فصل ۱ - ملکول‌های اطلاعاتی

یکی از سوالاتی که پیدا کردن پاسخ آن بیش از پنجاه سال طول کشید این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است ؟

پاسخ این سوال در حال حاضر شاید خیلی ساده باشد ولی برای رسیدن به آن ،تحقیق وآزمایش های زیادی انجام شد و در حال حاضر هم ادامه دارد .

در این فصل مطالب در قالب زنجیره ای از آزمایش ها توضیح داده می شود که نتایج آن ها فهم ما را از ژن و مولکول های مرتبط به آن یعنی دِنا ، رِنا و پروتئین بیشتر می کند . آشنا شدن با ساختار این مولکول ها مقدمه ای است برای فهم بهتر فصل های دیگر این کتاب ، در کنار آن با سازوکار مولکولی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می شویم .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار ۱ - نوکلئیک اسیدها

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی دارند مانند شکل، اندازه، توانایی‌ها و ... این ویژگی‌ها تحت کنترل هسته است دستور العمل آنها در حین تقسیم از سلولی به سلول دیگر و در حین تولید مثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. در هسته اطلاعات و دستورالعمل‌های هدایت کننده سلول در کجا ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که کروموزم‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دِنا و پروتئین مشارکت می‌کنند؟

کدامیک از این دو ماده ذخیره کننده اطلاعات وراثتی است؟

پاسخ این سؤال مشخص شده و آن ماده دِنا است که به عنوان مادهٔ ذخیره کنندهٔ اطلاعات وراثتی عمل می‌کند.

امّا چگونه دانشمندان به این پاسخ رسیده‌اند؟

بیشتر بدانید.

دانشمندی سوئیسی به نام میشر[1] در سال ۱۸۶۹ دِنا را کشف کرد. او ترکیبات سفید رنگی را از هسته یاخته‌های بدن انسان و اسپرم ماهی استخراج کرد که نسبت نیتروژن و فسفات در این مواد با نسبت آن در ترکیبات سلولی دیگر متفاوت بود. همین باعث شد که میشیر این ترکیب زیستی جدید را معرفی نماید. او این ماده را نوکلئیک‌اسید نامید. چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی هم دارد.

اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از کارهای باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت[2] بدست آمد. او سعی داشت واکسنی برعلیه آنفلوآنزا تولید کند. در آن زمان فکر می‌کردند عامل این بیماری باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا[3] است. این باکتری بیماری ذات‌الریه را باعث می‌شود. گریفیت با دو نوع از این باکتری آزمایشاتی را روی موش انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که کپسول‌دار است در موش ایجاد ذات‌الریه می‌کند و نوع غیر بیماری‌زا و بدون کپسول موش را بیمار نمی‌کند. (شکل ۱)

شکل اضافه می شود

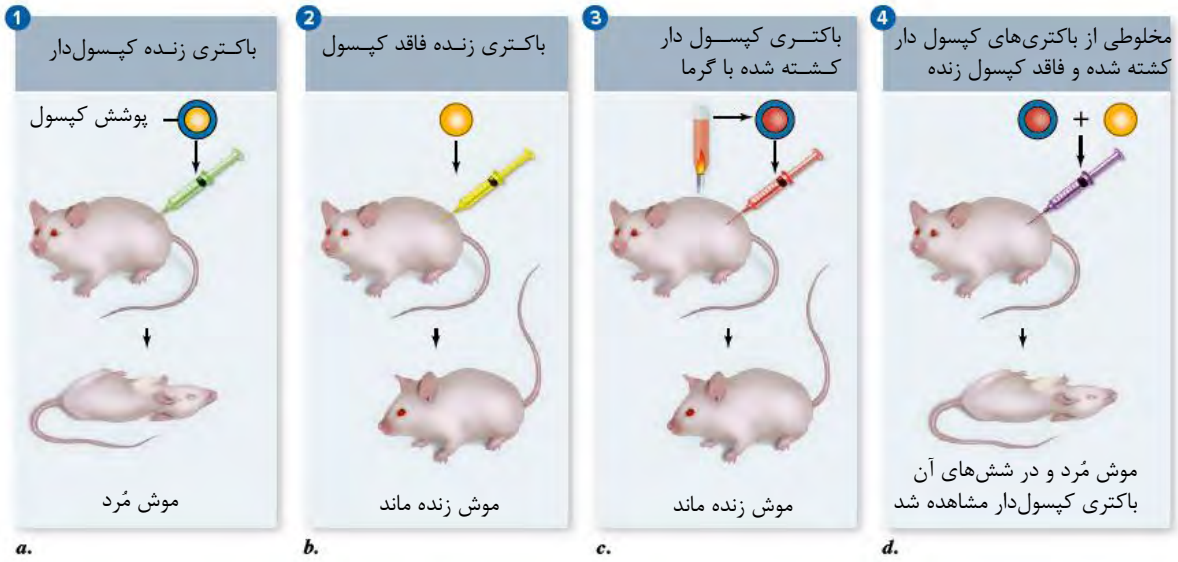
شکل ۱ – شکل رسامی شده از باکتر های کپسول دار و بدون کپسول

1-Friedrich Miescher
2- Frederick Griffith (1928)
3- Streptococcus pneumoniae

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

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



شکل ۲- آزمایشات گریفیت و نتایج آن

گریفیت مشاهده کرد که تزریق باکتری کپسول‌دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ آن می‌شود در حالی که تزریق باکتری بدون کپسول به موش های مشابه در آنها علائم بیماری بروز نمی‌کند. در آزمایش دیگری باکتری کپسول‌دار کشته شده با گرما را به موش تزریق و مشاهده کرد که موش ها نمی‌میرند. نتیجه گرفت که وجود کپسول عامل مرگ موش‌ها نیست سرانجام مخلوطی از باکترهای کپسول‌دار کشته شده با گرما و بدون کپسول زنده را به موش تزریق کرد. برخلاف انتظار مشاهده کرد که موش‌ها مُردند. او در بررسی شش‌های موش‌های مرده مقدار زیادی از باکتری‌های کپسول‌دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده زنده نشده‌اند بلکه مقداری از باکتری‌های بدون کپسول تغییر کرده و کپسول‌دار شده‌اند.

از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که ماده وراثتی می‌تواند بین سلول‌ها منتقل شود ولی ماهیت ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

عامل اصلی انتقال وراثتی دِنا است.

