین دو نوکلئوتید مقابله هم، بین بازهای نیتروژن‌دار برقرار شده و از نوع هیدروژنی است.



#### رشته‌های پلی نوکلئوتیدی:



- ۷- دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی نیز می‌توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقی را ایجاد کنند؛ برای مثال دنا در باکتری‌ها، داخل میتوکندری و کلروپلاست به صورت حلقی است.
- ۸- در نوکلئیک اسیدهای خطی، گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشته دنا و رنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد.
- ۹- نوکلئوتیدهای داخل زنجیره که با نوکلئوتید بالایی پیوند فسفودی استری دارند، یک گروه فسفات دارند اما در هر زنجیره نوکلئوتیدی که در انتهای زنجیره قرار دارد، سه گروه فسفات دارد.

## جمع‌بندی:

۱- پیوندهای درون نوکلئوتیدی  
 ۲- پیوندهای بین نوکلئوتیدی

انواع پیوندهای موجود در یک مولکول DNA

تفاوت‌های RNA و DNA :

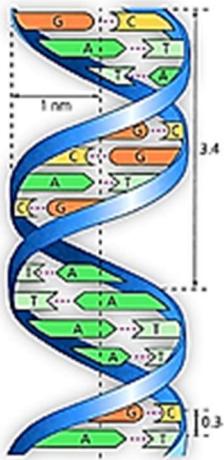
- ۱
- ۲
- ۳
- ۴

DNA

## نسبت بازهای آلی:

- در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکولهای دنا از هر جانداری که به‌دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد.
- مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دناهای طبیعی موجودات نشان داد که: مقدار آدنین موجود در دنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابر می‌کند ( $C = G$  و  $A = T$ ).
- تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد: چون در دو رشته DNA نوکلئوتیدهای آدنین دار در مقابل نوکلئوتیدهای تیمین دار قرار گرفته و نوکلئوتیدهای سیتوزین دار

درباره نوکلئوتیدهای گوانین دار قرار می‌گیرد. یعنی همیشه یک باز پورینی در برابر یک باز پرمیدینی قرار دارد.



### استفاده از پرتو ایکس برای تپیه تصویر از دنا

ویلکینز و فرانکلین با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دنا تصاویری تپیه کردند.

- ۱- مولکول دنا حالت مارپیچی دارد
  - ۲- مولکول دنا بیش از یک رشته دارد
  - ۳- تشخیص ابعاد مولکول‌ها
- } یافته‌های ویلکینز و فرانکلین

### مدل مولکولی دنا (مدل نرdban مارپیچ)

- واتسون و کریک با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تپیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته‌های خود، مدل مولکولی نرdban مارپیچ را ساختند.
- نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

### نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

- ۱- هر مولکول دنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند.
- ۲- این مارپیچ اغلب با یک نرdban پیچ‌خورده مقایسه می‌شود: ستون‌های این نرdban را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند.
- ۳- بین قند یک نوکلئوتید و فسفات نوکلئوتید دیگر پیوند فسفودی استر و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است.



۴- پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. این پیوندها بین جفت بازها

به صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند: آدنین (A) با تیمین (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین (G) با سیتوzin (C) جفت می‌شوند. به این جفت بازها، بازهای مکمل می‌گویند.

۵- بین C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود.

۶- مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش‌های چارگاف را نیز تأیید می‌کند.

۷- قرارگیری جفت بازها به این صورت دو مزیت دارد:

الف- موجب می‌شود تا قطر مولکول در سراسر آن یکسان باشد. چون در هر صورت یک باز تک‌حلقه‌ای در مقابل یک باز دو‌حلقه‌ای قرار می‌گیرد.

ب- جفت شدن بازهای مکمل نتیجهٔ دیگری هم دارد و آن این‌که اگرچه دو رشته یک مولکول دنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند 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.

ـ ثابت ماندن قطر دنا باعث پایداری اطلاعات آن شده و در فشرده شدن بیشتر فامتن‌ها مؤثر است.

ـ ۹- اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دنا حالت پایدارتری می‌دهد.

ـ ۱۰- دو رشته دنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی از نقاط از هم جدا شوند و بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد و ظایف خود را انجام دهند.

### رِنا و انواع آن

رِناها نقش‌های متنوعی دارند که در اینجا به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود:

- ـ ۱- رِنای پیک (mRNA): اطلاعات ژن‌ها را از دنا به رِناتن‌ها (ریبوزوم‌ها) می‌رساند. رِناتن با استفاده از اطلاعات رِنای پیک، پروتئین‌سازی می‌کند. هر رِنای پیک حاوی اطلاعات لازم برای ساخته شدن یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی (چند آمینواسیدی) می‌باشد.
- ـ ۲- رِنای ناقل (tRNA): آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رِناتن‌ها می‌برد.

- ـ ۳- رِنای رِناتنی (rRNA): در ساختمان رِناتن‌ها، علاوه بر پروتئین، رِنای رِناتنی نیز حضور دارد. یعنی: رِناتن = نکته: علاوه بر نقشهای بالا، برای رِناتن‌ها نقشهای آتزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز مطرح می‌شود.

### ژن چیست؟

طبق آزمایشات ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند.

تعریف ژن: ژن بخشی از مولکول DNA است که اطلاعات لازم برای تولید رِنا (RNA) یا پلی‌پپتید را در خود دارد.

دحالات نوکلئوتیدها در واکنشهای سوخت و سازی

نوکلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار دنا و رنا، نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته بر عهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین‌دار 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 ناقل الکترون را بر عهده دارند نظیر:

: NADP

: NAD

: FAD

نکته: ATP به دو طریق در بدن انسان ساخته می‌شود:

- ۱

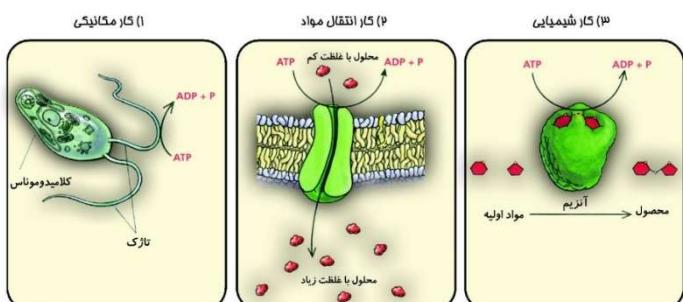
- ۲

نکته: ATP در گیاهان به دو طریق ساخته می‌شود:

- ۱

- ۲

**موارد کاربرد ATP :**



## گفتار ۲ همانندسازی دنا



\* تعریف: به ساخته شدن مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی **همانندسازی** گویند.

نکته: همانندسازی در مرحله S یا سنتز چرخه سلولی (قبل از میتوز یا میوز) انجام می‌شود.

### انواع طرح‌های مطرح شده در باره همانندسازی:

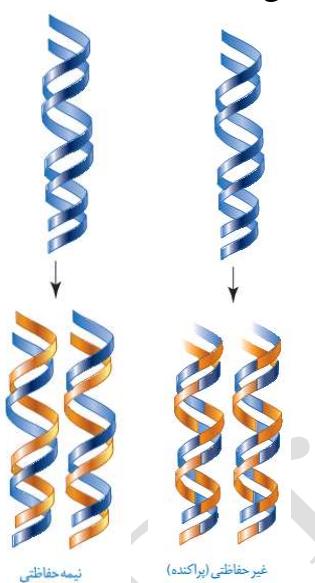
**۱- همانندسازی حفاظتی:** در این طرح هر دو رشته دنای قبلی (اولیه) به صورت دست نخورده باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشته دنای جدید (که از روی دنای قدیمی ساخته شده‌اند) هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. چون دنای اولیه به صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی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

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

### 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.

### آزمایش مژلسون و استال برای تعیین طرح اصلی همانندسازی:



۱- ابتدا مولکول دنای مادر (مولکولی که رونویسی از روی آن انجام می‌شود) را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن ( $N^{15}$ ) دارند، نشانه‌گذاری کردند. برای این منظور، اجازه دادند تا باکتری E.Coli در محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای  $N^{15}$  برای چندین نسل رشد و تکثیر انجام دهد.

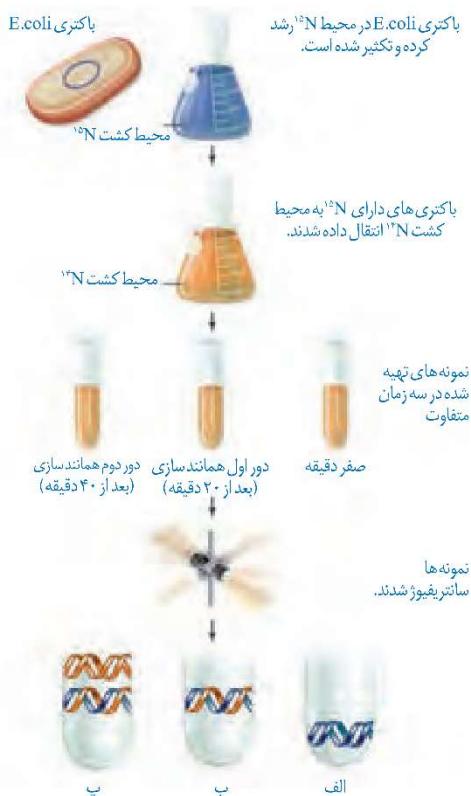
نکته: دناهایی که با  $N^{15}$  ساخته می‌شوند نسبت به دنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود  $N^{14}$  دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، با ابزارهایی مثل **فراگریزانه** (سانتریفیوژ سرعت بالا) می‌توان آنها را از هم جدا کرد.

۲- پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند. سپس این باکتریها را به محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای  $N^{14}$  منتقل کردند.

نکته: با توجه به اینکه تقسیم باکتریها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتریها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

۳- برای سنجش چگالی دنها در هر فاصله زمانی، دنای باکتریها را استخراج و در محلول از سزمیم کلرید در سرعتی بسیار بالا گریز می‌دادند (سانتریفیوژ می‌کردند). با توجه به اینکه در گریزانه، میزان حرکت مواد در محلول براساس چگالی است و مواد سنتیگن‌تر تر نتیر حرکت می‌کنند، توانستند براساس میزان حرکت، نوع دنای تشکیل شده در هر مرحله را تشخیص دهند.

\* نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دنا، نیمه حفاظتی است.



شکل ۱۰- آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به دست آمده:

الف) دنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دنای آنها N¹⁵ و چگالی سنتیگینی داشت.

ب) دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی N¹³ (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن نواری در میانه لوله تشکیل دادند. پس دنای آنها چگالی متوسط داشت.

پ) دنای 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؟

نکته: از نظر چگالی :

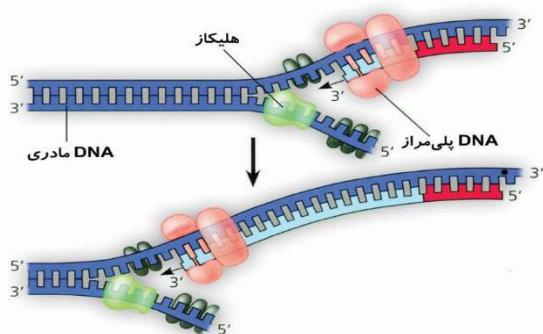
$\text{DNA دارای } \text{N}^{15} < \text{DNA دارای } \text{N}^{15} \text{ و } \text{N}^{14} < \text{DNA دارای } \text{N}^{14}$

#### عوامل مورد نیاز جهت همانندسازی:

۱- مولکول DNA الگو: مولکولی است که از روی آن دو زنجیره دنای جدید ساخته می‌شوند.

۲- واحدهای سازنده دنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدهای نوکلئوتیدی‌های ازاد داخل یاخته و سه فسفاتی‌های هستند که در لحظه اتصال به رشته پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.

۳- آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن باز کردن دو رشته (هلیکاز) نوکلئوتیدها را به صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی‌استر به هم وصل می‌کند (دنباسپاراز).



#### مراحل همانندسازی

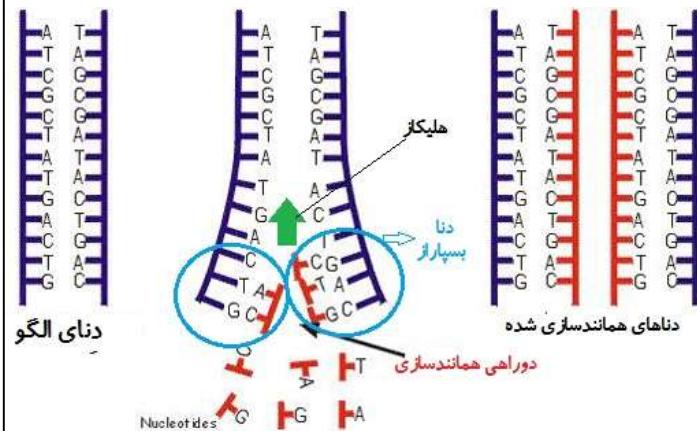
۱- باز شدن پیچ و تابهای DNA و جدا شدن هیستون‌ها توسط آنزیم هلیکاز

۲- سپس جدا شدن دو رشته دنا از یکدیگر توسط آنزیم هلیکاز و ایجاد فاصله بین دو رشته: آنزیم هلیکاز در این مرحله پیوندهای هیدروژنی

را می‌شکند تا دو رشته را مانند زیپ از یکدیگر باز کند.

**نکته:** مراحل ۱ و ۲ قبل از آغاز همانند سازی انجام می‌شوند.

۳- آنزیم دنابسپاراز (DNA پلیمراز) نوکلئوتیدهای مکمل (نوکلئوتیدهای ۳ فسفاته آزاد) را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند. قرار گیری نوکلئوتیدها در مقابل یکدیگر موجب ایجاد پیوند هیدروژنی بین جفت بازهای مکمل می‌شود.



**نکته:** 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.

۴- پس آنزیم دنابسپاراز بین نوکلئوتیدهای مجاور، پیوند فسفودیاستری ایجاد می‌کند (فعالیت بسپارازی یا پلیمرازی آنزیم). در هنگام تشکیل پیوند فسفودیاستری، نوکلئوتیدهای ۳ فسفاته، دو فسفات خود را از دست می‌دهند و به صورت یک فسفاته به زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی متصل می‌شوند.

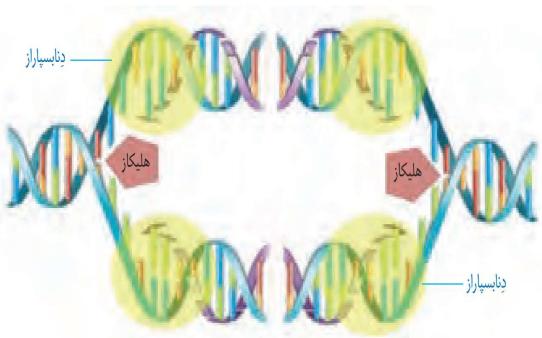
۵- مرحله ویرایش: آنزیم دنابسپاراز پس از ایجاد هر پیوند فسفودیاستری برمی‌گردد و رابطه مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطه آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دنا جدا کند. توانایی بریدن دنا را فعالیت نوکلئازی گویند که در آن پیوند فسفودی استر می‌شکند.

} انواع فعالیت‌های  
آنزیم دنا بسپاراز

- ۱- فعالیت بسپارازی (پلی‌مرازی):
- ۲- فعالیت نوکلئازی:

**نکته ۱:** فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود، **ویرایش** می‌گویند.

**نکته ۲:** همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تا حدود زیادی مربوط به رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها است و پس از آن مربوط به فعالیت نوکلئازی آنزیم دنابسپاراز می‌باشد.



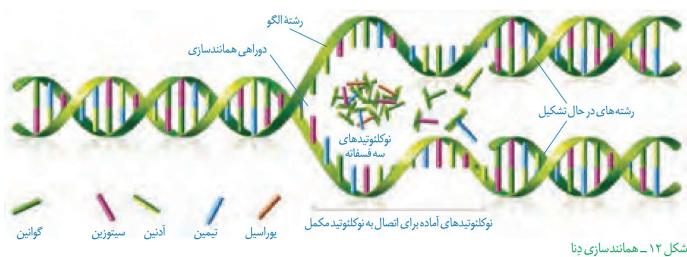
### جایگاه و دوراهی همانندسازی

محل انجام همانندسازی که دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند را **جایگاه همانندسازی** می‌نامند.

**نکته ۱:** تحقیقات نشان داده است که در جایگاه همانند سازی دو رشته از هم بازمی‌شوند. بقیه قسمتها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.

**نکته ۲:** در هر جایگاه همانندسازی، ۲ تا دوراهی همانندسازی داریم که در هر دوراهی همانندسازی، یک آنزیم هلیکاز و دو آنزیم دنابسپاراز فعالیت می‌کنند، پس در مجموع در یک جایگاه همانند سازی: ۲ آنزیم هلیکاز و ۴ آنزیم دنابسپاراز داریم.

**دوراهی همانندسازی:** در محلی که دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند (جایگاه همانندسازی)، دو ساختار Z مانندی به وجود می‌آید که به هریک از آنها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصله بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی استر جدیدی در حال تشکیل هستند.



شکل ۱۲ - همانندسازی دنا

### همانند سازی در پیش‌هسته‌ایها (پروکاریوت‌ها) و هوهسته‌ایها (بیوکاریوت‌ها)

\* **پیش‌هسته‌ای‌ها شامل:** تمام باکتری‌ها می‌شوند.

- ۱- مولکول‌های وراثتی آن‌ها درون غشاء قرار ندارد (یعنی هسته مشخصی ندارند)
- ۲- فامتن اصلی به صورت یک مولکول دنای حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای-پلاسمایی یاخته متصل است. (\* فقط یک کروموزوم یا فامتن دارند)
- ۳- پروتئین متصل به دنا (مثل هیستون) ندارند
- ۴- علاوه بر دنای اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دنای دیگر به نام دیسک (پلازمید) یا دنای کمکی در اختیار داشته باشند.
- ۵- اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها، دارای یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود می‌باشند.

**ویژگی‌های ماده ژنتیک در پیش‌هسته‌ایها**

نکته: اطلاعات موجود در دیسک می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها.

\* **هوهسته‌ای‌ها شامل:** بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچها، گیاهان و جانوران می‌باشند.

نکته: هوهسته‌ای‌ها = تمام جانداران بجز باکتری‌ها.

- ۱- دنا در هر فامتن به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئینها که مهمترین آنها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند.
- الف) دنای هسته‌ای: شامل فامتن‌ها و بیشتر دنا بوده که درون هسته قرار دارند.
- ب) دنای سیتوپلاسمی: این نوع از دنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و سبزدیسه (کلروپلاست) دیده می‌شود.
- ۳- دارای چندین جایگاه همانندسازی در دنای خود می‌باشد.

ویژگی‌های ماده ژنتیک  
هوهسته‌ای‌ها

## نکات:

- ۱- به جز هیستون‌ها، انواعی دیگر از پروتئین‌ها نیز در اتصال با دنای هوهسته‌ای‌ها قرار دارند.
- ۲- هوهسته‌ای‌ها بیش از یک فامتن (کروموزوم) دارند.
- ۳- دنای سیتوپلاسمی هوهسته‌ای‌ها همانند دنای اصلی و کمکی (دیسک‌ها) در پیش‌هسته‌ای‌ها، حلقوی می‌باشد.

## مقایسه همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها:

## ۱- در پیش‌هسته‌ای‌ها:

اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند. این نقطه در بخش خاصی از دنا قرار دارد در این جایگاه دو رشته دنا از هم باز می‌شوند. پژوهش‌ها نشان داده است همانندسازی دوچشمی در باکتریها هم وجود دارد. یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد.

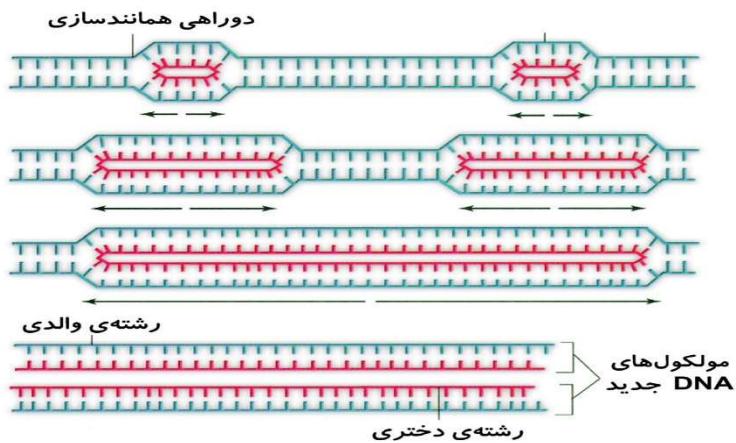


## ۲- در هوهسته‌ای‌ها:

- همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها بسیار پیچیده‌تر از پیش‌هسته‌ای‌ها است. علت:
  - الف- وجود مقدار زیاد دنا
  - ب- قرار داشتن دنا در چندین فامتن که هر کدام از آنها چندین برابر دنای 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 هوهسته‌ای‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فامتن انجام می‌شود.
- تعداد نقطه‌های آغاز همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در ابتدای تقسیمات یاخته‌ای تعداد جایگاه آغاز همانندسازی کمتر و هنگاهی که سرعت تقسیم یاخته زیاد می‌شود تعداد جایگاه آغاز همانندسازی نیز افزایش می‌یابد. پس از آن اگر سرعت تقسیم بخواهد کاهش یابد تعداد جایگاه آغاز هم کاهش می‌یابد.
- در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندامها سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند.

## همانندسازی در یوکاریوت‌ها از چندین نقطه شروع می‌شود:

نکات شکل:



جدول مقایسه‌ای همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها

نوع جاندار	نوع دنا	طول دنا	تعداد جایگاه‌های همانندسازی	سرعت همانندسازی
پیش‌هسته‌ای	حلقوی	کم	یک جایگاه در هر مولکول دنا	کم و غیرقابل تنظیم
هوهسته‌ای	خطی	زیاد	چندین جایگاه در هر مولکول دنا	قابل تنظیم

## گفتار ۳

# پروتئین‌ها

**تعريف پروتئین‌ها:** یکی از چهار درشت مولکول‌های مهم بدن می‌باشد که بسپارهای خطی از آمینواسیدها هستند.  
(یعنی هر پروتئین از تعداد زیادی آمینواسید تشکیل شده است).

**نکته:** ساختار و عمل پروتئین‌ها بستگی دارد به  $\leftarrow$  نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین

**ساختار کلی آمینواسیدها:**

یک اتم کربن مرکزی به چهار گروه مختلف اتصال دارد:

۱- یک گروه آمین ( $\text{NH}_2$ ): در محیط آبی بار مثبت (+) می‌گیرد.

۲- یک گروه اسیدی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ): در محیط آبی بار منفی (-) می‌گیرد.

۳- یک اتم H

۴- گروه R: در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

**پیوند پپتیدی**

پیوندی است اشتراکی بین گروه آمین یک آمینواسید با گروه کربوکسیل آمینواسید دیگر و موجب اتصال دو آمینواسید به یکدیگر می‌شود.

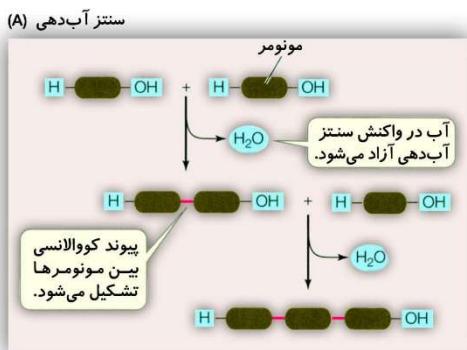
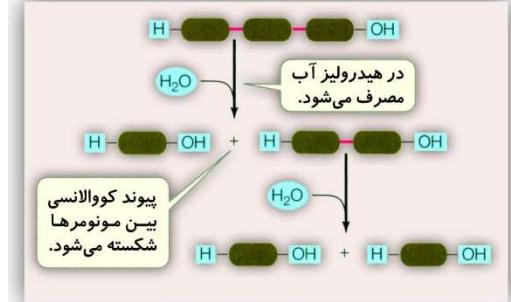
**نحوه ایجاد پیوند پپتیدی:**

در محیط آبی، گروه آمین بار مثبت و گروه کربوکسیل بار منفی به خود می‌گیرد  $\leftarrow$  این دو گروه می‌توانند به یکدیگر نزدیک شده و با کمک آنزیم، واکنش سنتز آبدھی انجام دهند.

**واکنش سنتز آبدھی:** واکنشی است که در آن دو منومر یا تک‌پاره (مانند دو آمینواسید) به یکدیگر متصل می‌شوند و به ازای پیوند ایجاد شده، یک مولکول آب آزاد می‌شود.

**نکته:** واکنش سنتز آبدھی، عکس واکنش آبکافت (هیدرولیز) می‌باشد.

آبکافت یا هیدرولیز (B)



**تشکیل پروتئین‌ها**

**پلی‌پپتید:** وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیرهای از آمینواسیدها به نام **پلی‌پپتید** تشکیل می‌شود.

- \* تمام پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها 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.
- \* گرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.

۸ عدد ضروری می‌باشند. یعنی در بدن انسان (بالغ) ساخته نمی‌شوند و باید همراه مواد غذایی وارد بدن شوند.	}	۲۰ از این نوع آمینواسید
۱۲ عدد غیر ضروری هستند. یعنی در بدن افراد ساخته می‌شوند.		

**نکته مهم:** آمینواسیدهای ضروری در بدن نوزادان و کودکان ساخته می‌شود.

**سطح مختلط ساختاری در پروتئین‌ها**

\*\* در پاراگراف دوم صفحه ۱۶ کتاب آمده است: «ساختار و عمل پروتئین‌ها بستگی دارد به ← نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین» اما کتاب در اینجا می‌گوید: «شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند.»

☞ نتیجه گیری مهم: علاوه بر نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها، شکل فضایی پروتئین نیز در عملکرد آن موثر است، اما ساختار پروتئین، فقط بستگی به نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها دارد.

☞ یکی از راههای پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه‌بعدی پروتئینها پی‌می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.

**نکته:** از پرتوهای X علاوه بر تعیین ساختار پروتئین‌ها، در تعیین ساختار مولکول DNA نیز استفاده شده است.

**نکته:** علاوه بر پرتوهای ایکس، روش‌های دیگری نیز برای تعیین ساختار پروتئین‌ها وجود دارند.

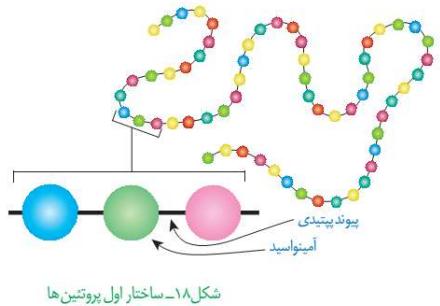
\* اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. این پروتئین از یک رشته پلی‌پپتید تشکیل شده است.

**نکته:** میوگلوبین نقش ذخیره اکسیژن را در تارهای ماهیچه‌ای بر عینده دارد.

☞ ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است (یعنی اگر مثلاً پروتئینی ساختار دوم را نداشته باشد، نمی‌تواند ساختار سوم را داشته باشد).

بزارید با یک مثال بحث موضوع رو برآتون روشن کنم، هر ساختار پروتئین برابر با یک طبقه از یک آپارتمان است تا طبقه اول ساخته نشود، طبقه دوم نمی‌تواند ساخته شود و همین‌طور برای ساخت طبقه سوم، هم‌تا قبیلش باید طبقه دوم ساخته شود.

### ساختار اول پروتئین — توالی آمینواسیدها :



□ ترتیب قرار گرفتن آمینواسیدها به صورت خطی، ساختار اول پروتئین‌ها را مشخص می‌کند.

□ ساختار اول با ایجاد پیوندهای پیپیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است.

□ نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، در ساختار اول هر پروتئین مهم است؛

زیرا: 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.

### ساختار دوم — الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی :

□ بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پیپیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود که این پیوندها، منشاءٔ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستند.

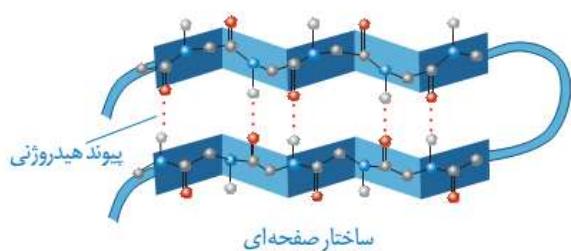
□ دو نوع ساختار دوم در پروتئین‌ها مشاهده می‌شود:

پیوند هیدروژنی



ساختار ماریچ و ساختار صفحه‌ای.

ساختار ماریچ



□ ساختار نهایی بعضی از پروتئینها می‌تواند همین ساختار دوم باشد.

□ مثالی برای ساختار صفحه‌ای: منافذ غشایی، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار صفحه‌ای هستند که در کنار هم منظم شده‌اند.

□ مثالی برای ساختار ماریچ: در هموگلوبین زنجیره‌های پیپیدی ماریچی با همکاری همدیگر مولکول هموگلوبین را می‌سازند که هر کدامشان خصوصیات ساختار دوم را دارند.

### ساختار سوم — تاخورده و متصل به هم:

□ ساختار سوم، ساختار سه‌بعدی پروتئین‌هاست که در آن با تاخورده‌گی بیشتر صفحات و مارپیچ‌های ساختار دوم به شکل کروی در می‌آیند.

□ تشکیل این ساختار در اثر پیوندهای آب گریز 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 ثابت می‌شود.

□ مجموعه این نیروها قسمتهای مختلف پروتئین را به صورت بهم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند. 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 آنها را به شدت تغییر دهد.

☞ پس به طور خلاصه: تاخورده‌گی ساختار دوم و ایجاد پیوندهای آبگریز (هیدروژنی، اشتراکی و یونی) بین گروههای R، ساختار سوم را بوجود می‌آورند و در نتیجه بوجود آمدن این ساختار، پروتئین‌ها به یک ثبات نسبی می‌رسند.

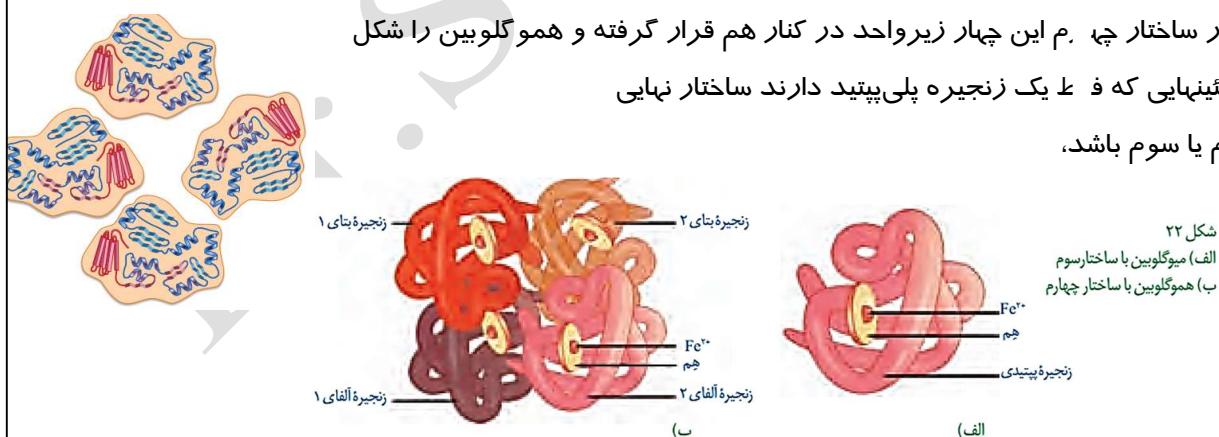
### ساختار چهارم — آرایش زیرواحدها:

□ بعضی از پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند.

□ این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پیتید در کناء یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هریک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل گیری دارند. نحوه آرایش این زیرواحدها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود.

□ هموگلوبین چهار زنجیره را دو نوع متفاوت دارد. هر زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ دارد. آبند. در ساختار سوم هریک از زنجیره‌ها به صورت یک زیر واحد تاخورده و شکل خاصی پیدا

می‌کنند. در نهایت در ساختار چهارم این چهار زیر واحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند. برای پروتئینهایی که فقط یک زنجیره پلی‌پیتید دارند ساختار نهایی می‌تواند ساختار دوم یا سوم باشد،



نکات شکل:

-۱

-۲

جدول مقایسه‌ای ساختارهای پروتئین‌ها

انواع ساختار	تعريف	علت تشکیل	انواع پیوندها	فرآوانی
ساختار اول	توالی خطی آمینواسیدها	ایجاد پیوندهای پیتیدی بین آمینواسیدها	پیتیدی	در تمام پروتئین‌ها
ساختار دوم	الگوهای از پیوندهای هیدروژنی	ایجاد پیوندهای پیتیدی بین بخش‌هایی از یک زنجیره پلی‌پیتیدی و تاخوردهی زنجیره‌های پلی‌پیتیدی	هیدروژنی پیتیدی	در تمام پروتئین‌ها
ساختار سوم	تاخورده و متصل به هم	ایجاد پیوندهای مختلف بین گروه‌های R آمینواسیدها $\leftarrow$ تاخورده‌گی بیشتر ساختارهای دوم $\leftarrow$ ایجاد شکل کروی	پیتیدی، هیدروژنی، یونی اشتراکی مثل دی‌سولفیدی	بیشتر پروتئین‌ها
ساختار چهارم	آرایش زیرواحدها	دو یا چند زنجیره پلی‌پیتید در کنار یکدیگر قرار گرفته و با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند	تمام پیوندهای ساختار سوم را دارد	در برخی از پروتئین‌ها (آنها که بیش از یک زنجیره پلی‌پیتیدی دارند)

نکتهٔ ترکیبی مهم: پروتازهای معده ساختارهای چهارم، سوم و دوم پروتئین‌ها را آبکافت (هیدرولیز) کرده و زنجیره‌های پلی‌پیتیدی کوتاه ایجاد می‌کنند (یعنی توانایی آبکافت همهٔ پیوندهای پیتیدی ساختار اول را ندارند) اما پروتازهای رودهٔ باریک و پانکراس، تمامی پیوندهای پیتیدی ساختار اول را آبکافت کرده و آمینواسیدها را یکی از یکدیگر جدا می‌کنند.

### نقش پروتئین‌ها

پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند.

انواع نقش‌های پروتئین‌ها:

#### ۱- نقش آنزیمی:

بیشتر آنزیم‌های بدن از جنس پروتئین هستند.

پروتئین‌های آنزیمی، به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

#### ۲- نقش ایمنی:

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند و میکروب‌های خارجی، یاخته‌های سرطانی یا مولکولهای دیگر را تشخیص می‌دهند که به آن‌ها گیرنده‌های آنتی‌ژنی می‌گویند.

گلوبولین‌های دفاعی هم که پادتن‌ها را می‌سازند مثالی از این نوع پروتئین هستند.

\* سایر پروتئین‌های ایمنی: پادتن‌ها، اینترفرون‌ها، پروتئین‌های مکمل، پرفورین.

**نکتهٔ ترکیبی:** پادتن‌ها هم توسط لنفوسیت‌های B که نوعی گلبول (گویچه) سفید است ساخته می‌شوند و هم توسط نوعی پروتئین به نام گلوبولین.

### ۳- پروتئین‌های انتقالی:

**هموگلوبین:** انتقال گازهای تنفسی و تنظیم PH خون.

**آلبومن‌ها:** انتقال بعضی از داروها نظیر پنی‌سیلین (علاوه بر این، در حفظ فشار اسمزی نیز موثرند).

### ۴- پروتئین‌های غشایی:

**کانال‌ها:** پروتئین‌هایی که در انتشار تسهیل شده دخالت دارند و بدون صرف انرژی و در جهت شبی غلظت، مواد را جابجا می‌کنند.

**نکته:** کانال پروتونی موجود در غشای تیلاکوئیدها، فعالیت آنزیمی نیز دارد و ATP می‌سازد.

**پمپ‌ها:** در انتقال فعال نقش دارند و مواد را در خلاف جهت شبی غلظت و با صرف انرژی جابجا می‌کنند. مثل کانال سدیم - پتانسیم در غشای نورون‌ها که فعالیت آنزیمی هم دارد (با هیدرولیز یک مولکول ATP، انرژی لازم برای انتقال سه یون سدیم به خارج از نورون و ورود دو یون پتانسیم به داخل نورون را فراهم می‌آورد).

### ۵- پروتئین‌های رشته‌ای:

**فیبرین:** به صورت فیبرینوژن در خوناب محلول است و توسط ترومیبین تبدیل به رشته‌های نامحلول فیبرین می‌شود. رشته‌های نامحلول فیبرین در ایجاد لخته خون نقش دارند.

**کلارژن:** در بافت‌های پیوندی از بخش‌های مختلف بدن حفاظت می‌کند.

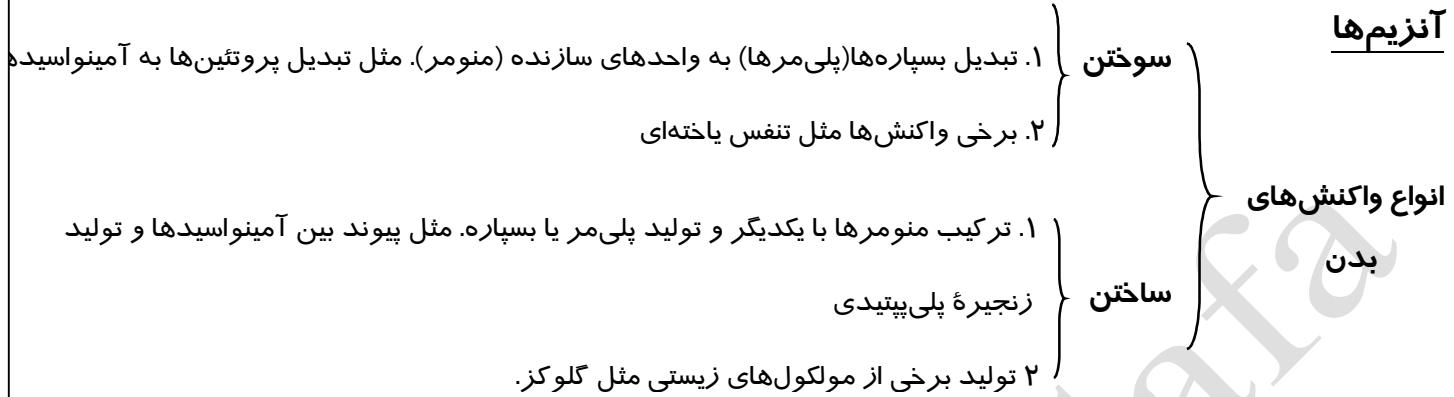
**نکته:** زردپی و رباط (هر دو بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای دارند) استخوان و پوست مقدار فراوانی از پروتئین کلارژن دارند.

**۶- پروتئین‌های انقباضی:** انقباض ماهیچه‌ها ناشی از حرکت لغزشی دو پروتئین انقباضی اکتین و میوزین روی یکدیگر است.

### ۷- پروتئین‌های تنظیمی:

**هورمون‌ها:** بیشتر هورمون‌های بدن مثل انسولین و اکسی‌توسین پروتئینی‌اند. هورمون‌ها پیام‌های بین باخته‌ای را در بدن جانوران رد و بدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود.

**سایر پروتئین‌های تنظیمی:** نقاط وارسی چرخه سلوی و تنظیم‌کننده‌های رونویسی مثل پروتئین مهارکننده رونویسی.

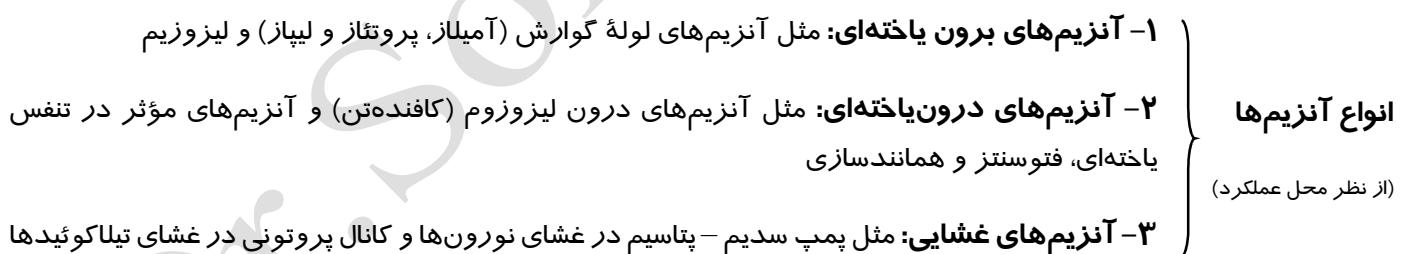
آنژیم‌ها

□ واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند.

□ تمامی واکنشها در بدن موجود زنده (واکنش‌های سوخت و ساز) به انرژی فعال‌سازی نیاز داشته و با حضور آنزیم انجام می‌شوند.

□ تعریف آنزیم: مولکول عموماً پروتئینی بوده که امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد ⇔ این دو عمل موجب افزایش سرعت واکنش‌های زیستی می‌شود.

نکته: بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت و ساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود.



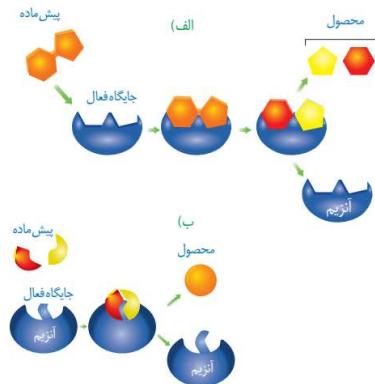
□ بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند.

□ آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال** دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که پیش‌ماده در آن قرار می‌گیرد.

□ **پیش‌ماده**: ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند.

- فراورده یا محصول: ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند. مثال: پیش‌ماده آنزیم لیپاز لوزالمعده، تری‌گلیسریدها و محصول این آنزیم، اسیدهای چرب آزاد و مونو‌گلیسریدها هستند.

- کوآنزیم (کمک‌کننده به آنزیم): بعضی آنزیمهای برای فعالیت به یونهای فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند که به این مواد کوآنزیم (کمک‌کننده به آنزیم) گفته می‌شود.



نکات شکل:

### عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

- هر آنزیم روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند  $\Leftarrow$  زیرا: شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.

نکته: برخی از آنزیم‌ها نظیر دنا بسپاراز یا DNA پلیمراز، پیش از یک واکنش را سرعت می‌بخشد.

نکته: آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ احتمال برخورد مولکول‌ها و سرعت واکنش را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده 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.

### عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

#### ۱. pH محیط:

pH بیشتر مایعات بدن $\Leftarrow$ ۶-۸	pH خون $\Leftarrow$ ۷/۴	pH های مهم بدن
pH ترشحات معده $\Leftarrow$ ۲		
pH دوازدهه $\Leftarrow$ ۸		

pH بینه: هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بینه می‌گویند. مثلاً pH بینه پیسین که از یاخته‌های معده ترشح می‌شود حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بینه حدود ۸ دارند.

**نتیجه تغییر pH بر روی آنزیم:** تغییر pH با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود (خصوصاً تغییر شکل جایگاه فعال) و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آنزیم تغییر می‌کند (کاهش می‌یابد).

## ۲. دما:

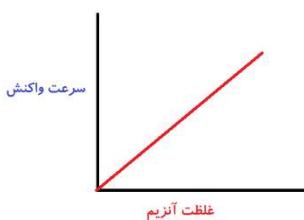
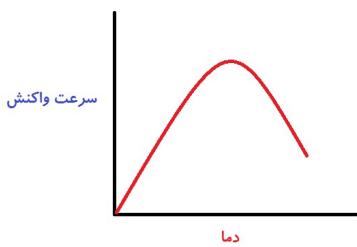
آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد بهترین فعالیت را دارند.

**افزایش دما:** آنزیم‌های بدن در دمای بالاتر **ممکن است** شکل غیرطبیعی یا برگشت ناپذیر پیدا کنند و **غیرفعال شوند.**

**کاهش دما:** کاهش دما نیز ممکن است موجب غیرفعال شدن آنزیم‌ها شود، اما این غیرفعال شدن برگشت پذیر است. یعنی آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

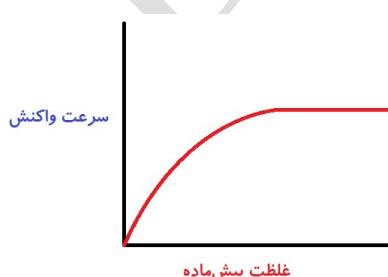
نکته: تب یک مکانیسم دفاعی برای کاهش فعالیت میکروب‌های از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های آن‌ها می‌باشد. یعنی در تب دمای بدن افزایش یافته تا فعالیت آنزیم‌های میکروب‌ها کاهش یابد  $\leftrightarrow$  رشد و تکثیر میکروب‌ها کم شود تا بدن فرصت مبارزه با آن‌ها را پیدا کند. اما تب شدید (بالای ۴۰ درجه)، بدلیل کاهش فعالیت یکسری از آنزیم‌های بدن انسان، خطرناک بوده و حتی می‌تواند منجر به مرگ شود.

نکته شکل:



## ۳. غلظت آنزیم و پیش‌ماده:

مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.



افزایش غلظت پیش‌ماده 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 پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

**۴. وجود مواد اشغال کننده جایگاه فعال آنزیم:**

وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم (بدلیل شباهت با پیش‌ماده آنزیم)، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.



فصل ۲

## جريان اطلاعات در یاخته

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

**@Zistnovin**

## رونویسی

### گفتار ۱

**یادآوری:**

واحد سازنده دنا ← نوکلئوتید

واحد سازنده پلیپتید ← آمینواسید

#### دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلیپتید را تعیین می‌کند؟

پس از پژوهش‌هایی مشخص شد که هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است. (مثلاً رمز ATC ۴۶ پس از آمینواسید را تعیین می‌کند).

با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود، که می‌توانند رمز ساخت پلیپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

**نکته:** ۶۴ رمز برای آمینواسید می‌توانیم داشته باشیم، در حالیکه تنها ۲۰ نوع آمینواسید داریم و این یعنی: برخی از آمینواسیدهای بیش از یک رمز دارند.

#### نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

پلیپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناتن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.

در یاخته‌های دارای هسته (هوهسته‌ای‌ها)، پروتئین‌سازی در هسته انجام نمی‌شود زیرا ← رناتن‌ها درون هسته وجود ندارند.

**نکته:** مولکول دنا در هسته حضور دارد و از هسته خارج نمی‌شود و پروتئین‌سازی هم درون سیتوپلاسم انجام می‌شود. از این جمله می‌توان نتیجه گرفت که مولکول‌های دیگری (انواع رناها) نیز در فرآیند پروتئین‌سازی نقش دارند.

**نکته:** رناها در فرآیند رونویسی از روی بخشی از یک رشته دنا ساخته می‌شوند.

پس:

- محل ساخت پلیپتیدها ← رناتن‌های موجود در سیتوپلاسم
- محل رمزهای مربوط به پلیپتیدها ← ژن‌ها بر روی مولکول DNA
- حمل کننده دستورات ساخت پلیپتیدها از مولکول دنا به رناتن‌ها ← mRNA یا رنای پیک
- **رونویسی:** ساخته شدن رنا از روی بخشی از یک رشته دنا

⇒ **شباهت رونویسی با همانندسازی** ← اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند.

#### تفاوت‌های رونویسی و همانندسازی

۱- در همانندسازی، دئوکسی‌ریبونوکلئوتیدها در برابر نوکلئوتیدهای مکمل رشته الگو قرار می‌گیرند، اما در رونویسی ریبونوکلئوتیدهای در برابر نوکلئوتیدهای مکمل رشته الگو قرار می‌گیرند.