عامل مؤثر در انتقال این صفت حدود ۲۵ سال بعد از گریفیت ناشناخته ماند. امّا نتایج کارهای دانشمندی به نام آوری[1] و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد.آنها ابتدا مخلوطی از باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده و بدون کپسول زنده که گریفیت از آنها استفاده کرده بود را تهیه کردند. سپس از این مخلوط تقریباً همه پروتئین‌های موجود را جدا کردند. باقی مانده مخلوط را به محیط کشت اضافه کردند. مشاهده شد که انتقال صفت صورت می گیرد .

1- Oswald Avery (1944)

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

وقتی مخلوط بدست آمده را در یک سانتریفوژ (گریزانه) با سرعت بالا قرار داده و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کردند با استفاده از آنها مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دِنا وجود دارد انجام می‌شود.

نتایج این آزمایشات انکارناپذیر بود و آوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی مؤثر در این انتقال دِنا است و به عبارت ساده‌تر دِنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج بدست آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت چون بسیاری از دانشمندان این عقیده را داشتند که پروتئین‌ها ماده وراثتی هستند.

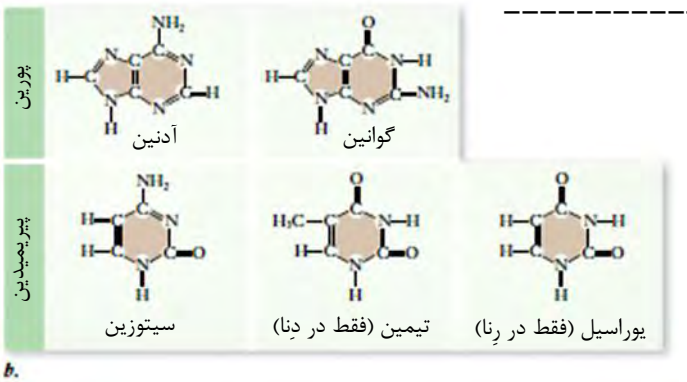
در آزمایش‌های دیگری عصاره‌ی باکترهای کپسول‌دار را استخراج و آن را به چند قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت آنزیم تخریب کننده یک ماده آلی را اضافه کردند. هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون کپسول منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همه ظروف انتقال صورت می گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب کننده دِنا است.

ساختار اسید های نوکلئیک

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید** (دِنا - دِنا) و **ریبونوکلئیک‌اسید** (رِنا-RNA) هستند همه پلی‌مرهایی از واحدهایی تکرارشونده به نام **نوکلئوتید** می باشند .با توجه به شکل ۴ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است.

یک قند ۵ کربنه یا پنتوز که در دنا **دئوکسی ریبوز** و در رنا **ریبوز** است. دئوکسی ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. بخشی که دارای یک تا سه گروه فسفات (Po_4^-)است و یک باز آلی نیتروژندار که می‌تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارند شامل آدنین (A) یا گوانین (G) یا می‌تواند **پیریمیدن** باشد که ساختار تک حلقه‌ای دارد شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دنا باز یوراسیل کاربرد ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد.