۲- محصول همانندسازی مولکول دنا و محصول رونویسی مولکول رنا می‌باشد.

۳- برخلاف همانندسازی که در هر چرخه یاخته‌ای یکبار انجام می‌شود (در مرحله سنتز با S)، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود.

۴- همانندسازی توسط دو آنزیم هلیکاز و دنابسپاراز انجام می‌شود در رونویسی فقط یک آنزیم به نام رنابسپاراز نقش دارد.

۵- همانندسازی ویرایش دارد اما رونویسی ندارد.

۶- در همانندسازی کل دو رشته دنا مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در رونویسی فقط بخشی از یک رشته دنا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در پیش‌هسته‌ای‌ها  $\leftarrow$  فقط یک نوع رنابسپاراز وجود دارد.

} آنزیم‌های موثر  
در رونویسی

نوع ۱ $\leftarrow$ رنای رناتنی (rRNA) را می‌سازد	}
نوع ۲ $\leftarrow$ رنای پیک (mRNA) را می‌سازد	
نوع ۳ $\leftarrow$ رنای ناقل (tRNA) را می‌سازد	

در هوهسته‌ای‌ها  $\leftarrow$  سه نوع رنابسپاراز وجود دارد

**سوال ۱:** به ترتیب محل ساخت و فعالیت رنا بسپارازهای استرپتوکوکوس نومونیا کدام بخش‌های سلول است؟

(۱) هسته-هسته      (۲) هسته-سیتوپلاسم

(۳) سیتوپلاسم - هسته      (۴) سیتوپلاسم - سیتوپلاسم

**سوال ۲:** به ترتیب محل ساخت و فعالیت رنا بسپارازهای پارامسی، کدام بخش‌های سلول است؟

(۱) هسته-هسته      (۲) هسته-سیتوپلاسم

(۳) سیتوپلاسم - هسته      (۴) سیتوپلاسم - سیتوپلاسم

**سوال ۳:** به ترتیب رونویسی از ژن‌های رنای رناتنی و پروتئین‌های رناتنی بر عده کدام رنا بسپارازهای یوکاریوتی است؟

(۱) II - I      (۲) I - II      (۳) I - I      (۴) II - II

**سوال ۴:** به ترتیب رونویسی از ژن‌های رنا بسپارازهای نوع ۱ و رنا بسپارازهای نوع ۲ توسط کدام رنا بسپارازها انجام می‌شود؟

(۱) II - I      (۲) I - II      (۳) I - I      (۴) II - II

**سوال ۵:** به ترتیب محل ساخت و فعالیت tRNA کدام بخش‌های سلول است؟

(۱) هسته - هسته

(۲) هسته - سیتوپلاسم

(۳) سیتوپلاسم - هسته

جدول مقایسه‌های دنابسپاراز و رنا بسپاراز		
رنابسپاراز	دنابسپاراز	
رونویسی	همانندسازی	در چه فرآیندی شرکت می‌کند
دارد	ندارد	توانایی شکستن پیوند هیدروژنی
دارد	دارد	توانایی ایجاد پیوند فسفودیاستری
ندارد	دارد	فعالیت نوکلئازی (شکستن پیوند فسفودیاستری) یا ویرایش
ریبونوکلئوتید	دئوكسی‌ریبونوکلئوتید	پیش ماده جهت تولید نوکلئیک اسید
RNA	DNA	محصول
رنانهای سیتوپلاسم	رنانهای سیتوپلاسم	محل تولید
هسته	هسته	محل فعالیت در یوکاریوت‌ها
سیتوپلاسم	سیتوپلاسم	محل فعالیت در پروکاریوت‌ها

## مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد.

### الف) مرحله آغاز:

- آنزیم رنابسپاراز به توالی نوکلئوتیدی ویژه‌ای در مولکول دنا به نام **راهانداز** متصل می‌شود.

**راهانداز** | تعریف: توالی خاصی در مولکول دنا است که رنابسپاراز به آن متصل می‌شود.

**نقش:** راه انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند

### نکات راهانداز:

۱- راهانداز بخشی از دنا بوده و بنابراین نوکلئیک اسید است.

۲- نوکلئوتیدهای راهانداز رونویسی نمی‌شوند.

۳- راهانداز اولین محل اتصال آنزیم رنابسپاراز و مولکول دنا می‌باشد.

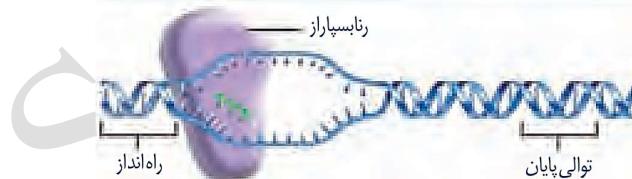
۴- باز شدن بخش کوچکی از مولکول دنا توسط آنزیم رنابسپاراز (در این مرحله، آنزیم پیوندهای هیدروژنی را بین دو رشته دنا می‌شکند).

۵- ساخت زنجیره کوتاهی از رنا.

**نکته:** نحوه عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می‌کند (بوسیله پیوند فسفودی استری).

**نکته:** در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیلدار را به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گیرد.

### الف) مرحله آغاز

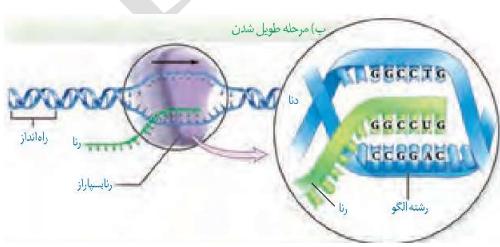


### ب) مرحله طویل شدن:

در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجه آن، رنا طویل می‌شود.

همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقبتر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشته دنا مجدداً به هم می‌پیوندد. بنابراین در محل رونویسی و نواحی مجاور آنها حالتی شبیه حباب ایجاد می‌شود که به سوی انتهای ژن پیش می‌رود.

نکته: رونویسی از ابتدای ژن آغاز شده و در انتهای ژن پایان می‌پذیرد.

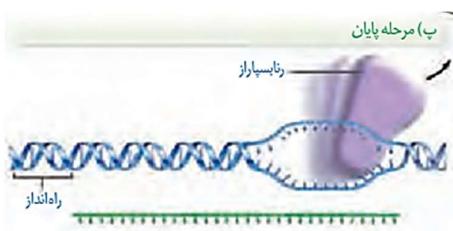


### ج) مرحله پایان:

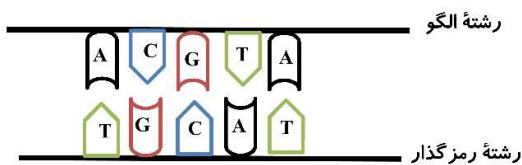
۱- پس از رسیدن آنزیم رنابسپاراز به توالی ویژه‌ای در مولکول دنا به نام

توالی پایان، رونویسی تمام شده و آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخته شده جدا می‌شود.

۲- پس از جداشدن آنزیم، دو رشته دنا به هم متصل می‌شوند.

 **فقط یکی از دو رشته دنا در هر ژن رونویسی می‌شود**

- ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته یک ژن انجام نمی‌شود.
- اگر رونویسی از روی هر دو رشته ژن انجام شود، رنا و پلی‌پیتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل دنا بسیار متفاوت می‌شوند ← بنابراین برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته رونویسی می‌شود.
- به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است **رشته الگو** می‌گویند.
- **رشته رمزگذار:** به مکمل رشته الگو در مولکول دنا، رشته رمزگذار گویند. زیرا توالي نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنای است که از روی رشته الگو آن ساخته می‌شود.



مثالی برای تفهیم موضوع:

توالی رشته الگو:

توالی رشته رمزگذار:

توالی مولکول رنای ساخته شده:

**نکته:** رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد: **مقایسه شروع رونویسی و شروع همانندسازی**

محل شروع فرآیند	محل شناسایی آنزیم اولیه	
نقطه‌ی آغاز همانندسازی: یک جفت نوکلئوتید	جایگاه آغاز همانندسازی	همانندسازی
جایگاه آغاز رونویسی: ۱ عدد نوکلئوتید	راه انداز	رونویسی

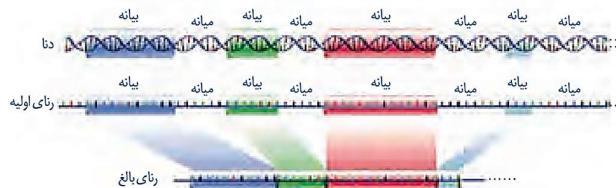
 **تغییر رناها:**

- در بیوکاریوت‌ها (هوهسته‌ای‌ها) رنایی که در هسته رونویسی می‌شود با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد.
- این تغییرات در بیشتر رناها انجام می‌شود.
- تغییرات رناها برای انجام کارهای این مولکول‌ها انجام می‌شود.

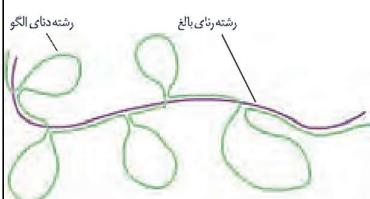
 **تغییرات رنای پیک:**

- رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و با پس از آن شود.

- یکی از تغییرات پس از رونویسی در یوکاریوت‌ها ← حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک (پیرایش)
- تعریف پیرایش: در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده (اینtron یا میانه)، جدا و حذف می‌شود و سایر بخشها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یکپارچه می‌سازند. به این فرایند پیرایش گفته می‌شود.



- کشف این تغییرات در اثر مقایسه رنای درون سیتوپلاسم (پیرایش شده) با رشتۀ الگوی ژن آن در هسته انجام گرفت.
- ⇒ محققان پس از مقایسه دریافتند که: بخش‌هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشتۀ مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند.



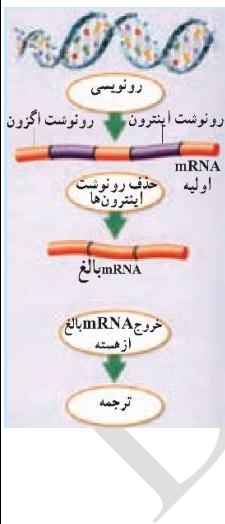
**نکته:** بخش‌هایی از دنای الگو که بدون مکمل باقی می‌مانند (یعنی مکمل آن‌ها در رنای حذف شده است) به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشتۀ ای قرار می‌گیرند.

**میانه (اینtron):** به این نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده میانه (اینtron) می‌گویند.

**بیانه (اگزون):** به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آنها حذف نمی‌شوند بیانه (اگزون) گفته می‌شود.

**رنای نابالغ یا اولیه:** رنای رونویسی شده از رشتۀ الگو که دارای رونوشت‌های میانه دna است.

**رنای بالغ:** در اثر حذف رونوشت‌های میانه از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به یکدیگر، ساخته می‌شود.



#### نکات:

- ۱- میانه و بیانه، قطعاتی از مولکول DNA بوده و بنابراین جنس آنها دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید است.
- ۲- مولکول رنای میانه و بیانه ندارد و تنها دارای رونوشت‌هایی از این توالی‌ها می‌باشد.
- ۳- رنای نابالغ در هسته اما رنای بالغ هم در هسته و هم در سیتوپلاسم یافت می‌شود.
- ۴- پروکاریوت‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها) عمل پیرایش ندارند ← رنای اولیه بدون تغییر باقی می‌ماند.
- ۵- در پروکاریوت‌ها بدلیل عدم وجود پیرایش، پروتئین‌سازی یا ترجمه (ساخت پلی‌پپتید از روی رنای پیک) بلافضلله پس از رونویسی انجام می‌شود اما در یوکاریوت‌ها بین عمل رونویسی و ترجمه، یک فاصلۀ زمانی بدلیل انجام عمل پیرایش وجود دارد.

مثال: کدام مطلب در یوکاریوت‌ها درست است؟

- (۱) همه‌ی اگزون‌ها رونویسی نمی‌شوند
- (۲) بعضی اینtron‌ها ترجمه نمی‌شوند

- (۳) همه اینtron‌ها رونویسی نمی‌شوند

#### نکته:

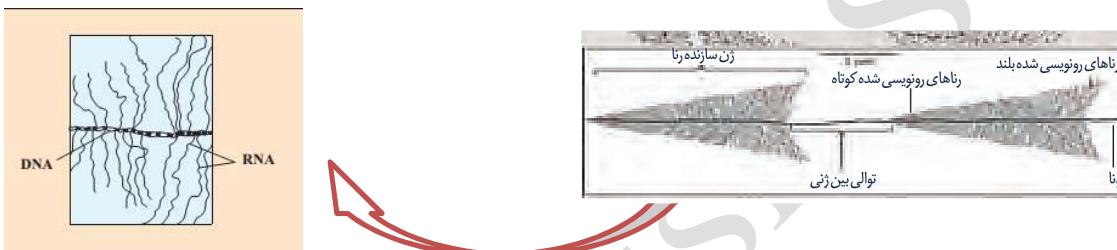
**شدت و میزان رونویسی**

عامل موثر بر میزان رونویسی یک ژن  $\Leftarrow$  مقدار نیاز یاخته به فرآوردهای ژن بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رناتی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند  $\Leftarrow$  زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رنها بسازند.

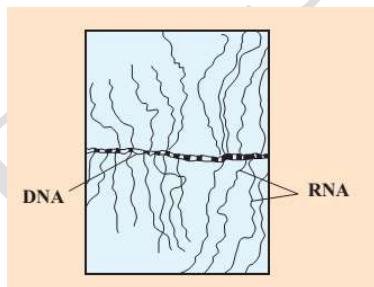
**در ژن‌هایی با فعالیت زیاد:** هم‌مان تعداد زیادی رنابسپاراز در حال فعالیت می‌باشند  $\Leftarrow$  در نتیجه هم‌مان تعداد زیادی رنا در حال ساخت هستند.

**نکات:**

- ۱- در ژن‌های فعال، به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود (ساختاری شبیه پر).
- ۲- رناهایی که اندازه بزرگتری دارند در مراحل آخر رونویسی هستند  $\Leftarrow$  در توالی‌های پیانی ژن قرار دارند.
- ۳- رناهایی که اندازه‌های کوچکتری دارند در مراحل اولیه رونویسی هستند  $\Leftarrow$  در توالی‌های ابتدایی ژن قرار دارند.



- ۴- پس؛ ابتدای ژن دارای رناهای کوتاه و انتهای ژن دارای رناهای بزرگ می‌باشد.
- ۵- تمامی رناهای ساخته شده از روی یک ژن کاملاً مشابه یکدیگر می‌باشند.
- ۶- تمام رنابسپارازهایی که هم‌مان درحال رونویسی از روی یک ژن می‌باشند نیز از یک نوع هستند.
- ۷- هر ژن، فقط توسط رنابسپاراز مخصوص همان ژن رونویسی می‌شود. مثلاً اگر چند ژن (۱ و ۲ و ۳ و ...) داشته باشیم که محصول همگی، رنای پیک (mRNA) باشد، همگی توسط رنابسپاراز نوع ۲ مخصوص به خود رونویسی می‌شوند. یعنی رنا-بسپاراز نوع ۲ رونویسی کننده از ژن شماره ۱، فقط از روی این ژن می‌تواند رونویسی کند و رنای پیک بسازد.
- ۸- توالی‌های بین‌ژنی، قطعاتی از مولکول دنا بوده که رونویسی نمی‌شوند.



**سوال:** علت تشکیل ساختار پر مانند جین رونویسی چیست؟

- ۱) رونویسی از چند ژن مجاور توسط چند RNA پلی‌مراز
- ۲) رونویسی از یک ژن توسط چند نوع RNA پلی‌مراز
- ۳) رونویسی از چند ژن مجاور توسط یک RNA پلی‌مراز
- ۴) رونویسی از یک ژن توسط چند RNA پلی‌مراز

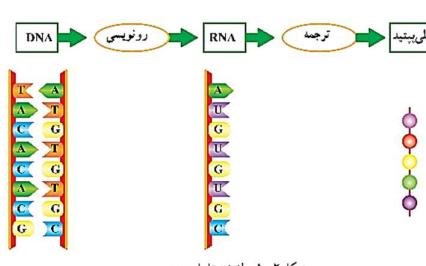
## به سوی پروتئین

## گفتار ۲

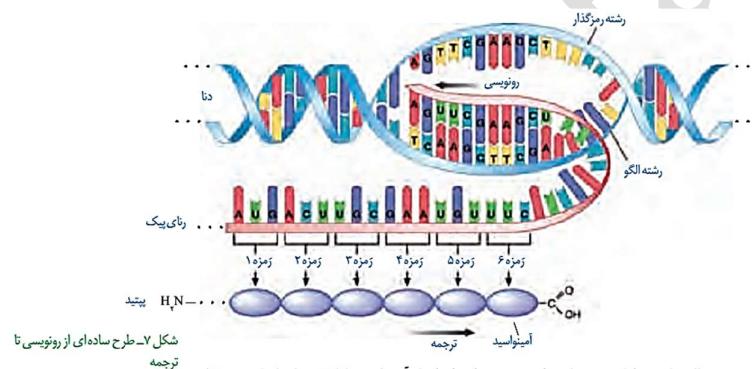
### تبديل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به پلیپپتیدی

پلیپپتیدها از مهمترین فراورده‌های ژن‌ها هستند.

**تعريف ترجمه:** به ساخته شدن پلیپپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه گفته می‌شود.



شكل ۱-۲- از ژن تا پلیپپتید



نکته شکل:

**تعريف رمزه (کدون):** توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی در رنای پیک که هر کدام مربوط به یک آمینواسید می‌باشد.

**نکته:** رمزه‌های روی رنای پیک تعیین می‌کنند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلیپپتید قرار بگیرند  $\leftarrow$  رمزه‌ها تعیین کننده ساختار اول پروتئین‌ها می‌باشند.

در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد  $\leftarrow$  برخی آمینواسیدها بیش از یک رمزه دارند.

رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند  $\leftarrow$  این موضوع نشان‌دهندهً مشترک بین جانداران است.

**رمزه‌های پایان:** رمزه‌های UAA، UAG و UGA هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رمزهٔ پایان** می‌گویند.

**نکته:** حضور رمزه‌های پایان در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود.

رمزه آغاز یا AUG رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

**نکته ۱:** از ۶۴ رمزه موجود در رنای پیک، فقط ۶۱ رمزه قابل ترجمه هستند، یعنی به ازای آنها آمینواسید به رشتۀ پلی-پپتیدی افزوده می‌شود و سه رمزه (رمزه‌های پایان) قابل ترجمه نیستند.

**نکته ۲:** اولین آمینواسیدی که در ابتدای تمام پلیپپتیدها قرار می‌گیرد، متیونین می‌باشد. زیرا اولین رمزه‌ای که ترجمه می‌شود (رمزه آغاز) مربوط به متیونین است.

### عوامل لازم در ترجمه

**۱- رنای پیک:** دستورالعمل لازم برای ساخت رشتۀ پلیپپتیدی را از هسته (محل ژن‌ها) به رناتن (محل پروتئین‌سازی) می-آورد.

**۲- آمینواسیدها:** ماده اولیه تولید پلیپپتیدها هستند.

**۳- رنای ناقل (tRNA):** آمینواسیدها را به داخل رناتن می‌برد.

**۴- رناتن‌ها:** محل تولید رشتۀ پلیپپتیدی‌اند

**۵-ATP:** تامین کننده انرژی لازم برای فرآیند ترجمه می‌باشد.

### ساختار رنای ناقل

رنای ناقل مانند سایر رناها پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود.

در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (تاخورده‌گی اولیه).

رنای ناقل در حالت فعال تاخورده‌گی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی را به وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالي ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه** (آنتی‌کدون) است.

**نکته ۱:** توالي پادرمزه، مکمل توالي رمزه است و هنگام ترجمه با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند. یعنی اگر توالي رمزه در رنای پیک برابر با CGA باشد، توالي پادرمزه مکمل آن در رنای ناقل برابر با GCU می‌باشد.

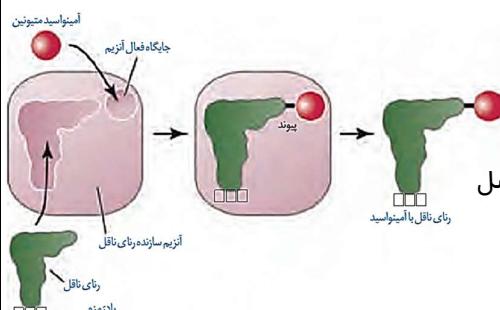
**نکته ۲:** به تعداد رمزهای قابل ترجمه (۶۱ رمزه)، پاد رمزه وجود دارد و رمزه‌های پایان، پادرمزه ندارند.

**نکته ۳:** رناهای ناقل به جز در ناحیه پادرمزه‌ای، بقیه توالي‌هایشان مشابه با یکدیگر است.

### اتصال آمینواسید به رنای ناقل:

\* نوع توالي پادرمزه هر رنای ناقل تعیین کننده نوع آمینواسید متصل به آن می‌باشد.

در یاخته‌ها، آنزیمهای ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالي پادرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند.



### مراحل اتصال آمینواسید به رنای ناقل:

۱- ابتدا رنای ناقل در جایگاه مخصوص خود در داخل آنزیم قرار می‌گیرد.

۲- سپس آنزیم با تشخیص پادرمزه رنای ناقل، آمینواسید مناسب را به آن متصل می‌کند.

**نکته:** این فرآیند نیازمند انرژی ATP می‌باشد.

**نکته:** یکی از رمزهای متیونین، AUG بوده که پادرمزه آن UAC خواهد بود.

### ساختار رناتن

رناتن از دو زیر واحد (بخش) کوچک و بزرگ ساخته شده است که این دو بخش در شرایط استراحت از یکدیگر جدا بوده و فقط هنگام ترجمه بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند (بخش کوچک بر روی بخش بزرگ قرار می‌گیرد).

### جنس رناتن: پروتئین + رنای رناتن

**نکته:** بخش پروتئینی رناتن درون سیتوپلاسم ساخته شده و رنای رناتن نیز توسط رنابسپاراز نوع ۱ و از روی دنا در هسته ساخته می‌شود؛ سپس این دو بخش در سیتوپلاسم در کنار یکدیگر قرار گرفته و رناتن را می‌سازند.

در جایگاه بزرگ رناتن سه بخش وجود دارد:

A: در سمت راست قرار داشته و جایگاه ورود آمینواسید می‌باشد. همچنین پیوند پیتیدی در این جایگاه برقرار می‌شود.

P: در وسط قرار دارد و جایگاه پلی‌پیتید می‌باشد.

E: در سمت چپ قرار دارد و جایگاه خروج رنای ناقل بدون آمینواسید می‌باشد.

### مراحل ترجمه

ترجمه نیز مانند رونویسی، فرآیندی پیوسته است که برای سهولت آن را به سه مرحله آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند.

#### (الف) مرحله آغاز:

- ۱- ابتدا رنای پیک به زیر واحد کوچک رناتن متصل شده و زیر واحد کوچک را به سمت رمزه آغاز (AUG) هدایت می‌کند.
- ۲- سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می‌شود (ولین رنای ناقل همیشه دارای پادرمزه UAC می‌باشد).
- ۳- در مرحله بعد، زیر واحد بزرگ رناتن نیز به این مجموعه اضافه شده و ساختار رناتن کامل می‌شود. زیر واحد بزرگ به صورتی قرار می‌گیرد که رمزه آغاز و پادرمزه مکمل آن در جایگاه P قرار بگیرند و دومین رمزه در جایگاه A قرار می‌گیرد.

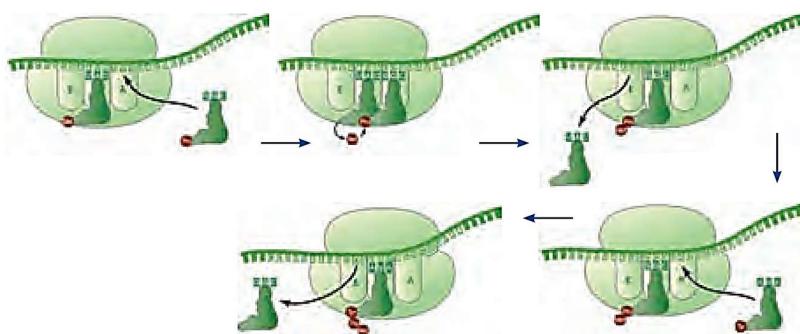


#### نکات:

- ☞ در مرحله آغاز فقط جایگاه P در زیر واحد بزرگ پر می‌شود (توسط پادرمزه مکمل رمزه آغاز) و جایگاه‌های E و A حالی می‌مانند.
- ☞ پس اولین رنای ناقل در جایگاه P قرار می‌گیرد اما رناهای ناقل بعدی ابتدا وارد جایگاه A شده و سپس به جایگاه P منتقل می‌شوند.

#### (ب) مرحله طویل شدن:

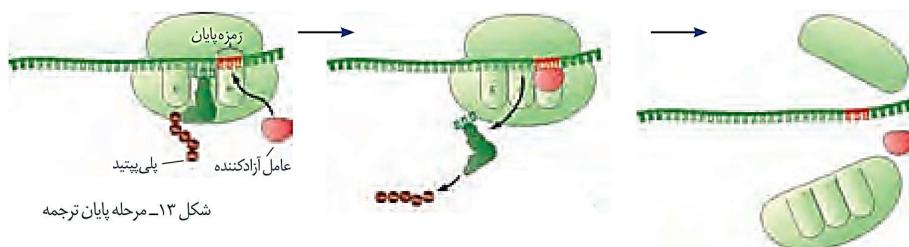
- ۱- ورود دومین رنای ناقل به جایگاه A
- نته: در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند، اما فقط رنایی که مکمل رمزه جایگاه A است، استقرار پیدا می‌کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می‌کند.
- ۲- سپس آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند پیتیدی بر قرار می‌کند.
- ۳- پس از جداشدن آمینواسید از رنای ناقل جایگاه P، رناتن به اندازه یک رمزه (سه نوکلئوتید) به سوی رمزه پایان حرکت می‌کند تا رمزه بعدی در جایگاه A قرار گیرد. در این حالت رمزه اول و رنای ناقل متصل به آن (رنای ناقل فاقد آمینواسید) در جایگاه E و رمزه دوم و رنای ناقل متصل به آن (حاوی رشته پلی پیتیدی) در جایگاه P قرار می‌گیرند و جایگاه A خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد.
- ۴- رنای ناقل بدون آمینواسید از جایگاه E خارج می‌شود و رنای ناقل بعدی در جایگاه A قرار می‌گیرد. این فرآیند بازها تکرار می‌شود تا زنجیره آمینواسیدی طویل‌تر شود و رناتن به یکی از رمزه‌های پایان برسد.



## ج) مرحله پایان:

- ۱- ورود یکی از رمزهای پایان (UAA، UGA و UAG) به جایگاه A ریبوزوم.
- ۲- چون رمزهای پایان هیچ گونه رنای ناقلی ندارند، پس بجای رنای ناقل، پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده در جایگاه A ریبوزوم قرار می‌گیرند.

- ۱- جداشدن پلیپپتید از آخرین رنای ناقل در جایگاه P  
 ۲- جدا شدن زیرواحدهای رناتن از یکدیگر و آزادشدن رنای پیک
- ۳- نقش عوامل آزادکننده



## نکات پروتئین‌سازی:

- ۱- اولین رنای ناقلی که وارد رناتن می‌شود وارد جایگاه P شده و مابقی رناهای ناقل ابتدا وارد جایگاه A می‌شوند. اولین آمینواسید (متصل به اولین رنای ناقل) وارد جایگاه P می‌شود، اما بقیه آمینواسیدها ابتدا وارد جایگاه A می‌شوند
- ۲- اولین رنای ناقلی که وارد رناتن می‌شود، در جایگاه P قرار می‌گیرد و از جایگاه E خارج می‌شود اما آخرین رنای ناقلی که وارد رناتن می‌شود، در جایگاه A قرار گرفته و از جایگاه P خارج می‌شود.
- ۳- اولین رنای ناقلی که وارد رناتن می‌شود مکمل رمزه آغاز بوده اما آخرین رنای ناقلی که وارد رناتن می‌شود، مکمل رمزه ماقبل پایان می‌باشد.
- ۴- اولین رنای ناقل هیچ گاه وارد جایگاه A نمی‌شود و آخرین رنای ناقل نیز هیچ گاه وارد جایگاه E نمی‌شود.
- ۵- رمزه آغاز رنای پیک در جایگاه P و رمزه پایان آن در جایگاه A قرار می‌گیرد.
- ۶- پلیپپتید ساخته شده در نهایت از جایگاه P خارج می‌شود.
- ۷- یک رنای پیک می‌تواند چندین بار ترجمه شود.
- ۸- زیرواحدهای ریبوزوم چندین بار دیگر مراحل ترجمه را تکرار می‌کنند.
- ۹- دقت کنید که در هر بار ترجمه، یک رشته پلیپپتیدی ساخته شده و پروتئین ساخته نمی‌شود. پروتئین‌ها در اثر کنار هم قرار گرفتن و پیچ و تاب خوردن پلیپپتیدها ساخته می‌شوند.

در کدام جایگاه قرار نمی‌گیرد؟	مکمل کدام رمزه است	محل خروج	محل ورود	
A	آغاز (AUG)	E	P	پادرمزه آغاز
E	ماقبل پایان	P	A	پاد رمزه پایان

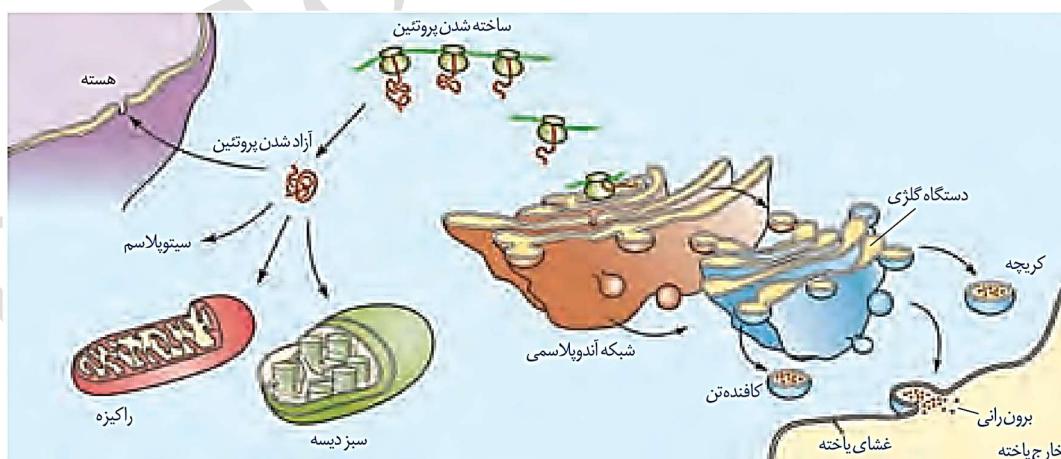
محل‌های ساخت پروتئین‌ها  
 ۱- داخل سیتوپلاسم  
 ۲- داخل میتوکندری و کلروپلاست

نکته: هرجایی که رناتن حضور داشته باشد، پروتئین‌سازی هم انجام می‌شود.

سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم :

- ۱- پروتئین‌هایی که به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلزی می‌روند
- ممکن است برای ترشح به خارج یاخته بروند
  - ممکن است به کریچه (واکوئل) یا کافنده‌تن (لیزوژوم) بروند.
- ۲- پروتئین‌هایی که به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلزی نمی‌روند
- یا در سیتوپلاسم می‌مانند
  - یا به راکیزه، هسته و دیسه‌ها می‌روند.

نکته: براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند.



**سرعت و مقدار پروتئین‌سازی:**

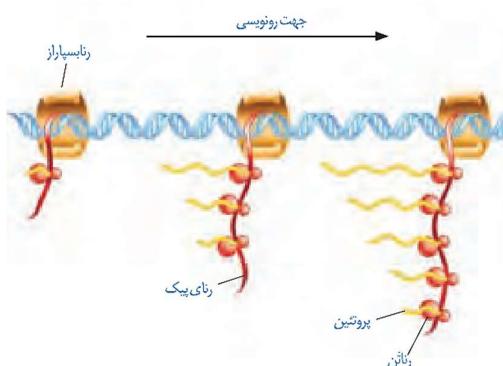
☞ سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بر اساس نیاز یاخته تامین می‌شود.

**۱- در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها):**

پروتئین‌سازی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک (mRNA) انجام شود زیرا:

(الف) طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است.

(ب) رنای پیک در پیش‌هسته‌ای‌ها پیرایش نمی‌شود و بنابراین بلافضلله پس از رونویسی و یا در مراحل پایانی رونویسی، ترجمه می‌شود.



**نکته شکل:** در پیش‌هسته‌ای‌ها، چندین رناتن (ریبوزوم) به طور همزمان به رنای پیکی که در حال رونویسی می‌باشد، متصل می‌شوند و عمل ترجمه را انجام می‌دهند. در نتیجه به طور همزمان، چندین پلی‌پپتید از روی یک رنای پیک ساخته می‌شود. در این مجموعه، رناتن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد.

\* نتیجه‌گیری: عامل افزایش سرعت پروتئین‌سازی در پیش‌هسته‌ای‌ها  $\leftarrow$  همکاری جمعی رناتن‌ها

**۱- در هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها):**

تجمع رناتن‌ها در یوکاریوت‌ها نیز دیده می‌شود.

در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد  $\leftarrow$  بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی هست.

**نکته:** در یوکاریوت‌ها، همزمانی ترجمه و رونویسی، مانند آنچه در پروکاریوت‌ها اتفاق می‌افتد، میسر نیست. زیرا رونویسی در یوکاریوت‌ها، درون هسته انجام می‌شود اما پروتئین‌سازی درون سیتوپلاسم. همچنین رنای پیک تولید شده در یوکاریوت‌ها، قبل از خروج از هسته باید مورد پیرایش قرار گیرد و نمی‌تواند مستقیماً ترجمه شود.

## گفتار ۳ تنظیم بیان ژن

تمامی یاخته‌های بدن انسان، در اثر تقسیمات یاخته تخم بوجود می‌آیند. با اینکه یاخته‌های حاصل، از نظر فامتنی و ژن‌ها یکسان‌اند، اما شکل و عمل متفاوتی با یکدیگر دارند. مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند.

سوال: چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟  
پاسخ: در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال هستند.

- ☞ هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است.
- ☞ ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش است و به اصطلاح بیان نشده.
- ☞ مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد.

- ☞ تنظیم بیان ژن: به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای تنظیم بیان ژن می‌گویند.
- ☞ تنظیم بیان ژن فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند.

### مزایای تنظیم بیان ژن:

- ۱- تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، نور میتواند باعث فعال شدن ژن سازند و آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالیکه در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود.
- ۲- همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند.

### تنظیم بیان ژن در پروکاریوتها

- محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژنهای، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد.
- تنظیم بیان ژن در پروکاریوتها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می‌شود.
- در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

### تنظیم رونویسی در پروکاریوتها

- برای روشن شدن ژن  $\leftarrow$  عواملی به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز کمک می‌کنند (تسییل رونویسی).
- در این نوع تنظیم برای خاموش شدن ژن  $\leftarrow$  عواملی از پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز جلوگیری می‌کنند (مانع از رونویسی).

مثالی از تنظیم بیان ژن در باکتری اشرشیاکلی (پروکاریوت):

قند مصرفی باکتری  $\leftarrow$  گلوکز (مونوساکارید)

قند مصرفی در صورت عدم وجود گلوکز در محیط  $\leftarrow$  لاکتوز (دیساکارید).

#### \* بدلیل متفاوت بودن آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز و گلوکز:

در صورت عدم وجود گلوکز و وجود لاکتوز در محیط  $\leftarrow$  ژن‌های مربوط به آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز (۳ ژن) روشن می‌شود  $\leftarrow$  تولید آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز در باکتری، افزایش می‌یابد.

در صورت کاهش لاکتوز در محیط  $\leftarrow$  آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز در باکتری کم می‌شوند (در اثر کاهش فعالیت ژن‌ها).

در صورت عدم وجود لاکتوز در محیط  $\leftarrow$  بدلیل خاموش شدن ژن‌ها، تولید آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز در باکتری متوقف می‌شود.

\* نکته مهم: اگر هم گلوکز در محیط باشد و هم لاکتوز، ژن‌های آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز خاموش می‌مانند. زیرا اولویت باکتری، مصرف گلوکز است.

#### تنظیم منفی رونویسی در پروکاریوت‌ها



نکات شکل:

۱- آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز توسط سه ژن تولید می‌شوند.

۲- قبل از این سه ژن، یک اپراتور و یک راه انداز وجود دارد (اپراتور بین راه انداز و ژن‌ها قرار دارد) که هیچ‌کدام رونویسی نمی‌شوند.

۳- تمامی این توالی‌ها (ژن‌ها، اپراتور و راه انداز) بخش‌هایی از یک رشته DNA می‌باشند.

۴- آنزیم رنابسپاراز به راه انداز متصل می‌شود و پروتئین مهار کننده به اپراتور.

**الف) مکانیسم خاموش ماندن ژن:** در صورت عدم وجود لاکتوز در محیط، پروتئین مهار کننده مانع از حرکت آنزیم رنابسپاراز می‌شود  $\leftarrow$  رونویسی انجام نمی‌شود.

**ب) مکانیسم روشن شدن ژن:** در صورت وجود لاکتوز در محیط، لاکتوز وارد باکتری شده و با مهار کننده اتصال می‌یابد. اتصال لاکتوز به مهار کننده موجب تغییر شکل مهار کننده می‌شود و درنتیجه  $\leftarrow$  مهار کننده از اپراتور جدا می‌شود و دیگر نمی‌تواند به آن متصل شود  $\leftarrow$  با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد.

نکات:



۱- بدلیل اینکه سه ژن همزمان با یکدیگر رونویسی شده و یا از رونویسی آنها ممانعت به عمل می‌آید، در نتیجه محصول آن‌ها (آن‌زمیم‌های تجزیه کننده لاکتوز) نیز همزمان با یکدیگر افزایش و یا کاهش خواهد یافت.

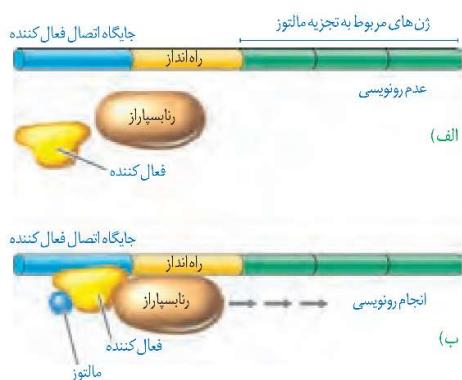
۲- رونویسی از ژن‌های پروتئین مهار کننده و آنزیم رنابسپاراز، در توالی‌های دیگری DNA باکتری انجام شده و بنابراین حتی در صورت خاموش بودن ژن‌های آنزیم‌های تجزیه لاکتوز، رونویسی از ژن مهار کننده و آنزیم رنابسپاراز انجام می‌شود.

-۳- در اینجا، لاکتوز را عامل رونویسی می‌نامند. یعنی لاکتوز باعث می‌شود که پروتئین مهارکننده تغییر شکل یابد و رونویسی انجام شود.

### تنظیم مثبت رونویسی در پروکاریوت‌ها:

در این نوع تنظیم، پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.

مثال: تنظیم مثبت رونویسی از ژن‌های آنزیم‌های تجزیه کننده مالتوز (دی‌ساکارید: گلوکز + گلوکز)



### نکات شکل:

۱- ژن‌های مربوط به آنزیم‌های تجزیه مالتوز نیز همانند ژن‌های آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز، سه عدد می‌باشند.

۲- در تنظیم مثبت رونویسی، اپرатор و پروتئین مهار کننده نداریم.

۳- در تنظیم مثبت رونویسی، راه‌انداز به اولین ژن متصل است و قبل از راه‌انداز نیز جایگاه اتصال فعال کننده وجود دارد (راه‌انداز بین اولین ژن و جایگاه اتصال فعال کننده قرار دارد).

### مراحل تنظیم مثبت ژن:

۱- در صورت عدم وجود مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه اتصال خود نمی‌چسبد و در نتیجه رنابسپاراز نیز به راه‌انداز متصل نمی‌شود  $\Rightarrow$  رونویسی انجام نگرفته و ژن‌ها خاموش می‌مانند.

۲- در صورت وجود لاکتوز در محیط:

(الف) ابتدا مالتوز به پروتئین فعال کننده می‌چسبد

(ب) اتصال مالتوز به پروتئین فعال کننده، موجب می‌شود تا این پروتئین به جایگاه خود بر روی DNA اتصال بابد.

(ج) پروتئین فعال کننده پس از اتصال به جایگاه خود، به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند  $\Rightarrow$  ژن روشن می‌شود.

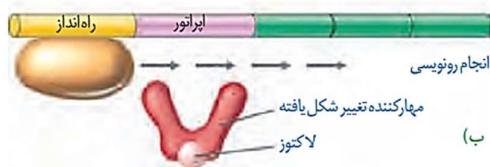
### نکات:

۱- در اینجا، عامل رونویسی  $\Leftarrow$  مالتوز

جدول مقایسه‌ای تنظیم مثبت و منفی رونویسی در باکتری اشرشیاکلی (E.Coli)

تنظیم منفی	تنظیم مثبت	مثال
رونویسی از ژن‌های آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز	رونویسی از ژن‌های آنزیم‌های تجزیه کننده مالتوز	مثال
۳ ژن	۳ ژن	تعداد ژن در توالی ژنی
راه‌انداز و اپرатор	جایگاه اتصال فعال کننده و راه‌انداز	توالی‌های تنظیم کننده
مهارکننده: از حرکت رنابسپاراز بر روی DNA و انجام رونویسی، ممانعت بعمل می‌آورد.	فعال کننده: موجب اتصال رنابسپاراز به راه‌انداز	پروتئین تنظیم کننده می‌شود

لакتوز: موجب تغییر شکل و جدا شدن مهارکننده از اپراتور شده که این امر موجب حرکت رنابسپاراز و آغاز رونویسی می شود.



مالتوز: موجب اتصال فعال کننده به جایگاه خود شده که این امر موجب اتصال رنابسپاراز به راه انداز و آغاز رونویسی می شود.



عامل تنظیم کننده  
عامل روشن کننده ژن‌ها)

**نکته مهم:** در تنظیم مثبت رونویسی، برای آغاز رونویسی، رنابسپاراز باید به راهانداز متصل شود، اما در تنظیم منفی رونویسی، رنابسپاراز به راهانداز متصل است، و برای آغاز رونویسی، باید مهارکننده از سر راهش برداشته شود.

#### تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها (هوهسته‌ای‌ها):

- ☞ تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها (پیش‌هوهسته‌ای‌ها) است و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود.
- ☞ یاخته‌های هوهسته‌ای به وسیله غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده (عامل تنظیم کننده) واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.
- ☞ در یاخته‌های هوهسته‌ای، بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه و دیسه‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد.

\* **نکته مهم:** تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها می‌تواند در مراحل متعدد و در محل‌های مختلفی انجام شود.

#### انواع تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها:

الف) **تنظیم بیان ژن هنگام رونویسی:** شامل تنظیم بیان ژن در آغاز رونویسی و پس از آغاز رونویسی (افزایش سرعت رونویسی) می‌باشد.

##### ۱. تنظیم بیان ژن در مرحله آغاز رونویسی

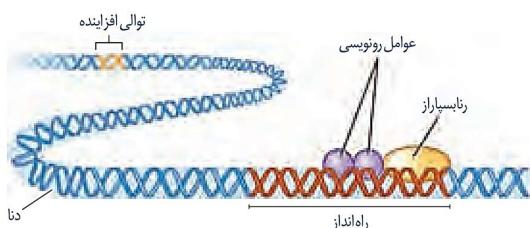
تنظیم پیوستن رنابسپاراز به راهانداز:

در هوهسته‌ای‌ها نیز مانند پیش‌هوهسته‌ای‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه انداز آغاز می‌شود.

در هوهسته‌ای‌ها رنابسپاراز نمی‌تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام **عوامل رونویسی** هستند.

گروهی از این پروتئین‌ها (عوامل رونویسی) با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه انداز هدایت می‌کند.

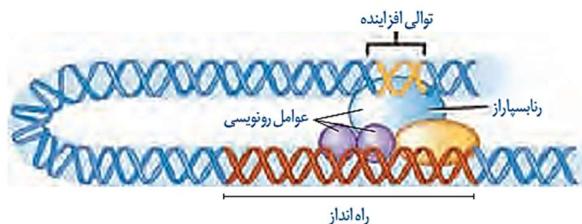
\* عوامل مختلفی می‌توانند تمایل عوامل رونویسی را به راهانداز تغییر دهند و در نتیجه، مقدار رونویسی را کاهش دهند.



## ۲. تنظیم بیان ژن از طریق افزایش سرعت رونویسی

در هوهسته ایها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده** متصل شوند. پیوستن این پروتئینها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند. کنار هم قرار گیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند.

**نکته:** توالیهای افزاینده متفاوت از راه انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند.



**نکته مهم:** در یوکاریوت‌ها دو نوع پروتئین تنظیم کننده وجود دار.

که به هر دو عوامل رونویسی می‌گویند:

(الف) عوامل رونویسی متصل به راهانداز

(ب) عوامل رونویسی متصل به توالی افزاینده

**نکات:**

۱- برای آغاز رونویسی در یوکاریوت‌ها، همیشه وجود عوامل رونویسی متصل به راهانداز، ضروری می‌باشد اما در پروکاریوت‌ها، فقط در روش تنظیم مثبت، اتصال رنابسپاراز به راهانداز نیازمند یک عامل رونویسی به نام پروتئین فعال کننده می‌باشد و در تنظیم منفی، رنابسپاراز بدون هیچ واسطه‌ای به راهانداز متصل می‌شود.

۲- توالی افزاینده همانند راهانداز، بخشی از مولکول DNA می‌باشد.

۳- در یوکاریوت‌ها، اتصال عوامل رونویسی متصل به افزاینده و عوامل رونویسی متصل به راهانداز، موجب افزایش سرعت و مقدار رونویسی می‌شود و نه شروع رونویسی. شروع رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راهانداز رخ می‌دهد.

**جدول مقایسهٔ پروتئین‌های تنظیم کننده رونویسی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها**

نتیجه عمل	نقش	جنس	نام	
عدم رونویسی از ژن	جلوگیری از حرکت رنابسپاراز	پروتئین	مهار کننده	عوامل تنظیم کننده رونویسی در پروکاریوت‌ها
آغاز رونویسی از ژن	اتصال رنابسپاراز به راهانداز		فعال کننده	
آغاز رونویسی از ژن	هدایت رنابسپاراز به راهانداز	پروتئین	عوامل رونویسی متصل به راهانداز	عوامل تنظیم کننده رونویسی در یوکاریوت‌ها
افزایش سرعت رونویسی	ایجاد خمیدگی در دنا و قرار گرفتن عوامل رونویسی در کنار یکدیگر		عوامل رونویسی متصل به افزاینده	

### ب) تنظیم بیان ژن در مراحل غیر رونویسی:

۱- تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی = تنظیم در سطح فامتن

از طریق تنظیم فشردگی فامتن‌ها (کروموزوم‌ها) انجام می‌شود. به طور معمول بخش‌های فشردهٔ فامتن کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فامتن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند.

يعني ] افزایش فشردگی فامتن  $\Leftarrow$  کاهش دسترسی رنابسپاراز به DNA  $\Leftarrow$  کاهش رونویسی از ژن  
] کاهش فشردگی فامتن  $\Leftarrow$  افزایش دسترسی رنابسپاراز به DNA  $\Leftarrow$  افزایش رونویسی از ژن

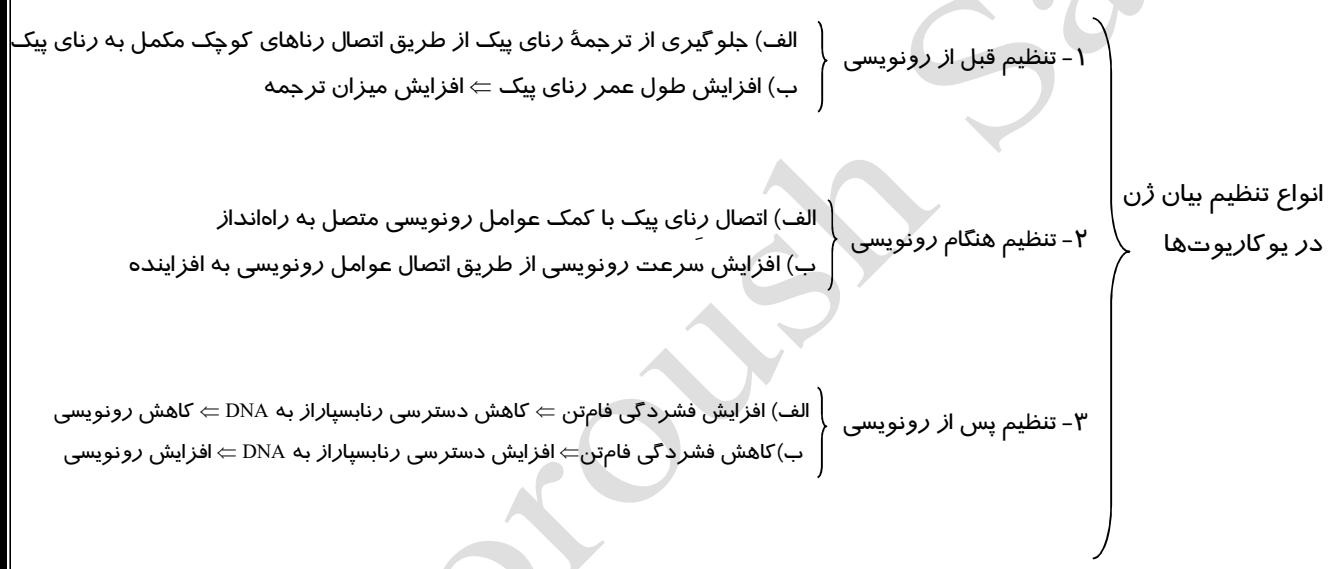
## ۲- تنظیم پس از رونویسی:

**الف) جلوگیری از ترجمه رنای پیک:** اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها، از کار رناتن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای پیک ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

**ب) طول عمر رنای پیک:** افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پرتوئین-سازی مؤثر خواهند بود (موجب افزایش ترجمه می‌شوند).

**نکته:** علاوه بر این روش‌ها، شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آنها ناشناخته است.

جمع‌بندی:





فصل ۳

## انتقال اطلاعات در نسل‌ها

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

پویا مسائل این فصل و نکات مربوطه را در کانال تلگرامی زیر ببینید

@Zistnovin

## گفتار ۱ مفاهیم پایه

### نکات پیش گفتار:

۱- شباهت فرزندان به والدین بدلیل انتقال ویژگی‌های والدین به فرزندان از طریق تولید مثل می‌باشد.

### ۲- مقایسه انواع تولید مثل

تولید مثل جنسی	تولید مثل غیر جنسی
نیازمند به دو والد می‌باشد	فقط یک والد شرکت دارد
نیازمند اندام‌های تخصصی (غدد جنسی) و فرآیندهایی مثل تقسیم میوز، تولید گامت و لقاح می‌باشد	اندام‌های تخصصی مثل غدد جنسی و فرآیندهایی مثل تقسیم میوز، تولید گامت و لقاح ندارد
فرزندان کاملاً شبیه والد خود هستند (کپی والدین)	فرزندان کاملاً شبیه والد خود هستند (کپی والدین)
بین فرزندان تنوع وجود دارد	تنوعی بین فرزندان وجود ندارد

۳- در تولید مثل جنسی، ویژگی‌های هریک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در دنای موجود در گامت‌ها (کامه‌ها) قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

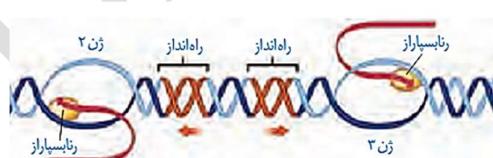
۴- پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آنهاست. مثلاً اگر یکی از والدین بلندقد و دیگری کوتاه‌ قد باشد، فرزند آنان قدی متوسط خواهد داشت. اما مشاهدات متعدد نشان داد که این تصور درست نیست.

۵- در اواخر قرن نوزدهم، زمانی که هنوز ساختار و عمل دنا و ژن‌ها معلوم نبود، دانشمندی به نام گریگور مندل توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کند. به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد.

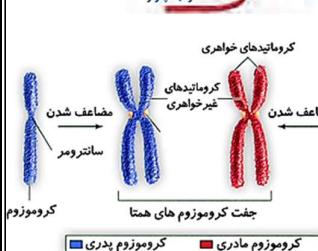


### \*\* واژه‌ها و توضیحات زیر برای درک بهتر مطالب این فصل ضروری هستند!!!

**کروموزوم:** قطعه‌ای از مولکول DNA به همراه پروتئین‌ها (هیستون‌ها) که تعداد و محتوی ژنتیکی آن در جانداران مختلف، متفاوت است.

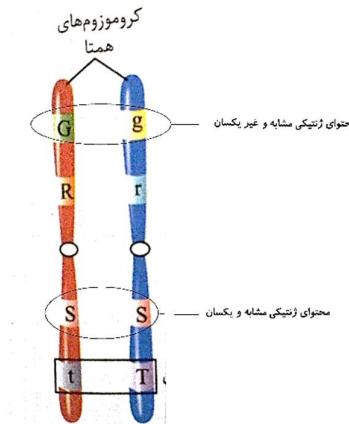


زن: بخش‌هایی از مولکول DNA که حاوی اطلاعات لازم برای تولید پروتئین یا RNA می‌باشد.



**کروموزوم همتا:** سلول‌های پیکری (غیر جنسی) یک جاندار دیپلولوئید (دولاد) از هر کروموزوم دو نسخه دارند که به این دو نسخه، کروموزوم‌های همتا می‌گویند. یکی از این کروموزوم‌ها از پدر و دیگری از مادر به ارث رسیده است و می‌توانند دستورالعمل‌های یکسان و یا متفاوتی داشته باشند.

**نکته:** کروموزوم‌های همتا از نظر اندازه، شکل و محل سانتروم مشابه بوده و دارای محتوای ژنتیکی مشابه هستند. که این محتوای ژنتیکی می‌تواند یکسان یا متفاوت باشد.

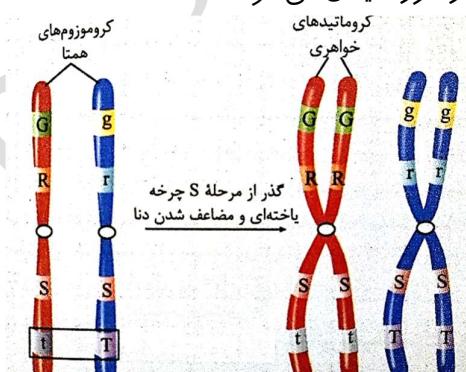


\* محتوای ژنی مشابه یعنی اگر روی یکی از کروموزوم‌های همتا ژن رنگ چشم باشد، روی دیگری هم باید همان ژن وجود داشته باشد، اما ممکن است محتوی این دو ژن یعنی نوع رنگ‌ها متفاوت باشد: یعنی یکی از کروموزوم‌ها دارای ژن رنگ چشم آبی و دیگری دارای ژن رنگ چشم قهوه‌ای باشد (مشابه و غیر یکسان). و یا ممکن است که هر دو کروموزوم دارای ژن رنگ چشم قهوه‌ای باشند (محتوای مشابه و یکسان).

\* پس ← بر روی دو کروموزوم همتا، ژن‌های مشابه‌ی و وجود دارد که محتوای این ژن‌ها (یعنی دستورات آن‌ها) می‌تواند یکسان یا متفاوت باشد.

کروموزوم مضاعف: هر یک از کروموزوم‌های همتا در مرحله سنتز (S) چرخه سلولی، مضاعف می‌شوند. یعنی کروموزوم‌های تک کروماتیدی تبدیل به کروموزوم‌های دو کروماتیدی می‌شوند.

**نکته معهم:** هر کروموزوم مضاعف دارای دو کروماتید فواهری بوده که این دو کروماتید کاملاً از هر نظر (شکل و اندازه و محتوای ژنتیکی) یکسان می‌باشند.



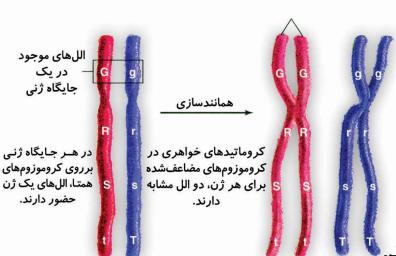
صفت: در علم ژن‌شناسی، ویژگی‌های ارثی جانداران را صفت می‌نامند.

**نکته ۱:** برخی از صفات توسط یک ژن کنترل می‌شوند (صفات تک ژنی) و برخی از صفات توسط چند ژن کنترل می‌شوند (صفات چند ژنی).

**نکته ۲:** برخی از صفات تا حدی تحت تأثیر محیط و شرایط محیطی قرار دارند مثل اندازه قد که با تغذیه و ورزش‌های مناسب، می‌توان آن را افزایش داد. اما برخی از صفات مثل گروه خونی، پیوسته یا آزاد بودن لاله گوش و ... در اثر محیط تغییر نمی‌کنند و همواره ثابت می‌باشند.

**شکل‌های یک صفت:** به انواع مختلف یک صفت، شکل‌های آن صفت می‌گویند. مثلاً رنگ چشم ممکن است به رنگ مشکی، قهوه‌ای، سبز یا آبی باشد. یا حالت مو ممکن است به شکل صاف، موج‌دار یا فردیده شود.

**ژن‌شناسی:** شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.  
**کروماتیدهای خواهri:**



**ال (دگره):** به حالت‌های مختلف یک صفت (یا یک ژن) گفته می‌شود که هریک بر روی مکان مشابه یک کروموزوم **همولوگ** قرار دارند و جایگاه مشخصی و یکسانی دارند.

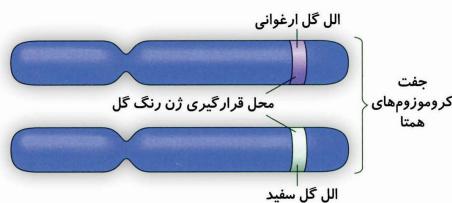
**نکته:** ال‌های یک ژن را با حروف انگلیسی نشان می‌دهند و برای هر ژن از یک حرف استفاده می‌شود. مثلاً رنگ چشم را با حرف G و رنگ پوست را با حرف R نشان می‌دهند.

**الل بارز (غالب):** الی است که اثر خود را بروز می‌کند و آن را با حرف بزرگ نشان می‌دهند.

**الل نهفته (مغلوب):** الی است که اثر خود را بروز نمی‌کند و ممکن است در نسل‌های بعدی اثر خود را بروز دهد. این الل را با حرف کوچک نشان می‌دهند.

\* مثلاً اگر فردی برای رنگ چشم خود دارای دو الل آبی و مشکی بوده و رنگ چشم‌های این فرد مشکی باشد، می‌گوییم الل مشکی بارز و الل آبی نهفته (مغلوب) است. بنابر این الل مشکی را با حرف بزرگ (G) و الل آبی را با حرف کوچک (g) نشان می‌دهیم.

### آل‌های یک صفت:



\* حالا مفهوم محتوای ژنی یکسان یا متفاوت را بهتر متوجه می‌شویم:

الف) محتوای ژنتیکی یکسان یعنی الل‌های موجود بر روی کروموزوم‌های همتا،  
یکسان باشند:

○ یا هر دو الل بارز باشند  $\Leftarrow AA$

○ یا هر دو الل نهفته باشند  $\Leftarrow aa$

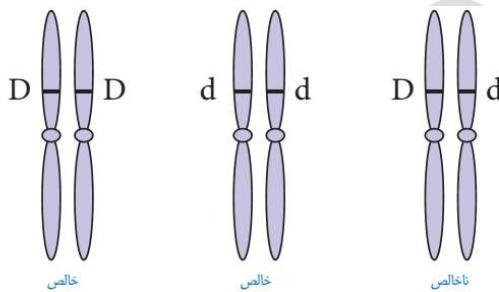
الل‌ها، نسخه‌های مختلف یک ژن هستند. سلول‌های پیکری، دو نسخه از هر کروموزوم (که یک جفت همتا را تشکیل می‌دهند) و بنا بر این دو الل از هر ژن دارند که ممکن است یکسان یا متفاوت باشند. این شکل، یک جفت کروموزوم همتا را در گاه نخودفرنگی F<sub>1</sub> بیبرید به تصور کشیده است. کروموزوم دارای الل اعل ارغوانی از یک والد و کروموزوم دارای الل کل سفید از والد دیگر به ارت رسیده است.

ب) محتوای ژنتیکی متفاوت یعنی الل‌های موجود بر روی کروموزوم‌های همتا

غیر یکسان باشند: یعنی یکی از الل‌ها بارز و دیگری نهفته باشد  $\Leftarrow Aa$

**خالص (هوموزیگوس):** اگر الل‌های یک صفت، یکسان باشند (AA و aa)، یعنی هر دو کروموزوم همتا، دارای الل‌های یکسان باشند، آن‌گاه می‌گوییم که فرد از نظر آن صفت خالص است.

**ناخالص (هتروزیگوس):** اگر الل‌های یک صفت، غیر یکسان باشند (Aa) یعنی یکی از کروموزوم‌های همتا الل بارز (A) و دیگری الل نهفته (a) داشته باشند، آن‌گاه می‌گوییم که فرد از نظر آن صفت ناخالص است.



**نکته:** فرد ناخالص، هر دو الل یک صفت را دارد (A و a) اما فرد ناخالص فقط یکی از الل‌ها را دارد یعنی يا الل a را دارد و يا الل A.

**ژنوتیپ (ژن نمود):** فرمول ژنتیکی یک صفت را ژن نمود یا ژنوتیپ می‌نامند.

**فنوتیپ (رخ نمود):** حالت ظاهری یک صفت را فنوتیپ یا رخ نمود می‌نامند.

**بررسی حالت‌های یک صفت در افراد:**

اگر در یک جمعیتی الل بارز (A) مربوط به رنگ موی مشکی و الل نهفته (a) مربوط به رنگ موی قهوه‌ای باشد، آن‌گاه:

**الف) افراد خالص بارز (AA)**  $\Leftarrow$  این افراد حالت بارز صفت را نشان می‌دهند، افراد خالص بارز، دارای رنگ موی مشکی

هستند. (ژنوتیپ بارز خالص: AA و فنوتیپ بارز خالص = رنگ موی مشکی می‌باشد)

**ب) افراد خالص نهفته (aa):** این افراد حالت نهفته یک صفت را نشان می‌دهند. یعنی دارای موی قهوه‌ای هستند. (ژنوتیپ

افراد خالص نهفته = aa و فنوتیپ آن‌ها قهوه‌ای (نهفته) می‌باشد).

**ج) افراد ناخالص (Aa):** در این افراد، الل بارز بر الـ نهفته پیروز شده! و اثر خود را بروز می‌کند. یعنی این افراد دارای موى مشكى هستند (ژنوتیپ افراد).

\***نکته:** افراد ناخالص از نظر ظاهری (فنوتیپ یا رخ نمود) شبیه افراد بارز خالص هستند اما از نظر فرمول ژنتیکی صفت (ژنوتیپ یا ژن نمود)، با افراد بارز خالص تفاوت دارند.

تمرین: جدول زیر مربوط به صفات گیاه نخدورنگی می‌باشد. جاهای خالی را در جدول زیر پر نمایید.

افراد ناخالص	افراد نهفته خالص	افراد بارز خالص	الل‌ها	صفت
ژنوتیپ = فنوتیپ =	ژنوتیپ = فنوتیپ =	ژنوتیپ = فنوتیپ =	A = ارغوانی = a	رنگ گلبرگ
ژنوتیپ = فنوتیپ = زرد	ژنوتیپ = فنوتیپ = سبز	ژنوتیپ = فنوتیپ =	B = b	رنگ دانه
ژنوتیپ = فنوتیپ =	ژنوتیپ = فنوتیپ =	ژنوتیپ = فنوتیپ =	D = بلند = d	طول ساقه
ژنوتیپ = فنوتیپ =	ژنوتیپ = فنوتیپ = چروکیده	ژنوتیپ = فنوتیپ = صاف	F = f	شكل دانه

#### نکات مهم:

- در ژن‌های دو الـ، در صورت برقراری رابطه بارزیت کامل (یعنی یکی از الل‌ها بارز و دیگری نهفته باشد)، ۳ نوع ژنوتیپ و دو نوع ژنوتیپ داریم.
- ژنوتیپ افرادی که فنوتیپ بارز را نشان می‌دهند را نمی‌توان مشخص کرد. زیرا این افراد یا بارز خالص هستند (AA) و یا ناخالص‌اند (Aa). اما افرادی که فنوتیپ نهفته را نشان می‌دهند صد درصد ژنوتیپ نهفته (aa) دارند.
- کلا وقتی می‌گوییم افراد بارز، دو حالت داریم: یا فرد دارای ژنوتیپ AA است و یا Aa.
- وقتی می‌گوییم افراد خالص نیز دو حالت داریم: یا فرد بارز خالص (AA) است و یا نهفته خالص (aa).
- کروموزوم X با کروموزوم Y همتا نمی‌باشند. در نتیجه در مردان (XY) الـ‌هایی که بر روی کروموزوم X قرار دارند، هیچ همتایی بر روی کروموزوم Y ندارند. پس در مردان، صفتی که بر روی کروموزوم X دارای الـ می‌باشد، حالت ناخالص ندارند. اما در زنان (XX) که دو کروموزوم X دارند. این دو همتا محسوب شده و هر الـ که بر روی یکی از کروموزوم‌های X باشد، دارای همتایی بر روی کروموزوم X دیگر دارد.
- تفاوت ژن با الـ: هر ژن دارای دو الـ می‌باشد که هر کدام از این الـ‌ها بر روی یکی از کروموزوم‌های همتا قرار دارد. تبصره: برخی ژن‌ها نظیر گروه خونی بیش از یک الـ دارند، اما هر فردی حداقل می‌تواند دو تا الـ را از بین چندین الـ داشته باشد.

انواع روابط بین الـلـهـا

۱- **بارز و نهفتگی (بارزیت کامل):** در این حالت الـلـهـا (A) بر الـلـهـا (a) غلبه کرده و سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ در جمعیت داریم.

<u><b>aa</b></u>	<u><b>Aa</b></u>	<u><b>AA</b></u>	• <b>انواع ژنوتیپ:</b>
<b>مغلوب</b>	<b>غالب</b>	• <b>انواع فنوتیپ:</b>	

۲- **همتوانی:** در این حالت، در افراد ناخالص یا هتروزیگوس، اثر هر دو الـلـهـا با هم ظاهر می‌شود. در این حالت سه ژنوتیپ و سه فنوتیپ در جامعه داریم.  
مثال: رنگ موی اسب

<b>A<sub>1</sub></b>	<b>aa</b>	<b>AA</b>	ژنوتیپ
اسب با موهای <b>قرمز</b> و <b>سفید</b>	اسب <b>مو سفید</b>	اسب <b>مو قرمز</b>	فنوتیپ

۳- **بارزیت ناقص:** در این حالت، فردی که ناخالص است، فنوتیپ حد واسط را نشان می‌دهد. در این حالت ۳ ژنوتیپ و سه فنوتیپ در جمعیت داریم.

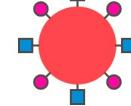
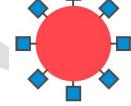
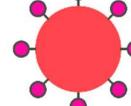
مثال: برای صفت رنگ گل میمونی دو الـلـهـا داریم: رنگ قرمز که با حرف R نمایش داده می‌شود و رنگ سفید که با حرف W نمایش داده می‌شود. انواع ژنوتیپ و فنوتیپ عبارتند از:

<b>RW</b>	<b>WW</b>	<b>RR</b>	ژنوتیپ
گل صورتی	گل سفید	گل قرمز	فنوتیپ

**نکته مهم** تفاوت بین همتوانی و بارزیت ناقص: در همتوانی هر دو فنوتیپ با هم در افراد ناخالص ظاهر می‌شوند. اما در بارزیت ناقص، فنوتیپ‌ها به صورت ناقص در افراد ناخالص ظاهر می‌شوند (افراد ناخالص فنوتیپ حد واسط را دارند).

**بررسی گروه‌های خونی (مثالی از ژن‌های چند الی)**

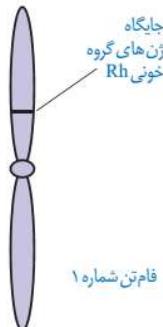
- ✓ گروه خونی دارای ۳ ال A و B و O می‌باشد که هر فرد حداقل دو تا از این ال‌ها را دارد.
- ✓ بین ال A و O بارزیت کامل وجود دارد. یعنی افراد دارای ژنوتیپ AO، گروه خونی(فنتوتیپ) A دارند.
- ✓ بین ال B و O نیز بارزیت کامل وجود دارد. یعنی افراد دارای ژنوتیپ BO، گروه خونی(فنتوتیپ) B دارند.
- ✓ بین ال‌های A و B رابطه هم‌توانی برقرار است و افراد دارای ژنوتیپ AB، دارای گروه خونی (فنتوتیپ) AB می‌باشند.
- ✓ علت بروز گروه‌های خونی، کربوهیدراتی است که بر روی غشای گلوبول‌های قرمز وجود دارد. افراد دارای گروه خونی A دارای کربوهیدرات A و افراد دارای گروه خونی B دارای کربوهیدرات B هستند. افرادی که گروه خونی AB دارند، هر دو کربوهیدرات A و B را دارند و افراد دارای گروه خونی O، هیچ کدام از کربوهیدرات‌های A و B را ندارند.
- ✓ کربوهیدرات‌های روی غشای گلوبول‌های قرمز، توسط یک آنزیم خاص ساخته می‌شود. افرادی که گروه خونی A را دارند، آنزیم سازنده کربوهیدرات A و افرادی که گروه خونی B را دارند، آنزیم سازنده گروه خونی B را دارند. افراد AB هر دو آنزیم را دارند و افراد O، هیچ آنزیمی ندارند.
- ✓ جایگاه ژن‌های گروه‌های خونی در کروموزوم (فامتن) شماره ۹ است.
- ✓ گروه‌های خونی دارای ۳ ال، ۶ نوع ژنوتیپ و ۴ نوع فنتوتیپ می‌باشند.

بررسی گروه‌های خونی				
فنتوتیپ (گروه خونی)	ژنوتیپ	شکل گویچه قرمز	کربوهیدرات روی گویچه قرمز	
O	AB	B	A	
OO	AB	BO یا BB	AO یا AA	
				
هیچ کدام	A و B	B	A	

**گروه خونی RH**

- گروه خونی Rh بر اساس بودن یا نبودن پروتئینی است که در غشای گویچه‌های قرمز جای دارد و پروتئین D نامیده می‌شود. اگر این پروتئین وجود داشته باشد، گروه خونی Rh مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی Rh منفی خواهد شد.
- بود و نبود پروتئین D به نوعی ژن بستگی دارد. دو ال در ارتباط با این پروتئین، در میان مردم دیده می‌شود. الی که می‌تواند پروتئین D را بسازد و الی که نمی‌تواند پروتئین D را بسازد. این دو ال را به ترتیب D و d می‌نامیم.

D و d جای مشخصی در فامتن دارند. هر دو، جای یکسانی از فامتن شماره ۱ را به خود اختصاص داده‌اند. توجه داشته باشید که هر فامتن شماره ۱ در این جایگاه ژن D یا d را دارد و نه هر دو را. به این جایگاه از فامتن شماره ۱، جایگاه ژنهای Rh می‌گویند.



چون یاخته‌های پیکری هر فرد، دو کروموزوم شماره ۱ دارد (یکی از پدر و دیگری از مادر)، پس

هر فرد دو الی برای این صفت دارد.

بین ال D و d رابطه بارز و نهفته‌گی (بارزیت کامل) وجود دارد و بنابراین، ۳ نوع ژنوتیپ و ۲ نوع

فنوتیپ در جامعه برای این صفت داریم.

dd	Dd	DD	ژنوتیپ
Rh منفی	Rh مثبت	Rh مثبت	فنوتیپ

نکته: در بررسی همزمان گروه‌های خونی چهارگانه و گروه‌خونی Rh، مجموعاً ۱۸ ژنوتیپ و ۸ فنوتیپ داریم.

ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی O <sup>+</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی AB <sup>+</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی B <sup>+</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی A <sup>+</sup>
OODD OODd	ABDD ABDD	BBDD BBdD BODD BODd	AADD AADd AOdd AOdD
ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی O <sup>-</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی AB <sup>-</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی B <sup>-</sup>	ژنوتیپ‌های گروه‌های خونی A <sup>-</sup>
OOdd	ABrr	BBdd BOdd	AAdd AOdd

تمرین:

- در بین فرزندان یک خانواده، ۴ نوع گروه خونی یافت می‌شود. با توجه به این موضوع، نوع گروه خونی والدین را مشخص نمایید.

۲- گروه خونی هر فرد بستگی به آنتیژنی دارد که در سطح غشای ..... قرار دارد.

۴) گلوبول‌های قرمز

RH (۳)

۲) گلوبول‌های سفید

۱) پلاکت‌ها

۳- در غشای گلوبول قرمز فردی با گروه خونی  $A^+$  کدامیک وجود ندارد؟

۴) ایدراز کربنیک

۳) آنتیژن A

۲) پادتن ضد B

۱) آنتیژن رزوس

۴- در غشای گلوبول قرمز کدامیک آنتیژن بیشتری وجود دارد؟

O<sup>+</sup> (۴)

AB<sup>+</sup> (۳)

B<sup>+</sup> (۲)

A<sup>+</sup> (۱)

## گفتار ۲

### انواع صفات

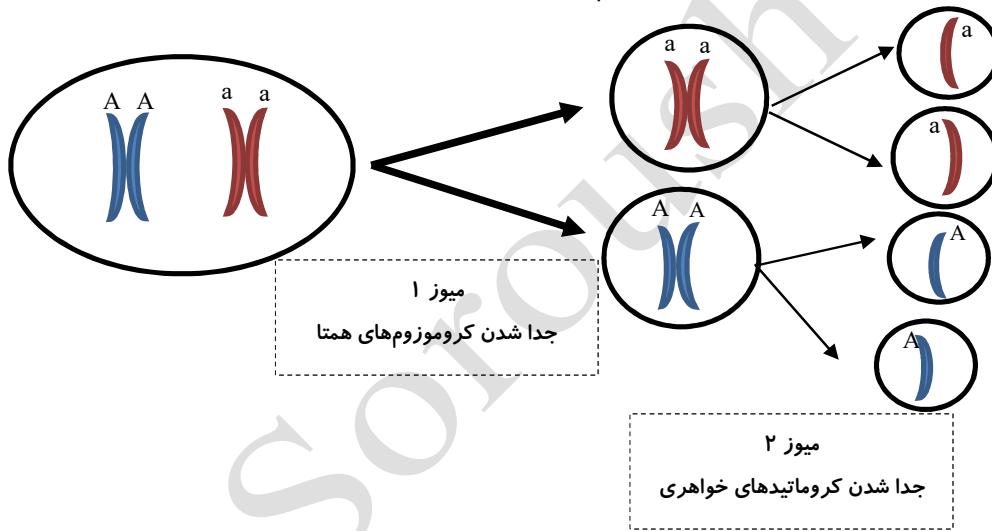
صفت مستقل از جنس: صفاتی هستند که ژن مربوط آنها بر روی کروموزوم‌های غیر جنسی قرار دارد.

صفت وابسته به جنس: صفاتی هستند که ژن مربوط آنها بر روی یکی از کروموزوم‌های جنسی قرار دارد.

**انواع صفات**

#### وراثت صفات مستقل از جنس

- \* هر صفت دارای دو الی می‌باشد که هر کدام بر روی یکی از کروموزوم‌های همتا (هومولوگ قرار دارد). در طی گامت-زایی و هنگام تقسیم میوز (آنفاز ۱) که کروموزوم‌های هومولوگ از یکدیگر جدا شده و هر کدام وارد یک یاخته می‌شوند. الل‌های مربوط به هر صفت نیز از یکدیگر جدا شده و هر کدام وارد یکی از دو یاخته حاصل از میوز ۱ می‌شوند.



- \* پس جدا شدن الل‌ها در میوز ۱ انجام می‌شود.

☞ بیماری‌های مستقل از جنس (آتوژومی) مغلوب در مردان و زنان دو نوع فنوتیپ و سه نوع ژنوتیپ دارند.

سالم	AA
ناقل	Aa
بیمار	aa

## انواع مسائل ژنتیک و روش‌های حل آن‌ها: (پوتاب مسائل و نکات مربوطه را در کتاب [@zistnovin](#) بینید)

**۱. انواع گامت:** در برخی مسائل، از شما انواع گامت تولیدی توسط یک فرد را می‌خواهند. توجه کنید که انواع گامت یعنی فردی با یک ژنوتیپ مشخص، چه نوع گامت‌هایی می‌تواند تولید نماید.

نکته: اگر تعداد گامت را بخواهند، در مردان میلیون‌ها گامت و در زنان در هر چرخه تنها یک گامت تولید می‌شود!

مثال ۱: یک زن با گروه خونی Rh Nاخالص با مردی خالص و نهفته، هر کدام چند نوع گامت تولید می‌کنند.

**نکته:** انواع گامت برای هر ژنوتیپ برابر است با  $2^n$  که  $n$  برابر است با تعداد صفات ناخالص (هتروزیگوس).

مثال ۲: فردی با ژنوتیپ  $AaBBDdGg$  مفروض است. این فرد حداقل چند نوع گامت می‌تواند تولید کند؟

**نکته:** ژنوتیپ (زننmod) فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت‌ها (کامه‌ها) با یکدیگر لفاح پیدا کنند.

**۲. مربع پانٹ:** جدولی است که برای بدست آوردن نسبت ژنوتیپ و فنووتیپ آمیزش‌های دلخواه می‌توان از آن استفاده کرد. (کاشف آن آقای رجینالد پانت بود).

روشن کار: فرض می‌کنیم می‌خواهیم نسبت‌های ژنوتیپی و فنووتیپی آمیزش مقابله را بدست آوریم:

۱. بدین منظور ابتدا گامت‌های هر دو والد را با نسبت‌های آن‌ها تعیین می‌نماییم:

$$\underline{Aa} = \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} a$$

$$\underline{aa} = \frac{1}{2} a + \frac{1}{2} a$$

۲. آنگاه یک مربع رسم می‌کنیم (چون هر کدام ۲ گامت دارند، مربع باید  $2 \times 2$  باشد).

۳. پس از رسم مربع، گامت‌های یک والد را در یک ضلع آن و گامت‌های والد دیگر را در کنار ضلع دیگر قرار می‌دهیم و سپس در یکدیگر ضرب می‌نماییم و حاصل را در خانه‌های داخل مربع می‌نویسیم.

	$\frac{1}{2} a$	$\frac{1}{2} a$
$\frac{1}{2} A$	$\frac{1}{4} \underline{Aa}$	$\frac{1}{4} \underline{Aa}$
$\frac{1}{2} a$	$\frac{1}{4} \underline{aa}$	$\frac{1}{4} \underline{aa}$

۴. سپس نسبت‌های داخل مرربع را با یکدیگر جمع می‌کنیم تا ژنوتیپ‌های فرزندان بدست:

$$2 \left( \frac{1}{4} Aa \right) + 2 \left( \frac{1}{4} aa \right) = \frac{1}{2} Aa + \frac{1}{2} aa$$

۵. اکنون بر اساس ژنوتیپ‌ها، فنوتیپ‌ها را تعیین می‌نماییم:

تمرین: در هر یک از تمرین‌های زیر، نسبت-های ژنتیکی و فنوتیکی فرزندان را با رسم مرربع پانت تعیین نمایید.

: Aa × Aa - ۱

: AA × Aa - ۲

: AA × aa - ۳

\*\*\* برای تست زنی و حل سریع مسائل، حتماً نسبت‌های آمیزش‌های تک صفتی اصلی، حفظ شود:

$$AA \times aa = \frac{1}{1} Aa \text{ یا } 100\% Aa$$

$$AA \times Aa = \frac{1}{2} AA + \frac{1}{2} Aa$$

$$Aa \times Aa = \frac{1}{4} AA + \frac{1}{2} Aa + \frac{1}{2} aa$$

$$aa \times Aa = \frac{1}{2} Aa + \frac{1}{2} aa$$

**۳. تعیین فنوتیپ و ژنوتیپ در آمیزش‌های چند صفتی:**

آمیزش‌های چند صفتی، برای بررسی همزمان چندین صفت به کار می‌رond و در آن‌ها، هر صفت را با یک حرف انگلیسی نشان می‌دهند.

AaBbDD × aaBbDd

مثال: انواع ژنوتیپ و فنوتیپ آمیزش مقابل را بدست آورید:

برای حل این مسائل به روش تستی و سریع ۲ راه حل داریم:

راه اول:

راه دوم:

تمرین: در هر یک از آمیزش‌های زیر، انواع ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های فرزندان را مشخص نمایید.

: AabbDdGG × AABbDdGg -۱

: AaBBddhh × AaBbDDHh -۲

**۴. محاسبه ژنوتیپ از روی فنوتیپ:**

برای حل این مسائل باید ابتدا ژنوتیپ والدین را از روی فنوتیپ آن‌ها تشخیص داده و سپس نسبت‌های ژنوتیپی و فنوتیپی زاده‌ها را تعیین نماییم.

**مثال ۱:** از پدر و مادری  $A^+$  و هتروژیگوس در بین فرزندان چند نوع ژنوتیپ و چند نوع فنوتیپ وجود دارد؟

**مثال ۲:** از ازدواج مردی با گروه خونی  $O^-$  و زنی با گروه خونی  $AB^+$ ، چه نوع ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌هایی در بین فرزندان قابل پیش‌بینی است؟

**۵. ژنوتیپ و فنوتیپ‌های خاص برای فرزندان:**

**مثال ۱:** در آمیزش  $AaBbDd \times AaBbDd$ ،  $aaBbDd$ ، چه نسبتی از فرزندان ژنوتیپ  $AaBBdd$  را خواهند داشت؟

**مثال ۲:** از پدر و مادری سالم و ناقل صفت فنیل کتونوری، احتمال تولد .....  
.....

۱ - دختری با فنیل کتونوری چقدر است؟

۲ - پسری سالم چقدر است؟

۳ - فرزندی با حداقل یک ژن بیماری چقدر است؟

۴- فرزند بعدی همواره سالم باشد چقدر است؟

۵- دختری سالم چقدر است؟

۶- دختری بیمار چقدر است؟

**مثال ۳:** مردی  $A^+$  و مبتلا به بیماری فنیل کتونوری با زنی سالم و دارای گروه خونی  $B^+$  ازدواج می‌کند. فرزند اول آن‌ها پسری مبتلا به فنیل کتونوری با گروه خونی  $O^-$  می‌شود.  
 الف) ژنوتیپ پدر و مادر را تعیین کنید.

ب) چقدر احتمال دارد که فرزند بعدی آن‌ها دختری سالم و دارای گروه خونی  $AB^+$  باشد؟

ج) چقدر احتمال دارد که این زوج فرزند پسری با گروه خونی  $O^+$  و مبتلا به فنیل کتونوری به دنیا بیاورند؟

د) چه نسبتی از فرزندان سالم این زوج، ناقل هستند؟

**تسنیت:** در بیماری‌های اتوژومی نهفته، هرگاه از پدر و مادری سالم، فرزندی بیمار متولد شود، با اطمینان می‌توانیم بگوییم که....

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| ۱) پدر و مادر هر دو ناقل هستند | ۲) فقط یکی ناقل است                    |
| ۳) پدر بزرگ مادری بیمار است    | ۴) فرزند بعدی هم قطعاً بیمار خواهد بود |

$$P = AA \times Aa$$

مثال ۴- در آمیزش رو به رو به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) چه نسبتی از فرزندان ناخالص‌اند؟

ب) چه نسبتی از فرزندان بارزنده‌اند؟

ج) چه نسبتی از فرزندان این خانواده دختر هتروزیگوت‌اند؟

د) چقدر احتمال دارد از سه فرزند این خانواده، یکی خالص باشد؟

ه) چقدر احتمال دارد از سه فرزند این خانواده حداقل یکی خالص باشد؟

$$P = Aa \times Aa$$

مثال ۵: در آمیزش رو به رو به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) چقدر احتمال دارد از چهار فرزند این خانواده، حداقل یکی ناخالص باشد؟

ب) احتمال تولد پسری با فنوتیپ بارز؟

ج) چقدر احتمال دارد پسر این خانواده فنوتیپ نهفته داشته باشد؟

د) احتمال هموزیگوت بودن یک فرزند بارز؟

AaBbDd × aabbDD

مثال ۶: در آمیزش روبرو به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) چه نسبتی از افراد در هر سه صفت ناخالص‌اند؟

ب) چه نسبتی از افراد در هر سه صفت هموژیگوت بارز هستند؟

ج) احتمال وقوع فنوتیپ AbD چقدر است؟

د) چه نسبتی از افراد بارز، ناخالص‌اند؟

ه) چه نسبتی از خالص‌ها، بارز هستند؟

**۶- محاسبه انواع ژنوتیپ و فنوتیپ**

AABbdd × AaBbDD      الف) در صفات دو الی: انواع ژنوتیپ و فنوتیپ را در آمیزش مقابل مشخص نمایید.

ب) انواع فنوتیپ و ژنوتیپ در صفات چند الی:

a. بدون رابطه بارز و نهفتگی ← صفتی دارای سه ال A<sub>1</sub> و A<sub>2</sub> و A<sub>3</sub> در جامعه می‌باشد که رابطه بارز و نهفتگی بین ال‌ها وجود ندارد. انواع ژنوتیپ و فنوتیپ ممکن را بدست آورید.

b. همراه با رابطه بارز و نهفتگی ← صفتی دارای ۴ ال A<sub>1</sub>، A<sub>2</sub>، A<sub>3</sub> و A<sub>4</sub> در جامعه می‌باشد. اگر ال A<sub>1</sub> بر سه ال دیگر بارزیت داشته باشد و ال A<sub>3</sub> نیز بر ال A<sub>4</sub> بارزیت داشته باشد، انواع ژنوتیپ و فنوتیپ ممکن را بدست آورید.

ج) انواع فنوتیپ و ژنوتیپ در صفات چند ژنی (چند جایگاهی):

صفتی ۲ ژنی داریم که ژن اول دارای ۳ ال A<sub>1</sub>، A<sub>2</sub>، A<sub>3</sub> بوده که ال A<sub>1</sub> بر سایر ال‌ها بارزیت دارد و ژن دوم دارای ۴ ال B<sub>1</sub>، B<sub>2</sub>، B<sub>3</sub> و B<sub>4</sub> می‌باشد که هیچ رابطه بارز و نهفتگی بین آن‌ها وجود ندارد. این صفت در مجموع دارای چند نوع ژنوتیپ و فنوتیپ در جامعه می‌باشد؟

## وراثت صفات وابسته به X :

- ★ اگر ال‌های یک زن روی کروموزوم‌های جنسی X قرار داشته باشد، آن صفت وابسته به کروموزوم جنسی X است.
- ★ بنابر این شیوه این بیماری در مردان بیشتر از زنان است. زیرا ال‌های این بیماری‌ها بر روی کروموزوم Y مردان پوشاننده ندارند.

**بیماری‌های وابسته به جنس نهفته (مغلوب):** ال بیماری‌زا در این بیماری‌ها، ال نهفته یا مغلوب می‌باشد. مثل بیماری هموفیلی.

**بیماری هموفیلی:** خون این افراد در موقع لزوم منعقد نمی‌شود. که علت آن فقدان عامل انعقادی ۸ (VIII) می‌باشد. بنابراین چنین افرادی در خطر خونریزی بیش از حد قرار دارند. ال مغلوب این بیماری بر روی کروموزوم جنسی X است (بیماری وابسته به جنس نهفته یا مغلوب). کروزوم Y الی برای این صفت ندارد.

☞ ال بیماری‌زا در این بیماری را با حرف h و ال سالم را با حرف H نشان می‌دهند.

ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های زنان		ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های مردان	
X <sup>H</sup> X <sup>H</sup> ← سالم X <sup>H</sup> X <sup>h</sup> ← سالم (ناقل) X <sup>h</sup> X <sup>h</sup> ← بیمار		X <sup>H</sup> Y ← سالم X <sup>h</sup> Y ← بیمار	

**نکته ۱:** در صفات وابسته به X تعداد انواع ژنوتیپ در مردان و زنان به هم برابر نیست. مثلا در بیماری هموفیلی مردان دو نوع فنوتیپ و دو نوع ژنوتیپ دارند. ولی زنان دو نوع فنوتیپ و سه نوع ژنوتیپ دارند. پس در مجموع ۵ نوع ژنوتیپ و ۴ نوع فنوتیپ در جامعه داریم.

**نکته ۲:** در بیماری‌های وابسته به X، مرد ناقل نداریم و مردها با بیمارند و یا سالم هستند.

**نکته ۳:** اگر از یک مادر بیمار و پدر سالم، فقط پسرها بیمار شوند ← الگوی بیماری وابسته به جنس نهفته (مغلوب) است.

**مثال ۱:** چند درصد اسپرم‌های مردی مبتلا به هموفیلی، دارای ال بیماری می‌باشند؟

- الف) ۲۵٪      ب) ۳۳٪      ج) ۵۰٪      د) ۷۵٪

**مثال ۲:** از پدر و مادری سالم، فرزندی مبتلا به هموفیلی متولد شده است، ژنوتیپ والدین و فرزند را مشخص نمایید.

**مثال ۳:** از پدری و مادری سالم، فرزند اول مبتلا به هموفیلی و فیبل کتونوری می‌باشد. مطلوب است محاسبه احتمالات زیر:

الف) احتمال این‌که فرزند بعدی پسری مبتلا به هر دو بیماری باشد؟

ب) احتمال تولد دختری که فقط یکی از بیماری‌ها را داشته باشد؟

ج) چه نسبتی از فرزندان آن‌ها الی هر دو بیماری را ندارند؟

### صفات پیوسته و گسسته

**صفات پیوسته:** صفاتی هستند که دارای مقادیر مختلفی در جامعه می‌باشند (به این معنی که هر عددی بین یک حداقل و یک حداکثر، ممکن است باشد). مثل قد، وزن و ....

**صفات گسسته:** صفاتی که تنها چند حالت بیشتر ندارند، را گسسته می‌نامند. مثل گروه خونی Rh که دو حالت مثبت و منفی بیشتر ندارد.

### صفات تک‌جایگاهی و چند‌جایگاهی

#### **صفات تک‌جایگاهی:**

صفاتی هستند که یک جایگاه ژن در کروموزوم (فامتن) دارند. برای مثال، ال (دگره) صفت گروههای خونی ABO یک جایگاه مشخص از فامتن ۹ را به خود اختصاص داده‌اند.

\* صفات تک‌جایگاهی غیر وابسته به کروموزوم X در افراد دیپلوئید تنها دارای دو ال هستند که هر کدام بر روی یکی از کروموزوم‌های همتا قرار دارد.

\* صفات تک‌جایگاهی وابسته به X در زنان دارای ۲ ال و در مردان فقط دارای یک ال می‌باشند  $\Rightarrow$  زیرا کروموزوم Y هیچ جایگاهی برای صفاتی که روی کروموزوم X هستند، ندارد.

#### **انواع صفات تک‌جایگاهی:**

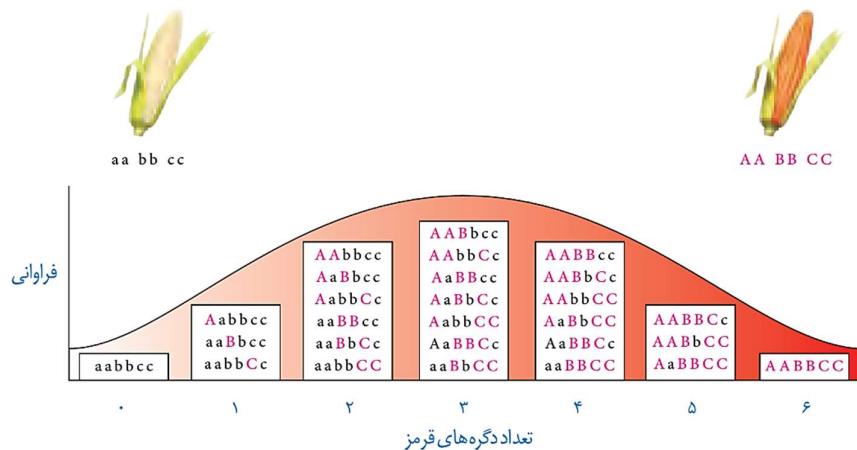
الف) **تک‌جایگاهی دو الی:** مثل گروه خونی Rh که دو ال در جامعه بیشتر ندارد. ال A و ال B.

ب) **تک‌جایگاهی چند الی:** مثل گروههای خونی ABO که سه ال A و B و O را در جامعه دارد که البته در هر فرد فقط دو تا از این ال‌ها می‌تواند وجود داشته باشد.

**نکته:** کلا در صفات تک‌جایگاهی غیرجنسی (چه دو الی و چه چند الی)، هر فرد دیپلوئید فقط دو ال می‌تواند داشته باشد.

**صفات چندجایگاهی:**

- \* صفاتی هستند که در بروز آنها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. یعنی این صفات بیش از ۲ ال در هر فرد دارند. مثلاً رنگ نوعی ذرت مثالی از صفات چندجایگاهی است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است.
- \* صفت رنگ در این نوع ذرت صفتی با سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو دگره دارند. برای نشان دادن ژنها در این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک A، B و C استفاده می‌کنیم.
- \* بر حسب نوع ترکیب دگره‌ها، رنگ‌های مختلفی ایجاد می‌شود. دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته رنگ سفید را به وجود می‌آورند. بنابراین فنوتیپ‌های دو آستانه طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژنوتیپ‌های (ژن‌نمودهای) AAbbCC و AABBCC را دارند.
- \* در فنوتیپ‌های (رخ‌نمودهای) ناخالص، هرچه تعداد ال‌های بارز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است.
- \* صفات چندجایگاهی فنوتیپ‌های پیوسته‌ای دارند. یعنی افراد جمعیت این ذرت، در مجموع طیف پیوسته‌ای بین سفید و قرمز را به نمایش می‌گذارند. به همین علت، نمودار توزیع فراوانی این فنوتیپ‌ها شبیه زنگوله است.
- \* فنوتیپ صفات تک‌جایگاهی، غیرپیوسته است. مثلاً رنگ گل میمونی یا سفید، یا قرمز یا صورتی (بدون طیف) است.



**نکتهٔ شکل:** هرچه تعداد ال‌های بارز در یک ژنوتیپ بیشتر باشد، رنگ دانه‌های ذرت (فنوتیپ) بیشتر به سمت قرمز متمايل می‌شود و هرچه تعداد ال‌های نهفته در یک ژنوتیپ بیشتر باشد، رنگ دانه‌های ذرت (فنوتیپ) به سمت سفید می‌رود. مثلاً رنگ دانه‌های ذرت دارای ژنوتیپ AaBbcc نسبت به ذرت دارای ژنوتیپ Aabbcc قرمزتر است. زیرا ذرت اولی دارای دو ال بارز است اما ذرت دومی تنها یک ال بارز دارد و در نتیجه، سفیدتر است.