بیشتر بدانید----------

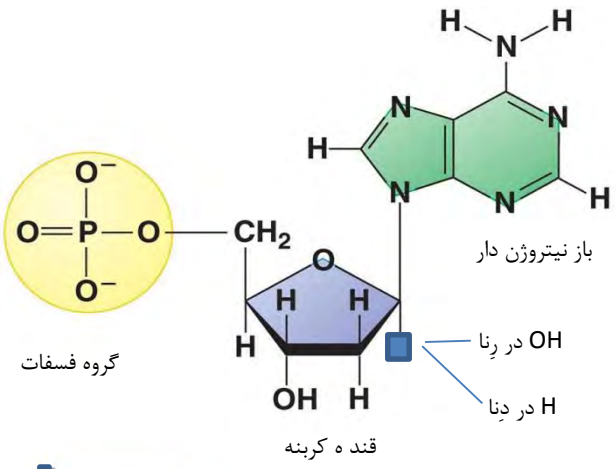


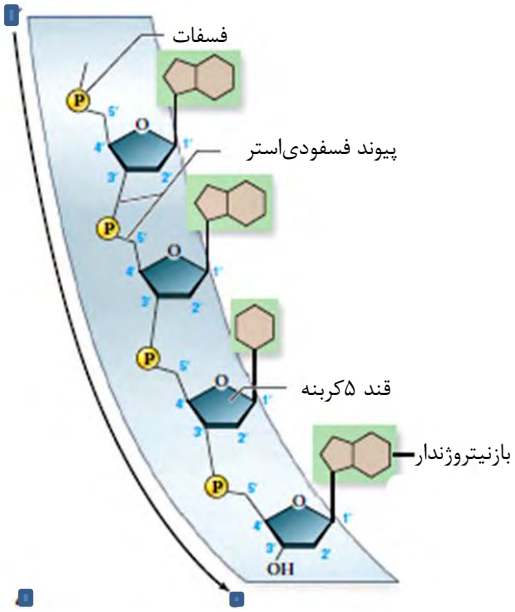
شکل – انواع بازهای آلی نیتروژندار

---

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

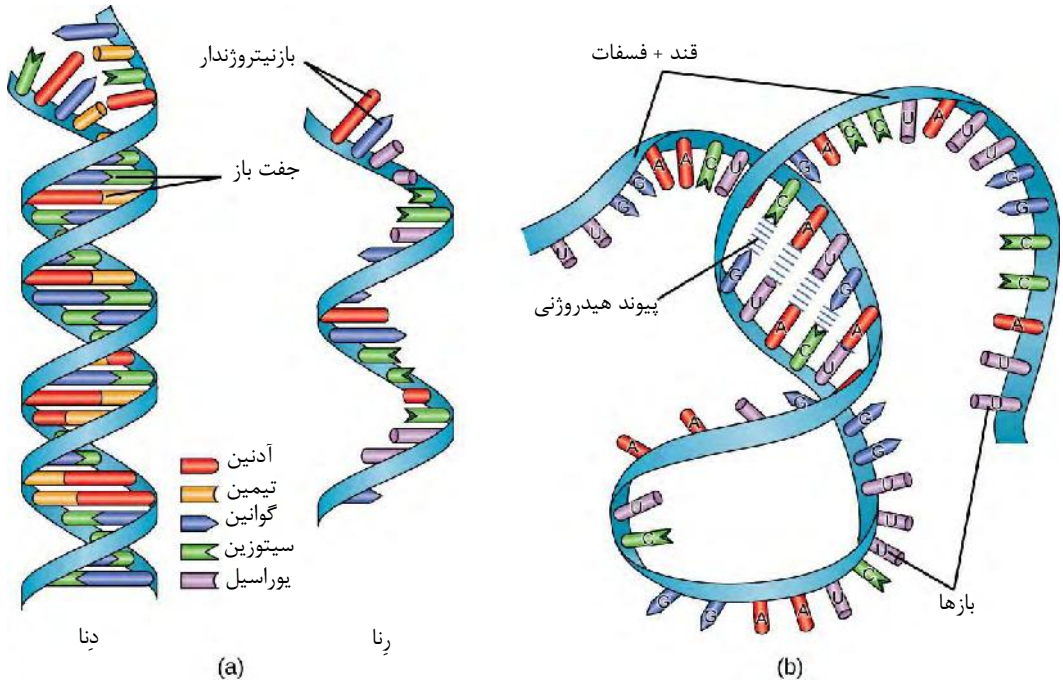
برای تشکیل یک نوکلئوتید باز آلی نیتروژندار و گروه فسفات به دو طرف قند با پیوند کوالان متصل می‌شوند (شکل۴)





نوکلئوتیدها با پیوند **فسفودی‌استر** به هم متصل و **رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی** را می سازند. در پیوند فسفودی‌استر فسفات یک نوکلئوتید به هیدروکسیل قند نوکلئوتید دیگر متصل می‌شوند. رشته‌های پلی‌نوکلوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید ها را می سازند مثل رِنا یا به صورت دوتایی در کنار هم قرار گرفته و نوکلئیک‌اسیدها را می سازند مثل دِنا . شکل ۴ و ۵

شکل ۴ – تشکیل رشته نوکلئیک اسید



شکل۵- دنای دورشته ای و رنای تک رشته‌ای

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

در مورد پیوند فسفو دی استر اضافه می شود

دو انتهای رشته های پلی‌نوکلئوتید نیز می توانند با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل شوند و نوکلئیک‌اسید **حلقوی** را ایجاد کنند برای مثال در باکتری‌ها دِنا به صورت حلقوی است . در نوکلئیک‌اسیدهای **خطی** یا گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است . بنابراین رشته‌های دِنا و رِنا خطی جدا از اندازه و تعداد مونومرهایشان همیشه دو سر متفاوت دارند.

ساختار ملکولی دِنا

در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دِنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز در تمامی ملکول‌های دِنا از هر جانداری که به دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد.

امّا مشاهدات و تحقیقات شارگاف[1] بر روی دِناهای طبیعی نتیجه زیر را بدنبال داشت:

مقدار آدنین موجود در دِنا همیشه با مقدار تیمن برابر است و مقدار گوانین درآن همیشه با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتید ها را مشخص کرد

بیشتر بدانید ----------

برخی از نتایج آزمایش‌های شارگاف(درصد)

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

1- Erwin Chargaff

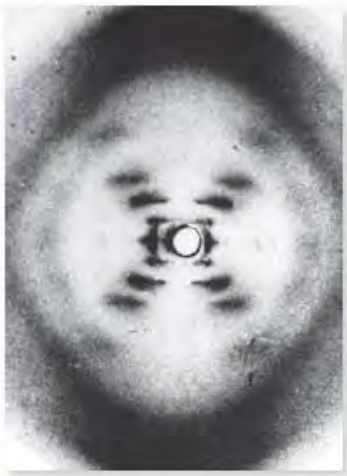
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

استفاده از پرتو X برای تهیه تصویر از دِنا

با استفاده از تصاویر تهیه شده با کمک پرتو **X** نیز نتایجی بدست آمد (شکل ۶)

مهمترین نتیجه بدست آمده از آن این بود که دِنا حالت مارپیچی دارد و بیش از یک رشته دارد با استفاده از این روش ابعاد ملکول ها را نیز تشخیص دادند.



شکل ۶- تصویر تهیه شده با پرتوX از دِنا

مدل ملکولی دِنا

واتسون[1] و کریک[2] با استفاده از نتایج آزمایش‌های شارگاف و دادهای حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتوهای X و با استفاده از یافته های خود مدل ملکولی را ساختند که باعثشد سال **۱۹۲۲** جایزه نوبل را دریافت کنند .نتایج حاصل از این تحقیقات مورد تأیید تحقیقات امروزی نیز هست.

شکل ۷- واتسون و کریک و مدل دنای پیشنهادی آنها

3- James Watson
4- Francis crick

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

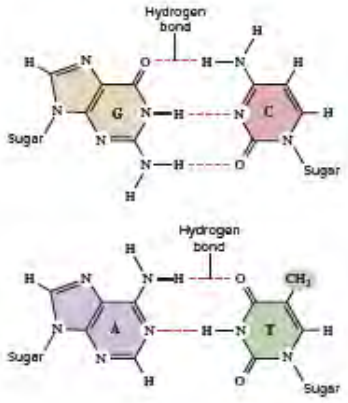
نکات کلیدی مدنظر در این مدل:

– هر ملکول دِنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ خورده مقایسه می‌شود که در آن دو رشته نرده‌های کنار نردبان را تشکیل می‌دهند و در آن قند و فسفات تکرار شده و با پیوند **فسفودی استری** به هم وصل شده‌اند. پله‌های این نردبان نیز بازهای آلی متصل به قند هستند که هر کدام با باز آلی رشته دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند.شکل ۸

شکل۸– مدل مارپیچ دو رشته ای دِنا

– پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دِنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. این پیوندها بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین (A) با تیمین (T) در کنار هم قرار میگیرند و گوانین(G) با سیتوزین (C) جفت می شوند . به این جفت بازها **بازهای مکمل** می‌گویند.بینC و G بیشترین پیوند هیدروژنی تشکیل می شود .مکمل بودن باز های آلی نتایج ازمایشات شارگف را نیز تایید می کند .