**اثر محیط**

- \* گاهی برای بروز یک فنوتیپ (رخ‌نمود) تنها وجود ژن کافی نیست. برای مثال در گیاهان، ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد.
- \* محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. **تغذیه و ورزش** عواملی محیطی‌اند که می‌توانند بر ظهور فنوتیپ (رخ‌نمود) اثر بگذارند (پاسخ به محیط). به عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی‌توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد.

**مهار بیماری‌های ژنتیک**

\* گرچه نمی‌توان بیماری‌های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد (مگر در موارد محدود) اما گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، بروز اثر ژن‌ها را مهار کرد.

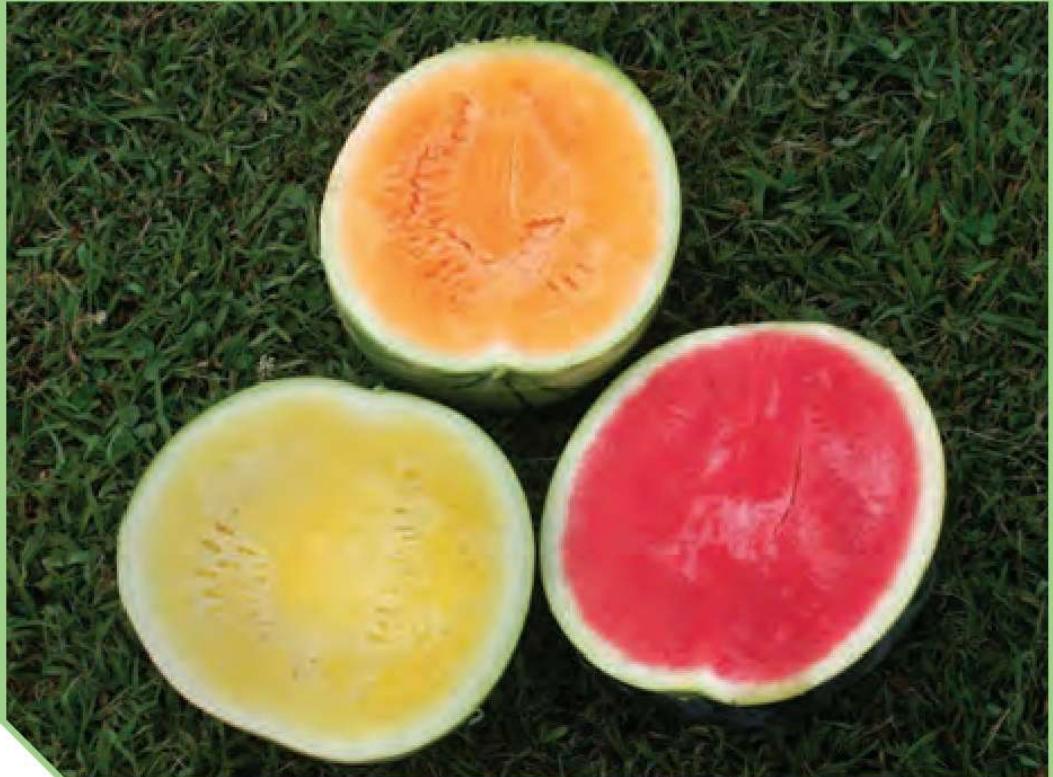
**بیماری فنیل کتونوری (PKU)**

- علت بیماری: آنزیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند وجود ندارد (ژن این آنزیم نقص دارد و در نتیجه این آنزیم ساخته نمی‌شود).
- پیامدهای بیماری: تجمع فنیل‌آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود ← در این بیماری، مغز آسیب می‌بیند.

**نکته:** این ترکیبات خطرناک وارد خون می‌شوند و با آزمایش خون قابل تشخیص‌اند.

- روش جلوگیری از اثرات این بیماری در افراد بیمار: تغذیه نکردن از خوارکی‌هایی که فنیل‌آلانین دارند.

**نکته:** فنیل کتونوری یک بیماری ژنتیکی غیروابسته به کروموزوم‌های جنسی و نهفته است و وقتی نوزاد متولد می‌شود، علائم آشکاری ندارد. در عین حال، تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل کتونوری با شیر مادر (که حاوی فنیل‌آلانین است) به آسیب یاخته‌های مغزی او می‌انجامد. به همین علت، نوزادان را در بدو تولد از نظر ابتلای احتمالی به این بیماری، با انجام آزمایش خون بررسی می‌کنند. در صورت ابتلای نوزاد با شیرخشک‌هایی که فاقد فنیل‌آلانین است تغذیه می‌شود و در رژیم غذایی او برای آینده، از رژیمهای بدون (یا کم) فنیل‌آلانین استفاده می‌شود.



فصل ۴

## تغییر در اطلاعات و راثتی

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

@Zistnovin

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های ماده وراثتی است اما در عین حال، ماده وراثتی به طور محدود تغییرپذیر است.

#### پیامدهای تغییر در ماده وراثتی:

تغییر در ماده وراثتی  $\leftarrow$  ایجاد گوناگونی  $\leftarrow$  افزایش توان بقای جمعیت‌ها در شرایط متغیر محیطی  $\leftarrow$  فراهم ساختن زمینه تغییر گونه‌ها

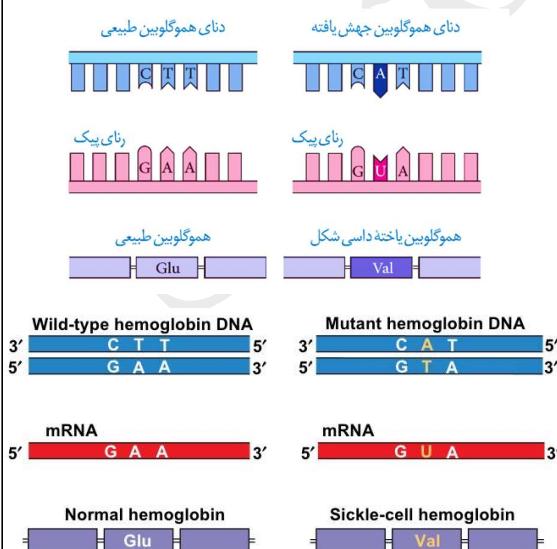
## گفتار ۱ تغییر در ماده وراثتی جانداران

تغییرپذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد.

#### نکات کم خوبی داسی شکل:

- ❖ یک بیماری انژزومی (غیروابسته به جنس) نهفته است. یعنی افراد بارز (CC) سالم بوده و افراد نهفته (cc) بیمار هستند.
  - ❖ ال سالم (C)  $\leftarrow$  هموگلوبین سالم می‌سازد.
  - ❖ ال نهفته (c)  $\leftarrow$  هموگلوبین تغییر شکل یافته (ناقص) می‌سازد.
  - ❖ علت بیماری: تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین. (هموگلوبین سالم و تغییر شکل یافته، فقط در یک آمینواسید با یکدیگر تفاوت دارند).
  - ❖ علت تغییر شکل گلبول قرمز: وجود هموگلوبین ناقص در داخل گلبول قرمز.
- \* مقایسه ژن‌های هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به این آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است.

#### نکته شکل:



تغییر در دومین نوکلئوتید رمز مربوط به آمینواسید گلوتامین

تغییر در دومین نوکلئوتید رمز مربوط به آمینواسید گلوتامین (GAA  $\rightarrow$  GUT) موجب تغییر در رمزه شده (CAT) و رمزه گلوتامین تبدیل به رمزه والین می‌شود. در نتیجه بجای آمینواسید گلوتامین، آمینواسید والین در مولکول هموگلوبین قرار می‌گیرد. این تغییر آمینواسید منجر به تغییر شکل مولکول هموگلوبین و در نتیجه تغییر شکل گلبول قرمز می‌شود.

**جیش**

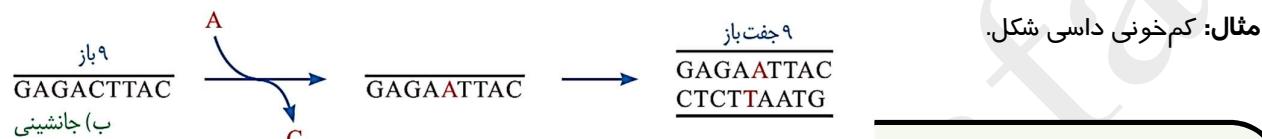
**تعريف جیش:** تغییر دائمی (پایدار) در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی (DNA) را جیش می‌نامند.

**انواع جیش:**

**الف- جیش‌های کوچک (ژنی):** این جیش‌ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی‌گیرند.

**انواع جیش‌های کوچک**

**۱- جیش جانشینی:** در این نوع جیش، یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری می‌شود.



**نکته ۱:** به علت وجود رابطه مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.

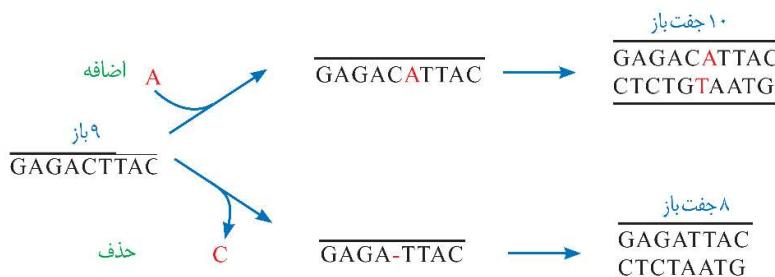
**نکته ۲:** جیش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها نمی‌شود  $\Leftarrow$  گاهی جیش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند؛ و یا جیش در مناطق خارج از ژن (توالی‌های تنظیمی مثل راهانداز و توالی‌های بین‌ژنی) رخ دهد، این نوع جیش تأثیری بر پروتئین نخواهد گذاشت. چنین جیشی را **جیش خاموش** می‌نامند.

**مثال برای جیش خاموش:** TTA رمز مربوط به آمینواسیدی به نام آسپاراژین است. اگر بجای نوکلئوتید A، نوکلئوتید G قرار گیرد، آن‌گاه رمز TTA تبدیل به رمز TTG می‌شود که اتفاقاً این رمز هم مربوط به آسپاراژین می‌باشد. پس تغییری در پروتئین ساخته شده بوجود نخواهد آمد.

**نکته ۳:** جیش در توالی‌های تنظیمی (راهانداز و افزاینده) می‌تواند مقدار رونویسی و ترجمه را تحت تأثیر قرار دهد.

**نکته ۴:** این امکان وجود دارد که جیش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلیپپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد و به این نوع جیش، جیش بی معنا گویند.

**۲- جیش‌های اضافه و حذف:** انواع دیگر جیش‌های کوچک‌اند. در این جیش‌ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می‌شوند.



**نکته:** می‌دانیم که رمز دنا به صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد وخیمی داشته باشد.

جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت زیر در نظر بگیرید:

### ای ن / س ی ب / س ر خ / ا س ت

اگر یک حرف به جایی درون این جمله اضافه شود چگونه خوانده می‌شود؟ قرار است این جمله را همچنان به صورت کلمات سه حرفی بخوانیم:

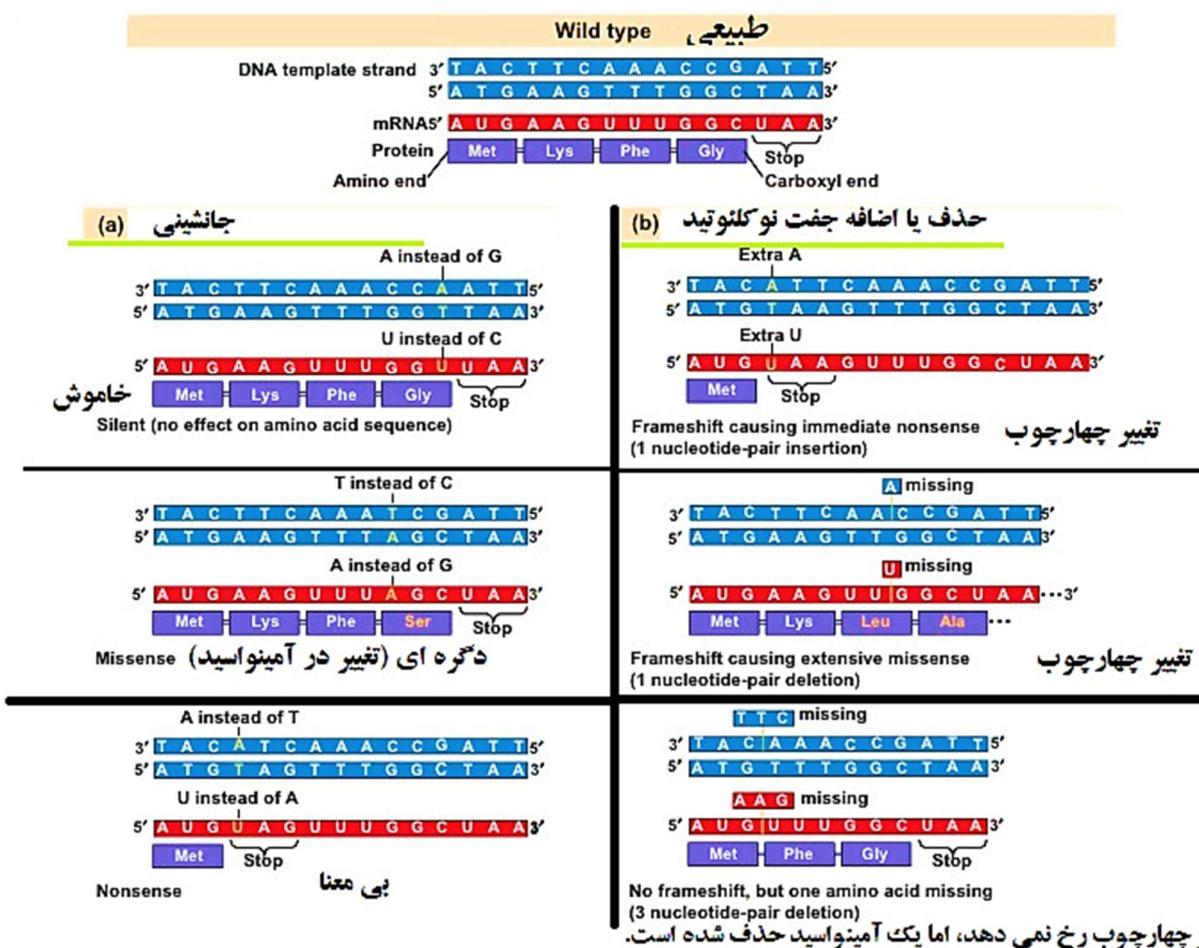
### ای ن / ر س ی ب / س ر خ / ا س ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد.

**جیش تغییر چهارچوب:** نوعی جیش کوچک است که در آن به علت اضافه یا حذف شدن یک نوکلئوتید، چهارچوب خواندن رمزهای ۳ نوکلئوتیدی تغییر کند.

**نکته مهم:** در جیش‌های جانشینی، تعداد نوکلئوتیدهای DNA تغییری نمی‌کند، اما در جیش‌های حذف و اضافه به ترتیب تعداد نوکلئوتیدهای DNA کم و زیاد می‌شود.

## «بررسی انواع جیش‌های کوچک»



## جمع بندی جهش‌های کوچک (شکل صفحهٔ قبل)

انواع جهش‌های حذف و اضافه	
(۱) تغییر چهارچوب: بدلیل اضافه یا حذف شدن یک نوکلئوتید	
(۲) اضافه یا حذف شدن یک رمز (۳ نوکلئوتید)	
(۱) خاموش: تبدیل یک رمز به رمزی دیگر در حالی که هر دو رمز مربوط به یک آمینواسید می‌باشند.	انواع جهش‌های جانشینی
(۲) دگرهای: رمز یک آمینواسید به رمز آمینواسید دیگری تبدیل می‌شود.	
(۳) بی‌معنا: رمز آمینواسید تبدیل به رمز پایان می‌شود $\leftarrow$ پروتئین‌سازی متوقف می‌شود.	

### ب- جهش‌های بزرگ (ناهنجاری‌های کروموزومی یا فامتنی):

جهش ممکن است در مقیاس وسیعتری رخ دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های فامتنی منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهده کاریوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.

#### انواع ناهنجاری‌های کروموزومی:

**۱- ناهنجاری‌های عددی در کروموزوم‌ها:** این تغییر بدلیل با هم ماندن کروموزوم‌ها در تقسیم میوز بوجود می‌آید. مثال: مبتلایان به بیماری سندروم داون، یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارند (۴۷ کروموزوم دارند).

#### ۲- ناهنجاری‌های ساختاری در کروموزوم‌ها:

(a) **حذف:** ممکن است قسمتی از کروموزوم از دست برود که به آن حذف می‌گویند.

**نکته ۱:** جهش‌های کروموزومی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند (۱۰۰٪ نیست).

**نکته ۲:** جهش‌های حذف موجب کاهش طول کروموزوم می‌شوند.

(b) **جابه‌جایی:** نوع دیگری از ناهنجاری کروموزومی است که در آن قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم غیرهمتا یا حتی بخش دیگری از همان کروموزومی منتقل می‌شود.

**نکته:** جهش جابه‌جایی موجب کاهش طول کروموزوم مبداء و افزایش طول کروموزوم مقصد می‌شود.

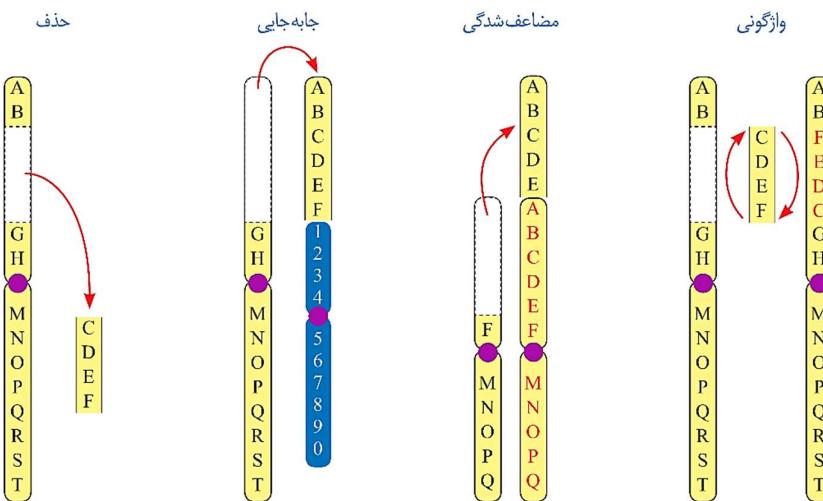
(c) **مضاعف شدگی:** اگر قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم همتا جابه‌جا شود، آنگاه در کروموزوم همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، **مضاعف شدگی** می‌گویند.

**نکته ۱:** جهش مضاعف شدگی نیز همانند جهش جابه‌جایی موجب کاهش طول کروموزوم مبداء و افزایش طول کروموزوم مقصد می‌شود.

**نکته ۲:** بین کروموزوم‌های جنسی در مردان، نمی‌تواند جهش مضاعف شدگی رخ دهد، زیرا کروموزوم‌های جنسی مردان (XY) همتای یکدیگر محسوب نمی‌شوند. اما در زنان بین کروموزوم‌های جنسی (XX) جهش مضاعف شدگی داریم، چون همتا هستند.

(d) **واژگونی:** در این ناهنجاری، جهت قرارگیری قسمتی از یک کروموزوم در جای خود معکوس می‌شود.

**نکته:** درجهش واژگونی، طول کروموزوم تغییری نمی‌کند.



سوال: در کدام جهش‌ها، قطعهٔ جدا شده از کروموزوم می‌تواند بر روی همان کروموزوم متصل شود؟

سوال: قضاؤت صحیح کدام است؟

- الف) در جهش جابجایی، طول کروموزوم افزایش می‌یابد.  
 ب) هر نوع جهش بزرگی که در آن طول کروموزوم افزایش یابد، از نوع جابجایی است.  
 ۱) هردو صحیح      ۲) هر دو غلط      ۳) الف درست، ب غلط      ۴) الف غلط

#### نکات مهم:

- ۱- کوچک و بزرگ بودن جهش ربطی به نوع اثر جهش ندارد و فقط از نظر تعداد نوکلئوتیدهای تغییر یافته نام‌گذاری شده‌اند. گاهی یک جهش کوچک اثر به مرانتب خطرناکتری بر حیات فرد می‌تواند داشته باشد.  
 ۲- جهش‌های بزرگ را می‌توان از روی کاریوتیپ افراد تشخیص داد، اما جهش‌های کوچک را نمی‌توان.

#### پیامدهای جهش بر عملکرد

اثر جهش بر عملکرد محصول ژن‌ها، به عوامل متعددی بستگی دارد که یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در ژنگان (ژنوم) است.

#### ژنگان (ژنوم)

- تعریف: به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی.  
 نکتهٔ ۱: طبق قرارداد، ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هریک از انواع فامتن‌ها در نظر می‌گیرند. ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فامتن غیرجنسی و فامتن‌های جنسی X و Y است.  
 نکتهٔ ۲: دنای راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.

## انواع بخش‌های موجود در ژنگان:

۱- ژن‌ها (توالی‌های درون ژنی): بخش‌هایی از ژنگان هستند که از روی آن‌ها رونویسی انجام می‌گیرد و جیش در این بخش‌ها می‌تواند بر محصول ژن (پروتئین یا RNA) اثرگذار باشد.

۲- توالی‌های بین ژنی: نوکلئوتیدهایی هستند که بین ژن‌ها قرار دارند. این توالی‌ها رونویسی نمی‌شوند. ۳- توالی‌های تنظیمی: توالی‌هایی نظیر رامانداز، افزاینده و اپراتور را توالی تنظیمی می‌گویند. این توالی‌ها رونویسی نمی‌شوند اما در آغاز و تنظیم رونویسی نقش دارند.

### مثال: چند مورد صحیح است؟

- الف) برای بررسی ژنوم یک زن، باید ۲۳ قطعه DNA را بررسی کرد.  
 ب) برای بررسی ژنوم یک مرد، باید ۲۳ قطعه DNA را بررسی کرد.  
 ج) برای بررسی ژنوم زنبور نر، باید تمام قطعات DNA موجود در هسته یکی از یاخته‌هایش را بررسی کرد.  
 د) برای بررسی ژنوم درخت زیتون، باید ۴۸ قطعه DNA را بررسی کرد.

بررسی اثر چیزی بر روی توالی‌های مختلف:

۱- جیش در توالی‌های درون‌گن: اگر جیش درون ژن رخ دهد، آنگاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود (ممکن است «مغاید»، «مضر» یا «ختنی» باشد). مثلاً اگر جیش جانشینی در رمز یک آمینواسید مربوط به یک آنزیم اتفاق بیافتد و موجب تغییر آمینواسید شود، بستگی دارد که این آمینواسید در کجای آنزیم قرار داشته باشد. اگر جیش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آنگاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جیش در جای دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوریکه بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم باحتی صفر است.

پس :

(الف) اثر جیش در توالی‌های درون‌زنی به محل وقوع جیش و نوع جیش دارد.

ب) اگر بر روی اگزون‌ها رخ دهد، بر روی پروتئین‌سازی (نوع پروتئین ساخته شده) تاثیرگذار خواهد بود، اما اگر بر روی اینترن‌ها رخ دهد، اثری بر پروتئین‌سازی ندارد.

**۲- جهش در توالی‌های بین‌رنی:** اگر جهش در توالی‌های بین‌رنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت (یعنی بر نوع و مقدار محصول تاثیر نمی‌گذارد).

**۳- جیش در توالی‌های تنظیمی:** گاهی جیش در یکی از توالی‌های تنظیمی ژن رخ می‌دهد، مثلاً در راه انداز یا افزاینده. این جیش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می‌گذارد. جیش در راهانداز یک ژن، ممکن است آن را به راهاندازی قوی‌تر یا ضعیفتر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از ژن آن راهانداز، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

☞ پس: جیش در توالی‌های تنظیمی بر نوع محصول (مثلاً پروتئین) بی‌تأثیر است، اما بر میزان محصول می‌تواند تأثیرگذار باشد.

**نکته:** جیش در توالی‌های مختلف، از نوع جیش‌های کوچک می‌باشد.

### علت جیش

گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی دنا وجود دارد اما با وجود اینها، **گاهی** در همانندسازی خطاهایی رخ می‌دهد که باعث جیش می‌شوند.

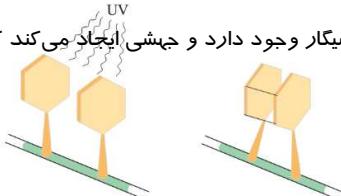
☞ **علت جیش:** خطاهای رخ داده در هنگام همانند سازی می‌باشد.

**نکته:** عواملی که موجب خطای همانند سازی می‌شوند را **عوامل جیش‌زا** می‌گویند.

**فیزیکی:** پرتوی فرابنفش یکی از عوامل جیش‌زای فیزیکی است. این پرتو، که در نور خورشید وجود دارد، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم می‌شود که به آن **دپار** (دیمر) تیمین می‌گویند (شکل زیر).

} **انواع عوامل  
جیش‌زا**

**شیمیایی:** از مواد شیمیایی جیش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد و جیش‌ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.



### انواع جیش:

**۱- ارثی:** جیش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جیش در گامه‌ها (گامت‌ها) وجود دارد که پس از لقاد، جیش را به تخم منتقل می‌کنند (پس در تخم هم وجود دارد). در این صورت همه یاخته‌های حاصل از آن تخم، دارای آن جیش‌اند.

☞ پس **جیشی** که در گامت‌ها رخ دهد، می‌تواند به نسل بعد منتقل شود اما جیش در سلول‌های غیرجنسی مثل سلول پوست، به نسل بعد منتقل نمی‌شود.

**۲- اکتسابی:** جیش اکتسابی از محیط کسب می‌شود. مثلاً سیگار کشیدن می‌تواند باعث ایجاد جیش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.

### بررسی انتقال جیش به نسل بعد:

۱- اگر جیش در گامت‌ها رخ دهد، **می‌تواند** به نسل بعد منتقل شود. چرا می‌گوییم ممکن است؟ چون ممکن است جیشی در یک گامت رخ دهد، اما آن گامت در لقاد شرکت نکند.

۲- اگر جیشی در سلول‌های غیرجنسی (مثلاً پوست دست) رخ دهد، در بدن همان فرد می‌ماند و به نسل بعد منتقل نمی‌شود.

۳- اگر جهشی در سلول تخم (زیگوت) رخ دهد و آن سلول زنده بماند، این جهش در تمام سلول‌های بدن فرد وجود خواهد داشت، چون تمام سلول‌ها، از تقسیم سلول تخم بوجود می‌آیند. در این حالت اگر این فرد به سن تولیدمثل برسد و بخواهد گامت‌زایی کند، در گامت‌هایش هم اثر آن جهش دیده می‌شود، چون سلول‌های زاینده گامت‌ها که غیرجنسی می‌باشند نیز از سلول تخم جهش‌یافته اولیه حاصل می‌شوند. پس این نوع جهش نیز به نسل بعد منتقل می‌شود.

**نکته مهم:** جهش در ژن‌های باخته‌های پیکری می‌تواند بر عملکرد آن باخته‌ها بی‌اثر باشد. مثلاً اگر جهش در ژن ساخت آنزیم پروتئاز در باخته‌های اصلی غده‌های معده رخ دهد، ساخت این آنزیم دچار مشکل خواهد شد. اما اگر همین ژن در باخته‌های مری جهش پیدا کند، اثری ندارد، چون در مری پروتئاز ساخته نمی‌شود.

#### نکات مهم در رابطه با سرطان:

- ۱- سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند.
- ۲- ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند ← نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند.
- ۳- غذاهای گیاهی که پاد اکسیدان یا آنتی اکسیدان و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند.
- \* رنگدانه‌های گیاهی نظیر کاروتونوئیدها (در کروموفلوراست) و آنتوسیانین (در کریچه) دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند.
- ۴- شیوه فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد:
  - ❖ در مناطقی که مصرف غذاهای نمک‌سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد.
  - ❖ ارتباط بعضی از سرطانها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است
  - ❖ ترکیبات نیتریت‌دار مانند سدیم نیتریت، که برای ماندگاری محصولات پرتوسینی مثل سوسیس و کالباس به آنها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایط قابلیت سرطان‌زایی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین موادغذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

## گفتار ۲

# تغییر در جمیعت‌ها

- بعد از کشف پادزیست‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها) در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا مجهز شد و توانست در نبرد با آنها پیروز شود.
- باکتری‌ها در گذر زمان نسبت به پادزیست‌ها مقاوم می‌شوند و این نشان می‌دهد که «موجودات زنده میتوانند در گذر زمان تغییر کنند».
- تعريف جمیعت: به مجموعه افراد یک گونه که در یک مکان و یک زمان زندگی می‌کنند، جمیعت گویند.
- تعريف گونه: به افرادی که از نظر تعداد کروموزوم و نوع ژن‌ها شبیه هم هستند و می‌توانند با یکدیگر تولیدمثل کنند و زاده‌هایی زیستا (دارای توانایی زیستن) و زیبا (دارای توانایی تولیدمثل) بوجود آورند، افراد هم گونه می‌گویند.

### تغییر در گذر زمان

- شباخت‌های بین جانداران موجب می‌شود که آن‌ها را در یک گونه قرار دهیم، اما در بین افراد یک گونه، تفاوت‌های فردی نیز وجود دارد که باعث شناخت آن‌ها از یکدیگر می‌شود.
- تفاوت‌های فردی در اثر عوامل ارثی و محیطی بوجود می‌آیند.
- تفاوت‌های فردی موجب پایداری گونه و تغییر جمیعت می‌شود.
- هرچه تفاوت‌های فردی در جمیعتی بیشتر باشد، تنوع افراد نیز در آن جمیعت بیشتر است.

### مثالی از تغییر جمیعت در اثر تفاوت‌های فردی:

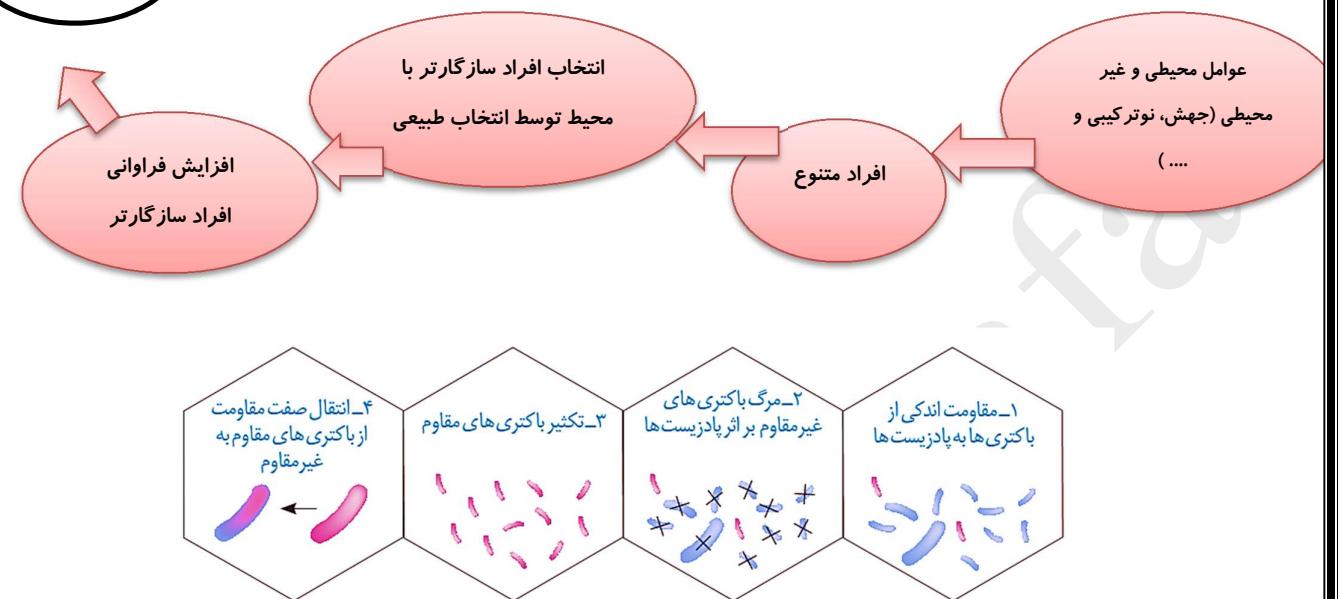
- افراد یک گونه از نظر تحمل سرما متفاوتند یعنی برخی بیشتر و برخی کمتر سرما را تحمل می‌کنند  $\leftarrow$  در اثر سرد شدن شدید هوا، افرادی که تحمل بیشتری دارند شناس بیشتری برای زنده ماندن دارند  $\leftarrow$  این افراد، بیشتر از دیگران تولیدمثل می‌کنند و در نتیجه  $\leftarrow$  صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود.
- اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آنها که سرما را تحمل می‌کنند، شناس بیشتری برای تولیدمثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت. بنابراین، بعد از مدتی با جمیعتی رو به رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمیعت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمیعت.

### عوامل مورد نیاز برای تغییر جمیعت:

- ۱- تفاوت‌های فردی: تفاوت‌های فردی موجب باقی‌ماندن افراد سازگارتر با محیط می‌شود.
  - نکته مهم: بیتر بودن یک صفت، به شرایط محیط وابسته است. یعنی محیط تعیین کننده صفت بیتر است. مثلا در مثال تغییر جمیعت، اگر هوا گرم می‌شد، افرادی که تحمل گرمای بیشتری داشتند باقی می‌ماندند. بنابراین، زیست‌شناسان از واژه «صفت بیتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند صفت سازگارتر با محیط.
  - ۲- محیط: این، «محیط» است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند.
  - ۳- انتخاب طبیعی: این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آنهایی که شناس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند.
- نکته ۱: وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمیعتی از افراد هستیم نه یک فرد.

**نکته ۲:** انتخاب طبیعی «جمعیت» را تغییر میدهد نه «فرد» را و همچنین باعث ایجاد ال جدید نمی‌شود، اما جهش فرد را تغییر می‌دهد و سبب ایجاد ال جدید نیز می‌شود.

**نکته ۳:** تغییر جمعیت، تدریجی انجام می‌شود.



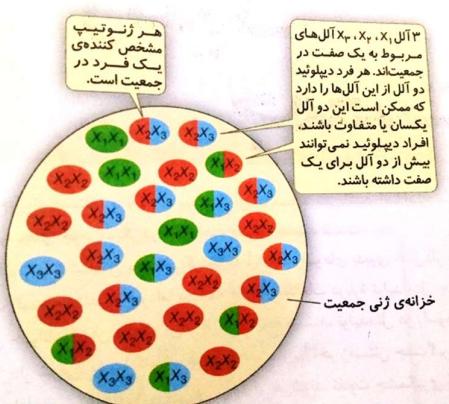
#### نکات تغییر جمعیت در باکتری‌ها:

- ۱) صفت سازگار با محیط  $\Leftarrow$  مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها
- ۲) عامل محیطی  $\Leftarrow$  آنتی‌بیوتیک

۳) ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک بر روی دیسک یا پلازمید باکتری‌های مقاوم وجود دارد  $\Leftarrow$  برای انتقال صفت مقاومت از باکتری مقاوم به غیر مقاوم، تنها کافیست تا دیسک باکتری مقاوم وارد باکتری غیر مقاوم شود.

#### خزانه ژن

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن‌ها، این امکان فراهم شد که زیست‌شناسان، جمعیت را بر اساس ژن‌های آن توصیف کنند.



**تعریف خزانه ژن:** مجموع همه دگرهای (آل‌های) موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

#### جمعیت در حال تعادل

**تعریف:** اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگرهای (آل‌های) یا ژن‌نمودها (ژنوتیپ‌ها) از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آنگاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.

**نکته ۱:** تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

**نکته ۲:** اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است.

**نکته ۳:** برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، باید:

الف) اندازه بزرگی داشته باشد.

ب) آمیزش‌ها تصادفی باشند.

## عوامل برهمندانه تعادل در جمعیت‌ها:

### الف) جهش:

❖ جهش می‌تواند موجب بروز دگره (ال) جدید در جمعیت شود  $\leftarrow$  فراوانی الها تغییر می‌کند

❖ جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.

❖ بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر فتوتیپ (رخنمود) ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است ال جدید، سازگارتر از ال یا الها قبلى عمل کند.

❖ جهش ماده خام انتخاب طبیعی می‌باشد. یعنی جهش ابتدا سبب تنوع افراد شده و سپس انتخاب طبیعی افراد سازگارتر را می‌گزیند.

❖ کاهش وقوع جهش = کاهش تنوع در جمعیت

❖ مهمترین نقش پیش  $\leftarrow$  ایجاد تنوع در افراد  $\leftarrow$  ایجاد تنوع در جمعیت

### ب) رانش دگره‌ای:

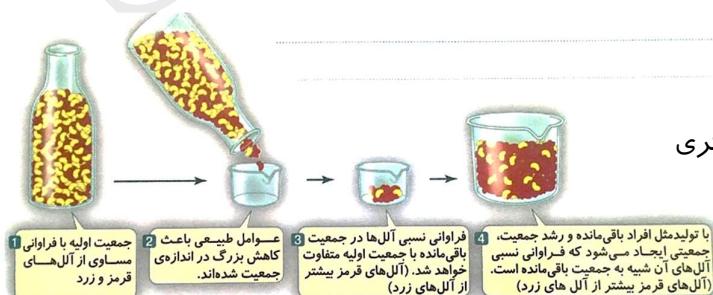
**تعريف:** به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. در هر جمعیتی، بعضی از افراد ممکن است فرزندان بیشتری نسبت به بقیه داشته باشند یا اینکه اصلاً فرزندی نداشته باشند.

بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند لزوماً ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه ژنهای خوش شناس‌ترند!

**مثال ۱:** گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند. اگر این دو گوسفند پیش از رسیدن به سن تولیدمثل مرده باشند، شناس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد نداشته‌اند.

**مثال ۲:** گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آن‌هایی که می‌میرند ممکن است بیش از آن‌هایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقیمانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگره‌های بر جای مانده تشکیل خواهد شد.

**نکته مثال ۲:** در این صورت نیز فراوانی دگره‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.



**نکته شکل:** رانش ژن در اثر عوامل طبیعی (سیل و زلزله و ....) سبب ایجاد خزانه ژنی کوچکتر و یکدست‌تری شده که افراد این خزانه، به هم شبیه‌تر هستند.

**نکات مهم:**

- ۱- هرچه اندازه یک جمعیت کوچکتر باشد، رانش دگرهای اثر بیشتری دارد. به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه بزرگی داشته باشد. منظور از اندازه جمعیت، تعداد افراد آن است.
- ۲- رانش جمعیت در جمعیت‌های مختلف، نتایج یکسانی ندارد (نتایج متفاوتی دارد). مثلاً رانش در جمعیت‌های کوچکتر، اثرات بیشتری دارد.
- ۳- رانش ژن برخلاف چیزی، به کاهش تنوع می‌انجامد  $\Leftarrow$  دست انتخاب طبیعی برای انتخاب افراد سازگارتر، بسته می‌ماند.
- ۴- هرچه رانش شدیدتر باشد، خزانه ژنی باقی‌مانده محدودتر شده و فراوانی الها سریع‌تر تغییر می‌کند.

**پ) شارش ژن:**

**تعریف:** وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از دگرهای جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند. به این پدیده، **شارش ژن** می‌گویند.

**نکته ۱:** اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به‌طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

**نکته ۲:** شارش یکطرفه می‌تواند فقط سبب افزایش تنوع درون جمعیت پذیرنده (مقصد) شود.

**ت) آمیزش غیرتصادفی:**

❖ برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند.

**تعریف آمیزش تصادفی:** آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد.

❖ اگر آمیزش‌ها به رخنمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند.

**ث) انتخاب طبیعی:**

❖ انتخاب طبیعی فراوانی دگرهای را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد.

❖ انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب، خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود.

**حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها**

با انتخاب شدن افراد سازگارتر بوسیله انتخاب طبیعی، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد.

**\* ساز و کارهایی که در عین وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی را در جمعیت حفظ می‌کنند:**

الف) گوناگونی الی در گامت‌ها      ب) نوتركیبی      ج) اهمیت ناخالص‌ها

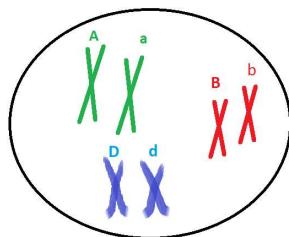
**الف) گوناگونی دگره‌ای (الی) در گامه‌ها (گامت‌ها):**

در تولید مثل جنسی، هر والد از طریق کامه‌هایی که می‌سازد، نیمی از فامتن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر کامه کدامیک از فامتن‌ها را منتقل می‌کند، به آرایش چهارتایه‌ها (ترادها) در کاستمان (میوز) ۱ بستگی دارد. در متافاز کاستمان (میوز) ۱، فامتن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد کامه‌های مختلف می‌انجامد.

☞ پس نتیجه می‌گیریم که آرایش تترادی در متافاز میوز ۱، یکی از عوامل ایجاد کننده تنوع در گونه‌هاست.

**نکته:** انواع آرایش تترادی در یک جاندار برابر است با  $2^{n-1}$  که در اینجا ۱۶ برابر است با تعداد جفت کروموزوم‌های همتای ناچالص.

مثال: یک یاخته زاینده اسپرم به شکل زیر موجود می‌باشد، انواع آرایش‌های تترادی و گامت‌های حاصله از آن را تعیین نمایید.



### ب) نوترکیب:

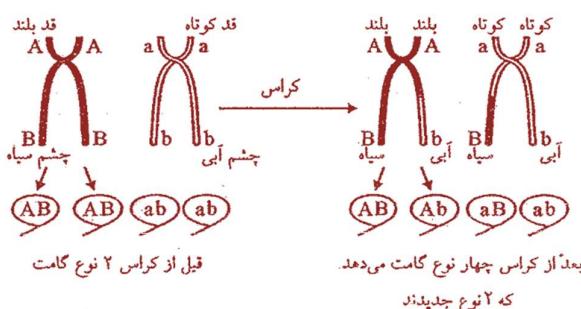
- ✓ یعنی: ایجاد گامت‌هایی با کروموزوم‌های نوترکیب را نوترکیب گویند.
- ✓ در نوترکیبی، ترکیبات جدید از ال‌های قدیمی بدست می‌آید.
- ✓ می‌تواند بدون نیاز به پیدایش ال‌های جدید، بر تنوع ژنتیکی بیفزاید.
- ✓ گامت نوترکیب: یعنی گامت‌هایی که نظیر آنها در والدین وجود نداشته است.
- ✓ علت ایجاد کروموزوم‌های نوترکیب  $\leftarrow$  کراسینگ‌اور (چلپایی شدن) بین دو کروماتید غیرخواهری از کروموزوم‌های همتا
- ✓ تعریف کراسینگ‌اور: در میوز ۱، هنگام جفت شدن فامتن‌های (کروموزوم‌های) همتا و ایجاد چهارتایه (تراد)، ممکن است قطعه‌ای از فامتن بین کروماتیدهای (فامینک‌های) غیرخواهری مبادله شود. این پدیده را چلپایی شدن (کراسینگ اور) می‌گویند.

**نکته ۱:** کراسینگ‌اور تنها هنگامی موجب نوترکیبی می‌شود که قطعات مبادله شده دارای ال‌های متفاوتی باشند.

**نکته ۲:** اگر کراسینگ اور ایجاد گامت‌های نوترکیب کند  $\leftarrow$  ایجاد ژنوتیپ‌های نوترکیب نیز می‌کند

**نکته مهم:** دو ژنی که بر روی یک کروموزوم قرار دارند (ژن‌های پیوسته)، مستقل از هم وارد گامت‌های مختلف نمی‌شوند (یعنی هر دو با هم وارد یک گامت می‌شوند). مگر اینکه کراسینگ اور رخ دهد و آنگاه این دو ژن می‌توانند وارد ۲ گامت مختلف شوند.

**ژن‌های پیوسته:** ژن‌هایی هستند که بر روی یک کروموزوم قرار دارند و هنگام میوز، با هم وارد یک گامت می‌شوند.



### نکته شکل:

### نکات کنکوری:

الف- هر سلول زاینده در مردان در اثر میوز ۲ نوع گامت و در زنان ۱ نوع گامت می‌دهد. اما در صورت رخ دادن کراسینگ اور  $\leftarrow$  هر سلول زاینده مردان ۴ نوع و زنان ۲ نوع گامت می‌دهد.

ب- هاندaranی که میوز انجام نمی‌دهند  $\leftarrow$  تولید مثل بنسن ندارند، توانایی تولید گامت و لقاح و نوترکیبی ندارند، کراسینگ اور هم ندارند. شامل: ۱- تمام بالتری ها، ۲- برفی از آغازیان ۳- برفی از قارچ‌ها ۴- گیاهان تربپلوفید، ۵- قطره (هتما یاد گرفته شود).

ج) بین کروموزوم‌های جنسی مانند (XY)، مردها (ZW)  $\leftarrow$  کراسینگ اور رخ نمی‌دهد. پرای

د) در سلول‌های اتوزومی (پیکری) کراسینگ اور رخ نمی‌دهد. پرای

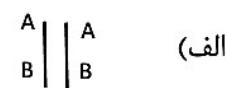
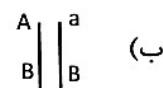
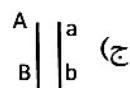
**مثال ۱:** فردی با ژنوتیپ مقابله ( $4 = 2n$ ) بعد از کراسینگ اور و تبادل قطعات B و b حداقل چند نوع گامت جدید می‌تواند تولید کند؟ (سراسری - ۸۴)

A    a	B    b	C    c	۱	۲ (۴)	۳ (۶)	۴ (۸)
--------	--------	--------	---	-------	-------	-------

**مثال ۲:** در فردی  $4 = 2n$  با ژنوتیپ A || a B || b E || e

الف) قبل و بعد از کراسینگ اور بین B و b چند نوع گامت تولید می‌کند؟

**مثال ۳:** هر یک از ژنوتیپ‌هایی که در موارد الف، ب و ج نوشته شده اند، به همراه میوز و کراسینگ آور توانایی تولید چند گامت را دارند؟ (از راست به چپ).



۴ - ۴ - ۱ (۴)

۲ - ۲ - ۱ (۳)

۲ - ۱ - ۱ (۲)

۴ - ۲ - ۱ (۱)

**مثال ۴:** گامت‌های حاصل از  $AaBb$ ، چند نوع آنها به ترتیب (از راست به چپ) گامت‌های نوترکیب و چند نوع گامت‌های والدی هستند؟ (آزاد - ۸۶)

۲ - ۲ (۴)

۳ - ۲ (۳)

۳ - ۱ (۲)

۱ - ۳ (۱)

**مثال ۵:** در جانداری با ژنوتیپ  $\frac{Ab}{aB} \frac{EF}{eF}$  در صورتی که احتمال اتفاق افتادن کراسینگ اور در هر جفت از کروموزوم‌ها برابر ۵۰٪ باشد، فراوانی گامتی که قادر هر نوع آلل غالب است، چه می‌شود؟

**مثال ۶:** مثال: از آمیزش دو گیاه نخودفرنگی با ژنتوتیپ  $AABB$  و  $aabb$  با یکدیگر، افراد نسل اول چه تعداد گامت نوترکیب تولید خواهند کرد؟

### ج) اهمیت ناخالص‌ها:

\* یعنی افراد ناخالص موجب حفظ تنوع می‌شوند و هیچ الی از جمعیت حذف نمی‌شود.

**شایستگی تکاملی:** یعنی توانایی یا شانس زنده ماندن افراد که از صفر تا ۱ متغیر است.

**مثالی از اهمیت ناخالص‌ها:**

**بیماری کم خونی داسی شکل**

✓ یک بیماری اتوزومی مغلوب است:

$Hb^s$  خالص نهفته (بیمار) –  $Hb^A$   $Hb^s$  ناخالص (سالم و ناقل ژن بیماری) –  $Hb^A$   $Hb^A$  خالص بارز (سالم)

✓ **علت بیماری:** نوعی هموگلوبین غیر طبیعی که در اثر کاهش اکسیژن درون گلبول قرمز رسوب کرده و گلبول قرمز داسی شکل می‌شود  $\Leftarrow$  مرگ گلبول قرمز.

✓ افراد نهفته ( $Hb^s$   $Hb^s$ ) مبتلا به **کم خونی شدید** بوده و معمولا در سنین پائین یعنی پیش از رسیدن به سن بلوغ می‌برند  $\Leftarrow$  شایستگی تکاملی این افراد صفر است.

✓ افراد ناخالص ( $Hb^A$   $Hb^s$ ) برای زندگی روزمره مشکلی ندارند (سالم هستند)، و فقط در اثر کاهش فشار اکسیژن محیط، بعضی از گلبول‌های قرمزان (نه همه) داسی شکل می‌شود  $\Leftarrow$  خطر انسداد مویرگ‌ها!! اما چون فشار اکسیژن در هوای محیط بی‌دلیل کاهش نمی‌یابد  $\Leftarrow$  شایستگی این افراد برابر ۱ است (همانند افراد خالص بارز).

✓ چون افراد مغلوب از بین می‌روند، فقط الی‌های  $Hb^s$  نهفته در افراد ناخالص (هتروزیگوت) می‌توانند به نسل بعد منتقل شوند.

✓ در اغلب جوامع فراوانی الی  $Hb^s$  از ۱ / .۰ / .۰ / .۰ (یک ده هزارم) تجاوز نمی‌کند.  $\Leftarrow$  یعنی از هر ده هزار نفر، یک نفر دارای این آل می‌باشد.

**ارتباط مalaria با کم خونی داسی شکل:**

• در نقاطی از آفریقا که شیوع مalaria بالاست، فراوانی الی  $Hb^s$  نیز به طور غیر طبیعی بالاست (۰/۱۴ تا ۰/۱۵).

• **علت:** انگل تک سلوی مalaria درون گلبول‌های قرمز افراد سالم ( $Hb^A$   $Hb^A$ ) زندگی می‌کند اما نمی‌تواند درون گلبول قرمز فرد ناخالص ( $Hb^A$   $Hb^s$ ) زنده بماند، زیرا در صورت ورود به گلبول‌های قرمز افراد ناخالص، گلبول‌ها داسی شکل می‌شوند و انگل می‌میرد.

• **در نتیجه:**

۱- افراد غالب ( $Hb^A$   $Hb^A$ ) به دلیل Malaria می‌میرند  $\Leftarrow$  کاهش فراوانی آلی  $Hb^A$

۲) افراد مغلوب ( $Hb^s$   $Hb^s$ ) در اثر کم خونی داسی شکل می‌میرند.

(۳) افراد ناخالص ( $Hb^A$   $Hb^S$ ) ← در برابر مalaria مقاومند و زنده می‌مانند ← وجود ال  $Hb^S$  در مناطق مalaria خیز موجب بقای جمعیت می‌شود.

**نتیجه گیری مهم درباره شایستگی تکاملی ژنتیکی های مختلف کم خونی داسی شکل :**

- ✓ شایستگی تکاملی افراد نهفته در همه جوامع صفر است.
- ✓ شایستگی تکاملی افراد ناخالص در همه جوامع برابر ۱ است.
- ✓ شایستگی تکاملی افراد بارز (سالم) در مناطق Malaria خیز کمتر از سایر مناطق است.

\* این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین کننده صفتی است که حفظ می‌شود.

**مثال:** در مناطقی که عارضه گلبول‌های قرمز داسی شکل شایع است، شایستگی تکاملی ..... در هنگام شیوع Malaria نسبت به قبل از آن .....

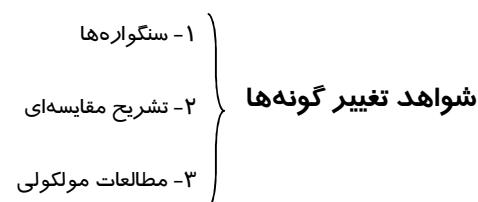
(سراسری - ۸۷)

- |   |  |
|---|--|
| ۲) خالص‌های نهفته - کمتر می‌شود               | ۱) افراد ناخالص - بیشتر می‌شود         |
| ۴) خالص‌های نهفته و ناخالص‌ها - تغییر نمی‌کند | ۳) خالص‌های بارز و نهفته - کمتر می‌شود |

## گفتار ۳ تغییر در گونه‌ها

**نکات پیش گفتار:**

- ۱- برخی از گونه‌های امروزی، در گذشته دور وجود نداشته‌اند.
  - ۲- برخی از گونه‌های قدیمی، امروز وجود ندارند.
  - ۳- برخی از گونه‌های قدیمی امروزه وجود دارند اما به شکلی متفاوت.
- نتیجه گیری** ← گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند.



### ۱- سنگواره‌ها

**تعریف سنگواره:** سنگواره عبارتست از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری که در گذشته دور زندگی می‌کرده است.

۱- معمولاً حاوی قسمتهای سخت بدن جانداران (مثل استخوانها یا اسکلت خارجی) است. ۲- گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموتهای منجمد شده‌ای که همه قسمتهای بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند.	<b>انواع سنگواره</b>
---	----------------------

**دیرینه‌شناسی:** شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازد.

**نکته:** دیرینه‌شناسان قادرند که عمر یک سنگواره را تعیین کنند.

#### \* اطلاعاتی که دیرینه‌شناسان با مطالعه سنگواره‌ها بدست آورده‌اند:

- ۱- در گذشته جاندارانی زندگی می‌کردند که اکنون دیگر وجود ندارند. مثل دایناسورها
  - ۲- امروزه جاندارانی زندگی می‌کنند که در گذشته زندگی نمی‌کردند مثل گل لاله و گربه.
  - ۳- گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده اند مثل درخت گیسو. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است.
  - ۴- سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در هر زمان چه جاندارانی وجود داشته‌اند.
- در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمانهای مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

#### ۲- تشریح مقایسه‌ای:

تعريف: در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود.

نتیجه تشریح مقایسه‌ای ← این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است.

مثال: مقایسه اندام حرکت جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد ← اندام‌های جلویی مهره‌داران، اندام‌ها یا ساختار همتا محسوب می‌شوند.

◀ اندام‌ها یا ساختارهای همتا: اندام‌هایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، با اینکه کار متفاوتی دارند، «اندامها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه مثالهایی از اندام‌های همتا هستند.

علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت ← وجود نیای مشترک برای این گونه‌ها ← یعنی این گونه‌ها در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده‌اند.

گونه‌های خویشاوند: گونه‌هایی هستند که نیای مشترک دارند و بنابراین شباهت‌هایی به یکدیگر دارند.



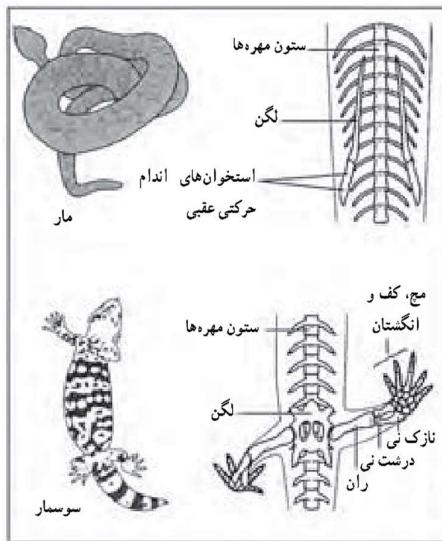
کاربرد ساختارهای همتا: زیست‌شناسان از ساختارهای همتا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.

شكل ۱۱- نیای مشترک و گونه‌های خویشاوند. از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود. دلفین با شیرکوهی خویشاوندی نزدیکتری دارد تا با کوسه. بنابراین دلفین و شیرکوهی در یک گروه قرار می‌گیرند.

◀ ساختارهای آنالوگ: ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح متفاوت

دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) اما ساختارهای متفاوتی دارند.

**نکته:** ساختارهای آنالوگ نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند. یعنی در پروانه و کبوتر، بال (ساختار آنالوگ) برای نیاز پرواز کردن بوجود آمده است، اما نحوه ایجاد آن متفاوت است.



شکل ۹-۴— استخوان‌های لگن و ران مار که بازمانده استخوان‌های لگن و ران سایر خزنده‌گان هستند، اندامی وستیجیال را به وجود می‌آورند.

◀ **ساختارهای وستیجیال:** ساختارهایی هستند که در یک عدد بسیار کارآمد بوده اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است قادر کار خاص باشند. این ساختارهای **کوچک، ساده یا ضعیف** شده را ساختارهای **وستیجیال** (به معنی ردپا) می‌نامیم.

**مثال برای ساختارهای وستیجیال:** مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است.

**نکته ۱:** در واقع ساختارهای وستیجیال «ردپای تغییر گونه‌ها» هستند.

**نکته ۲:** شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده اند.

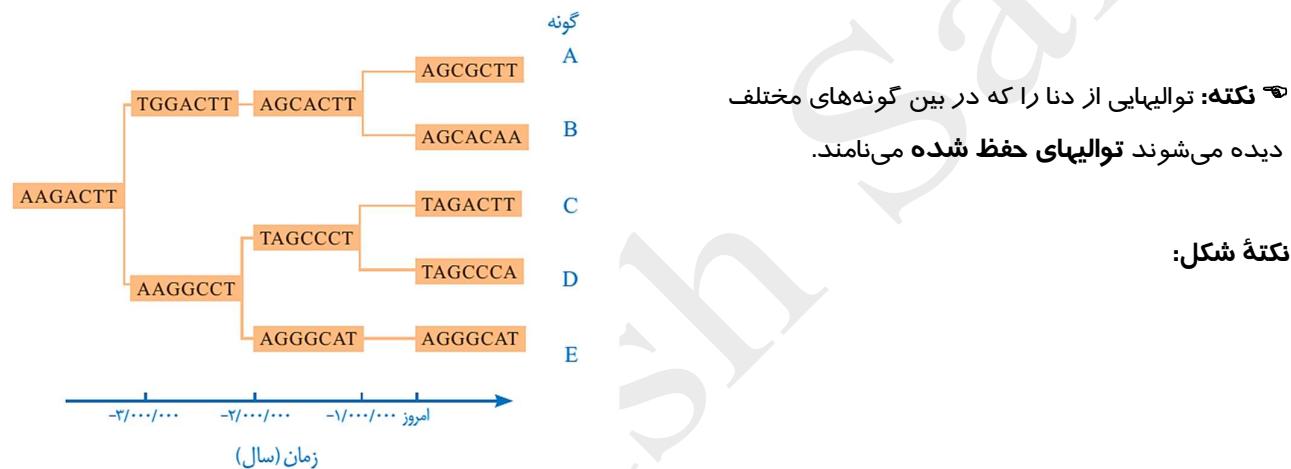
### جمع بندی ساختارهای مختلف در جانوران

ساختارهای وستیجیال	ساختارهای آنالوگ	ساختارهای همتا	
<b>کوچک، ساده یا ضعیف</b> شده‌اند	کار یکسان اما طرح متفاوت دارند	طرح ساختاری یکسان ولی کار متفاوتی دارند	<b>ویژگی</b>
لگن مار پیتون	بال کبوتر و بال پروانه	دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه	<b>مثال</b>
یافتن تغییرات جانداران مختلف	نشان دهنده سازش جانداران در پاسخ به یک نیاز هستند	رده‌بندی جانداران	<b>کاربرد و اهمیت</b>

٣- مطالعات مولکولی

**تعريف:** در ژنگان‌شناسی گونه‌های مختلف با هم مقایسه می‌شوند و اطلاعات ارزشمندی بدست می‌آید.

- |   |   |
|---|---|
| <p>۱- یافتن ژن‌های مشترک بین گونه‌های مختلف</p> <p>۲- یافتن ژن‌هایی که ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند.</p> <p>۳- تشخیص خوبی‌شاندنی از طریق مقایسه دنای جانداران مختلف (*هرچه دنای دو باندر شباهت بیشتری داشته باشد، خوبی‌شاندنی نزد یکنتری دارند).</p> | <p>نتایج حاصل از مقایسه‌های</p> <p>ژن‌گان‌شناسی</p> |
|---|---|



شکل ۱۳- چگونگی مشتق شدن پنج گونه فرضی از یک نیای مشترک

۴- گونه‌زایی

## تعريف گونه از دیدگاه ارنست مایر:

-گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های \*زیستا و \*زايا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موققیت آمیز داشته باشند.

**نکته:** این تعریف برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند.

\***زیستا**: زیستا در تعریف بالا، به جانداری گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی، طبیعی، خود را ادامه می‌دهد.

\* زایا: یعنی، حانداری که قابلیت تولیدمثا، دارد.

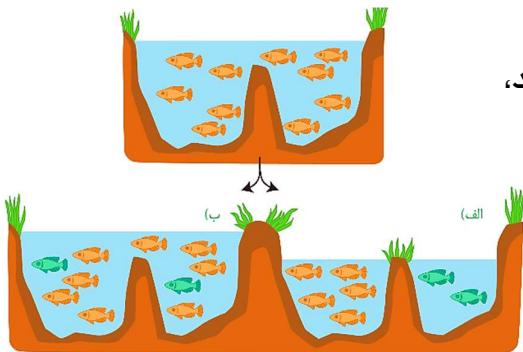
\*آمیزش، موفقیت آمیز: منظور از آمیزش، موفقیت آمیز، آمیزش، است که به تولید زاده های زیستا و زایا منجر شود.

**نحوه گونه‌زایی:** اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلى رخ دهد، آنگاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه حدد فراهم می‌شود.



**نکته ۱:** جدایی خزانه ژنی صد درصد به تشکیل گونه جدید نمی‌انجامد.

**نکته ۲:** منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.

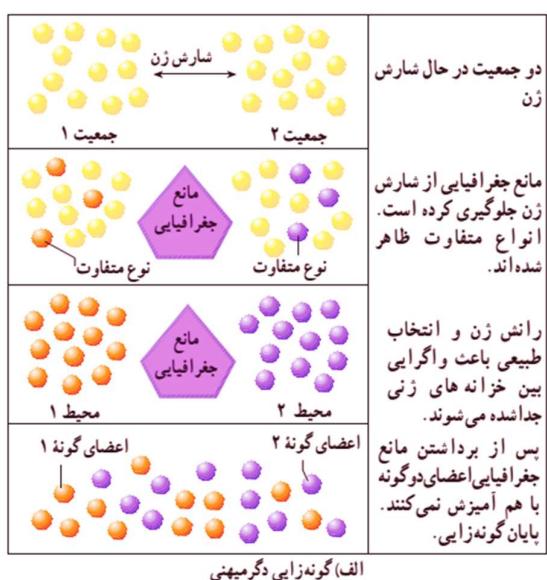


\* به طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند:

الف) گونه‌زایی دگر میهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد  
ب) گونه‌زایی هم میهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

### الف) گونه‌زایی دگر میهنی

وقوع رویدادهای زمین‌شناختی (ایجاد کوه، دریاچه و دره) در یک منطقه  $\leftarrow$  ایجاد سد فیزیکی بین افراد یک جمعیت و قطع ارتباط آنها با یکدیگر  $\leftarrow$  عدم وقوع شارش  $\leftarrow$  افزایش تفاوت بین دو جمعیت جداسده در اثر جیش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی  $\leftarrow$  جداسدن خزانه ژنی دو جمعیت از یکدیگر  $\leftarrow$  ایجاد دو گونه متفاوت



**نکته ۱:** اگر خزانه ژنی دو جمعیت از یکدیگر جدا شود، حتی در اثر برداشتن سدهای فیزیکی و در کنار هم قرار گرفتن جمعیت‌ها، باز هم آمیزشی در بین آنها رخ نخواهد داد و بنابراین، می‌توان آنها را دو گونه مجزا به شمار آورد.

**نکته ۲:** اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آنوقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

**نکته ۳:** هرچه تحرک جانداران بیشتر باشد، سد جغرافیایی نیز باید بزرگتر باشد.

### ب) گونه‌زایی هم میهنی

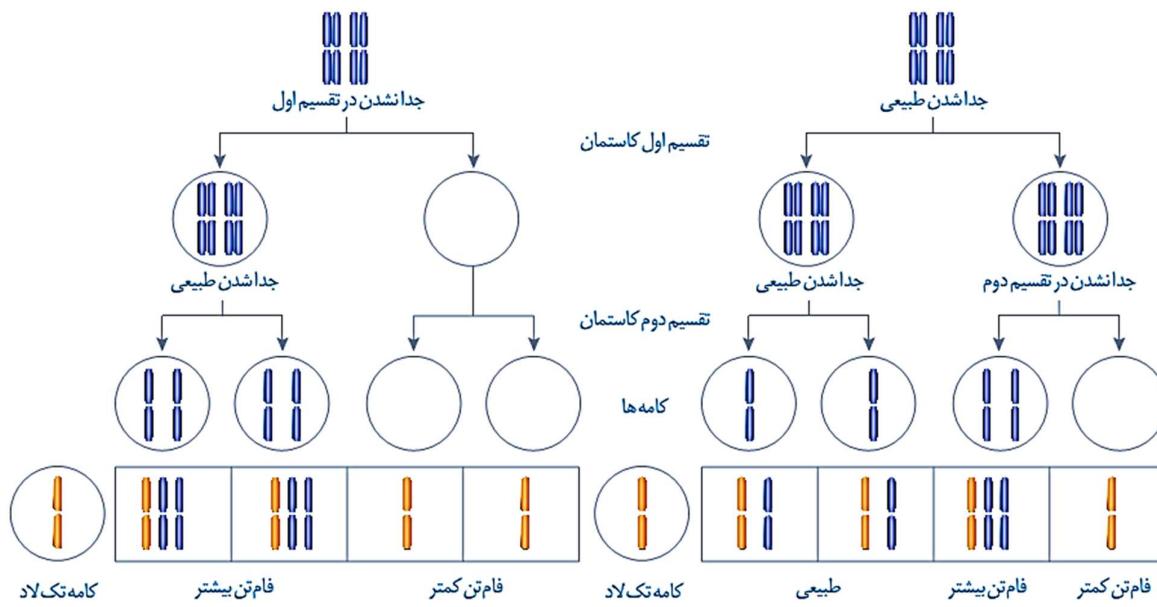
**علت وقوع:** در اثر جدایی تولیدمثلی بین اعضای یک گونه که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، بوجود می‌آید.

**نکته:** در گونه‌زایی هم میهنی، جدایی جغرافیایی نداریم.

**مثال:** پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلوئیدی)

**علت پیدایش:** در اثر خطای میوزی (باهم ماندن کروموزوم‌ها) از گیاهان دولالدی (دیپلوئیدی) بوجود آمده‌اند.  
**ویژگی‌ها:** گیاهانی زیستا و زایا هستند، اما نمی‌توانند در نتیجه آمیزش با افراد گونه نیایی خود (گیاهان دیپلوئیدی)، زاده‌های زیستا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه ای جدید به شمار می‌روند.

**گیاهان چندلادی  
(پلی‌پلوئیدی)**



**نکتهٔ شکل:** با هم ماندن و یا جدا نشدن کروموزوم‌ها می‌تواند در میوز ۱ یا ۲ اتفاق بیافتد:

الف) اگر در میوز ۱ اتفاق بیافتد  $\Leftarrow$  نیمی از گامت‌ها دارای کروموزوم کمتر و نیمی دیگر دارای کروموزوم بیشتر خواهند بود (تمام گامت‌ها مشکل دارند). (شکل سمت چپ)

ب) اگر در میوز ۲ اتفاق بیافتد  $\Leftarrow$  نیمی از گامت‌ها طبیعی خواهند بود و یک چهارم گامت‌ها دارای کروموزوم بیشتر و یک چهارم دیگر دارای کروموزوم کمتر می‌باشند (نیمی از گامت‌ها مشکل خواهند داشت). (شکل سمت راست)

### مشاهدات هوگو دوری:

این دانشمند در اوایل دهه ۱۹۰۰ با گیاهان گل مغربی ( $14 = 21$ ) کار می‌کرد. او گیاهی متفاوت از نظر ظاهری با بقیه مشاهده کرد که پس از بررسی کروموزوم‌هایش متوجه شد که تترابلوئیدی (چارلاد) است و  $28$  عدد کروموزوم دارد  $\Leftarrow$   $41 = 28$

### نکات مهم:

- ۱- گیاه گل مغربی دارای گل‌های دو جنسی بوده و خودلقاحی انجام می‌دهد.
- ۲- گیاه گل مغربی تترابلوئیدی در اثر خطای میوزی بوجود آمده است و زیستا و زایا می‌باشد.
- ۳- گیاه گل مغربی تترابلوئیدی از نظر ظاهر با گیاهان گل مغربی دیپلوئیدی متفاوت است.
- ۴- گامت‌های ایجاد شده توسط گل مغربی دیپلوئیدی  $21$  کروموزومی‌اند (هایپلوفی‌یڈ یا تکلاد) اما گامت‌های حاصل از گیاه گل مغربی تترابلوئیدی،  $21$  (دیپلوئید یا دولاد) می‌باشند.
- ۵- گیاه گل مغربی تترابلوئیدی یک گونهٔ جدید محسوب می‌شود زیرا در اثر آمیزش با گونهٔ نیایی خود (گل مغربی دیپلوئیدی)، زاده‌هایی زیستا اما نازا (گیاهان تریپلوئیدی یا  $31$ ) بوجود می‌آورد.

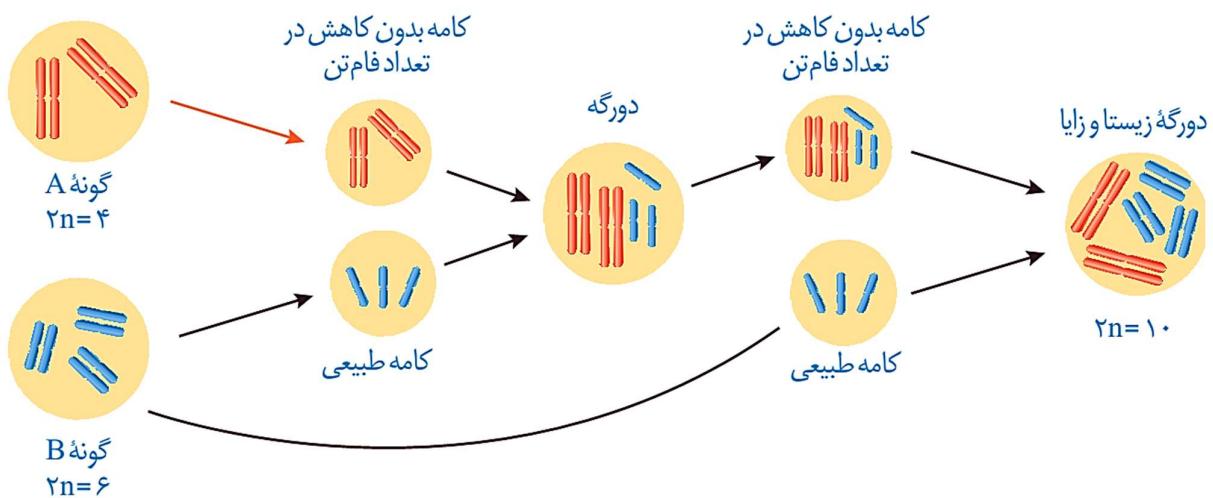
۲ نکته مهم از تولید مثل گیاه گل مغربی پلی‌پلوئیدی:

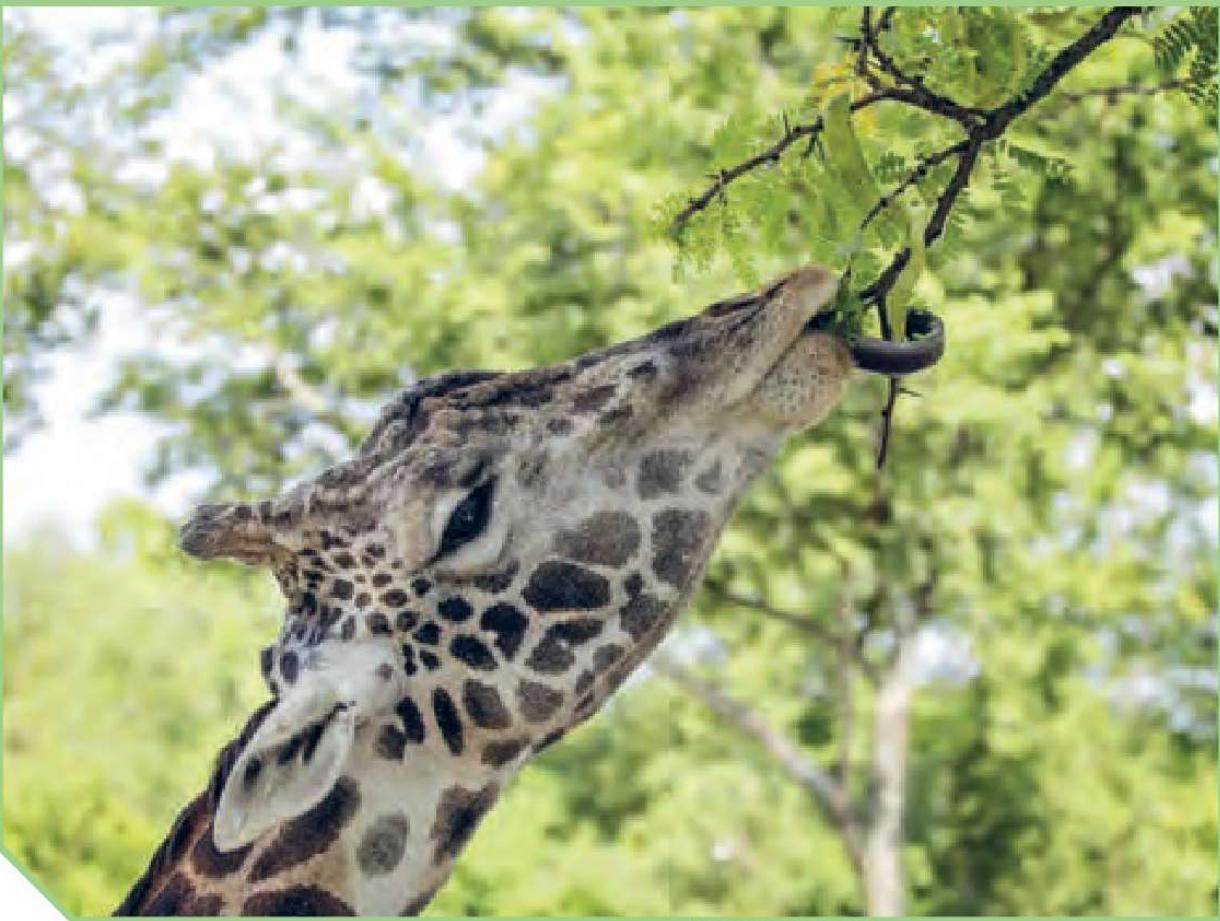
- ✓ زاده‌های حاصل از خودلقاحی گیاه گل مغربی تترالپلوئیدی بوده و زایا هستند.
- ✓ زاده‌های حاصل از دگر لقاحی گیاه تترالپلوئیدی با یک گیاه دیپلوئیدی  $\leftarrow$  تریپلوئید ( $3n$ ) بوده و نازا می‌باشند.

بررسی لقادمی‌های گل مغربی تترالپلوئیدی:

ب) آمیزش تترالپلوئیدی و دیپلوئیدی	الف) خودلقاحی تترالپلوئیدی
-----------------------------------	----------------------------

\* یکی دیگر از سازوکارهای گونه‌زایی هم‌میهنی، آمیزش بین افراد متعلق به دو گونه مختلف است. اگرچه زاده‌های حاصل از آمیزش بین گونه‌ای، زیستا و زایا نیستند اما گاهی به لطف خطای میوزی (کاستمانی)، امکان ایجاد گونه جدید، به خصوص در گیاهان، فراهم می‌شود.





فصل ۵

## از ماده به انرژی

نهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

@Zistnovin

نکته پیش گفتار: انرژی مورد نیاز تمام جانوران، به شیوه یکسانی از غذایی که می خورند تامین می شود.

## تامین انرژی ۱ گفتار

### تنفس یاخته‌ای

علت نیاز به اکسیژن در یاخته‌ها  $\leftarrow$  نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است.

محل تنفس یاخته‌ای  $\leftarrow$  درون میتوکندری (راکیزه)

واکنش تنفس یاخته‌ای هوایی:



نکات مهم:

۱- مهمترین محصول تنفس یاخته‌ای  $\leftarrow$  ATP

۲- در این واکنش یک مولکول گلوکز به همراه اکسیژن می‌سوزد و تبدیل به مولکول‌های کوچکتری مثل کربن دی‌اکسید و آب می‌شود.

۳- تمام اتم‌های کربن گلوکز به شکل مولکول‌های کربن دی‌اکسید در پایان واکنش ظاهر می‌شوند.

۴- تمام اتم‌های اکسیژن و هیدروژن گلوکز و اتم‌های اکسیژن مصرف شده در این واکنش در مولکول‌های آب و کربن دی‌اکسید ظاهر می‌شوند.

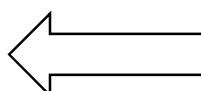
۵- گلوکز به روش بی‌هوایی هم می‌تواند ATP تولید کند که بازده این روش در مقابل روش هوایی، بسیار پائین‌تر است.

۶- سلول‌هایی که میزان مصرف ATP بیشتری دارند :

الف) تعداد میتوکندری بیشتری دارند.

ب) مصرف گلوکز و اکسیژن بیشتری دارند.

ج) میزان آب و کربن دی‌اکسید حاصله از آن‌ها بیشتر می‌باشد.



همه این موارد موجب نیاز بیشتر این

سلول‌ها به خون‌رسانی بیشتر می‌باشد.

۷- هورمون‌های T3 و T4 انجام واکنش تنفس یاخته‌ای را در سلول‌ها شدت می‌بخشند.

### نکات ATP

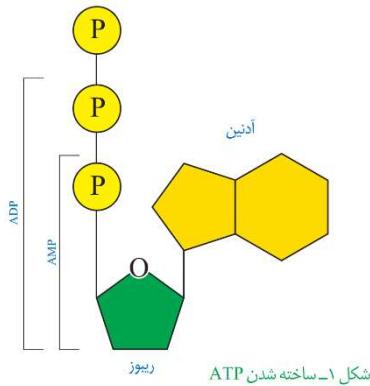
۱- هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند.

۲- حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

۳- ATP یا آدنوزین تری فسفات، شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها می‌باشد.

\* شکل رایج انرژی سلول‌ها  $\Leftarrow$  ATP

\* سوخت رایج سلول‌ها  $\Leftarrow$  گلوکز



- ۱- یک قند پنج کربنه ریبوز
  - ۲- سه گروه فسفات آلی
  - ۳- یک باز آلی آدنین (پورینی)
- ۴- ساختار ATP

#### ۵- مراحل ساخته شدن ATP:

(الف) ابتدا قند ریبوز و باز آدنین به یکدیگر پیوسته و ایجاد مولکول آدنوزین می‌کنند. (ریبوز + آدنین = آدنوزین)

(ب) پیوستن گروه‌های فسفات به مولکول آدنوزین در سه مرحله انجام می‌شود:

I. یک گروه فسفات + آدنوزین  $\Leftarrow$  آدنوزین مونوفسفات یا AMP

II. یک گروه فسفات + AMP  $\Leftarrow$  آدنوزین دیفسفات یا ADP

III. یک گروه فسفات + ADP  $\Leftarrow$  آدنوزین تری فسفات یا ATP

۶- به طور معمول ADP از ATP تشکیل شده و این دو مولکول به یکدیگر تبدیل می‌شوند.

مثال: نوکلئوتید ATP در ساختار کدام یک می‌تواند به کار رود؟

۱) رناتن

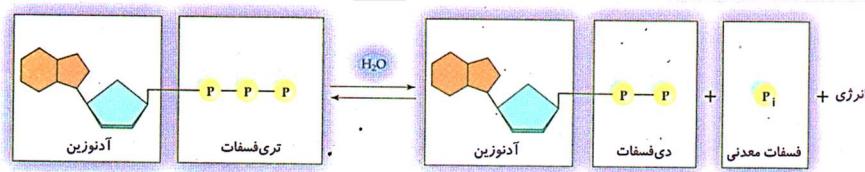
۲) راهانداز

۳) رنابسپاراز

۴) دنابسپاراز

نکتهٔ تست:

تبدیل ATP به ADP و بر عکس:



نکات:

۱- انرژی مواد غذایی در ATP و در پیوندهای بین مولکول‌های فسفات ذخیره می‌شود.

۲- در تبدیل ADP به ATP، پیوند بین فسفات سوم و دوم شکسته شده و انرژی ذخیره شده در آن، آزاد می‌شود.

**روش‌های ساخته شدن ATP:**

**۱- ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده:** در این روش، گروه فسفات از یک ترکیب فسفات دار (پیش‌ماده) مثل کراتین فسفات برداشته شده و به ADP افزوده می‌شود.

\* این واکنش در ماهیچه‌ها اتفاق می‌افتد.

نکته: در اولین مرحله از تنفس یاخته‌ای (قندکافت یا گلیکولیز) نیز ATP در سطح پیش‌ماده ساخته می‌شود.



**۲- ساخته شدن اکسایشی ATP:** در ساخته شدن اکسایشی، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود.

**۳- ساخته شدن نوری:** در سبزدیسه (کلروپلاست) و در غشای تیلاکوئیدها ساخته می‌شود.

**تنفس هوایی = تنفس یاخته‌ای**

مرحله ۱: قندکافت (گلیکولیز) ← این مرحله بی‌هوایی بوده و ماده اولیه مرحله هوایی یعنی پیرووات را تولید می‌کند.

محل: درون سیتوپلاسم

ماده اولیه گلیکولیز: گلوکز و ATP

محصول گلیکولیز: پیرووات به همراه ATP و NADH (ناقل الکترون و پروتون است)

خلاصه واکنش گلیکولیز:

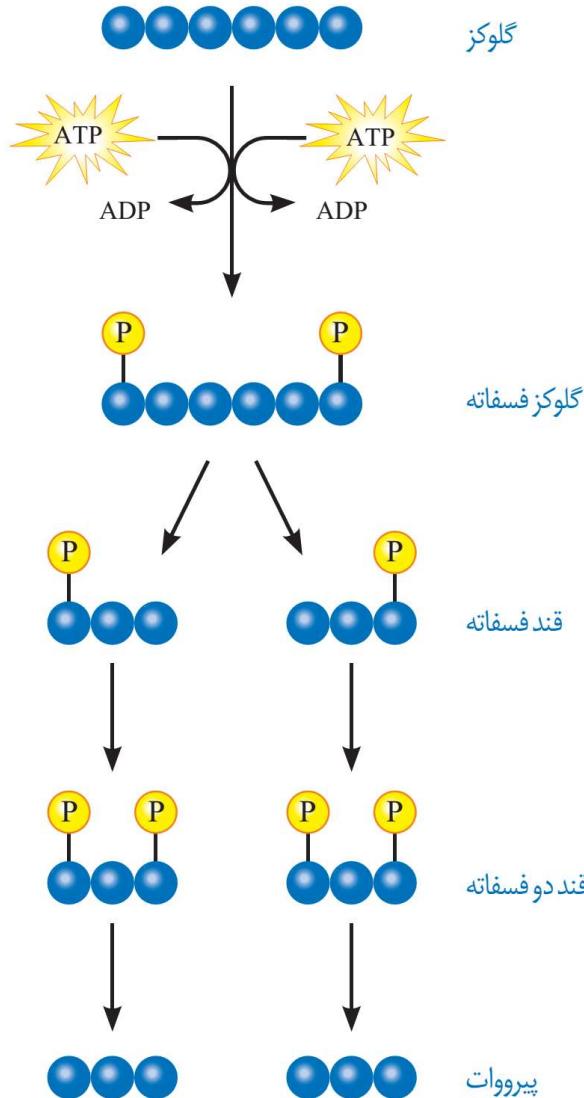


نکات:

NADH حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از  $\text{NAD}^+$  به اضافه الکtron و پروتون تشکیل می‌شود  
NAD<sup>+</sup> و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند.  
NAD<sup>+</sup> با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.



نکته: یک الکترون برای خنثی کردن  $\text{NAD}^+$  به کار میرود. بنابراین محصول به صورت  $\text{NADH} + \text{H}^+$  نوشته می‌شود.



### خلاصه مراحل گلیکولیز

۱- مولکول گلوکز (۶ اتم کربن دارد) با مصرف ۲ ATP تبدیل به گلوکز فسفاته می‌شود.

#### نکات:

- گلوکز فسفاته، دو مولکول فسفات دارد که هر کدام را از یک گرفته است.

در پایان این مرحله، یک گلوکز دوفسفاته و دو مولکول ADP تولید می‌شود.

۲- در این مرحله، مولکول گلوکز فسفاته تبدیل به دو مولکول قند سه کربنی یک فسفاته می‌شود.

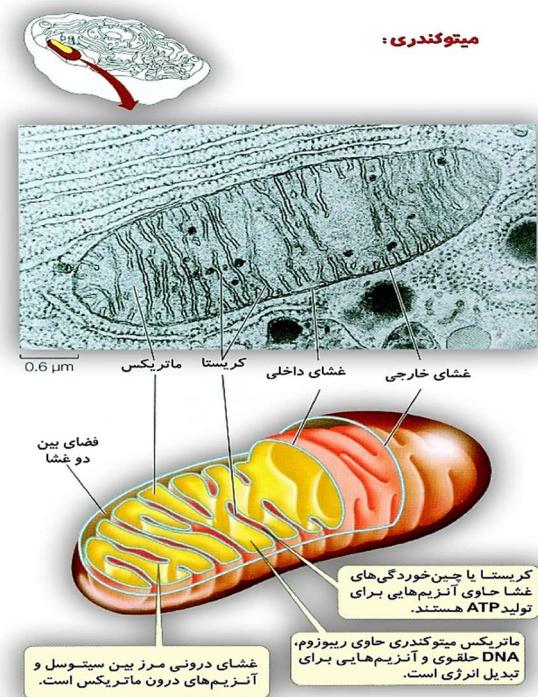
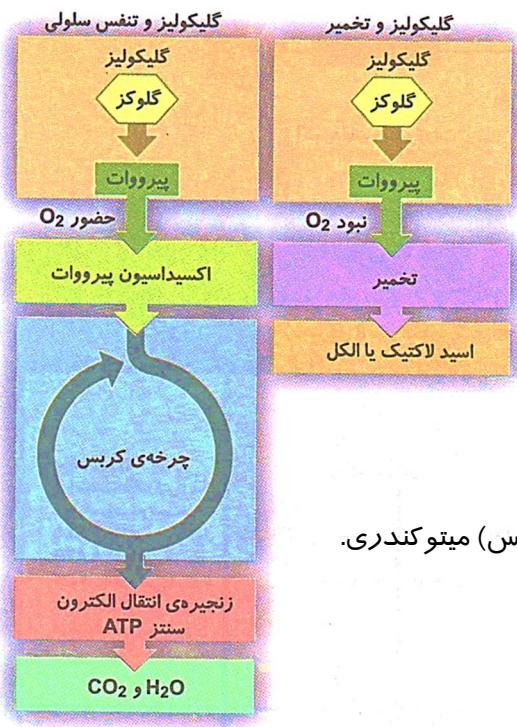
۳- هر کدام از قندهای سه کربنی یک فسفاته، با گرفتن یک فسفات دیگر، تبدیل به قند سه کربنی ۲ فسفاته می‌شوند.

۴- در این مرحله قندهای سه کربنی ۲ فسفاته، با از دست دادن فسفات‌های خود، تبدیل به مولکول پیرووات (بنیان پیروویک اسید) می‌شوند.

**نکته ۱:** در پایان مراحل ۳ و ۴، ATP و NADH تشکیل می‌شود.

**نکته ۲:** ساخته شدن ATP در گلیکولیز به روش تولید در سطح پیش ماده انجام می‌شود. یعنی فسفات‌های قندهای سه کربنی به مولکول ADP منتقل شده و ATP تولید می‌شود.

**نکته ۳:** محصول نهایی گلیکولیز، ۲ مولکول پیرووات می‌باشد که دو مسیر را می‌تواند طی کند:



(الف) اگر اکسیژن کافی در سلول وجود داشته باشد، ۲ مولکول پیرووات وارد مرحله هوایی تنفس یاخته‌ای در میتوکندری می‌شوند.

(ب) اگر اکسیژن ناکافی باشد، پیرووات در همان سیتوپلاسم مانده و به صورت بیهوایی تخمیر می‌شود که در این حالت، علاوه بر تولید لاکتیک اسید یا الکل، انرژی کمتری هم نسبت به حالت الف تولید می‌شود.

## مرحله دوم تنفس یاخته‌ای

این مرحله دارای ۲ بخش می‌باشد:

- (الف) بخش اول: اکسیداسیون پیرووات و چرخه کربس درون بخش داخلی (مانتریکس) میتوکندری.  
(ب) زنجیره انتقال الکترون در غشای داخلی میتوکندری.

## ساختار میتوکندری (راکیزه)

دارای ۲ غشاء می‌باشد (همانند هسته و کلروپلاست):

غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه، فضای درون میتوکندری به بخش تقسیم می‌شوند:

۱) بخش بیرونی: فضای بین ۲ غشاء

۲) بخش داخلی: شبیه سیتوپلاسم یاخته بوده و دارای مایع سیالی (به نام ماتریکس) می‌باشد. DNA حلقی و ریبوزوم‌های میتوکندری در بخش داخلی قرار دارند

**نکته ۱:** DNA میتوکندری جزو ژنوم سیتوپلاسمی محسوب شده و ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواع پروتئین‌های لازم در مراحل مختلف تنفس یاخته‌ای را دارد.

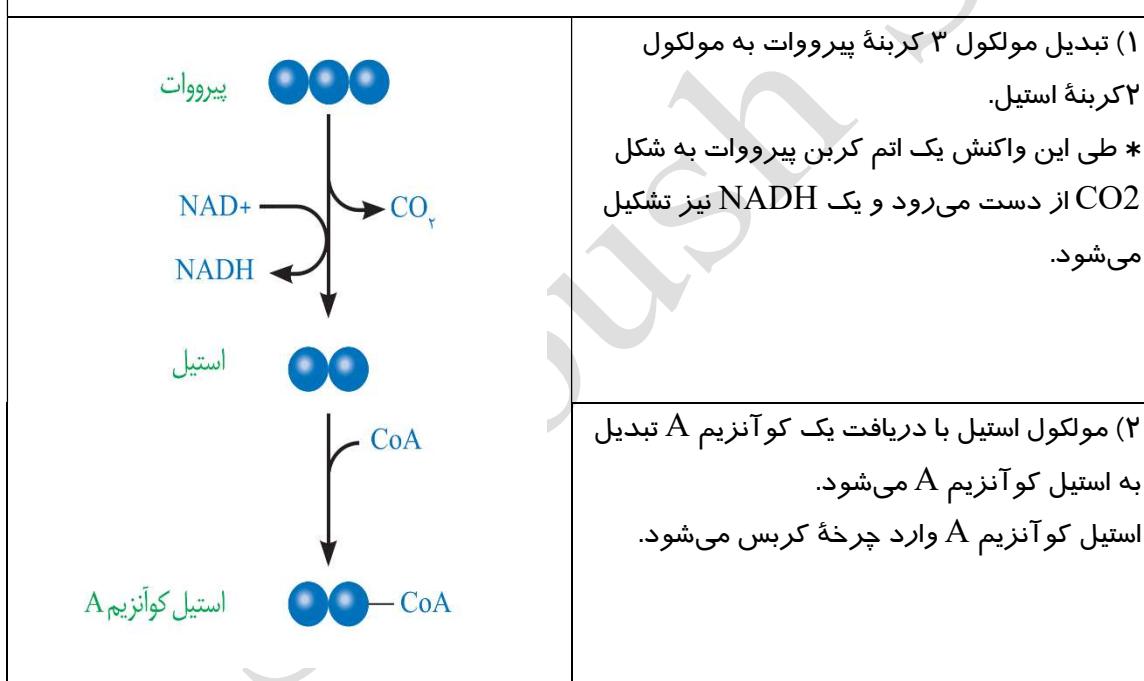
**نکته ۲:** تقسیم سیتوپلاسم مستقل از تقسیم یاخته است و در هر چرخه سلولی می‌تواند بارها انجام شود. با توجه به این مساله، در شرایطی که یاخته به انرژی بیشتری نیاز داشته می‌تواند با تقسیم میتوکندری و تولید میتوکندری‌های بیشتر، انرژی مورد نیاز خود را تامین کند.

**نکته ۳:** همه پروتئین‌ها و آنزیم‌های مورد نیاز میتوکندری، درون خود این اندامک وجود ندارند و میتوکندری برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئینهایی وابسته است که ژنهای آنها در هسته قرار دارند و به وسیلهٔ رناتن‌های (ربیوزوم‌های) سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.

### اکسایش پیرووات:

پیرووات تولید شده در گلیکولیز از طریق انتقال فعال (با صرف انرژی و برخلاف شبک غلظت) وارد میتوکندری شده و در بخش داخلی میتوکندری اکسایش می‌یابد.

### مراحل اکسایش پیرووات

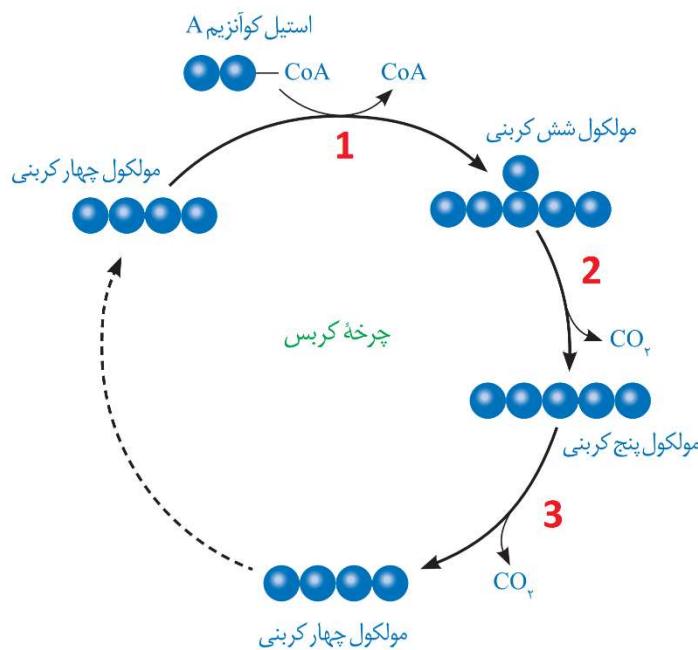


\* جمع بندی:

## گفتار ۲

مولکول گلوکز در تنفس هوایی باید تا حد تشکیل مولکولهای  $\text{CO}_2$  تجزیه شود. بخشی از این تجزیه در قند کافت و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می‌شود.

**مراحل چرخه کربس:**



**۱- مرحله اول:** در این مرحله استیل کوآنزیم A حاصل از اکسایش پیرووات با یک مولکول ۴ کربنی ترکیب شده و ضمن تشکیل مولکول ۶ کربنی، کوآنزیم A نیز آزاد می‌شود.