بیشتر بدانید ----------



شکل ... بازهای مکمل (بیشتر بدانید است)

---

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

قرارگیری جفت بازها به این صورت باعث ثبات قطر دو رشته نیز می‌شود چون در هر صورت یک باز تک حلقه‌ای در مقابل یک باز دو حلقه‌ای قرار می‌گیرد. ثبات قطر دِنا باعث پایداری اطلاعات آن شده و در فشرده شدن بهتر کروموزوم ها مؤثر است .

جفت شدن بازهای مکمل نتیجهٔ دیگری هم دارد، اگر چه دو رشته یک ملکول دِنا 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.

اگر چه پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد ولی وجود هزاران یا میلیون ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آن ها به ملکول دِنا حالت پایداری می دهد . در عین حال در موقع نیاز هم می توانند در بعضی از نقاط از هم جدا شوند و بدون اینکه پایداری آن به هم بخورد وظایف خود را انجام دهند.

ژن چیست ؟

با ساختار دِنا آشنا شدید.طبق آزمایشات آوری و همکارانش اطلاعات وراثتی در دِنا قرار دارند و از نسلی به نسل دیگر منتقل می شود. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند . ژن بخشی از مولکول دِنا است که دستورالعمل بروز صفات را درخود ذخیره دارد. از روی آن رِنا ساخته می شود . اینکه رِنا چگونه دستورالعمل های دِنا را اجرا می کند، در فصل های آینده با آن آشنا خواهید شد .

رِنا (RAN) و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک اسیدها رنا است . مولکول رنا معمولاً تک رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود. با چگونگی این فرایند در فصل بعد آشنا خواهید شد.

رناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آن‌ها اشاره می کنیم .

رِنای پیک (mRNA[1]) – اطلاعات را از دنا به ریبوزوم‌ها می‌رساند. ریبوزوم با استفاده از اطلاعات رِنای پیک پروتئین‌سازی می کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.

رِنای ناقل (tRNA[2]) –آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت ریبوزوم‌ها می برند .

رِنای ریبوزومی (rRNA[3]) – در ساختار ریبوزوم‌ها علاوه بر پروتئین رنای ریبوزومی نیز شرکت دارد.

علاوه بر نقش‌های بالا است برای رِنا نقش آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز مطرح می‌شود.

1- messenger RNA
2- transfer RNA
3- ribosomal RNA

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وسازی

علاوه بر اینکه نوکلئوتیدها واحدهای سازنده دنا و رنا هستند نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین‌دار ATP انرژی رایج در سلول است و سلول در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند .

انواع دیگری از ملکول‌ها که نوکلئوتیدها در ساختار آنها شرکت دارند و به صورت ناقل الکترون در فرایندهای سلولی مانند تنفس سلولی و فتوسنتز شرکت دارند که در فصل‌های بعد با آنها آشنا خواهید شد.

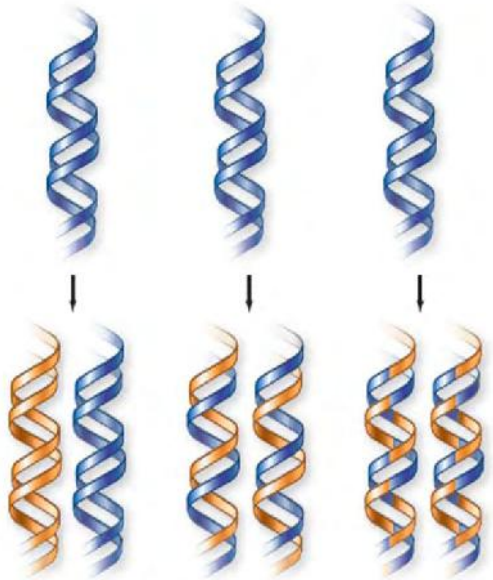
گفتار ۲

همانندسازی[1] دِنا

با توجه به اینکه دِنا به عنوان ماده وراثتی ، حاوی اطلاعات یاخته است چگونه این اطلاعات برای انتقال به سلول های دیگر آماده می شوند ؟ مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها این امکان را بوجود می‌آورد که از روی هر یک از رشته‌ها، رشته‌ای مکمل ساخته شود. به ساخته شدن ملکول دِنا جدید از روی دِنای قدیمی **همانندسازی** گویند .اگر چه با وجود رابطه مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دقیق دِنا قابل توضیح است ولی بر همین اساس هم طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دِنا پیشنهاد شده بود. شکل ۹

۱- **همانندسازی حفاظتی**- در این طرح هر دو رشتهٔ دِنای قبلی به صورت دست نخورده باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشته دِنا جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شود.چون دِنا اولیه در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

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



شکل ۹- طرح‌های مختلف برای همانندسازی

[1]- Replication

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

۳- **همانندسازی غیر حفاظتی**. در این طرح هر کدام از دِناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده درخود دارند.

کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلستون[۱]و استال[۲] با بکارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را بدست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظرگرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی‌کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند . برای شروع کار آنها می‌بایست بتوانند رشته‌های دِنا نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دِنا را با استفاده از ایزُتوپ سنگین نیتروژن (N^{15}) نشانه‌گذاری کردند.

دِناهایی که با N^{15} ساخته می‌شوند نسبت به دِنا معمولی که در نوکلئوتیدهای خود N^{14} دارد چگالی بیشتری دارند بنابراین با ابزارهایی مثل سانتریفوژ سرعت بالا[۳] می‌توان آنها را از هم جدا کرد.

آنها ابتدا باکتری‌های را در محیطی حاویN^{15} کشت دادند. N^{15} در ساختار بازهای آلی نیتروژندار که در ساخت دِنا باکتری شرکت می‌کنند وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنا سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی N^{14} منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی نمودند.

برای سنجش چگالی دِناها در هر فاصله زمانی دِنا باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از سزیم کلراید در سرعتی بسیار بالا سانتریفیوژ می‌کردند.

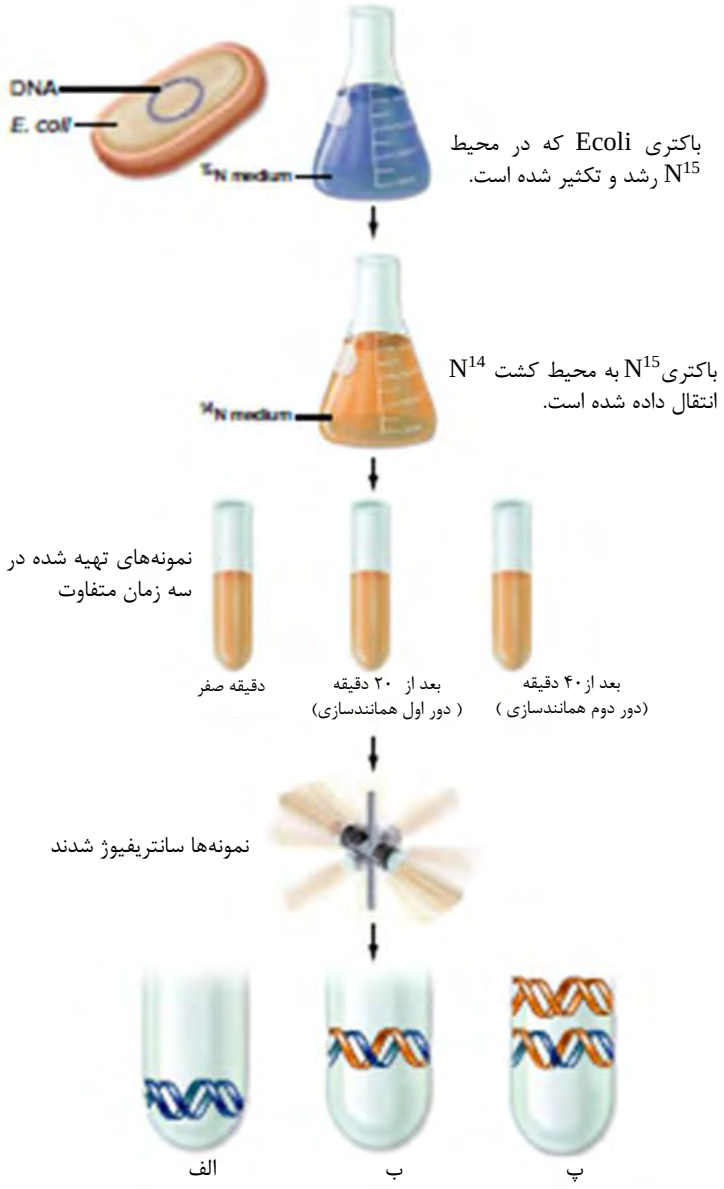
با توجه به اینکه در سانتریفوژ میزان حرکت مواد در محلول براساس چگالی است و مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند. توانستند براساس میزان حرکت نوع دِنا تشکیل شده در هر مرحله را تشخیص دهند. مراحل آزمایش مزلستون و استال و نتایج آن را در شکل ... می‌بینید.

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

۱- Meselson
۲- Stahl
۳ - Ultracentrifuge

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل..... آزمایشات مزلسون و استال و نتایج بدست آمده :

الف - دِنای باکتری های اولیه پس از سانتریفیوژ یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دِنای آنها N^{15} و چگالی سنگینی داشت .

ب - دِنای باکتری های حاصل از دور اول همانند سازی(بعد از ۲۰ دقیقه) پس از سانتریفیوژ نواری در میانه لوله تشکیل دادند. پس دِنای آنها چگالی متوسط داشت.

پ - دِنای باکتری های حاصل از دور دوم همانند سازی (بعد از ۴۰ دقیقه) پس از سانتریفوژ دو نوار ، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند پس نیمی از آنها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند .

شکل ۱۰- آزمایشات مزلسون و استال و نتایج آن

با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه حفاظتی انجام شود سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دِنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود.

تحقیقات نشان داده است که فقط در محلی که قرار است همانند سازی انجام شود دو رشته از هم بازمی شوند . بقیه قسمت ها بسته هستند و به تدریج باز می شوند .

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

عوامل و مراحل همانندسازی

در همانندسازی سه عامل مؤثر است:

- ملکول دِنا به عنوان الگو

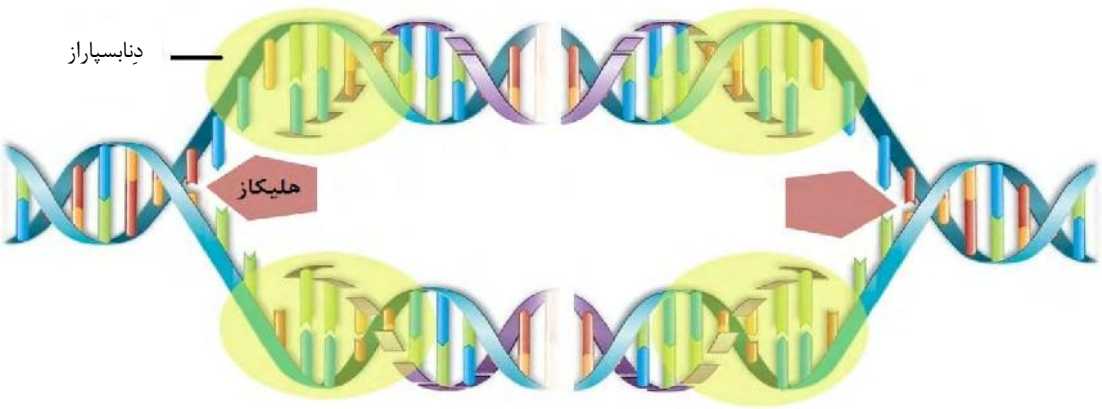
- آنزیمی که نوکلئوتید ها را به صورت مکمل کنار یکدیگر قرار دهد.

واحدهای سازنده دِنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند.این واحدها نوکلئوتیدهای سه فسفاته هستند.

قبل از همانندسازی دِنا باید پروتئین‌های اطراف آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود پس از آن دو رشته الگو هم باید از هم باز شوند .

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دِنا چه پیوند هایی باید شکسته شوند ؟

آنزیم **هلیکاز**[1] این کار را انجام میدهد . این آنزیم ابتدا مارپیچ دِنا را باز می‌کند سپس دو رشته دِنا را در محلی از هم فاصله میدهد. شکل ۱۱



شکل ۱۱- همانندسازی در دِنا

انواعی دیگری از آنزیم ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دِنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. یکی از مهمترین آن ها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند **دِنابسپاراز**[2] (دِنا پلی مراز) است.