مولکول ۶ کربنی  $\rightarrow$  مولکول ۴ کربنی + استیل کوآنزیم A

**کوآنزیم A**

**۲- مرحله دوم:** تبدیل مولکول ۶ کربنی به مولکول ۵ کربنی و آزاد شدن یک مولکول کربن دی اکسید.

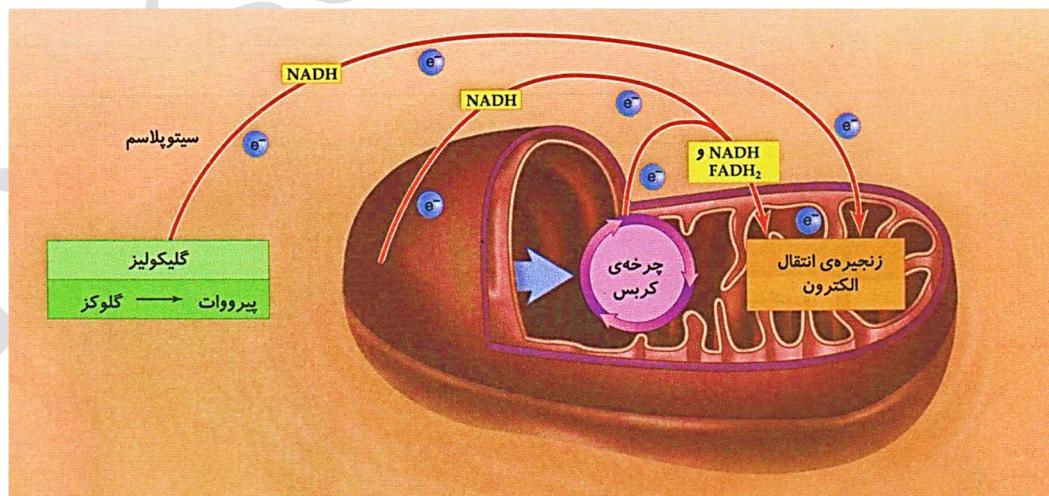
**۳- مرحله سوم:** تبدیل مولکول پنج کربنی حاصل از مرحله قبل به مولکول سه کربنی و آزاد شدن یک مولکول کربن دی اکسید دیگر.

**نکات:**

- در هر چرخه کربس علاوه بر تولید ۲ مولکول  $\text{CO}_2$ ، مولکولهای  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  هم تولید می‌شود.
- $\text{FADH}_2$  ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند  $\text{NADH}$  حامل الکترون است.



- با انجام گلیکولیز (قند کافت) و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکولهای  $\text{CO}_2$  تجزیه و انرژی آن صرف ساخته شدن ATP و مولکولهای حامل الکترون  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  می‌شود.

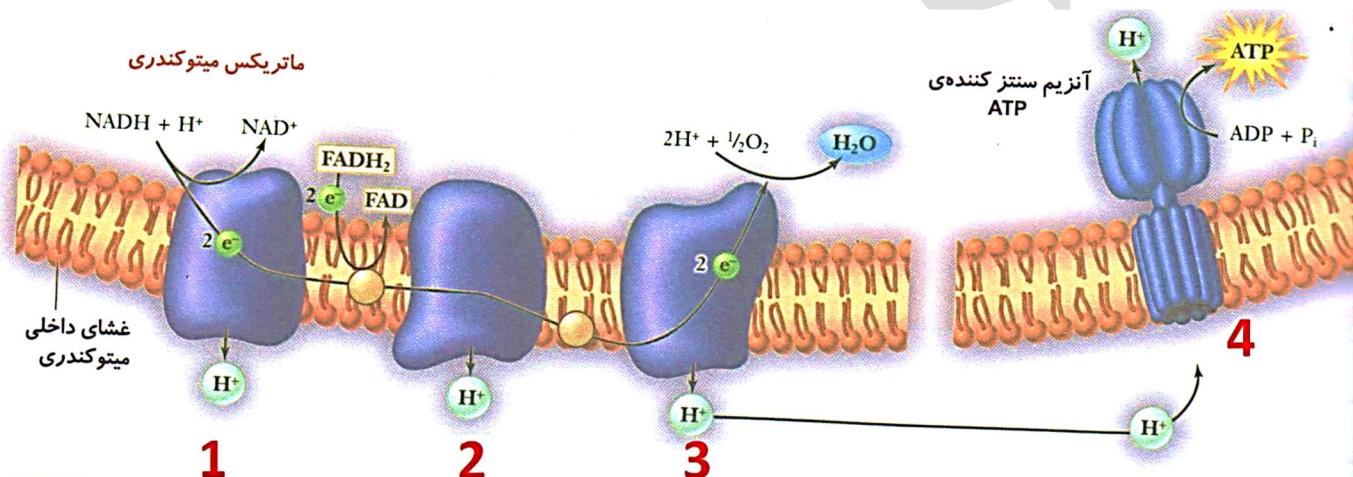


## زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره از مولکول‌های تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

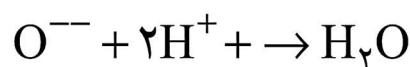
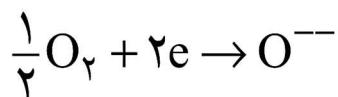
**محل:** غشای درونی میتوکندری  
 **پیش‌ماده‌ها:** NADH و FADH<sub>2</sub> تولیدی در گلیکولیز، اکسایش پیرووات و کربس.

**محصولات:** آب و ATP



## شرح کار زنجیره انتقال الکترون:

- ۱- هر مولکول NADH الکترون خود را به اولین پروتئین زنجیره (پروتئین شماره ۱) می‌دهد و به NAD<sup>+</sup> اکسایش می‌یابد.
- ۲- هر مولکول FADH<sub>2</sub> نیز ۲ الکترون خود را به مسیر بین پروتئین ۱ و ۲ می‌دهد و به FAD اکسایش می‌یابد.
- ۳- در اثر عبور الکترون‌های از پروتئین‌های ۱ و ۲ و ۳ و با استفاده از انرژی این الکترون‌ها، این پروتئین‌ها یون‌های هیدروژن (H<sup>+</sup>) را از فضای داخلی میتوکندری (ماتریکس) به فضای بیرونی (فضای بین دو غشاء) پمپ می‌کنند (برخلاف شبیه غلظت).
- ۴- در نهایت الکترون‌ها پس از عبور از سومین پروتئین، به اکسیژن مولکولی برخورد کرده و تولید یون اکسید (اکسیژن با دو بار منفی) می‌کنند. سپس یون اکسید با گرفتن دو پروتون (H<sup>+</sup>) تبدیل به یک مولکول آب می‌شود.

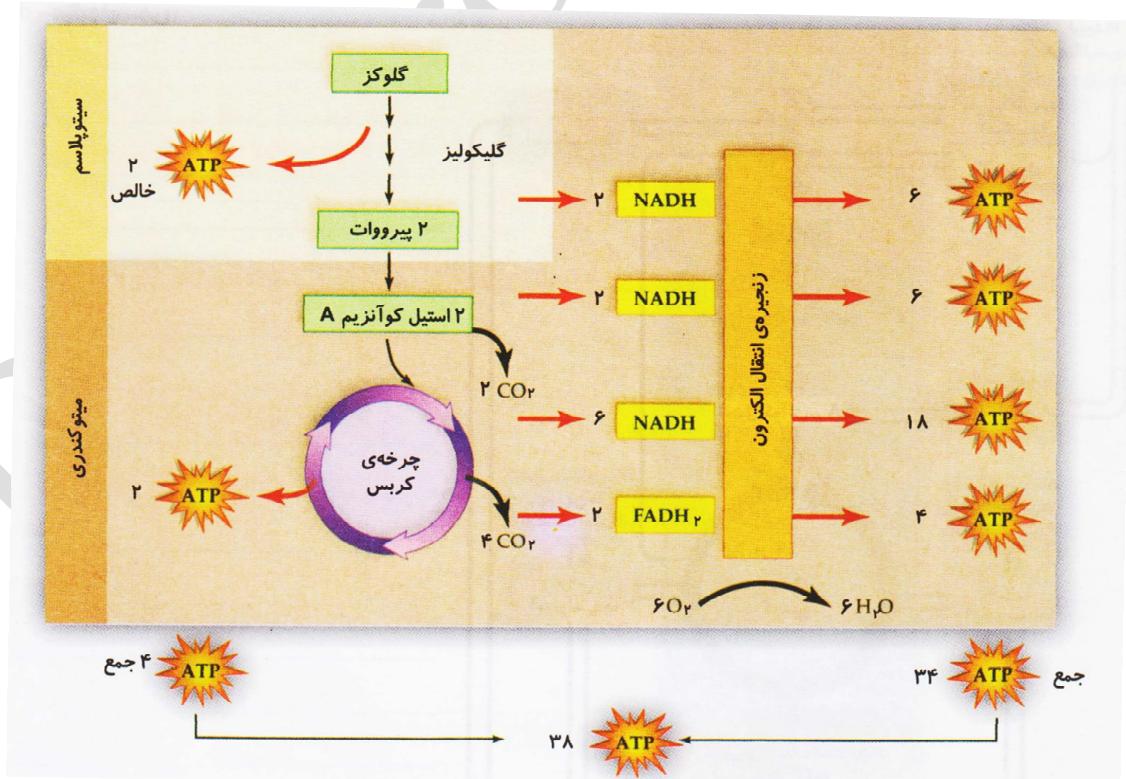


۵- در اثر ورود پروتون‌ها ( $H^+$ ) از بخش داخلی به فضای بین دو غشاء، تراکم این یون‌ها در فضای بین دو غشاء افزایش یافته و تمایل به بازگشت به بخش درونی میتوکندری دارد. این یون‌های هیدروژن تنها از طریق شماره ۴ که مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است، می‌توانند بر اساس شبک غلظت به فضای درونی میتوکندری بازگردند. عبور پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، انرژی لازم را برای تبدیل ATP به ADP فراهم می‌کند (تولید ATP از طریق اکسایش).

**نکته مهم:** اکسایش  $NADH$  به  $NAD^+$  و  $FADH_2$  به FAD و همچنین تولید آب و سنتز ATP، همگی در سطح داخلی غشای درونی میتوکندری (سطحی که به سمت بخش درونی میتوکندری است) انجام می‌شوند.

**نکته:** چنین خوردنی غشای داخلی میتوکندری موجب افزایش سطح این غشاء شده و امکان جای دادن زنجیره‌های الکترون بیشتری را درون خود فراهم ساخته است.

$H_2O$	$CO_2$	$FADH_2$	$NADH$	ATP	نام فرآورده
زنجیره انتقال الکترون	اکسایش پیرووات - کربس - تخمیر الکلی	کربس	گلیکولیز، اکسایش پیرووات و کربس	گلیکولیز، کربس و زنجیره انتقال الکترون	مرحله تولید



## بازده انرژیایی تنفس یاخته‌ای

- ⇒ اندازه گیری‌های واقعی در شرایط بینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداقل ۳۰ ATP است.
- ⇒ تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. بنابراین، نمی‌توان به سادگی به این پرسش پاسخ داد که در ازای تجزیه هر مقدار گلوکز چه مقدار ATP در یاخته‌ها تولید می‌شود.

### تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

- ۱- افزایش میزان ATP به ADP  $\leftarrow$  مهار آنزیم‌های گلیکولیز و چربه کربس  $\leftarrow$  کاهش تولید ATP
- ۲- افزایش میزان ATP به ADP  $\leftarrow$  فعال شدن آنزیم‌های گلیکولیز و چربه کربس  $\leftarrow$  افزایش تولید ATP

نکات:

- ⇒ این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود.
- ⇒ یاخته‌های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند.
- ⇒ تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا این‌که به دلایل متفاوت غذای کافی در اختیار ندارند.

## زیستن مستقل از اکسیژن

## گفتار ۳

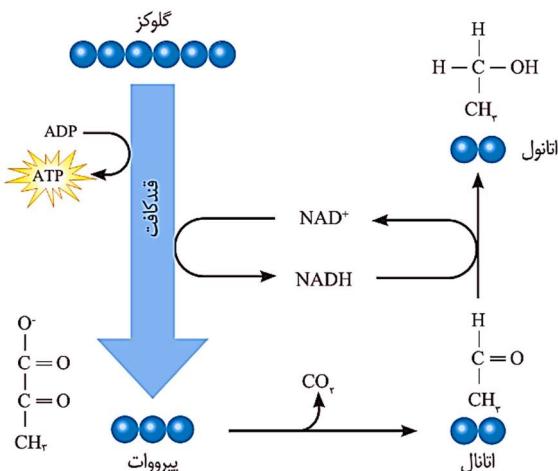
### تخمیر

- ☞ تعریف: تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد.
- ☞ در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند.
- ☞ انواع تخمیر: الکلی و لاکتیکی
- ☞ تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوایی با قند کافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند.
- ☞ در قند کافت تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد  $NAD^+$  از  $NADH$  است؛ بنابراین برای تداوم قند کافت،  $NAD^+$  ضروری است و اگر نباشد قند کافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود.
- ☞ در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آن‌ها  $NAD^+$  به وجود می‌آید.

### (الف) تخمیر الکلی

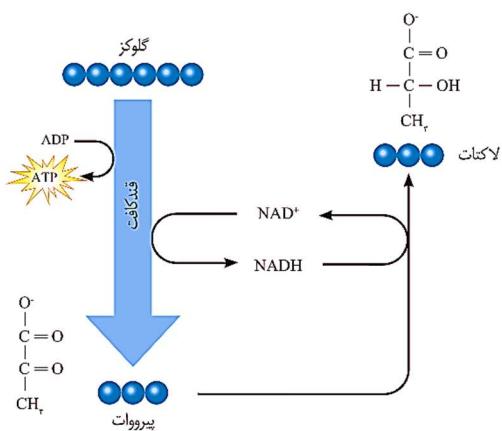
محل: درون سیتوپلاسم

مراحل تخمیر الکلی:



- ۱- ابتدا پیرووات با از دست دادن یک کربن به صورت  $CO_2$  تبدیل به اتانال می‌شود.
- ۲- سپس اتانال با گرفتن الکترون‌های  $NADH$  و اکسایش آن به  $NAD^+$  تبدیل به اتانول می‌شود.

**نکته:** ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است.

**ب) تخمیر لاکتیکی**

محل: درون سیتوپلاسم

مراحل: تخمیر لاکتیکی فقط یک مرحله دارد که طی آن، پیرووات (۳ کربنی)

به صورت مستقیم با دریافت الکترون‌های NAD<sup>+</sup> و اکسایش آن به NAD<sup>+</sup>، تبدیل به لاکتات (۳ کربنی) می‌شود.**نکات:**

- در تخمیر الکلی، یک اتم کربن از پیرووات به صورت کربن‌دی‌اکسید خارج می‌شود و مولکول حاصل یعنی اتانول، دو اتم کربن دارد، اما در تخمیر لاکتیکی، مولکول حاصل از تخمیر یعنی لاکتات (یا لاکتیک اسید)، همانند پیرووات سه اتم کربن دارد.
- ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد که تجمع لاکتات با درد و گرفتگی عضلات همراه می‌باشد.
- انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فراورده‌های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری (مثل ماست و پنیر) و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

**تخمیر در گیاهان**

- گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت نرم آکنهای هوادار در گیاهان آبزی و شش‌ریشه در درخت چرا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده اید.
- به هر حال، اگر اکسیژن به هر علته در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود.
- هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد.
- تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

## سلامت بدن: پاداکسنده‌ها (آتنی اکسیدان‌ها)

- ☞ رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهنده بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند.
- ☞ در تنفس هوایی اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید ( $\text{O}^-$ ) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن ( $\text{H}^+$ ) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید. اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند.
- ☞ میتوکندری‌ها (راکیزه‌ها) برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند.
- ☞ خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتونوئیدها و آنتوکسیانین‌ها هستند.
- ☞ **اهمیت پاداکسنده‌ها:** پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکولهای زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.
- ☞ **تجمع رادیکال‌های آزاد:** اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد  $\Rightarrow$  در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند  $\Rightarrow$  در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود.
- ☞ عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل رو به رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.
- ☞ **اثر الکل:** مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.
- ☞ **نقص ژنی:** گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

**توقف انتقال الکترون:**

مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند.

مثال:

**۱- سیانید:** سیانید واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترونها به  $O_2$  را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

\* نکته: سیانید همچنین با اشغال جایگاه فعال آنزیم‌ها نیز در کار سلول اختلال ایجاد می‌کند (گفتار ۳، فصل ۱).

**۲- کربن‌مونواکسید:**

گاز کربن‌مونواکسید به دو شکل در تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند:

الف) گاز کربن‌مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش داده  $\Leftarrow$  این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند.

ب) همچنین این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود.

**منابع کربن‌مونواکسید :** دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسید کربن‌اند.

دانش آموزان عزیزی که دوست دارند مطالب این بجزوه رو به صورت تدریس ویدئویی همراه با حل تست مشاهده کنند، برای اطلاع از زمان پخش ویدئوها می‌توانند به کانال تلگرامی بنده **@ZISTNOVIN** مراجعه کنند. به مفهوم آماره شدن ویدئوها، لینک پخش را یگان ویدئو را در کانال قرار نواهم داد.

♥ با آرزوی موفقیت برای تمام شما عزیزان ♥

فرادران مهربون پشت و پناهتون

سروش صفا



فصل ۶

## از انرژی به ماده

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

@Zistnovin

# فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

## گفتار ۱

گیاهان در فرایند فتوسنتز  $\text{CO}_2$  را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش زیر):



**نکته ۱:** فتوسنتز درون سبزدیسه (کلروپلاست) انجام می‌شود.

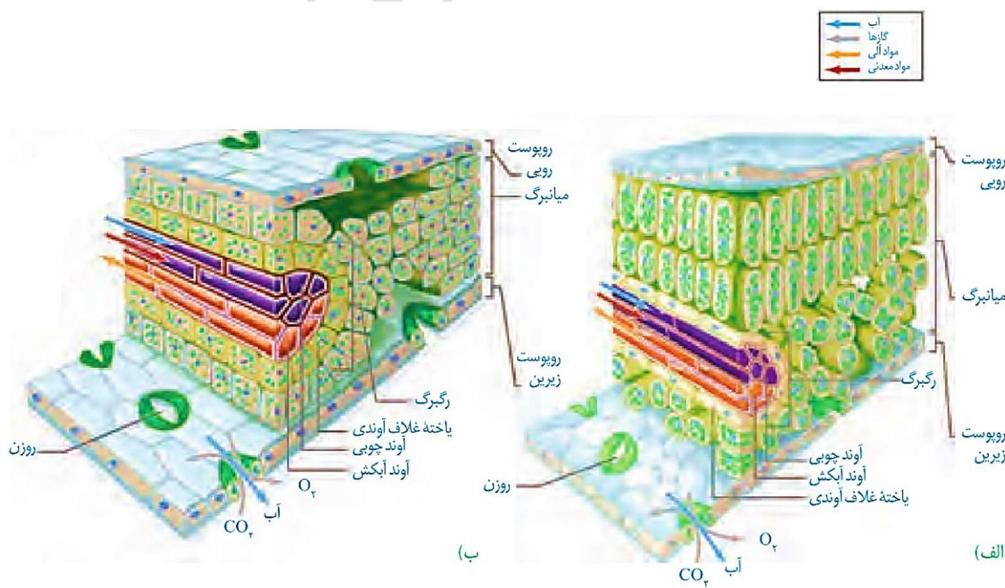
**نکته ۲:** می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

**نکته ۳:** برگ اکثر گیاهان بدلیل دارا بودن مقدار زیادی سبزدیسه، مناسب‌ترین ساختار برای انجام فتوسنتز می‌باشد.

اجزای برگ گیاهان دولپه‌ای:

### ۱. دمبرگ

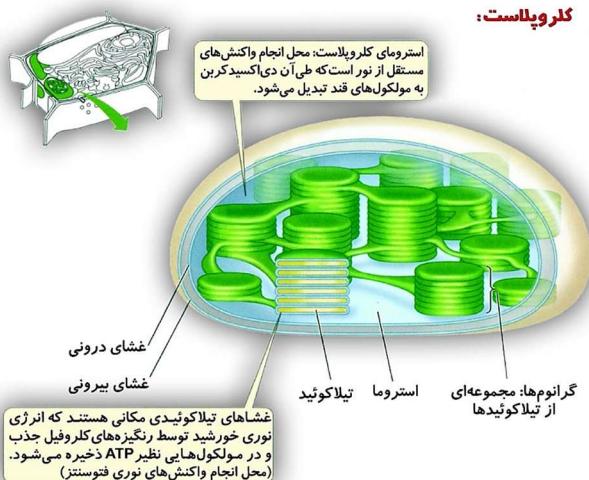
۲. پهنک: پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته‌های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویو زیرینبه ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته‌های نرم آکنه است که شامل دو نوع نرده‌ای و اسفنجی می‌باشد.



## نکات شکل:

- ۱- میانبرگ در دولپهایها (شکل الف) شامل نرم آکنه اسفنجی و نردهای می باشد اما در بعضی گیاهان (نکلهایها)، فقط از یاخته های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ب).
- ۲- یاخته های نردهای بعد از روپوست رویی قرار دارند و به هم فشرده اند در حالی که یاخته های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند.
- ۳- در هر رگرگ، در اطراف آوندهای چوبی و آبکش را یاخته های غلاف آوندی قرار دارند. در واقع یاخته های غلاف آوندی بین یاخته های نرم آکنه ای و استوانه آوندی قرار دارند.
- ۴- در هر رگرگ، آوندهای چوبی در بالای آوندهای آبکشی قرار دارند.
- ۵- جبهت حرکت آب و مواد محلول در آوندهای چوبی رگرگ، از سمت دمبرگ به سمت برگ است، درحالیکه جبهت حرکت مواد آلی در آوندهای آبکش رگرگ، بر عکس (از برگ به سمت دمبرگ) می باشد.

## کلروپلاست:



## ساختار سبزدیسه:

- سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند.
- فضای درون سبزدیسه با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوئید به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره (استروم) تقسیم شده است.
- تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند.
- بستره همارز با سیتوپلاسم یاخته بوده و دارای رِنا، دِنا و رِناتن (ریبوزوم) است.
- سبزدیسه همانند راکیزه می تواند بعضی از پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد.
- سبزدیسه همانند راکیزه می تواند به طور مستقل تقسیم شود.

**نکته:** به طور کلی در سبزدیسه سه فضا داریم:

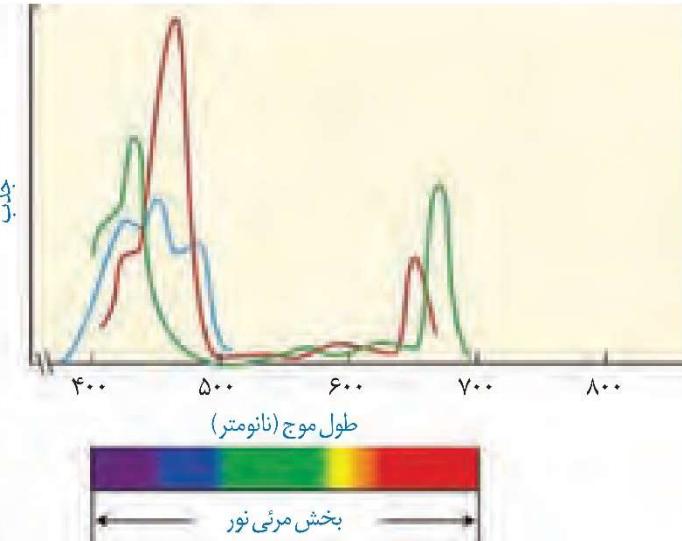
- ۱- فضای بین دو غشاء

۲- بستر ها یا استرومما

۳- فضای داخل تیلاکوئیدها

**رنگیزه های فتوسنتزی:**

این رنگیزه ها در غشای تیلاکوئیدها قرار دارند و شامل سبزینه های (کلروفیل های) a و b و کاروتونوئیدها می باشند.



طیف جذبی رنگیزه های فتوسنتزی. سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز)

و کاروتونوئیدها (آبی)

**نکات مهم:**

۱. طیف جذبی سبزینه b در محدوده ۴۰۰ - ۵۰۰ نانومتر، بیشتر از طیف جذبی سبزینه a می باشد.
۲. طیف جذبی سبزینه a در محدوده ۶۰۰ - ۷۰۰ نانومتر، بیشتر از طیف جذبی سبزینه b می باشد.
۳. از نظر میزان جذب نور، رابطه مقابله بین رنگیزه ها برقرار است: سبزینه b < سبزینه a < کاروتونوئیدها
۴. بیشترین میزان جذب نور مربوط به سبزینه b و در طیف نور آبی (۴۰۰ - ۵۰۰ نانومتر) می باشد.
۵. وجود رنگیزه های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های مختلف نور افزایش می دهد.

**فتوسیستم ها:**

رنگیزه های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند.

## اجزای هر فتوسیستم:

۱. آتن های گیرنده نور: هر آتن که از رنگیزه های متفاوت (سبزینه ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را میگیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند.

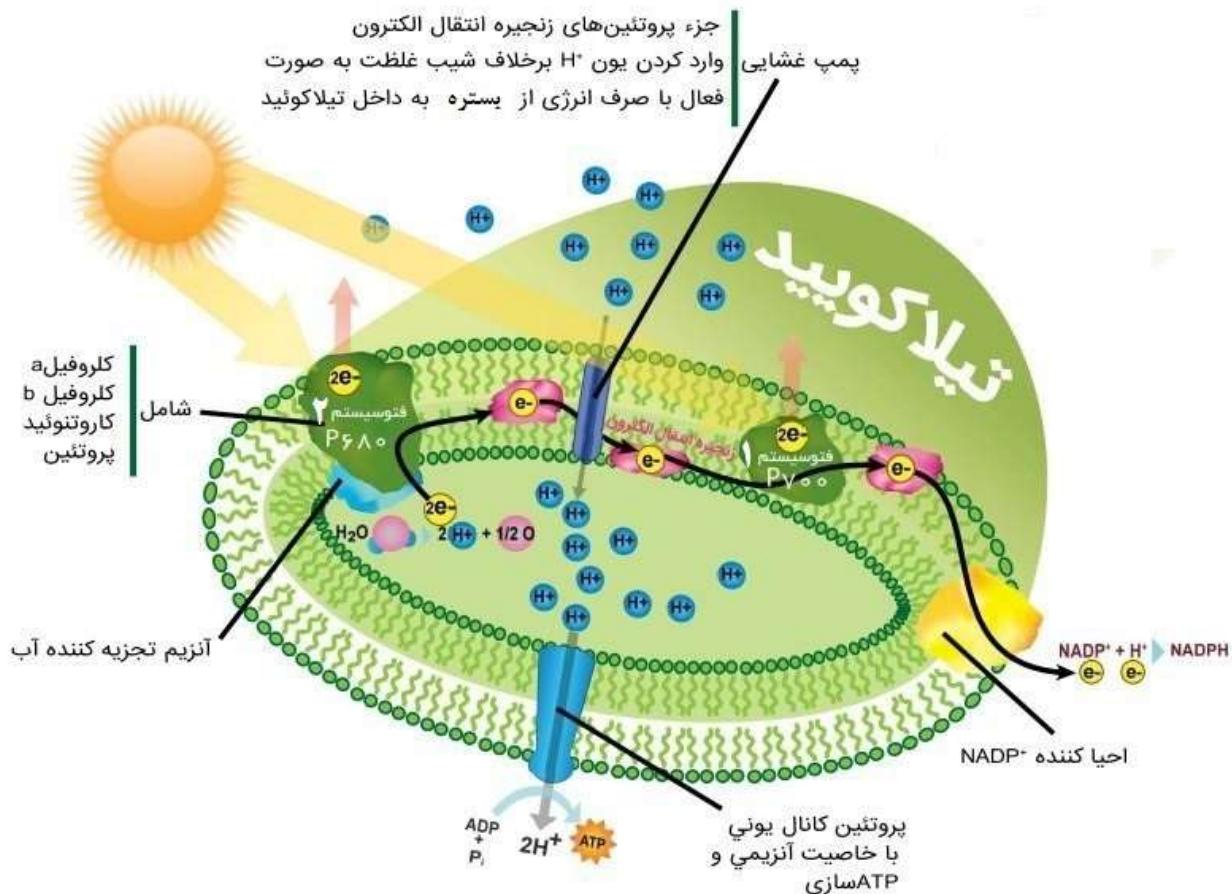
۲. یک مرکز واکنش: مرکز واکنش، شامل مولکولهای کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارد.

**نکته ۱:** حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲، در طول موج ۶۸۴ نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینه a در فتوسیستم ۱، P<sub>7۰۰</sub> و در فتوسیستم ۲، P<sub>۶۸۴</sub> می گویند.

**نکته ۲:** فتوسیستم ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکولهایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می شوند. این مولکولها می توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

## گفتار ۲

## واکنش های فتوسنتزی



## اجزای مورد نیاز برای فتوسنتز (شکل بالا):

۱. دو عدد فتوسیستم (۱ و ۲)

۲. آنزیم تجزیه کننده آب: در اتصال با بخش زیرین فتوسیستم ۲ قرار دارد.

۳. دو زنجیره انتقال الکترون: مولکول‌های ناقل الکترون که یکی بین فتوسیستم ۱ و ۲ و دیگری بعد از فتوسیستم ۱ قرار دارد.

۴. سه عدد پروتئین غشایی:

(الف) پمپ غشایی: بین زنجیره انتقال الکترون اول قرار دارد و یون‌های هیدروژن را برخلاف شیب غلظت و به صورت فعال (با صرف انرژی زیستی) از بستره به داخل تیلاکوئید پمپ می‌کند.

(ب) آنزیم ATP ساز (کانال یونی): یون‌های هیدروژن را از درون تیلاکوئید و در جهت شیب غلظت به درون بستره می‌فرستد و ATP تولید می‌کند.

(ج) پروتئین احیاء کننده  $NADP^+$ : با دریافت ۲ عدد الکترون از زنجیره انتقال الکترون دوم،  $NADP^+$  را احیاء کرده (یک عدد  $H^+$  را به  $NADP^+$  می‌افزاید) و  $NADPH$  بدست می‌آید.

**نکته:** تمام موارد فوق، درون غشای تیلاکوئید قرار دارند.

## واکنش‌های فتوسنتز:

۱. واکنش‌های وابسته به نور (واکنش‌های تیلاکوئیدی): طی این واکنش‌ها که در حضور نور خورشید (روز) و درون تیلاکوئید-ها انجام می‌گیرد، مولکول NADPH و ATP و همچنین اکسیژن تولید می‌شود.

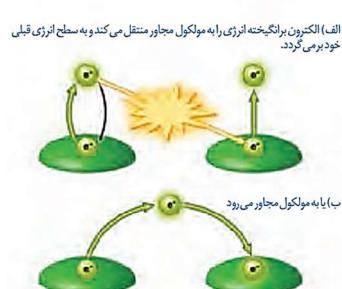
۲. واکنش‌های مستقل از نور: این واکنش‌ها در شب انجام می‌گیرند و طی این واکنش‌ها که چرخه کالوین نامیده می‌شوند، با کمک مولکول‌های NADPH و ATP تولید شده در واکنش‌های مرحله روشنایی، مولکول‌های  $CO_2$  تبدیل به گلوکز و سایر مواد آلی می‌شوند.

## واکنش‌های مرحله روشنایی فتوسنتز



۱. در اثر تابش نور خورشید به فتوسیستم‌ها، الکترون‌های موجود

در فتوسیستم‌ها انرژی نور خورشید را دریافت کرده و برانگیخته می‌شوند.



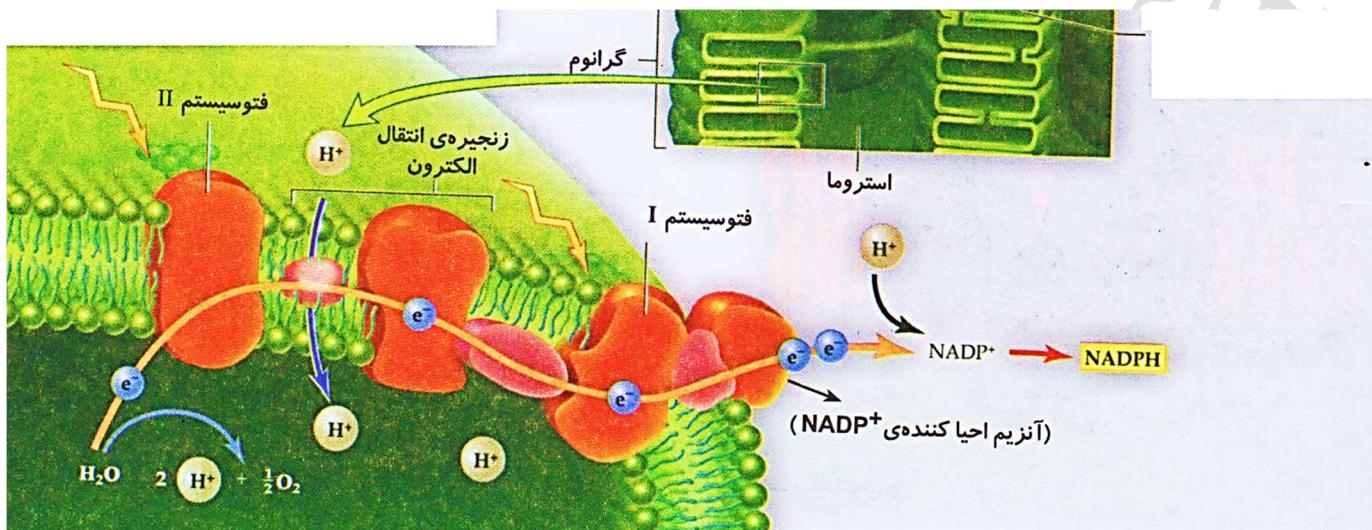
این الکترون‌های برانگیخته شده از فتوسیستم‌ها خارج شده و وارد زنجیره انتقال

الکtron می‌شوند.

**نکته:** الکترون‌های خارج شده از فتوسیستم ۲ وارد اولین زنجیره انتقال الکtron و الکترون‌های خارج شده از فتوسیستم ۱، وارد دومین زنجیره انتقال الکtron می‌شوند.

### مسیر طی شده توسط الکترون‌ها:

فتوسیستم ۲ ← زنجیره انتقال الکtron اول ← فتوسیستم ۱ ← دومین زنجیره انتقال الکtron ←  $\text{NADP}^+$



۲. الکترون‌های خروجی از فتوسیستم ۱، پس از عبور از زنجیره انتقال الکtron دوم، توسط پروتئین احیاء کننده  $\text{NADP}^+$ ، به مولکول  $\text{NADP}^+$  منتقل می‌شوند  $\leftarrow \text{NADP}^+ \rightarrow \text{NADPH}$  با گرفتن دو الکtron، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون (یون هیدروژن) به مولکول  $\text{NADPH}$  تبدیل می‌شود:



۳. در اثر خروج الکترون‌های برانگیخته شده از فتوسیستم‌ها، کمبود الکtron در داخل این فتوسیستم‌ها رخ می‌دهد که باید جبران شوند، یعنی الکترون‌های جدیدی به شرح زیر، جایگزین الکترون‌های خارج شده می‌شوند:

الف- کمبود الکترونی فتوسیستم ۲، بوسیله الکترون‌های حاصل از تجزیه مولکول آب توسط آنزیم متصل به سطح داخلی فتوسیستم ۲ تأمین می‌شود. در طی تجزیه نوری آب محصولات زیر تولید می‌شوند:



- دو یون هیدروژن: موجب افزایش تراکم یون هیدروژن در داخل تیلاکوئید می‌شوند.

- یک اتم اکسیژن

- دو عدد الکtron: که کمبود الکترونی فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند.

ب- کمبود الکترونی فتوسیستم ۱ بوسیله الکترون‌های خروجی از اولین زنجیره انتقال الکtron جبران می‌شود.

۴. الکترون‌های در حال عبور از اولین زنجیره انتقال الکترون، مقداری از انرژی خود را به پمپ هیدروژنی (در بین مولکول‌های زنجیره انتقال الکترون اول) می‌دهند تا این پمپ یون‌های هیدروژن را از بستره به داخل فضای تیلاکوئیدی و در خلاف جهت شیب غلظت انتقال دهد.

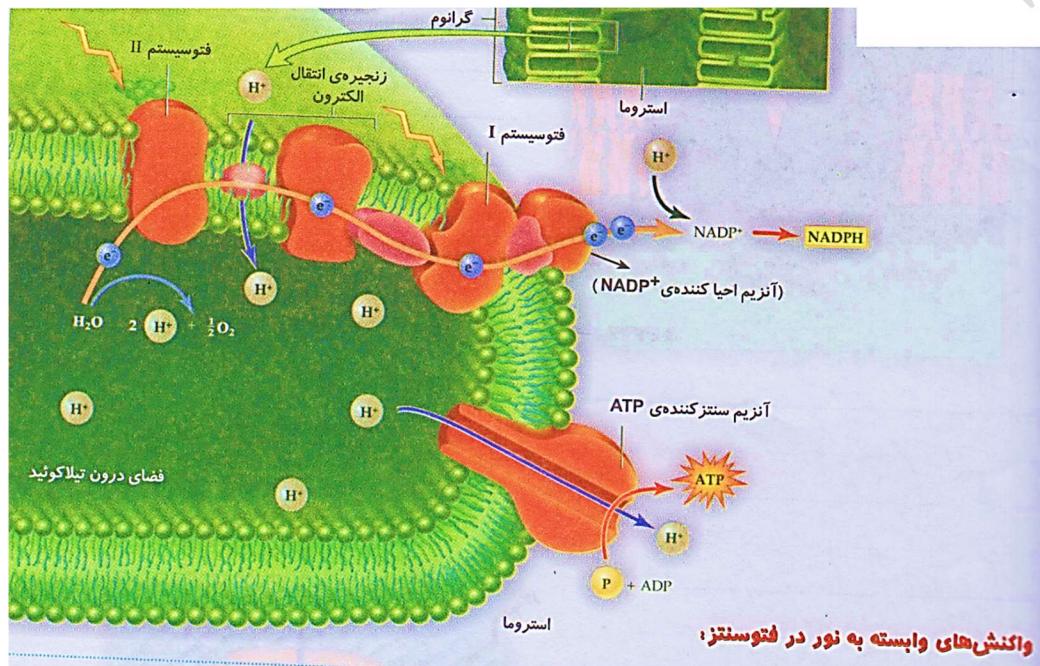
**نکته:** دو عامل موجب افزایش غلظت یون هیدروژن در داخل تیلاکوئید می‌شوند:

ب) تجزیه نوری آب

الف) فعالیت پمپ هیدروژنی

۵. در اثر افزایش غلظت پروتون‌ها درون تیلاکوئید، پروتون‌ها در جهت شیب غلظت و از طریق آنزیم ATP ساز موجود در غشاء تیلاکوئیدها از داخل تیلاکوئید به بستره می‌روند که همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود.

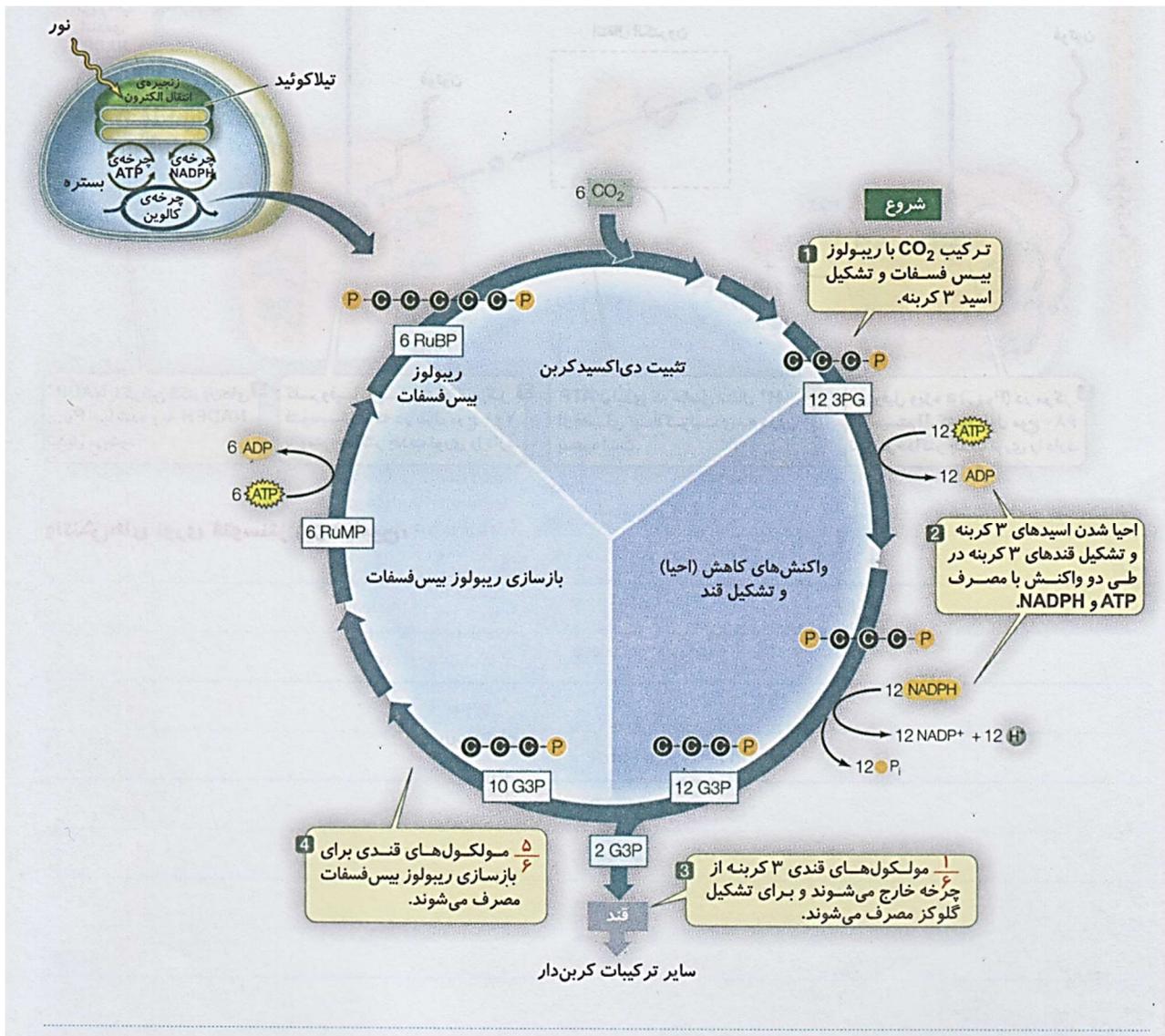
نکته: به ساخته شدن ATP در واکنش‌های نوری، ساخته شدن نوری ATP می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.



### واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های ثبیت $\text{CO}_2$

در این مرحله، مولکول‌های  $\text{CO}_2$  با استفاده از مواد تولید شده در مراحل روشنایی یعنی ATP به عنوان منبع انرژی و NADPA به عنوان منبع الکترون، در چرخه‌ای از واکنش‌ها به نام چرخه کالوین، تبدیل به قند می‌شوند.

## مراحل چرخه کالوین:

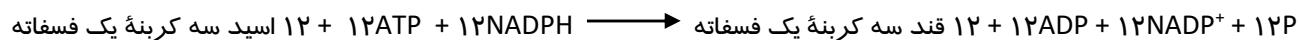


۱. مرحله اول: ترکیب ۶ مولکول  $\text{CO}_2$  با ۶ مولکول قند پنج کربنی ریبولوز بیس فسفات (هر قند دارای دو فسفات می باشد) توسط آنزیم روپیسکو (ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز)  $\leftarrow$  ایجاد ۶ قند شش کربنی دو فسفات ناپایدار  $\leftarrow$  تبدیل هر کدام از قندهای ۶ کربنی ناپایدار به یک اسید سه کربنی یک فسفاته:

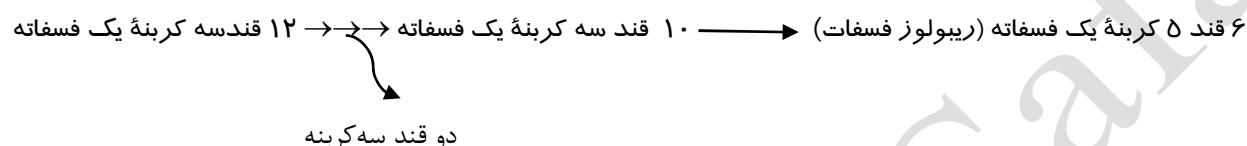


**نکته:** روپیسکو هم فعالیت کربوکسیلازی داشته و هم اکسیژنازی، که در این واکنش، فعالیت کربوکسیلازی دارد.

۲. مرحله دوم: هر یک از اسیدهای تولیدی در مرحله قبل با مصرف یک مولکول ATP و یک مولکول NADPH تبدیل به سه قند سه کربنی یک فسفاته می‌شود.



۳. مرحله سوم: در این مرحله ۲ مولکول قند سه کربنی از واکنش خارج شده و به تولید گلوکز و یا سایر مواد آلبی دیگر می‌رسد و ۱۰ قند سه کربنی باقی مانده، تبدیل به ۶ قند سه کربنی ریبولوز فسفات (یک فسفات دارد) می‌شود.



۴. مرحله چهارم: هر یک از مولکول‌های ریبولوز فسفات، با صرف یک مولکول ATP تبدیل به ریبولوز بیس فسفات می‌شوند که در این واکنش، ATP هم به عنوان منبع انرژی و هم منبع فسفات به کار می‌رود. مولکول‌های ریبولوز بیس فسفات مجدد آغازگر چرخه بعدی خواهند بود.



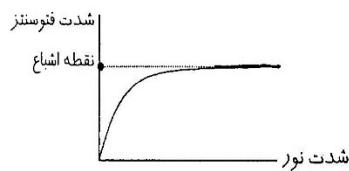
### نکات مهم:

۱- در هر چرخه کالوین ۱۸ مولکول ATP و ۱۲ مولکول NADPH مصرف می‌شود.

۲- چرخه کالوین در تاریکی (شب) انجام می‌گیرد، اما چون مولکول‌های ATP و NADPH مورد نیاز این چرخه در واکنش‌های مرحله وابسته به نور تولید می‌شوند، می‌توان گفت که چرخه کالوین نیز به طور غیر مستقیم به نور وابسته است.

۳- اولین ماده آلبی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که ثبت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، گیاهان  $C_3$  می‌گویند. اکثر گیاهان  $C_3$  هستند.

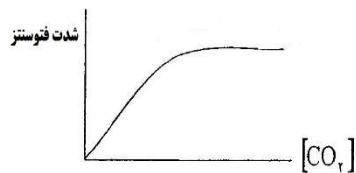
### اثر محیط بر فتوسنتز:



۱. اثر نور در فتوسنتز: افزایش نور در اکثر گیاهان تا حدی موجب افزایش فتوسنتز می‌شود، اما در نور شدید به علت اشباع شدن فتوسیستم‌ها، شدت فتوسنتز تغییری نمی‌کند.

**نکته:** طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

۲. اثر غلظت  $\text{CO}_2$  بر فتوسنتز: با افزایش میزان  $\text{CO}_2$ , شدت فتوسنتز تا حدی



افزایش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر  $\text{CO}_2$ , بدليل محدود بودن قندهای ریبولوز

بیس فسفات و آنزیم‌های چرخه کالوین، شدت فتوسنتز ثابت می‌ماند (مشابه اثر نور).

۳. اثر دما بر فتوسنتز: افزایش دما تا یک حدی بدليل افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها،

موجب افزایش فتوسنتز می‌شود، اما در دمای بالا بدليل بسته شدن روزنه‌های هوایی و

همچنین عدم فعالیت آنزیم‌ها، موجب کاهش شدت فتوسنتز می‌شود.