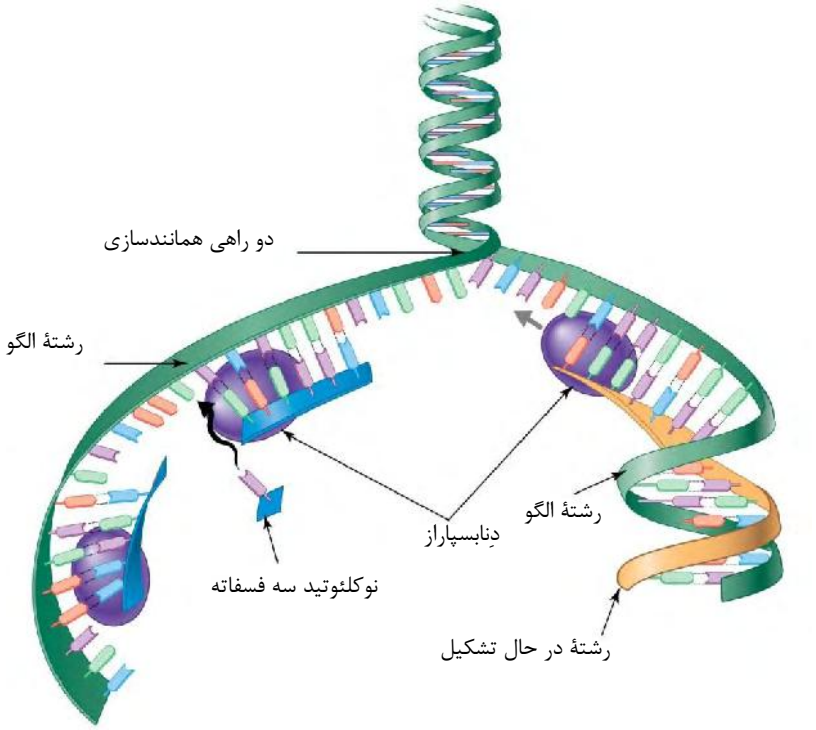
دو راهی همانندسازی

در محلی که دو رشته دِنا از یکدیگر جدا شده‌اند، ساختار Y مانندی بوجود می‌آید که دو راهی همانندسازی نام دارد. در این محل پیوند هیدروژنی بین دو رشته گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دِنابسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه

[2]- Helicase
[1]- دِنا Polymerase

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

می‌کنند اضافه شدن یک نوکلئوتید بستگی دارد به نوع بازی که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با باز روی رشته الگو مکمل باشد. با اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته دو تا از فسفات های آن از ملکول جدا می شوند . (شکل۱۲)



شکل ۱۲ – همانند سازی دِنا

فعالیت‌های آنزیم دِنابسپاراز

همانندسازی دِنا با دقت زیادی انجام می‌شود این دقت تاحدودی زیادی مرهون رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگر چه آنزیم نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی کنار هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد مثلاً در مقابل A به جای T، C قرار گیرد. برای جلوگیری از این اشتباه آنزیم دِنا پلی‌مراز پس از برقراری پیوند فسفودی استر. یکبار برگشت می‌کند و نوکلئوتید را بازبینی می‌کند که رابطه آن صحیح است یا غلط. اگر اشتباه باشد آن را حذف می‌کند و نوکلئوتید صحیح را قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید غلط باید بتواند پیوند فسفودی استر را بشکند و آن را از دِنا جدا کند. توانایی بریدن دِنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دِنابسپاراز هم فعالیت **بسپارازی** (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی استر را برای تصحیح اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز که باعث تصحیح اشتباهات در همانندسازی می‌شوند را **ویرایش** می‌گویند.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

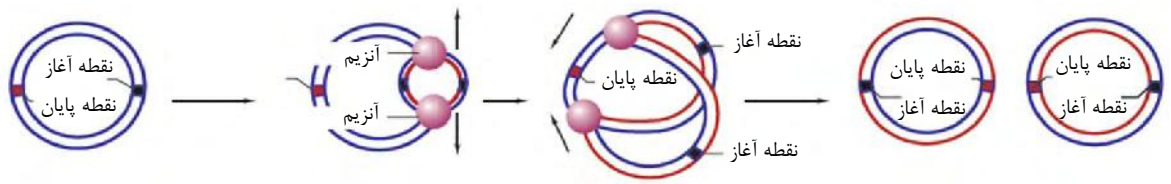
همانند سازی در پروکاریوتها و یوکاریوتها

پروکاریوتها که همه باکتری‌ها را شامل می‌شوند اطلاعات وراثتی آنها در غشا محصور نشده است .کروموزوم اصلی آنها به صورت یک ملکول دِنا حلقوی است , در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای سلول متصل است. پروکاریوتها علاوه بر دِنا اصلی مولکول هایی از دِنا دیگری را نیز به نام پلازمید در اختیار دارند. اطلاعات این ملکول ها می تواند ویژگی های اضافه تری را به میزبان بدهند .

در یوکاریوتها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می شوند دِنا در هر کروموزوم به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها به نام هیستون در کنار آن قرار دارند.

کروموزوم‌ها و دِنا درون هسته قرار دارند و به آن دِنا (دنای) هسته‌ای گفته می‌شود. در یوکاریوتها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دِنا وجود دارد که به آن دِنای سیتوپلاسمی گفته می‌شود. این نوع از دِنا که حالت حلقوی دارد در میتوکندری و کلروپلاست دیده می‌شود.

اغلب پروکاریوت ها فقط یک نقطه آغاز همانندسازی در دِنا خود دارند این نقطه در جایگاه خاصی از دِنا قرار دارد در این قسمت دو رشته دِنا از هم باز می‌شوند. تحقیقات نشان داده است همانند سازی دو جهتی در باکتری ها هم وجود دارد یعنی در یک نقطه در دو جهت همانندسازی شروع و ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان می‌یابد.شکل .....



شکل ۱۳- همانند سازی دو جهتی دِنا در پروکاریوت ها

در یوکایوتها به دلیل وجود مقدار زیاد دِنا و قرار داشتن در چندین کروموزوم که هر کدام از آنها چندین برابر یک دِنا باکتری هستند مسئله همانندسازی دِنا بسیار پیچیده است.