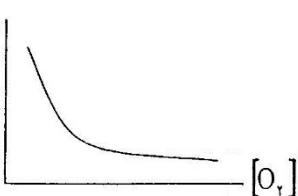
۴. اثر اکسیژن بر فتوسنتز: افزایش اکسیژن موجب افزایش فعالیت اکسیژن‌نازی

آنژیم رویسکو می‌شود و در نتیجه بجای ترکیب کردن ریبولوز بیس فسفات با  $\text{CO}_2$ ,

این قند را با اکسیژن ترکیب کرده که این عمل، شدت فتوسنتز را کاهش می‌دهد.

**نکته:** با افزایش اکسیژن، شدت فتوسنتز کاهش یافته، اما شدت تنفس نوری افزایش می‌یابد.

شدت فتوسنتز



$[O_2]$

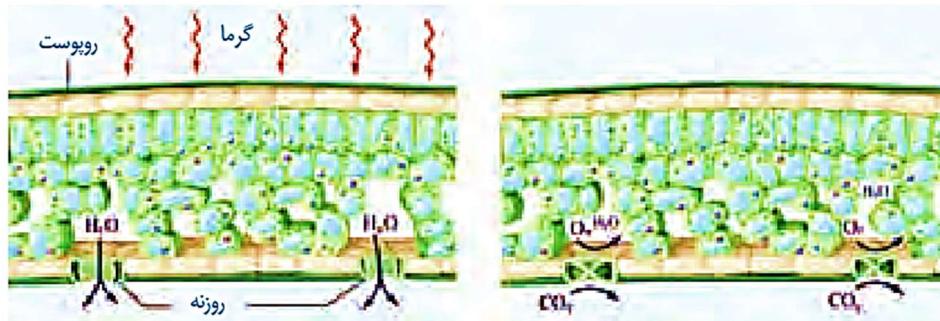
## فتوستز در شرایط دشوار

### گفتار ۳

فتوستز در شرایط بسته بودن روزنه‌ها:

﴿ افزایش بیش از حد دما و نور و همچنین هورمون آبسیزیک اسید، باعث بسته شدن روزنه‌های هوایی جهت کاهش تعرق می‌شوند. ﴾

﴿ در شرایط بسته شدن روزنه‌ها، تبادل گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید نیز متوقف می‌شود. در این حال از میزان کربن‌دی‌اکسید داخل برگ‌ها کاسته می‌شود (بدلیل مصرف در چرخه کالوین) اما میزان اکسیژن در برگ‌ها افزایش می‌باید (در اثر تجزیه نوری آب). این شرایط موجب افزایش فعالیت اکسیژن‌نازی آنزیم روپیسکو می‌شود. ﴾



شکل ۹ - افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.

(الف) روزنه‌های باز، روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.  
ب) وقتی روزنه‌ها باز هستند میزان  $CO_2$  از  $O_2$  بیشتر است.

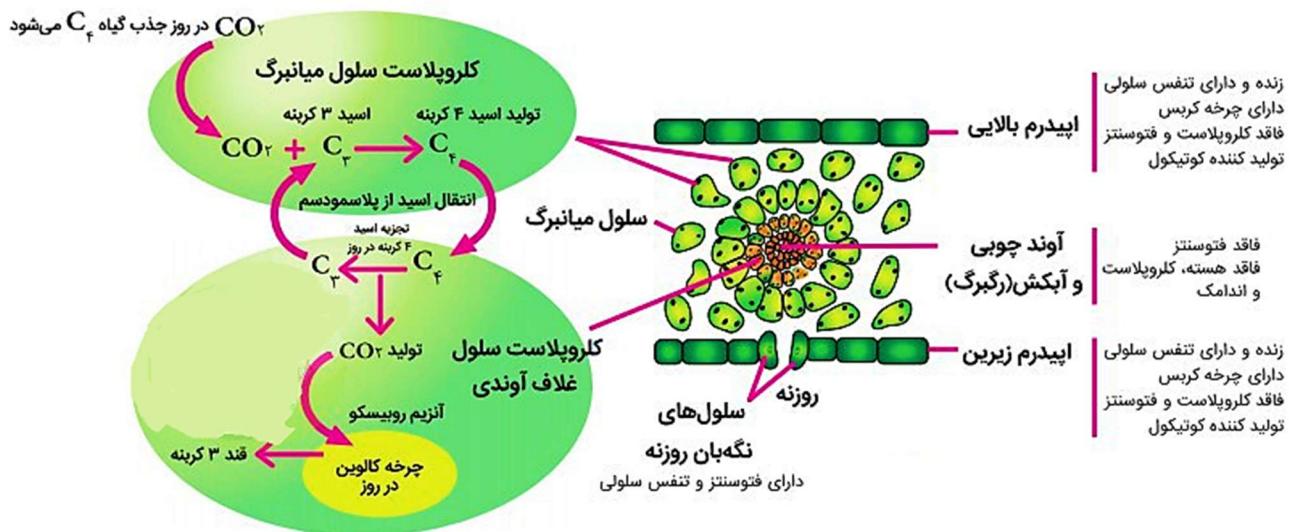
﴿ در اثر فعالیت اکسیژن‌نازی آنزیم روپیسکو، ریبولوژیس فسفات با اکسیژن ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود: ﴾

۱) مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوژیس فسفات می‌رسد.

۲) مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنشهایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول  $CO_2$  آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $CO_2$  و همراه با فتوستز است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

**نکته ۱:** در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوستز می‌شود.

**نکته ۲:** فعالیت اکسیژن‌نازی و کربوکسیلازی آنزیم روپیسکو به میزان اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید در محیط عملکرد آن بستگی دارد، یعنی در صورتی که  $O_2 < CO_2$  باشد، این آنزیم فعالیت کربوکسیلازی و در صورتی که  $O_2 > CO_2$  باشد، این آنزیم فعالیت اکسیژن‌نازی خواهد داشت.

فتوستندر گیاهان C<sub>4</sub>:

ثبتیت کربن در این گیاهان در دو مرحله انجام می‌شود:

۱. CO<sub>2</sub> در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان C<sub>4</sub> می‌گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از ثبتیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.
۲. در یاخته‌های غلاف آوندی، مولکول CO<sub>2</sub> از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ بر می‌گردد.

**نکته ۱:** آنزیمی که در ترکیب CO<sub>2</sub> با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روپیسکو به طور اختصاصی با CO<sub>2</sub> عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

**نکته ۲:** اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسماها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود.

### نکات مهم:

۱. در گیاهان C<sub>4</sub>، برخلاف گیاهان C<sub>3</sub>، یاخته‌های غلاف آوندی دارای کلروپلاست می‌باشند.
۲. در گیاهان C<sub>4</sub> با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در ثبتیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO<sub>2</sub> در محل فعالیت آنزیم روپیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارنده تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می‌دهد.

۳. در گیاهان  $C_4$ ، در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، در حالیکه روزنده‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان  $CO_2$  را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند. همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان  $C_3$  است.

### فتوستز در گیاهان CAM (کم):

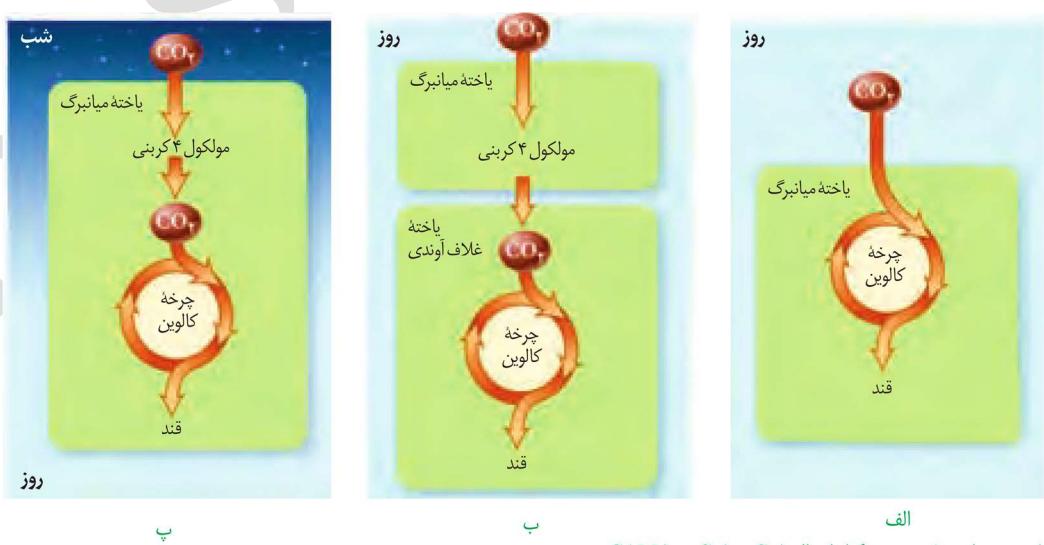
#### ویژگی گیاهان CAM:

۱. در مناطقی با درجه حرارت و نور شدید و آب کم زندگی می‌کنند.
۲. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنده‌ها در طول روز بسته و در شب بازنده.
۳. برگ، ساقه با هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتشی و پرآب است.
۴. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی بلیساکاریدی دارند که آب را نگه می‌دارند.

ثبتیت کربن در گیاهان CAM همانند گیاهان  $C_4$  در دو مرحله انجام می‌شود، اما هردوی این مراحل در یاخته‌های میانبرگ اما در دو زمان متفاوت (شب و روز) انجام می‌گیرند:

- ۱- در شب (روزنده‌ها بازند): ترکیب  $CO_2$  با اسید سه‌کربنی در یاخته‌های میانبرگ و تولید اسید چهارکربنی.
- ۲- در روز (روزنده‌ها بسته‌اند): مولکول  $CO_2$  در همان یاخته‌های میانبرگ از اسید چهارکربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود.

مثال برای گیاهان CAM: کاکتوس، گیاهان تیره گل ناز و آناناس.



شکل ۱۱- مقایسه فتوستز در گیاهان (الف)،  $C_4$ ، ب) و پ) CAM

## جدول مقایسه‌ای گیاهان از نظر فتوستنتر

CAM گیاهان	C <sub>4</sub> گیاهان	C <sub>3</sub> گیاهان	
کاکتوس، گیاهان تیره گل‌ناز و آناناس	نیشکر	بیشتر گیاهان	مثال
مناطق بسیار گرم و خشک	مناطق گرم	بیشتر مناطق	زمیستگاه
چرخه کالوین و سایر واکنش‌ها	چرخه کالوین و سایر واکنش‌ها	فقط چرخه کالوین	واکنش‌های ثبیت کننده CO <sub>2</sub>
اسید ۴ کربنه	اسید ۴ کربنه	اسید سه کربنه	اولین ماده آلی پایدار که از CO <sub>2</sub> ساخته می‌شود
یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های میانبرگ	محل ساخت اولین ماده آلی پایدار از CO <sub>2</sub>
یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های غلاف آوندی	یاخته‌های میانبرگ	محل انجام چرخه کالوین
شب	شب	شب	زمان ساخت اولین ماده آلی پایدار از CO <sub>2</sub>
روز	شب	شب	زمان انجام چرخه کالوین
بسته	باز	باز	وضعیت روزندهای هوایی در روز
باز	بسته	بسته	وضعیت روزندهای هوایی در شب

## جانداران فتوستنتر کننده دیگر

- ⇒ بخش عمده فتوستنتر را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند.
- ⇒ انواعی از باکتریها و آغازیان در محیط‌های مختلف خشکی و آبی فتوستنتر می‌کنند.

**باکتری ها:** باکتری هایی که فتوسنتز می کنند، سبز دیسه ندارند، اما دارای رنگیزهای جذب کننده نور هستند.

جدول مقایسه ای انواع باکتری های فتوسنتز کننده		
انواع باکتری	آنواع باکتری	جذب کننده
غیر اکسیژن زا	اکسیژن زا	
باکتری های گوگردی ارغوانی و سبز	سیانوباکتری ها	مثال
باکتریوکلروفیل	a سبزینه	نام رنگیزه فتوسنتز کننده
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	منبع کربن
H <sub>2</sub> S	(H <sub>2</sub> O) آب	منبع الکترون
نور خورشید	نور خورشید	منبع انرژی
قندهای ساده و گوگرد	قندهای ساده و اکسیژن	محصولات فتوسنتزی
۶ CO <sub>۷</sub> + ۱۲ H <sub>۷</sub> S → نور C <sub>۷</sub> H <sub>۷</sub> O <sub>۷</sub> + ۱۲ S + ۶ H <sub>۷</sub> O	نور خورشید C <sub>۷</sub> H <sub>۷</sub> O <sub>۷</sub> + ۶ O <sub>۷</sub>	واکنش فتوسنتزی

#### نکات:

- چون منبع الکترون باکتری های گوگردی (H<sub>2</sub>S) اکسیژن ندارد، به همین خاطر در اثر تجزیه آن، بجائی اکسیژن، گوگرد درست می شود.
- از این باکتریها در تصفیه فاضلاب ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می کنند.
- هیدروژن سولفید گازی بی رنگ است و بوی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

#### آغازیان:

آغازیان نقش مهمی در تولید ماده آبی از ماده معدنی دارند.

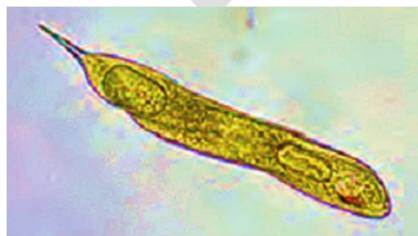
#### انواع آغازیان فتوسنتز کننده

۱- جلبک های سبز، قرمز و قهوه ای که به صورت دائمی فتوسنتز می کنند.

۲- اوگلنا : جانداری تک یاخته ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتز کننده است.

این جاندار در حضور نور فتوسنتز می کند و در صورتی که نور نباشد، سبز دیسه های

خود را از دست می دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می آورد.



## شیمیوسنتز

**تعریف:** ساختن مواد آلی از مواد معدنی ، با استفاده از انرژی واکنش‌های شیمیایی را شیمیوسنتز گویند.

در معادن، اعمق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفسانهای زیرآب وجود دارند.

از قدیمیترین جانداران روی زمین اند.

می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی‌اکسید مادهٔ آلی بسازند.

انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های شیمیایی، به ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیرآلی) به دست می‌آورند.

مثال: باکتریهای نیترات ساز  $\rightarrow$  آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند

باکتری‌های

شیمیوسنتز کنند

**نکته:** زیستن در معادن، اعمق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفسانهای زیرآب برای بسیاری از جانداران غیرممکن است.

دانش آموزان عزیزی که دوست دارند مطالب این بجزوه را به صورت تدریس ویدئویی همراه با هل تست مشاهده کنند، برای اطلاع از زمان پخش ویدئوها می‌توانند به کانال تلگرامی بنده **@ZISTNOVIN** مراجعه کنند. به مخفف آماره شدن ویدئوها، لینک پخش را گلایک ویدئو را در کانال قرار نواهم دارم.

♥ با آرزوی موفقیت برای تمام شما عزیزان ♥

فرداوند مهربون پشت و پناهتون

سروش صفا



فصل ۷

## فناوری‌های نوین زیستی

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا



@Zistnovin



Soroushsafaa



دکتر\_سروش\_صفا/[www.aparat.com/u\\_5804580](http://www.aparat.com/u_5804580)

# گفتار ۱

## زیست فناوری و مهندسی ژنتیک

- ❖ امروزه به کمک روش‌های زیست فناوری، تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه با صرف هزینهٔ کمتر ممکن شده است. این کار با وارد کردن ژنهای تولیدکنندهٔ بسیاری از این نوع مواد از باکتری به گیاه امکان‌پذیر است.
- ❖ تا چندی پیش، انتقال ژنهای انسان به داخل سلول‌های سایر موجودات زنده و یا استفاده از باکتری‌ها برای ساختن پروتئین‌های انسانی غیرقابل تصور بود اما اکنون روش‌های لازم برای تحقق آن توسعه یافته و کاربرد فراوانی پیدا کرده است.

### زیست فناوری چیست؟

**تعریف زیست فناوری:** به طور کلی به هر گونه فعالیت هوشمندانه آدمی در **تولید و بهبود محصولات گوناگون** با استفاده از **موجود زنده**، زیست فناوری گویند.

**قلمروی زیست فناوری:** زیست فناوری قلمروی بسیار گسترده دارد و روش‌هایی مانند **مهندسی ژنتیک**، **مهندسی پروتئین** و **بافت** را دربر می‌گیرد.

**علوم مورد استفاده در زیست فناوری:** زیست فناوری از گرایش‌های علمی متعددی مانند علوم زیستی، فیزیک، ریاضیات و علوم مهندسی بهره می‌برد.

**مزایای زیست فناوری:** کاربردهای فراوان زیست فناوری، آن را به عنوان **نشانه پیشرفت کشاورها** در قرن حاضر و به یکی از **ابزارهای مهم برای تأمین نیازهای متنوع** تبدیل کرده است.

### تاریخچه زیست فناوری

برای زیست فناوری، که از سالهای بسیار دور آغاز شده است، سه دوره درنظر می‌گیرند:

**زیست فناوری سنتی:** تولید محصولات تخمیری مانند سرکه، نان و فراورده‌های لبنی با استفاده از فرایندهای زیستی مربوط به این دوره است.

**زیست فناوری کلاسیک:** با استفاده از روش‌های تخمیر و کشت ریزاندامگان (میکرووار گانیسم‌ها) تولید موادی مانند پادزیست‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها)، آنزیم‌ها و مواد غذایی در این دوره ممکن شد.

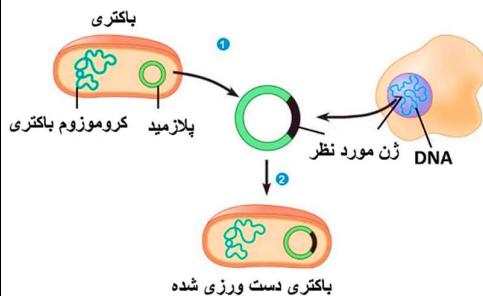
**زیست فناوری نوین:** این دوره با انتقال ژن از یک ریزاندامگان به ریزاندامگان دیگر آغاز شد. دانشمندان توانستند با تغییر و اصلاح خصوصیات ریزاندامگان‌ها ترکیبات جدید را با مقادیر بیشتر و کارایی بالاتر تولید کنند.

## مهندسی ژنتیک

یکی از روش‌های مؤثر در زیست فناوری نوین، مهندسی ژنتیک است.

**تعریف:** در مهندسی ژنتیک قطعه‌ای از DNA یک سلول توسط ناقل به سلول ای دیگر انتقال می‌بادد. در این حالت، یاختهٔ دریافت کنندهٔ قطعه DNA دچار دستورزی ژنتیکی و دارای **صفت جدید** می‌شود.

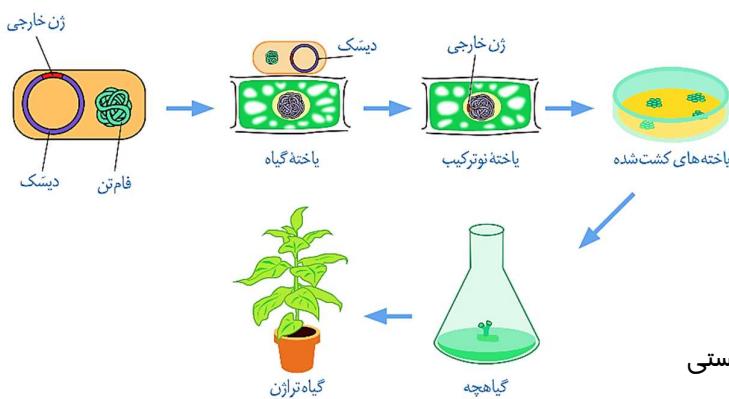
**تعریف جاندار تراژن:** به جانداری که از طریق مهندسی ژنتیک دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی شده است، جاندار تغییریافته ژنتیکی یا تراژنی می‌گویند.



**نکتهٔ ۱:** ترکیبات جدید ژنی در یک جاندار تراژن موجب بروز صفات جدیدی در این جاندار می‌شود که در گذشته، این صفات در این جاندار وجود نداشته است.

**نکتهٔ ۲:** اولین جانداران تراژن، باکتری‌ها بودند و به تدریج، امکان دستورزی ژنتیکی برای گیاهان و جانوران نیز فراهم آمده است.

### **مراحل ایجاد گیاهان زراعی تراژنی (شکل زیر):**



۱- تعیین صفت یا صفات مطلوب

۲- استخراج ژن یا ژنهای صفت مورد نظر

۳- آماده‌سازی و انتقال ژن به گیاه

۴- تولید گیاه تراژنی

۵- بررسی دقیق ایمنی زیستی و اثبات بی‌خطر بودن

برای سلامت انسان و محیط‌زیست

۶- تکثیر و کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول ایمنی زیستی

### **نکات شکل:**

۱- ژن مورد نظر توسط دیسک (پلازمید) به گیاه منتقل می‌شود.

۲- سلول‌ای که ژن خارجی (ژن مورد نظر) را دریافت می‌کند، یاختهٔ نوترکیب نامیده می‌شود.

۳- سلول‌های نوترکیب ابتدا تبدیل به گیاهچه و سپس گیاه تراژن می‌شوند.

۴- ژن خارجی در تمام سلول‌های زنده و دارای هستهٔ گیاه تراژن وجود دارد. زیرا تمام سلول‌های گیاه تراژن، از یاختهٔ نوترکیب اولیه بوجود آمده‌اند.

### مراحل مهندسی ژنتیک

یکی از اهداف مهندسی ژنتیک تولید انبوه ژن و فراورده‌های آن (RNA و پروتئین) است.

تولید انبوه ژن با **همسانه‌سازی DNA** انجام می‌شود.

**تعریف همسانه‌سازی:** جداسازی یک یا چند ژن و تکثیر آنها را **همسانه سازی DNA** می‌گویند.

**روش همسانه‌سازی:**

۱- ماده وراثتی با ابزارهای مختلفی در خارج از سلول تهیه می‌شود.

۲- ماده وراثتی به وسیله یک ناقل همسانه‌سازی به درون ژنوم میزبان منتقل می‌شود.

**اهداف همسانه‌سازی:** تولید مقادیر زیادی از DNA خالص که می‌تواند برای: الف) دستورزی و یا ب) تولید یک ماده بخصوص و یا ج) مطالعه، مورد استفاده قرار گیرد.

- |  |                    |
|--|--------------------|
| ۱- جداسازی قطعه‌ای از DNA که حاوی ژن مورد نظر است.<br>۲- اتصال قطعه DNA جدا شده به ناقل و تشکیل DNA نوترکیب.<br>۳- وارد کردن DNA نوترکیب به یاخته میزبان.<br>۴- جداسازی یاخته‌های تراژنی | مراحل مهندسی ژنتیک |
|--|--------------------|

**۱- جداسازی قطعه‌ای از DNA**

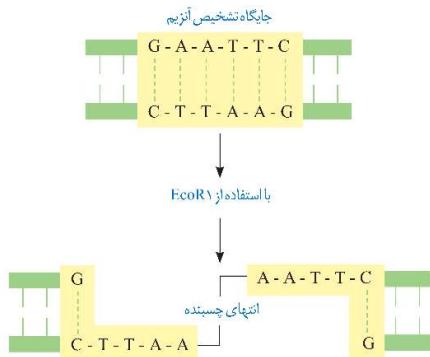
این کار به وسیله آنزیمهای برش دهنده انجام می‌شود.

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| ✓ در باکتری‌ها وجود دارند و قسمتی از سامانه دفاعی آنها محسوب می‌شوند.<br>✓ اولین مرحله از همسانه‌سازی که جداسازی ژنها است، به وسیله این آنزیمهای انجام می‌شود.<br>✓ این آنزیمهای تواليهای نوکلئوتیدی خاصی (جايگاه شناسایي آنزیم) را در DNA تشخیص و برش می‌دهند.<br>✓ استفاده از آنزیمهای برش دهنده DNA را به قطعات کوتاه‌تر تبدیل می‌کند. | آنزیمهای برش<br>دهنده |
|---|-----------------------|

**نکات جایگاه تشخیص آنزیم:**

۱- این جایگاه‌ها در ابتدا و انتهای ژن مورد نظر قرار دارند و جزو توالی ژن نمی‌باشند  $\Leftarrow$  یعنی مورد رونویسی قرار نمی‌گیرند.

۲- در جایگاه تشخیص آنزیم توالی نوکلئوتیدهای هر دو رشته DNA از دو سمت مخالف یکسان خوانده می‌شود.  
مثال: معروف‌ترین آنزیم برش دهنده، آنزیم EcoR1 است که توالی شش جفت نوکلئوتیدی GAATTC را شناسایی CTAAAG کرده و برش می‌دهد.



**نحوه عمل آنزیم EcoR1 :** این آنزیم پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتید گوانین دار و آدنین دار هر دو رشته را برش می‌زند. در نتیجه، انتهایی از مولکول DNA ایجاد می‌شود که یک رشته آن بلندتر از رشته مقابل است و به آن انتهای چسبنده می‌گویند.

**نکات:**

۱- برای تشکیل چنین انتهایی از مولکول DNA علاوه بر پیوندهای فسفودی استر، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته DNA در منطقه تشخیص نیز شکسته می‌شوند.

۲- آنزیم EcoR1 در هر جایگاه تشخیص، دو انتهای چسبنده ایجاد می‌کند و

چون برای هر ژن، دو جایگاه تشخیص آنزیم وجود دارد، در نتیجه مجموعاً ۴ انتهای چسبنده ایجاد می‌شود (در هر رشته DNA دو انتهای چسبنده).

**نکته:** استفاده از آنزیمهای برش‌دهنده، DNA را به قطعات کوتاهتری تبدیل می‌کند که این قطعات را با روش‌های خاصی جدا می‌کنند و تشخیص می‌دهند.

## ۲- اتصال قطعه DNA جدا شده به ناقل و تشکیل DNA نوترکیب

☞ **ناقل همسانه‌سازی:** توالی‌های DNA‌ی هستند که در خارج از کروموزوم‌ها اصلی قرار دارند و می‌توانند مستقل از آن تکثیر شوند. یکی از این ناقل‌ها دیسک (پلازمید) باکتری است.

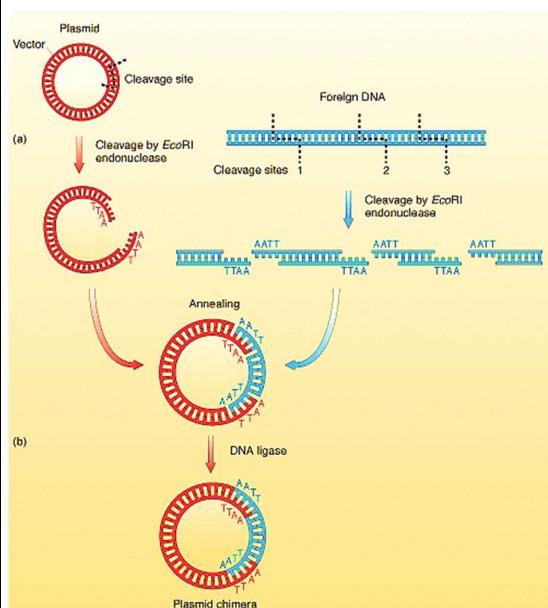
☞ **DNA نوترکیب:** به مجموعه DNA ناقل و ژن جاگذاری شده در آن، DNA نوترکیب گفته می‌شود.

### نکات دیسک (پلازمید):

- ۱- دیسک یک مولکول DNA‌ی دو رشته‌ای و حلقوی خارج فامتنی است.
- ۲- معمولاً درون باکتری‌ها (نه تمام باکتری‌ها) و بعضی قارچ‌ها مثل مخمراها وجود دارد.
- ۳- می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند.
- ۴- دیسک‌ها را کروموزوم‌های (فامتن‌های) کمکی نیز می‌نامند چون حاوی ژن‌هایی هستند که در کروموزوم‌های اصلی باکتری وجود ندارند. مثل ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک.
- ۵- ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک به باکتری این توانایی را می‌دهند که پادزیستیها را به موادی غیرکشنده و قابل استفاده برای خود تبدیل کنند.

**نکته ۱:** در صورت انتقال قطعه DNA مورد نظر به دیسک و ورود آن به باخته میزبان، با هر بار همانندسازی دیسک، DNA مورد نظر نیز همانندسازی می‌شود.

**نکته ۲:** بهتر است از دیسکی استفاده شود که یک جایگاه تشخیص برای آنزیم برش‌دهنده داشته باشد.



### مراحل ساخت DNA نوترکیب:

- ۱- برش دادن DNA ناقل توسط همان آنزیمی که با آن ژن اصلی را برش داده‌اند. علت ↪

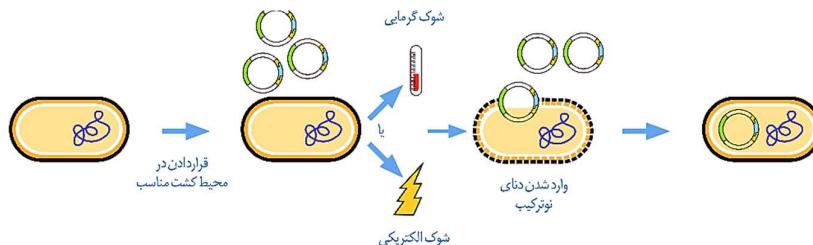
\* برش دیسک با آنزیم، آن را به یک قطعه دنای خطی تبدیل می‌کند که دارای دو انتهای چسبنده است.

- ۲- اتصال DNA مورد نظر به دیسک توسط آنزیم لیگاز (اتصال دهنده).

**۳- وارد کردن DNA نوترکیب به سلول میزبان:**

برای ورود DNA نوترکیب به درون یاختهٔ میزبان مثل باکتری باید بر روی **دیوارهٔ باکتری** منافذی ایجاد کرد که این منافذ را می‌توان با کمک **شوک الکتریکی** و یا **شوک حرارتی همراه با مواد شیمیایی** ایجاد کرد.

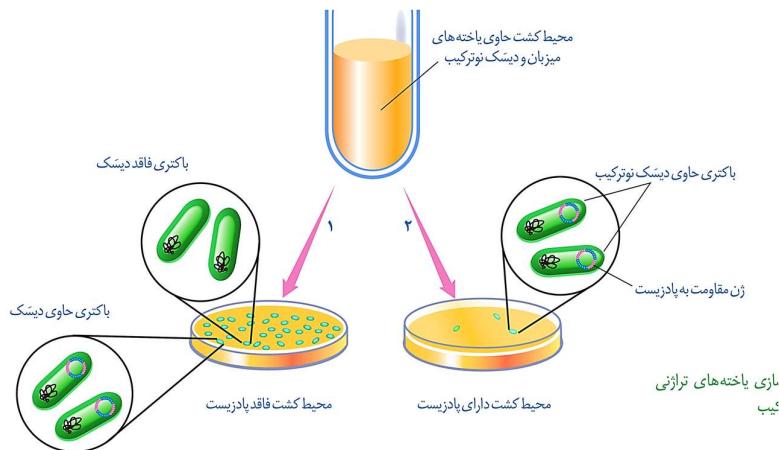
**نکته:** همه باکتری‌ها DNA نوترکیب را دریافت نمی‌کنند. بنابراین لازم است باکتری دریافت کننده دیسک از باکتری فاقد آن تفکیک شود.



\* باکتری دریافت کننده DNA نوترکیب، یاختهٔ تراژنی محسوب می‌شود.

**۴- جداسازی سلول‌های تراژنی:**

برای انجام این مرحله، از روش‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد، مثل استفاده از دیسکی که دارای ژن مقاومت به آنتی-بیوکیک (پادزیست) آمپی سیلین است. در این صورت، اگر باکتری DNA نوترکیب را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی آنتی‌بیوکیک رشد می‌کند. باکتری‌های فاقد دنای نوترکیب به دلیل حساسیت به آنتی‌بیوکیک در چنین محیطی از بین می‌روند.



در شرایط مناسب، باکتری‌های تراژنی با سرعت بالایی تکثیر می‌شوند. همچنین از DNA‌های نوترکیب نیز به صورت مستقل از فامتن اصلی سلول، نسخه‌های متعددی ساخته می‌شود که درنتیجه آن DNA خارجی به سرعت تکثیر می‌شود. بنابراین، تعداد زیادی باکتری دارای دنای خارجی آماده خواهد شد که می‌توان از آنها برای تولید فراورده یا استخراج ژن استفاده کرد.

**نکته:** امروزه با پیشرفت روش‌های مهندسی ژنتیک می‌توان سلول‌های دیگری مثل مخمرها، سلول‌های گیاهی و حتی جانوری را با این فرایند تغییر داد.

## فناوری مهندسی پروتئین و بافت ۲

روش‌های جدید امکان ایجاد تغییرات دلخواه در توالی آمینواسیدهای یک پروتئین را فراهم کرده است که می‌توان از آنها به منظور تغییر در ویژگی‌های یک پروتئین و بیبود عملکرد آن بهره‌مند شد.

**تعريف مهندسی پروتئین:** انجام تغییراتی در پروتئین‌ها به منظور تغییر در ویژگی و بیبود عملکرد پروتئین‌ها.

- |   |   |
|---|---|
| <p>۱- <b>تغییرات جزئی:</b> تغییر یک یا چند آمینواسید در پروتئین (در مقایسه با پروتئین طبیعی)</p> <p>۲- <b>تغییرات کلی یا عمده:</b> گسترده‌تر است و می‌تواند شامل برداشتن قسمتی از ژن یک پروتئین تا ترکیب بخشی‌ای از ژنهای مربوط به پروتئین‌های متفاوت باشد.</p> | <b>انواع تغییرات</b><br><b>پروتئین‌ها</b> |
|---|---|

**نکته:** تغییر در توالی آمینواسیدها باعث تغییر در شکل فضایی مولکول پروتئین و در نتیجه تغییر در عمل آن می‌شود.  
**هدف از ساخت پروتئین‌های تغییر یافته:** چنین پروتئینهای تغییر یافته‌ای با اهداف مختلف، مثلا درمانی و تحقیقاتی ساخته می‌شوند.

\* از تغییرات و اصلاحات مفید در فرایند مهندسی پروتئین‌ها می‌توان به افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرما و تغییر  $\text{pH}$ ، افزایش حداکثری سرعت واکنش و تمایل آنزیم برای اتصال به پیش‌ماده اشاره کرد.

### افزایش پایداری پروتئین‌ها

**اهمیت افزایش پایداری پروتئین‌ها در برابر گرما:**

- ۱- در دمای بالاتر سرعت واکنش بیشتر و خطر آسودگی میکروبی در محیط واکنش کمتر می‌شود.
- ۲- نیازی به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش‌های گرمایش نیست.

**\* مثال‌هایی از افزایش پایداری پروتئین‌ها:**

- |  |                     |
|--|---------------------|
| <p><b>نقش:</b> مولکول‌های نشاسته را به قطعات کوچکتری تجزیه می‌کنند.</p> <p><b>محل ترشح در انسان:</b> بزاق و بیش برون ریز لوزالمعده</p> <p><b>کاربرد در صنعت:</b> صنایع غذایی، نساجی و تولید شوینده‌ها</p> <p>علت نیاز به آمیلاز مقاوم به گرما: زیرا بسیاری از مراحل تولید صنعتی در دماهای بالا انجام می‌شود.</p> | <b>(۱) آمیلازها</b> |
|--|---------------------|
- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <p>۱- کاهش زمان واکنش</p> <p>۲- صرفه‌جویی اقتصادی</p> | <b>مزایای استفاده از آمیلاز</b> |
|---|---------------------------------|
- |  |                       |
|--|-----------------------|
| <p>* در نتیجه ۲ مورد فوق <math>\Leftarrow</math> بهره‌وری صنعتی افزایش می‌یابد</p> | <b> مقاوم به گرما</b> |
|--|-----------------------|

**نکته:** در طبیعت نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد. مثلاً باکتری‌های گرمادوست در چشم‌های آب گرم دارای آمیلاز‌هایی هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند.

**یادآوری:** اینترفرون‌ها نوعی از پروتئین‌های ایمنی هستند که در دفاع غیراخاصی نقش دارند. اینترفرون نوع ۱ از یاخته‌های آلوده به ویروس و اینترفرون نوع ۲ از سلول‌های کشنده طبیعی و لنفوسيت‌های T ترشح می‌شود.

- وقتی این پروتئین با روش **مهندسی ژنتیک** ساخته می‌شود، فعالیتی بسیار کمتر از اینترفرون طبیعی دارد
- علت این کاهش فعالیت  $\Leftarrow$  تشکیل پیوندهای نادرست در هنگام ساخته شدن آن در یاخته باکتری است.
- پیوندهای نادرست باعث تغییر در **شکل مولکول** و درنتیجه کاهش فعالیت آن می‌شوند.
- به کمک فرایند **مهندسي پروتئين**، توالی آمینواسیدهای اینترفرون را طوری تغییر می‌دهند که یکی از آمینواسیدهای آن، جایگزین آمینواسید دیگری می‌شود. این تغییر، فعالیت ضد ویروسی اینترفرون ساخته شده را به اندازهٔ پروتئین طبیعی افزایش می‌دهد و همچنین آن را پایدارتر می‌کند.
- افزایش پایداری در نگهداری طولانی‌مدت پروتئین‌هایی که به عنوان دارو استفاده می‌شوند، اهمیت زیادی دارد.

## ۲) اینترفرون

تشکیل لخته، یک فرایند زیستی مهم است که از ادامه خونریزی جلوگیری می‌کند، اما تشکیل لخته در سرخرگهای شش، مغز و ماهیچه قلب به ترتیب منجر به بسته شدن رگهای شش، سکته مغزی و قلبی می‌شود که بسیار خطرناک است و می‌تواند باعث مرگ شود.

**نقش پلاسمین:** آنزیمی است که در بدن به طور طبیعی لخته‌ها را تجزیه می‌کند.

پلاسمین کاربرد درمانی دارد، اما مدت اثر آن در پلاسما خیلی کوتاه است.

جانشینی یک آمینواسید پلاسمین با آمینواسید دیگری در توالی، باعث می‌شود که مدت زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن بیشتر شود.

## ۳- پلاسمین

## مهندسی بافت

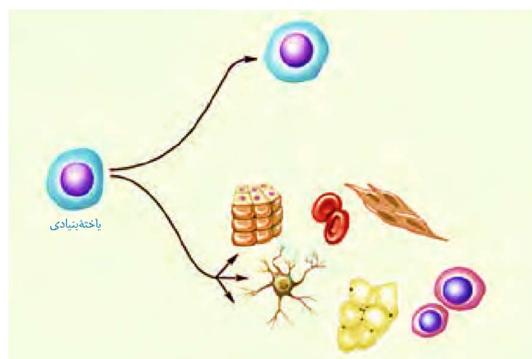
از دست رفتن بافت به دلیل آسیب یا بیماری، زندگی را دشوار و هزینه بالای اقتصادی و اجتماعی را بر فرد بیمار و خانواده او تحمیل می کند.

### مثالهای از مهندسی بافت:

- **کشت بافت و پیوند پوست**  $\Leftarrow$  ثابت شده است که در پوست سلولهای وجود دارد که توانایی تکثیر زیاد و تمایز به انواع سلولهای پوست را دارند.
- **تولید و پیوند اعضا**  $\Leftarrow$  جراحان بازسازی کننده چهره می توانند به کمک روش های مهندسی از بافت غضروف برای بازسازی لاله گوش و بینی استفاده کنند.

**نکته:** در این روش، سلولهای عضروفی را در محیط کشت روی داربست مناسب تکثیر و غضروف جدید را برای بازسازی اندام آسیب دیده تولید می کنند.

- **استفاده از سلولهای بنیادی برای تولید بافت یا اندام های مختلف:** سلولهای تمایز یافته ای مانند سلولهای ماهیچه ای در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می شوند و یا اصلا تکثیر نمی شوند. به همین دلیل، در چنین مواردی از منابع سلول ای که سریع تکثیر می شوند مثل سلولهای بنیادی جنبی یا سلولهای بنیادی بالغ استفاده می کنند.



## سلولهای بنیادی

**ویژگی مهم:** سلولهای بنیادی می توانند تکثیر و به انواع متفاوت سلول تبدیل شوند.

### انواع سلولهای بنیادی:

- **سلولهای بنیادی کبد:** می توانند تکثیر شوند و به سلول کبدی یا سلول مجرای صفراء تمایز پیدا کنند.
- **سلولهای بنیادی مغز استخوان**
  - (الف) سلولهای بنیادی میلوبیوئیدی  $\Leftarrow$  می توانند به گلbulوهای قرمز، مگاکاربیوسیت (منشاء پلاکت ها)، گلbulوهای سفید دانه دار و مونوکوپیت ها تبدیل شوند.
  - (ب) سلولهای بنیادی لنفوئیدی: منشاء لنفوکوپیت ها هستند.
- **سلولهای بنیادی بالغ**
  - (ج) سلولهای بنیادی دیگر: انواع دیگری از باخته های بنیادی در مغز استخوان وجود دارند که می توانند به رگهای خونی، ماهیچه اسکلتی و قلبی تمایز پیدا کنند.

همان یاخته‌های تودهٔ داخلی بلاستولا هستند.

**ویژگی منحصر به فرد:** چنین یاخته‌هایی نه تنها قادر به تشکیل همه بافت‌های بدن جنین هستند،

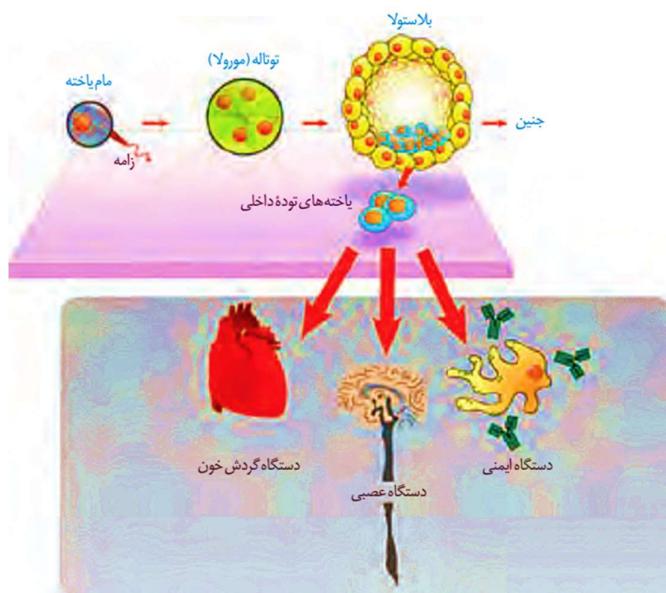
بلکه اگر در مراحل اولیه جنبینی جداسازی شوند، می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند.

\* اما تمایز چنین یاخته‌هایی هنوز نمی‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که بتوانند همه انواع یاخته‌هایی

را که در بدن جنین تولید می‌کنند در شرایط آزمایشگاهی نیز به وجود بیاورند.

## ۲- سلول‌های بنیادی

جنینی



شکل ۱۰- (الف) یاخته‌های بنیادی مورولا به همه انواع یاخته‌های جنبینی و خارج جنبینی (جفت و پرده‌ها) متمايز می‌شوند.  
-(ب) یاخته‌های بنیادی توده یاخته‌ای داخلی بلاستولا به انواع یاخته‌های بدن جنین متمايز می‌شوند.

## کاربردهای زیست فناوری

گفتار ۳

### الف) کاربردهای زیست فناوری در کشاورزی

- |  |                                    |                                |
|--|------------------------------------|--------------------------------|
|  | ۱- استفاده از کودها و سموم شیمیایی | تحولات ایجاد شده<br>در کشاورزی |
|  | ۲- کشت انواع محصول                 |                                |
|  | ۳- استفاده از ماشینها در کشاورزی   |                                |
|  | ۴- افزایش سطح زیر کشت              |                                |
- مزایای این تحولات:** افزایش چشمگیر در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت
- معایب این تحولات:** آلودگی محیط زیست، کاهش تنوع ژنی و تخریب جنگلها و مراتع

- \* امروزه نمی‌توان برای افزایش محصولات به هر روشی متولّس شد. بنابراین، شاید فناوریهای جدید زیستی بتوانند تا حدودی مشکلات بشر را در این زمینه حل کنند.

#### انواع کاربردهای زیست فناوری در کشاورزی:

- ۱- تولید گیاهان مقاوم در برابر آفت‌ها
- ۲- اصلاح بذر برای تولید گیاهان مطلوب
- ۳- تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری
- ۴- تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها
- ۵- افزایش ارزش غذایی محصولات
- ۶- تولید گیاهان مقاوم به علف‌کشها

### تولید گیاهان مقاوم در برابر آفت‌ها

- مزیت تولید گیاهان مقاوم به آفت‌ها** = کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و در نتیجه حفاظت از محیط زیست
- \* استفاده زیاد سم برای محیط‌زیست مضر است.

#### مثالی از نحوه ایجاد گیاه مقاوم در برابر آفت‌ها:

برخی از باکتریهای خاکزی، پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که حشرات مضر برای گیاهان زراعی را می‌کشنند. این باکتریها در مرحله‌ای از رشد خود نوعی پروتئین سمی می‌سازند که ابتدا به صورت مولکولی غیرفعال است. این مولکول در بدن حشره فعال شده، حشره را از بین می‌برد.

**نحوه عملکرد سم در داخل بدن حشره:** پیش‌سم غیرفعال، تحت تأثیر آنزیم‌های گواراشی موجود در لوله گواراش حشره شکسته و فعال می‌شود. سم فعال شده باعث تخریب باخته‌های لوله گواراش و سرانجام مرگ حشره می‌شود.

**نکته ۱:** چون این پرتوئین به صورت غیرفعال ترشح می‌شود، نمی‌تواند بر روی خود باکتری‌ها تاثیر بگذارد.

**نکته ۲:** چون جنس این سم، پرتوئینی می‌باشد، پس پرتوئین‌های لوله گوارش پرندگان بر روی آن اثر می‌گذارند.

### نحوه تولید گیاه مقاوم به آفت:

- ۱- جداسازی ژن مربوط به تولید سم از باکتری
- ۲- همسانه سازی ژن
- ۳- انتقال ژن تولید سم به گیاه مورد نظر

مثال: تاکنون با این روش چند نوع گیاه مقاوم مثل ذرت، پنبه و سویا تولید شده‌اند.

### نکات آفت گیاه پنبه:

- ۱- این آفت، نوزاد یا لارو حشره بوده که به شکل کرم می‌باشد.
- ۲- این کرم، به درون **غوزه ناریں** پنبه نفوذ کرده و موجب آلوده شدن گیاه می‌شود.
- ۳- برای از بین بردن این حشره به روش سنتی، نیاز به سم‌پاشی‌های متعدد می‌باشد زیرا آفت در معرض سم قرار نمی‌گیرد.
- ۴- امروزه با کمک فناوری زیستی و تولید پنبه‌های مقاوم، نیاز به سم‌پاشی مزارع پنبه تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده است. حشره در اثر خوردن گیاه مقاوم شده از بین می‌رود و فرصت ورود به درون غوزه را از دست می‌دهد. بنابراین، نیاز به سم‌پاشی مزرعه کاهش می‌یابد.

### مزایای تولید گیاهان مقاوم به علف‌کشها:

- ۱- کشت چنین گیاهانی باعث می‌شود که علفهای هرز با استفاده از علف‌کشهایی که راحت در طبیعت تجزیه می‌شوند، بدون آسیب به گیاه اصلی از بین برود.
- ۲- همچنین به علت عدم شخم زدن زمین، خاک‌های سطحی نیز کمتر دست‌خوش فرسایش می‌شوند.

## ب) کاربرد زیستفناوری در پزشکی

### ۱- تولید دارو

فناوری DNA نوترکیب به علت تولید داروهای مطمئن و مؤثر، جایگاه ویژه‌ای در صنعت داروسازی دارد. مزیت داروهای تولید شده به روش زیستفناوری: این داروها، برخلاف فراوردهای مشابهی که از منابع غیرانسانی تهیه می‌شوند، پاسخ‌های ایمنی ایجاد نمی‌کنند.

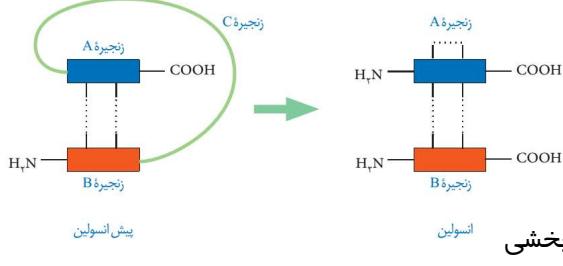
مثال: تولید انسولین به روش مهندسی ژنتیک

**نکته:** بعضی از انواع دیابت (دیابت شیرین نوع ۱) را می‌توان بوسیله دریافت انسولین کنترل کرد (دیابت نوع ا نوعی بیماری خود ایمنی هستش و درمان نداره !!!).

} انواع روش‌های تولید  
انسولین

۱- جداسازی و خالص کردن انسولین از لوزالمعده جانورانی مثل گاو  $\leftarrow$  عیب این روش:  
 ۲- استفاده از مهندسی ژنتیک  $\leftarrow$  انتقال ژن انسولین از انسان به باکتری و تولید این هورمون  
توسط باکتری

### تفاوت انسولین تولید شده در انسان و باکتری:



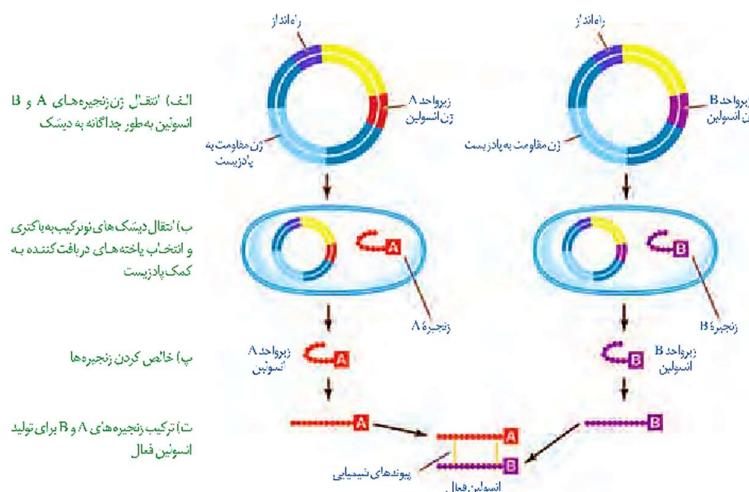
﴿ مولکول انسولین فعال، از دو زنجیره کوتاه پلیپپتیدی به نام‌های A و B تشکیل شده است که به یکدیگر متصل هستند. در پستانداران از جمله انسان انسولین به صورت یک مولکول پیش‌هormون ساخته می‌شود. ﴾

﴿ پیش‌هormون به صورت یک زنجیره پلیپپتیدی است و با جدا شدن بخشی از توالي به نام زنجیره C به هormون فعال تبدیل می‌شود. ﴾

﴿ مهمترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک، تبدیل انسولین غیرفعال به انسولین فعال است، زیرا تبدیل پیش‌هormون به هormون در باکتری انجام نمی‌شود. ﴾

### نحوه تولید انسولین به روش مهندسی ژنتیک:

- دو توالی DNA به صورت جدآگانه برای رمز کردن زنجیره‌های A و B انسولین تولید و هر کدام به یک دیسک منتقل می‌شوند.
- دیسک‌ها به نوعی باکتری منتقل می‌شوند.
- زنجیره‌های پلیپپتیدی ساخته شده توسط باکتری‌ها جمع‌آوری و در آزمایشگاه به وسیله پیوندهایی به یکدیگر متصل می‌شوند.



## ۲- تولید واکسن:

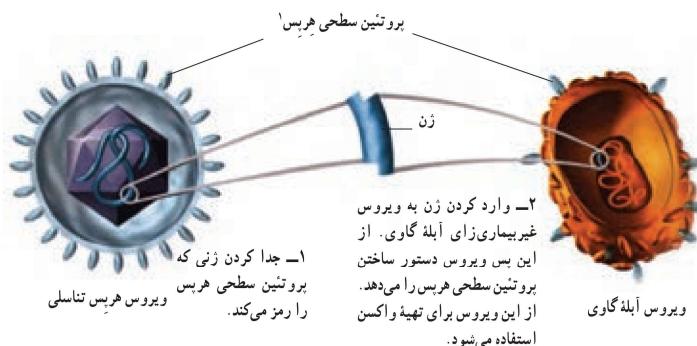
روشهای قبلى تولید واکسن شامل ضعیف کردن میکروبها، کشتن آنها و یا غیرفعال کردن سوم خالص شده آنها با روشهایی خاص بود.

واکسن تولید شده باید بتواند دستگاه ایمنی را برای مقابله با عامل بیماریزا تحریک کند، اما منجر به ایجاد بیماری نشود.  
**ایراد روش های قدیمی تولید واکسن** چنانچه در مراحل تولید واکسن خطای رخ دهد، احتمال بروز بیماری در اثر مصرف آن وجود دارد؛ در حالیکه واکسن های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک چنین خطری ندارند.

**نحوه تولید واکسن به روش مهندسی ژنتیک:** در این روش، ژن مربوط به پادگن (آنتی ژن) سطحی عامل بیماریزا به یک باکتری یا ویروس غیربیماریزا منتقل می شود.

مثال: واکسن ضد هپاتیت B

نکته: عامل غیربیماریزا که ژن مربوط به آنتی ژن یک عامل بیماریزا را دریافت کرده است، هم آنتی ژن های سطحی خودش را می سازد و هم آنتی ژن های سطحی عامل بیماریزا را می سازد.



شکل ۵- ساختن یک واکسن با روش های مهندسی ژنتیک

**۳- ژن درمانی:**

یکی از روش‌های جدید درمان بیماری‌های ژنتیکی، ژن درمانی است که خود مجموعه‌ای از روش‌های است.

**تعریف:** ژن درمانی یعنی قرار دادن نسخه سالم یک ژن در یاخته‌های فردی که دارای نسخه ای ناقص از همان ژن است.

**روش ژن درمانی:** در این روش یاخته‌هایی را از بدن بیمار خارج و ژن سالم را با کمک ناقل وارد آنها می‌کنند. سپس یاخته تغییریافته را به بدن بیمار باز می‌گردانند.

**نکته:** یاخته تغییر یافته باید قابلیت تکثیر را داشته باشد.

**مثال:**

﴿ اولین ژن درمانی موفقیت‌آمیز در سال ۱۹۹۰ برای یک دختر بچه ۴ ساله، دارای نوعی نقص ژنی، انجام شد. این ژن چیز یافته نمی‌توانست یک آنزیم مهم دستگاه ایمنی را بسازد.﴾

**﴿ برای درمان آن:**

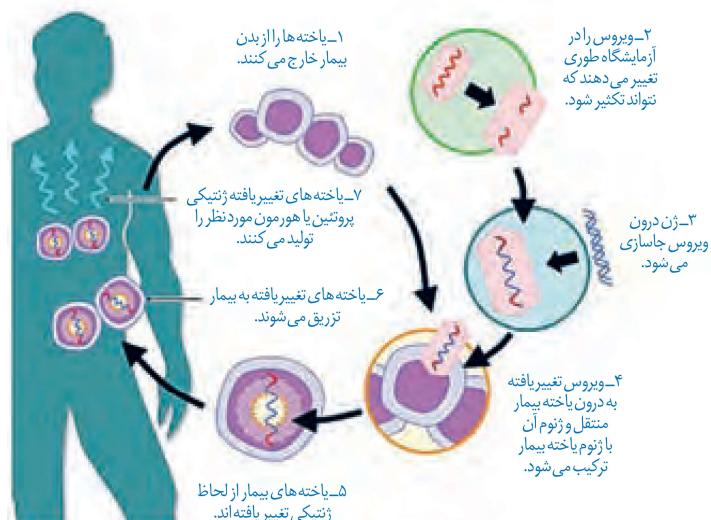
۱- ابتدا لنفوцит‌ها را از خون بیمار جدا کرده و در خارج از بدن کشت دادند.

۲- سپس نسخه ای از ژن کارآمد را توسط **نوعی ویروس** به لنفوцит‌ها منتقل و آنها را وارد بدن بیمار کردند.

﴿ اگرچه این یاخته‌ها توانستند آنزیم مورد نیاز بدن را بسازند ولی چون قدرت بقای زیادی ندارند، لازم بود بیمار به طور متناوب لنفوцит‌های مهندسی شده را دریافت کند.

**نکته ۱:** ویروسی که در اینجا به عنوان ناقل ژن به کار می‌رود، باید قبل از دریافت ژن سالم، ابتدا توانایی تکثیر خود را از دست بدهد.

**نکته ۲:** برای درمان این افراد می‌توان از روش‌هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد.

**۴- تشخیص بیماری:**

❖ برای درمان موفقیت‌آمیز یک بیماری، **تشخیص اولیه و شناخت دقیق آن** بسیار مهم است.

❖ علاوه بر روش‌های تشخیصی مثل آزمایش خون و ادرار، روش‌های دیگری مثل فناوری‌های مبتنی بر DNA در تشخیص بیماری نقش مهمی دارند.

- ❖ تشخیص بیماری وقتی که علائم آن در بدن ظاهر شده باشد ساده است، اما وقتی که هنوز علائم ظاهر نشده‌اند و میزان عامل بیماری‌زا در بدن پایین است مشکل است.
- ❖ امروزه با کمک روش‌های زیست فناوری و شناسایی نوکلئیک اسید عامل بیماری‌زا می‌توان به وجود آن در بدن پی‌برد.

مثال: تشخیص بیماری ایدز

#### نکات :

۱. ایدز بیماری خطرناکی است و هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد.
۲. فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری‌زا را از دست می‌دهد.
۳. برای تشخیص ایدز در مراحل اولیه، DNA موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می‌کنند، DNA استخراج شده شامل DNA یاخته‌های بدن خود فرد و احتمالاً DNA ویروس است. سپس با استفاده از روش‌های زیست فناوری DNA ویروس تشخیص داده می‌شود.
۴. تشخیص زود هنگام آلوودگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد زیرا باعث می‌شود که بدون اتفاق وقت اقدامات درمانی و پیشگیری لازم برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد صورت گیرد.

**نکته:** روش زیست فناوری در تشخیص ژنهای جهش یافته در بیماران مستعد به سرطان، در مسائل پزشکی قانونی و تحقیقاتی همچون مطالعه در مورد دنای فسیل‌ها نیز کاربرد دارد.

#### اهمیت تولید جانوران تراژنی در زیست فناوری:

دلایل متعددی برای طراحی و تولید این جانوران وجود دارد که می‌توان به چندمورد اشاره کرد:

- مطالعه عملکرد ژنهای خاص در بدن مثل ژنهای عوامل رشد و نقش آنها در رشد پیتردامها
- کاربرد آنها به عنوان مدلی برای مطالعه بیماری‌های انسانی از قبیل انواع سرطان، آلزایمر و بیماری ام‌اس
- تولید پروتئینهای انسانی یا داروهای خاص در بدن آنها، به عنوان مثال گاووهای تراژنی می‌توانند شیر غنی از نوعی پروتئین انسانی تولید کنند که برای انسان نسبت به شیر طبیعی گاو مناسب‌تر است.

#### زیست فناوری و اخلاق:

مانند همه دستاوردهای بشر، استفاده از این دستاوردهای علمی نیز باید با ملاحظاتی همراه باشد. این ملاحظات جنبه‌های مختلف اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی را دربر می‌گیرند.

ایمنی زیستی شامل مجموعه‌ای از تدبیر، مقررات و روش‌هایی برای تضمین بهره‌برداری از این فنون است. قانون ایمنی زیستی به منظور استفاده مناسب از مزایای زیست فناوری و پیشگیری از خطرات احتمالی آن، در همه کشورها از جمله ایران تدوین و به تصویب رسیده است.

تاکنون از نتایج تحقیقات انجام شده هیچگونه گزارشی مبنی بر شواهد و داده‌های علمی در مورد آثار جانبی کاربرد این فناوری، محصولات به دست آمده و خطرناک بودن آن‌ها ارائه نشده است.



و از گروهی سارها

## فصل ۸

# رفتارهای جانوران

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

 @Zistnovin

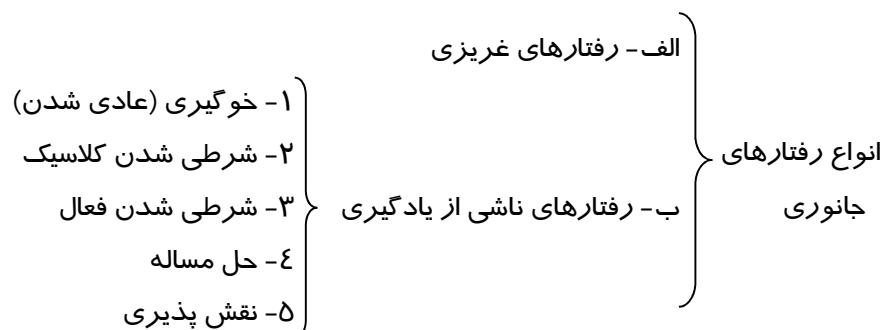
 Soroushsafaa

 دکتر\_سروش\_صفا/[www.aparat.com/u\\_5804580](http://www.aparat.com/u_5804580)

## گفتار ۱ اساس رفتار

**تعریف رفتار:** رفتار، واکنش یا مجموعه واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌ها انجام می‌دهد.

**انواع محرک‌ها:** محرک‌هایی مانند بو، رنگ، صدا، تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز موجب بروز رفتارهای گوناگون در جانوران می‌شوند.



### الف- رفتارهای غریزی

**مثال ۱:** جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زنند و والد بخشی از غذای خورده شده را بر می‌گرداند تا جوجه آن را بخورد.

#### نکات:

- ۱- جوجه پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند به منقار والد نوک بزنند یعنی می‌تواند رفتار درخواست غذا را انجام دهد.
- ۲- دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمیت دارد.
- ۳- جوجه‌های درخی از پرندگان برای غذای مورد نیازشان به والد (یا والدین) خود متکی هستند.

**مثال ۲:** موش‌های ماده به طور طبیعی اجازه نمی‌دهند بچه‌هایشان از آنها دور شود. اگر بچه موش‌ها دور شوند، مادر آنها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد.

**علت رفتار مراقبتی موش‌های ماده**  $\Leftarrow$  فعال شدن ژن B در موش‌ها.

نحوه فعال شدن ژن B  $\Leftarrow$  موش مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کند و اطلاعاتی از راه حواس به مغز آن ارسال می‌شود  $\rightarrow$  درنتیجه ژن B در یاخته‌هایی در مغز موش مادر فعال می‌شود و دستور ساخت پروتئینی را می‌دهد که آنزیمهای و ژنهای دیگری را فعال می‌کند  $\rightarrow$  در مغز جانور فرایندهای پیچیده‌ای به راه می‌افتد که در نتیجه آنها، موش ماده رفتار مراقبت مادری را نشان می‌دهد.

**سوال: چگونه مشخص گردید که رفتار مراقبتی موش‌های ماده، اساس ژنی دارد؟**

**پاسخ:** پژوهشگران با ایجاد جهش در ژن B آن را غیر فعال کردند. موش‌های ماده‌ای که ژن‌های جهش یافته داشتند، ابتدا بچه موش‌های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آنها را نادیده گرفتند و رفتار مراقبت نشان ندادند. به این ترتیب، مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش اساس ژنی دارد.

### جمع‌بندی رفتار غریزی

- ☞ اساس رفتار غریزی در همه افراد یک گونه یکسان است ⇒ زیرا ژنی و ارثی است.
- ☞ همه رفتارهای غریزی به طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد نشده‌اند.
- ☞ رفتار جوچ کاکایی برای به دست آوردن غذا، لانه‌سازی پرنده‌ها و رفتار مکیدن در شیرخواران نمونه‌های دیگری از رفتارهای غریزی‌اند.

### یادگیری و رفتار

جانوران در محیط تجربه‌های گوناگونی پیدا می‌کنند که رفتارهای آنها را تغییر می‌دهد.

**تعریف یادگیری:** تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر تجربه به وجود می‌آید یادگیری نام دارد.

پس ☞ عامل تغییر رفتارهای غریزی جانوران ← تجربه‌های گوناگونی است که جانوران در محیط کسب می‌کنند.

### مثالی برای تغییر رفتار غریزی:

در رفتار درخواست غذا، نوک زدن‌های جوچ کاکایی به منقار والد در ابتدا دقیق نیست ولی به تدریج و با تمرین، این رفتار دقیق‌تر می‌شود. هرچه جوچ دقیق‌تر نوک بزنند، والد سریع‌تر به درخواست آن برای غذا پاسخ می‌دهد. به این ترتیب جوچ می‌آموزد تا دقیق‌تر نوک بزنند.

\* بنابراین، جوچ کاکایی تجربه به دست می‌آورد و رفتار‌غریزی آن تغییر می‌کند و اصلاح می‌شود.

**نکته:** نوک زدن جوچ یک روزه پراکنده است. اما نوک زدن جوچ دو روزه متراکم است.

### انواع یادگیری

#### ۱- خوگیری (عادی شدن):

در این یادگیری، پاسخ جانور به یک حرکت تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدا می‌کند و جانور می‌آموزد به برخی حرکت‌ها پاسخ ندهد.

**مزیت خوگیری:** جانوران در معرض حرکت‌های متعددی قرار دارند که پاسخ به همه آنها، نیازمند صرف انرژی زیادی است. خوگیری موجب می‌شود جانور با چشم پوشی از حرکت‌های بی اهمیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت‌های حیاتی حفظ کند.

**مثال ۱ خوگیری:** جوجه پرنده‌گان اجسام گوناگونی مانند برگ‌های در حال افتادن را در بالای سر خود می‌بینند. در ابتدا جوجه‌ها با پایین آوردن سر خود و آرام ماندن به این حرکت‌ها پاسخ می‌دهند، اما با دیدن مکرر اجسام در حال حرکت، یاد می‌گیرند آن‌ها برایشان خطر یا فایده‌ای ندارند. در نتیجه، جوجه‌ها دیگر به این حرکت‌ها پاسخ نمی‌دهند.

**مثال ۲ خوگیری:** کلاغ‌ها ابتدا از قوطی‌های فلزی آویزان شده به مترسک می‌ترسند، اما پس از مدتی وقتی می‌بینند که این قوطی‌ها خطر و فایده‌ای برایشان ندارند، دیگر از این حرکت‌ها نمی‌ترسند.

## ۲- شرطی شدن کلاسیک:

در این نوع یادگیری هرگاه یک **محرك بی اثر** (مثلاً صدای زنگ) به همراه یک **محرك طبیعی** (مثلاً غذا) به جانور عرضه شود، پس از مدتی **محرك بی اثر** به تنهایی سبب بروز پاسخ (مثلاً ترشح بزاق) در جانور می‌شود. به این **محرك جدید**، **محرك شرطی** می‌گویند.

**مثال:** وقتی جانوری مانند سگ غذا می‌بیند و یا بوی آن را احساس می‌کند، بزاق او ترشح می‌شود. **غذا محرك و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است.**

☞ دانشمندی به نام پاولوف آزمایش‌های متعددی در این باره انجام داد. او متوجه شد بزاق سگ، با دیدن فرد غذادهنده و قبل از دریافت غذا نیز ترشح می‌شود.

☞ پاولوف آزمایشی طراحی کرد و در آن همزمان با دادن پودر گوشت به سگ گرسنه، زنگی را به صدا درآورد. با تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقرار کرد، طوریکه بزاق آن با شنیدن صدای زنگ و حتی بدون دریافت غذا نیز ترشح می‌شد. صدای زنگ در ابتدا یک **محرك بی اثر** بود ولی وقتی با **محرك طبیعی** یعنی غذا همراه شد، سبب بروز پاسخ ترشح بزاق شد.

## ۳- شرطی شدن فعال (یادگیری با آزمون و خطأ):

در شرطی شدن فعال، جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیه که دریافت می‌کند، ارتباط برقرار کرده و در آینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری می‌کند.

## مثال ۱ از شرطی شدن فعال:

در نخستین آزمایش‌های مربوط به این نوع یادگیری، دانشمندی به نام اسکینر موش گرسنه‌ای را در جعبه‌ای قرار داد که درون آن اهرمی وجود داشت و موش می‌توانست آن را فشار دهد. موش درون جعبه حرکت می‌کرد و به طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می‌داد. در نتیجه، تکه‌ای غذا به درون جعبه می‌افتد و موش غذا دریافت می‌کرد. پس از چندبار تکرار این رفتار، موش به ارتباط بین فشار دادن اهرم و پاداش یعنی به دست آوردن غذا پی برد. موش پس از بهطور عمده، اهرم را فشار می‌داد تا غذا به دست آورد.

**مثال ۲ از شرطی شدن فعال:** پرنده‌ای پروانه مونارک را می‌خورد و دچار حالت تهوع می‌شود. پس از چنین تجربه‌هایی پرنده می‌آموزد، این حشره را نباید بخورد. این تجربه که بر اثر آزمون و خطأ به دست می‌آید، شرطی شدن فعال نام دارد.

**۴- حل مسائله:**

در رفتار حل مسئله، جانور بین تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آنها برای حل مسئله جدید، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.

برخی از جانوران میتوانند از تجربه‌های قبلی خود برای حل مسئله ای که با آن روبرو شده‌اند، استفاده کنند.

**مثال ۱:** در یکی از آزمایش‌های مربوط به این رفتار، شامپانزه‌ای را در اتاقی گذاشتند که تعدادی موز از سقف آن آویزان بود و چند جعبهٔ چوبی هم در اتاق وجود داشت. شامپانزه پس از چند بار بالا پریدن و تلاش ناموفق برای رسیدن به مووزها، جعبه‌ها را روی هم قرار داد، از آنها بالا رفت و به مووزها دست یافت.

**مثال ۲:** شامپانزه‌ها برگهای شاخهٔ نازک درختان را جدا می‌کنند و آن را درون لانهٔ موریانه‌ها فرو می‌برند تا موریانه‌ها را بیرون بیاورند و بخورند.

**مثال ۳:** شامپانزه‌ها از تکه‌های چوب یا سنگ به شکل سندان و چکش استفاده می‌کنند تا پوستهٔ سخت میوه‌ها را بشکند.

**مثال ۴:** کلاح با جمع کردن نخ تکه گوشت را بالا می‌کشد.

**۵- نقش پذیری:**

نقش پذیری نوعی یادگیری است که در دورهٔ مشخصی از زندگی جانور انجام می‌شود.

**مثال:** جوجه غازها پس از بیرون آمدن از تخم، نخستین جسم متحرکی را که می‌بینند، دنبال می‌کنند. جسم متحرک **ممولا** مادر آنهاست. این دنبال کردن موجب پیوند جوجه‌ها با مادر می‌شود. پیوند جوجه غازها و مادرشان در نتیجهٔ نوعی یادگیری به نام **نقش پذیری ایجاد می‌شود**.

**نکات:**

۱- نقش پذیری جوجه‌غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می‌دهد. این زمان، دورهٔ حساسی است که در آن نقش پذیری با بیشترین موفقیت انجام می‌شود.

**۲- مزیت نقش پذیری برای جوجه غازها:**

الف) جوجه غازها با نقش پذیری مادر خود را می‌شناسند. این شناسایی برای بقای جوجه‌ها حیاتی است، بدون آن جوجه‌ها تحت مراقبت مادر قرار نمی‌گیرند و ممکن است بمیرند.

ب) جوجه‌ها با نقش پذیری، رفتارهای اساسی مانند جست‌وجوی غذا را نیز از مادر یاد می‌گیرند.

۳- نقش پذیری در پستانداران نیز دیده می‌شود، مثلاً برخه‌هایی که مادر خود را از دست داده‌اند و انسان آنها را پرورش داده است، دنبال او راه می‌افتدند و تمایلی برای ارتباط با گوسفندهای دیگر نشان نمی‌دهند.

۴- امروزه پژوهشگران می‌کوشند از نقش پذیری در **حفظ گونه‌های جانوران** در خطر انقراض استفاده کنند. مثلاً آنها برای پرورش جوجه پرنده‌هایی که والدین خود را از دست داده و تحت مراقبت انسان به دنیا آمده‌اند، صدای پرنده‌گان همان گونه را پخش می‌کنند. افرادی که از این جوجه‌ها نگهداری می‌کنند، ظاهر خود را شبیه آن پرندۀ کرده و مانند آنها رفتار می‌کنند.

### برهم‌کنش غریزه و یادگیری

- ☞ بیشتر رفتارهای جانوران محصول برهم کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند. همانطور که در رفتار درخواست غذای جوجه کاکایی دیدیم، این رفتار غریزی به‌طور کامل در جوجه‌ای که از تخم پیرون می‌آید، بروز پیدا نمی‌کند. برای شکل‌گیری کامل آن، برهم کنش جوجه و والدین و کسب تجربه لازم است.
- ☞ جانور اساس ژنی لازم برای انجام این رفتار را دارد و همچنان که رشد می‌کند از آموخته‌های خود از محیط تجربه به‌دست می‌آورد و آنها را برای تغییر و اصلاح رفتار قبلی به کار می‌برد.
- ☞ یادگیری برای بقای جانوران لازم است، زیرا محیط جانوران همواره در حال تغییر است. برای آنکه جانوران بتوانند در این شرایط در حال تغییر زندگی کنند، باید بتوانند به تغییرات پاسخ‌های مناسبی بدهند. به این ترتیب، برهم‌کنش ژن‌ها و یادگیری امکان سازگار شدن جانور با این تغییرات را فراهم می‌آورد.

## گفتار ۲ انتخاب طبیعی و رفتار

انواع پرسش‌ها در بررسی یک رفتار:

**۱- جانور چگونه رفتاری را انجام می‌دهد؟**

پاسخ: برای پاسخ به این پرسش پژوهشگران فرایندهای ژئی، رشد و نمو و عملکرد بدن جانور را بررسی می‌کنند.

**۲- چرا جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟**

پاسخ: به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است ← رفتارهای سازگارکننده با سازوکار انتخاب طبیعی، برگزیده می‌شوند. یعنی جانوران رفتارهایی را انتخاب می‌کنند که بقای آنها را افزایش می‌دهند.

**مثالی از رفتارهای افزایش دهنده بقاء جاندار:**

پرنده کاکایی پس از آنکه جوجه هایش از تخم بیرون می‌آید، پوسته های تخم را از لانه خارج می‌کند. جوجه ها و تخم های کاکایی در میان علف های اطراف آشیانه به خوبی استوار می‌شوند.

**علت این رفتار:** رنگ سفید داخل پوسته تخم های شکسته بسیار مشخص است و موجب جلب توجه شکارچیانی مثل کلاغ ها به سمت آشیانه کاکایی و آسیب به فرزندان می‌شود. بنابراین کاکایی ها رفتار دور اندادختن پوسته تخم های شکسته از لانه را برای کاهش احتمال شکار شدن و افزایش احتمال بقای جوجه ها انجام می‌دهند.

**نکات:**

- ۱- کاکایی ها زمان بسیار کوتاهی را برای بیرون بردن پوسته تخم ها صرف می‌کنند اما این رفتار در بقای زاده های آنها نقشی حیاتی دارد.
- ۲- این رفتار کاکایی ها سازگارکننده است زیرا احتمال دسترسی شکارچی به زاده ها کاهش و احتمال بقای آنها را افزایش می‌دهد و به سود پرنده و زاده های آن است.
- ۳- در رفتارشناسی با دیدگاه انتخاب طبیعی، پژوهشگران برای پاسخ به پرسش چرا این رفتارها و اثر انتخاب طبیعی در شکل دادن به آنها پژوهش می‌کنند.

**انواع رفتارهای مرتبط با بقای نسل در جانوران:**

- ۱- زادآوری (تولیدمثل)
- ۲- غذایابی
- ۳- قلمروخواهی
- ۴- مهاجرت
- ۵- خواب زمستانی و رکود تابستانی

## زادآوری (تولید مثل)

- ❖ داشتن بیشترین تعداد زاده های سالم، معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است.
- ❖ جانوران برای دستیابی به موفقیت در زادآوری (تولید مثل)، رفتارهای زادآوری انجام می دهند.
- ❖ ۲ رفتار تولیدمثلی مهم: الف- انتخاب جفت      ب- نظام جفتگیری

### الف) رفتار انتخاب جفت:

در رفتار انتخاب جفت، جانور ابتدا ویژگی های جفت را بررسی می کند و بعد تصمیم می گیرد با آن جفت گیری کند یا نه.

#### مثال ۱: جفتگیری در طاووس ها

- ❖ ویژگی های ظاهری طاووس های نر و ماده متفاوت است .
- ❖ انتخاب جفت در طاووس ها با جانور ماده است.
- ❖ جفت: روش انتخادر فصل زادآوری دم طاووس نر، پرهای پرنقش و نگاری پیدا می کند. طاووس نر برای جلب جفت، دم خود را مانند بادبزن می گستراند تا بهتر در معرض دید جانور ماده قرار گیرد. طاووس ماده دم طاووس های نر را بررسی می کند و نری را به عنوان جفت انتخاب می کند که رنگ درخشان و لکه های چشم مانند بیشتری روی پرهای دم خود داشته باشد.
- ❖ درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی هایی است که نشانه سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن است. جفت گیری با نری که این نشانه را دارد، سلامت جانور ماده و زاده هایش را تضمین می کند.
- ❖ ویژگی های ظاهری جانور نر نشانه ای از داشتن ژن های مربوط به صفات سازگارکننده نیز هستند؛ یعنی گرچه دم بلند و زینتی طاووس نر ممکن است حرکت جانور را دشوار و آن را در مقابل شکارچی ها آسیب پذیرتر کند و احتمال بقای آن را کاهش دهد، اما بقای جانوری با این ویژگی ظاهری، ژن های صفات سازگارتر بودن آن را نشان می دهد. در نتیجه در صورت انتخاب آن، زاده ها علاوه بر ویژگی ظاهری، ژن های صفات سازگارتر را نیز به ارث می برند.
- ❖ ویژگی های ظاهری مانند دم زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر از صفات ثانویه<sup>\*</sup> جنسی جانوران نر هستند که هنگام جفت یابی و رقابت با نرها دیگر به کار می روند.

\* صفات ثانویه توسط هورمون تستوسترون و پس از بلوغ بوجود می آیند.

**نکته:** در جانوران، ماده ها بیشتر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می دهند. **زیرا:** در جانوران هر یک از والدین باید انرژی و مدت زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده ها صرف کنند. جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیشتری صرف می کنند. برای مثال نگهداری از تخم ها و جوجه ها در پرندگان و بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران فعالیت های پرهزینه ای هستند که جانوران ماده آنها را انجام می دهند. بنابراین، **تولیدمثل برای ماده ها هزینه بیشتری دارد**. پس جانوران ماده باید جفت انتخاب کنند تا **موفقیت تولیدمثلی آنها تضمین شود**.

**مثال ۲- رفتار جفت‌یابی در جیرجیرک‌ها:**

- ☞ در نوعی جیرجیرک، جانور نر هزینه بیشتری در تولید مثل می‌پردازد و بنابراین جفت را انتخاب می‌کند.
- ☞ جیرجیرک نر زامه‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند. این کیسه بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد.
- ☞ جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشد و نمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نر نیاز دارد.

**نحوه انتخاب جفت:** جانور نر، جیرجیرک ماده‌ای را انتخاب می‌کند که بزرگتر باشد، زیرا بزرگتر بودن جیرجیرک ماده نشانه آن است که تخمک‌های بیشتری دارد و می‌تواند زاده‌های بیشتری تولید کند. در این جانوران جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.

**نکات:**

- ۱- جیرجیرک جزو حشرات است.
- ۲- اندام شناوی جیرجیرک در زانوی پاهای جلویی است که شامل یک پردهٔ صماخ و تعدادی گیرندهٔ مکانیکی شناوی می‌باشد.

**ب) نظام جفت‌گیری**

نوع نظام	چند همسری	تک همسری
مثال	طاووس و بیشتر پستانداران	بیشتر پرندگان مثل قمری خانگی
نقش نرها	نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی‌ها	هم نقش با ماده‌ها هستند
نقش ماده‌ها	انتخاب جفت	هم نقش با نرها هستند.
نگهداری از فرزندان	بر عهدهٔ یکی از والدین است (والد ماده)	بر عهدهٔ هر دو والد است.
انتخاب جفت	بر عهدهٔ ماده‌های است	جانور نر و ماده در انتخاب جفت سهم مساوی دارند

**غذایابی**

- ☞ رفتار غذایابی مجموعه رفتارهای جانور برای جست وجو و به دست آوردن غذاست.
- ☞ غذایابی که جانوران می‌خورند معمولاً اندازه‌های متفاوتی دارند. غذایابی بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما ممکن است فراوانی آنها کمتر و به دست آوردن آن‌ها دشوارتر باشد.
- ☞ برای جانوران میزان سود یعنی  $\leftarrow$  میزان انرژی موجود در غذا.
- ☞ **غذایابی بینه:** موازنی بین محتوای انرژی غذا و هزینه به دست آوردن آن، غذایابی بینه نام دارد.

## عوامل موثر بر انتخاب رفتارهای غذایابی:

- ۱- رفتار بر اساس میزان انرژی دریافتی: براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی‌ای برگزیده می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد یعنی اینکه جانور در هر بار غذایابی، بیشترین انرژی خالص را دریافت کند. برای مثال خرچنگ‌های ساحلی صدفهای با اندازه متوسط را ترجیح می‌دهند زیرا آنها بیشترین انرژی خالص را تأمین می‌کنند. صدف‌های بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما برای شکستن آنها باید انرژی بیشتری صرف شود.
- ۲- رفتار بر اساس بیشترین انرژی دریافتی و کمترین خطر: هنگام غذایابی ممکن است جانور خود در خطر شکار شدن یا آسیب دیدن قرار گیرد. بنابراین رفتار برگزیده باید موازن‌های بین کسب بیشترین انرژی و کمترین خطر را نیز نشان دهد. به همین علت است که هنگام وجود شکارچی یا رقیب، جانوران رفتارهای غذایابی خود را تغییر می‌دهند و در حالتی آماده و گوش به زنگ به غذایابی مشغول می‌شوند.

**نکته: مصرف غذا برای تامین مواد مورد نیاز:** گاهی جانوران غذایابی را مصرف می‌کنند که محتوای انرژی چندانی ندارد اما مواد موردنیاز آنها را تأمین می‌کند. برای مثال طوطی‌هایی در ساحل رود آمازون خاک رس می‌خورند تا مواد سمی حاصل از غذاهای گیاهی را در لوله گوارش آنها خنثی کند.

## قلمروخواهی

- ☞ قلمرو یک جانور، بخشی از محدوده جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می‌کند.
  - ☞ **قلمروخواهی:** دفاع جانوران از قلمرو خود در برابر افراد هم گونه یا افراد گونه‌های دیگر را قلمروخواهی گویند.
  - ☞ جانور با رفتارهایی مانند اجرای نمایش و یا تهاجم به جانوران دیگر اعلام می‌کند که قلمرو متعلق به آن است.
- مثال:** یک پرنده با آواز خواندن سعی می‌کند از ورود پرنده مزاحم به قلمرو خود جلوگیری کند. اگر آواز مؤثر نباشد، ممکن است پرنده صاحب قلمرو برای بیرون راندن مزاحم به آن حمله کند.

## پیامدهای رفتار قلمروخواهی برای پرنده:

- ۱- این فعالیت‌ها نیازمند صرف زمان و مصرف انرژی است
- ۲- تهاجم ممکن است به آسیب دیدن پرنده صاحب قلمرو هم بینجامد.
- ۳- آواز خواندن ممکن است موقعیت پرنده را برای شکارچی آشکار کند.

## فوائد قلمروخواهی:

- ۱- استفاده اختصاصی از منابع قلمرو می‌تواند غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش دهد.
- ۲- افزایش امکان جفت یابی جانور
- ۳- افزایش دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از شکارچی

## مهاجرت

تعریف: جایه جایی طولانی و رفت و برگشتی جانوران مهاجرت نام دارد.

دلایل مهاجرت	تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط
	کاهش منابع مورد نیاز

هدف از مهاجرت: یافتن زیست‌گاه مناسب برای تغذیه، بقاء و زادآوری  
نکته: مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد

### نکات مهم مهاجرت:

- ۱- سارهایی که تجربه مهاجرت دارند بهتر از آن‌هایی که برای نخستین بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.
- ۲- جانوران برای جهت یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند. مثلًاً جهت یابی هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌ها در آسمان انجام می‌شود.
- ۳- کبوتر خانگی می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان مغناطیسی زمین احساس و با استفاده از آن جهت یابی کند.  
(پژوهشگران در یک روز ابری آهنربای کوچکی را روی سر کبوتر خانگی قرار دادند با وجود این آهنربای پرنده نتوانست مسیر درست را بیابد و به لانه بازگردد)
- ۴- پژوهشگران در سر بعضی از پرنده‌ها ذرات آهن مغناطیسی شده نیز یافته‌اند.
- ۵- لاک پشت‌های دریایی ماده پس از طی مسافت‌های طولانی، برای تخم‌گذاری به ساحل دریا می‌آیند و پس از تخم‌گذاری دوباره به دریا باز می‌گردند. به نظر می‌رسد میدان مغناطیسی زمین در جهت یابی لاک پشت‌ها نیز نقش دارد.

## خواب زمستانی و رکود تابستانی

### خواب زمستانی

- ⇒ برخی جانوران برای بقا در زمستان، خواب زمستانی دارند.
- ⇒ در این حالت جانور به خواب عمیقی فرو می‌رود و یک دوره کاهش فعالیت را طی می‌کند که در آن دمای بدن، مصرف اکسیژن، تعداد تنفس جانور و نیاز جانور به انرژی **کاهش** می‌یابد.
- ⇒ پیش از ورود به خواب زمستانی، جانور مقدار زیادی غذا مصرف می‌کند و در بدن آن چربی لازم به مقدار کافی ذخیره می‌شود تا هنگام خواب به مصرف برسد.

### رکود تابستانی

- ⇒ رکود تابستانی نیز یک دوره کاهش فعالیت است که در آن سوخت و ساز جانور کاهش پیدا می‌کند.
- ⇒ رکود تابستانی در جانورانی دیده می‌شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می‌کنند.
- ⇒ علت رکود تابستانی: این جانوران در پاسخ به نبود غذا یا دوره‌های خشکسالی، رکود تابستانی انجام می‌دهند.
- نکته:** هم در خواب زمستانی و هم در رکود تابستانی، کاهش فعالیت و سوخت و ساز بدن مشاهده می‌شود.

## گفتار ۳ ارتباط و زندگی گروهی

☞ برخی از جانوران زندگی گروهی دارند.

☞ برای زندگی در گروه، جانوران باید بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند.

### ارتباط بین جانوران

- ☞ جانوران از راههای گوناگون مانند تولید صدا، علامت‌های دیداری، بو و لمس کردن با یکدیگر ارتباط برقرار ساخته و اطلاعات مبادله می‌کنند.
- ☞ در نتیجه این ارتباط، رفتار آنها تغییر می‌کند

### مثال‌هایی از برقراری ارتباط بین جانوران:

- ☞ فرمون‌ها: بعضی جانوران مانند زنبورها، مارها و گربه‌ها با استفاده از فرمون (نوعی پیک شیمیایی) با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند.
- ☞ جوجه کاکایی با لمس منقار والد با او ایجاد ارتباط و غذا درخواست می‌کند.
- ☞ صدای جیرجیرک نر، اطلاعاتی مانند گونه و جنسیت را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند.
- ☞ برقراری ارتباط برای یافتن غذا در زنبورهای عسل.

### بررسی ارتباط در زنبورهای عسل:

۱- انجام حرکات ویژه: وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می‌کند و به کندو باز می‌گردد، اطلاعات خود درباره منبع غذایی را به زنبورهای دیگر با انجام حرکات ویژه ای نشان می‌دهد ⇔ زنبورهای کارگر با مشاهده این حرکات، فاصله تقریبی کندو تا محل منبع غذا و جهتی را که باید پرواز کنند، درمی‌یابند.

**نکته:** هرچه این حرکات طولانی تر باشد، منبع غذایی دورتر است.

۲- صدای وزوز: هنگام انجام حرکات، زنبور یابنده صدای وزوز متفاوتی نیز دارد. زنبورهای کارگر با استفاده از اطلاعات کلی که از زنبور یابنده درباره منبع غذایی دریافت کرده‌اند، به سمت آن پرواز و به کمک بويابي خود، محل دقیق غذا را پیدا می‌کنند.

مزیت این روش‌های ارتباطی ⇔ وقتی زنبورهای کارگر قبل از جست وجو درباره محل منبع غذا اطلاعات داشته باشند، با صرف انرژی کمتر و در زمان کوتاه تری محل دقیق آن را پیدا می‌کنند.

### نکات مهم:

- ۱- زنبورهای کارگر شهد و گرده گل‌ها را جمع آوری کرده و به کندو می‌آورند.
- ۲- زنبورهای عسل گل‌هایی را گرده افسانی می‌کنند که شهد آنها قند فراوانی داشته باشد؛ همچنین این گل‌ها علائمی دارند که فقط در نور فرابنفش دیده می‌شوند و زنبور را به سوی شهد گل هدایت می‌کنند.
- ۳- زنبورهای عسل دارای چشم مرکب، گیرنده‌های فرابنفش و حس بويابي قوی هستند.

۴- وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می کند و به کندو باز می گردد، خیلی طول نمی کشد که تعداد زیادی زنبور کارگر در محل آن منبع غذایی دیده می شوند.

### زندگی گروهی

برخی جانوران مانند **مورچه** و **گرگ** به شکل گروهی زندگی می کنند و با هم همکاری دارند.

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>مزایای زندگی گروهی</b> | ۱- احتمال شکار شدن جانور در گروه کمتر است زیرا نگهبان های گروه، محیط اطراف را زیر نظر می گیرند<br>۲- گیرند. دسترسی به منابع غذایی نیز ممکن است افزایش یابد زیرا جانور می تواند درباره محل منبع غذا از جانوران دیگر گروه اطلاعات کسب کند.<br>۳- شکار گروهی نیز موفقیت بیشتری دارد زیرا افراد یک گروه می توانند شکار بزرگ تری را به دام بیندازند. |
|---------------------------|---|

﴿ اجتماع مورچه ها از گروه هایی تشکیل شده است که در اندازه، شکل و کارهایی که انجام می دهند تفاوت دارند. مثلاً در اجتماع مورچه های برگ بُر، کارگرها اندازه های متفاوتی دارند:

- الف- تعدادی از آنها برگ هارا برش می دهند و به لانه حمل می کنند
- ب- گروهی دیگر کار دفاع را انجام می دهند

\* این مورچه ها قطعه های برگ را به عنوان کود برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می کنند، به کار می بردند.

### **رفتار دگرخواهی**

**تعريف دگرخواهی:** رفتاری است که در آن یک جانور بقا و موفقیت تولید مثلی جانور دیگری را با هزینه کاسته شدن از احتمال بقا و تولید مثل خود، افزایش می دهد.

﴿ در بین جانورانی که زندگی گروهی دارند، افراد نگهبانی هستند که با تولید صدا حضور شکارچی را به دیگران هشدار می دهند تا به موقع فرار کنند. البته آنها با این کار توجه شکارچی را به خود جلب کرده، احتمال بقای خود را کاهش می دهند.

### **رفتار دگرخواهی در زنبورهای عسل:**

﴿ زنبورهای عسل کارگر (ماده و ۲۱)، نازا هستند و تگهداری و پرورش زاده های ملکه را انجام می دهند. جانوران نگهبان و زنبورهای عسل کارگر رفتار دگرخواهی دارند.

**علت رفتار دگرخواهی زنبورهای عسل کارگر و نگهبان** = آنها با خویشاوندانشان، ژن های مشترکی دارند. بنابراین اگرچه این جانوران خود زاده ای نخواهند داشت، ولی خویشاوندان آنها می توانند زادآوری کرده و ژن های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند. به همین علت است که براساس انتخاب طبیعی، رفتار دگرخواهی برگزیده شده است.

### رفتار دگرخواهی در خفash‌های خونآشام:

**محل زندگی:** به طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می‌کنند.

**تغذیه:** غذای آنها خون پستانداران بزرگ مثل دام هاست.

### نحوه انجام رفتار دگرخواهی در خفash‌ها:

این خفash‌ها خونی را که خورده اند با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند  $\leftarrow$  خفashی که غذا خورده است کمی از خون خورده شده را برمی‌گرداند تا خفash گرسنه آن را بخورد، در غیر این صورت خفash گرسنه خواهد مرد.

خفashی که غذا دریافت کرده، کار خفash دگرخواه را در آینده جبران می‌کند  $\leftarrow$  اگر جبران انجام نشود، این خفash از اشتراک غذا کنار گذاشته می‌شود.

نکته: خفash‌هایی که دگرخواهی انجام می‌دهند، لزوماً خویشاوند نیستند. در واقع، رفتار دگرخواهی که در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده، به بقای آنها منجر می‌شود.

### رفتار دگرخواهی در دم عصایی

در این جانوران، عده‌ای به عنوان نگهبان، دیده بانی می‌کنند و در هنگام احساس وجود شکارچی دیگران را با فریاد آگاه می‌کند.

### رفتار دگرخواهی در پرنده‌گان

در میان پرنده‌گان، افراد یاریگری هستند (معمولًا جوان‌اند) که در پرورش زاده‌ها به والدین آنها یاری می‌رسانند.

**مزیت یاریگرها برای والدین:** وجود این یاریگرها احتمال بقای زاده‌ها را افزایش می‌دهد.

### مزیت رفتار دگرخواهی برای یاریگرها:

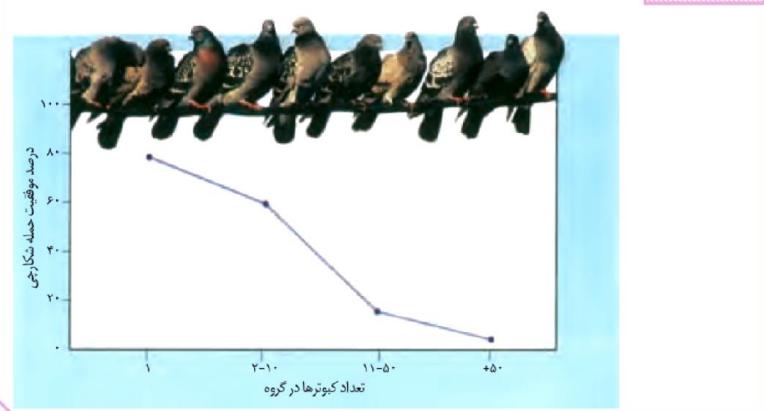
۱- **کسب تجربه:** یاریگرها اغلب پرنده‌های جوانی اند که با کمک به والدین صاحب لانه، تجربه کسب می‌کنند و هنگام زادآوری می‌توانند از این تجربه‌ها برای پرورش زاده‌های خود استفاده کنند.

۲- **تصاحب قلمرو:** با مرگ احتمالی جفت‌های زادآور، قلمرو آنها را تصاحب و خود زادآوری کنند.

نمودار زیر مزیت زندگی گروهی را نشان می‌دهد. آن را تفسیر کنید.

### فالیت ع

نکته نمودار:



با آرزوی موفقیت برای تمامی دانش‌پژوهان عزیزی که از بزووات بندۀ استفاده نموده‌اید، لطفاً نقطه نظرات و انتقادات خود را درباره هزووات اینهاب به آیدی تلگرام بنده (@Soroush\_safaa) بفرستید. تا انشا الله در این کار نیک، با بندۀ شریک باشید.