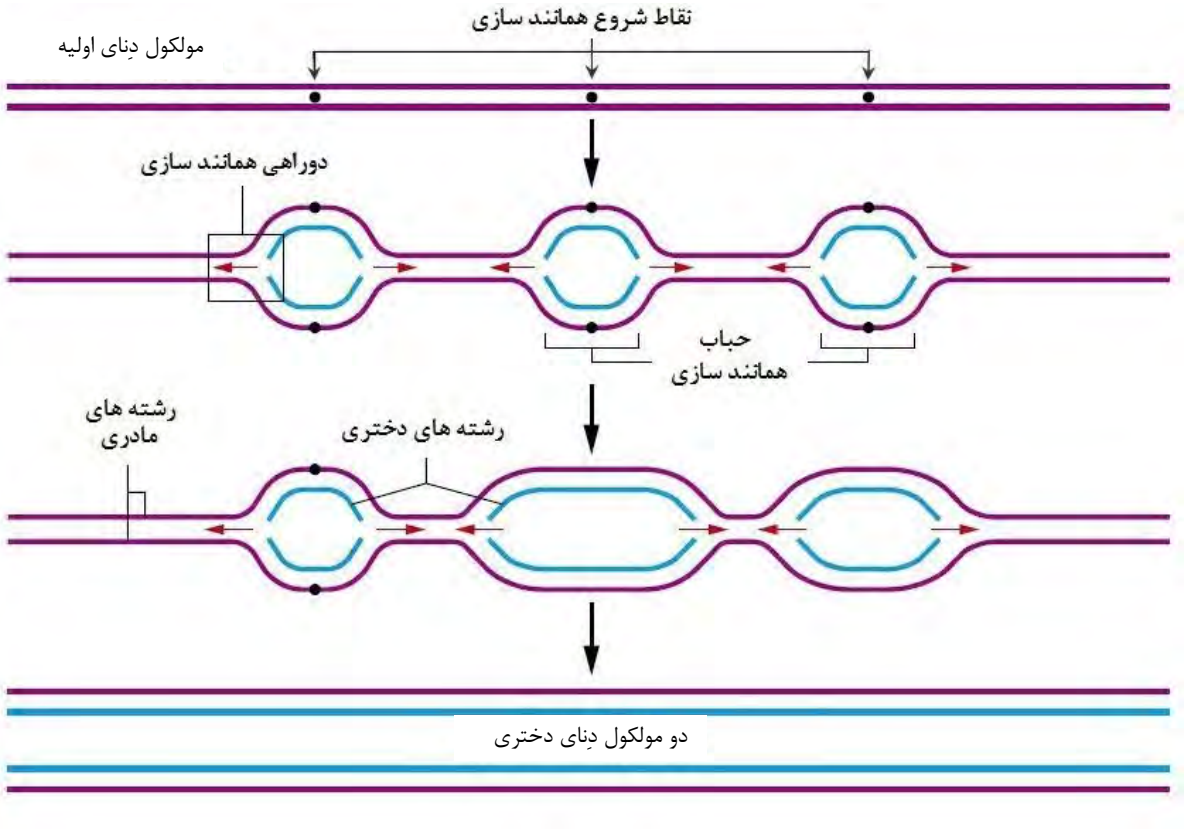
حتی اگر فقط یک نقطه شروع در هر کروموزوم هم داشته باشند مدت زمان لازم برای انجام همانندسازی خیلی زیاد می‌شود. حل این مسئله در یوکاریوتها با شروع همانندسازی در چندین نقطه در هر کروموزوم انجام شده است.

تعداد نقطه‌های آغاز مورد استفاده در یوکاریوت ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود ابتدا با تعدادی آغاز می شود هنگامی که سرعت تقسیم سلولی زیاد می‌شود تعداد نقاط شروع مورد استفاده نیز افزایش

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

یابد. و پس از آن اگر بخواهد سرعت تقسیم کاهش یابد نقاط آغاز هم کاهش می یابند . مثلا در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستوسیست سرعت تقسیم زیاد و نقاط آغاز هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام ها سرعت تقسیم و نقاط آغاز کم می شوند .

بنابراین در یوکاریوتها در هر کروموزوم همانندسازی در چندین نقطه آغاز می‌شود که در هر کدام همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود. شکل ۱۴



شکل ۱۴ همانند سازی در یوکاریوت ها

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

گفتار۳

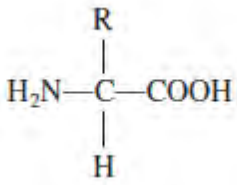
پروتئین ها

علاوه بر دنا و رنا که در سلول ذخیره و حمل اطلاعات را بر عهده دارند ملکول‌های دیگری نیز هستند که کمک می‌کنند فرایندهای مختلف سلولی به انجام برسد. از جملهٔ این ملکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای سلولی دارند.

ساختار پروتئین‌ها

پروتئین‌ها پلیمرهای خطی از آمینواسیدها هستند و ترتیب خاص آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همانطور که از نامشان بر می‌آید یک **گروه آمین** (NH_2) و یک گروه اسیدی **کربوکسل (COOH)** دارند. همانطور که در شکل می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و خصوصیات منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

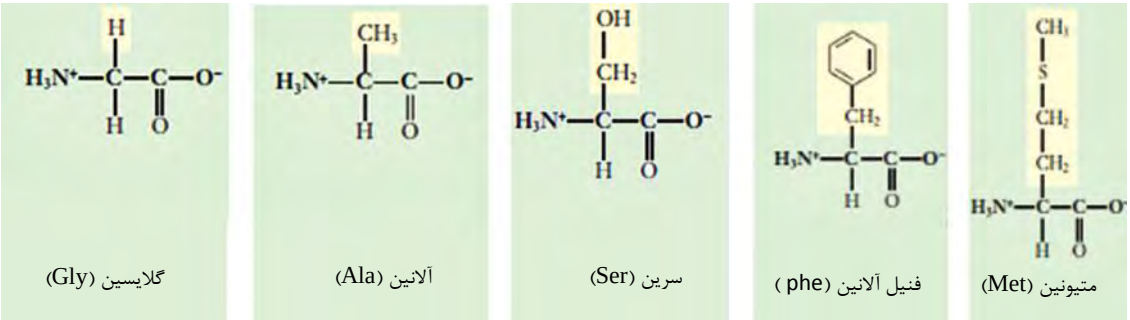
هرآمینواسیدمی‌تواند درشکل‌دهی پروتئین موثر باشد. تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R آن بستگی دارد.



شکل ۱۵ ساختار عمومی یک آمینواسید

بیشتر بدانید.

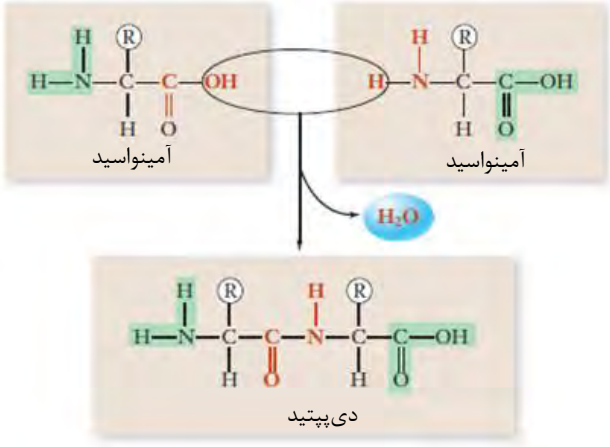
نمونه از آمینواسیدها را در زیر می‌بینید که به دلیل تفاوت در R خصوصیات متفاوت دارند.



www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می کند

هنگامی که آمینواسیدی در محیط آبی قرار می‌گیرد، گروه آمین آن بارمثبت و گروه کربوکسیل آن بار منفی به خود می‌گیرد. این دو گروه در آمینواسیدهای مختلف می توانند به همدیگر نزدیک شوند و واکنش **سنتزآبدهی** را انجام دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب ، مونومری با پیوند کوالان به مونومر یا مولکول دیگری متصل می شود. این پیوند کوالان بین آمینواسیدها را **پیوندپپتیدی** می‌گویند.شکل زیرالگوی ساده ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می دهد .



شکل۱۶ تشکیل پیوند پپتیدی

وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام **پلی‌پپتید** تشکیل می‌شود .پروتئین‌ها ترکیبی از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها هستند. برای پروتئین‌هایی که یک زنجیره پلی‌پپتید دارند هر دو واژه پلی‌پپتید و پروتئین را بکار می‌برند. هر نوع از پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا کرده و آنها را شناسایی می‌کنند. اگر چه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در پروتئین‌ها به کار می‌روند. از این ۲۰ نوع، ۸ مورد آنها را ضروری (اساسی) می‌نامند.آمینواسیدهای ضروری را بدن انسان نمی‌تواند بسازد و باید به همراه مواد غذایی در اختیار بدن قرار گیرند.

سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل پروتئین نوع عمل آن را مشخص می‌کند یکی از راه‌های پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای X 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.اولین پروتئینی که ساختارآن شناسایی شد میوگلوبین بود.آیا به خاطردارید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد ؟

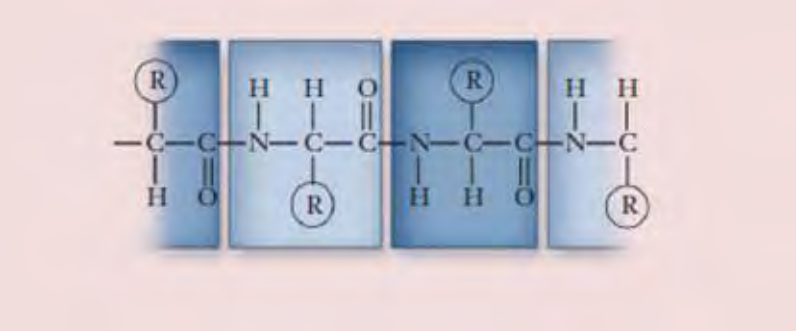
ساختار پروتئین‌هابه چهار صورت است که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بعدی است .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

ساختار اول پروتئین - توالی آمینواسیدها

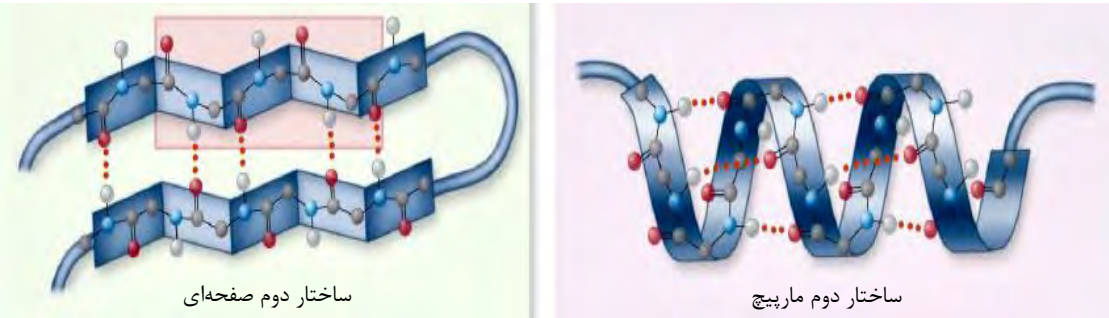
ترتیب قرار گرفتن آمینواسیدها به صورت خطی ساختار اول پروتئین‌ها را مشخص می کند، اینکه چه انواعی از آمینواسید، به چه تعداد و با چه ترتیبی قرار بگیرند، در ساختار اول هر پروتئین مطرح است. تغییر اسیدآمینه در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول آن می‌شود که ممکن است تغییر فعالیت آن را نیز باعث شود.با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید واینکه محدودیتی در تعداد و تکرار آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل بسیار متنوع هستند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، تمام سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارد. (شکل ۱۷)



شکل۱۷- ساختار اول پروتئین ها

ساختار دوم- الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی

در بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شوند. این پیوندها منشاء تشکیل ساختار دوم در پروتئین ها هستند.که به دو صورت **مارپیچ**[1] و **صفحه‌ای**[2] دیده می شوند.ساختار نهایی بعضی از پروتئین‌ها می‌تواند همین ساختار دوم باشد.سوراخ‌های غشایی، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار صفحه‌ای هستند که در کنار هم منظم شده‌اند. در هموگلوبین زنجیره‌های پپتیدی مارپیچی با همکاری هم مولکول هموگلوبین را می‌سازند که هر کدامشان خصوصیات ساختار دوم را دارند.شکل۱۸



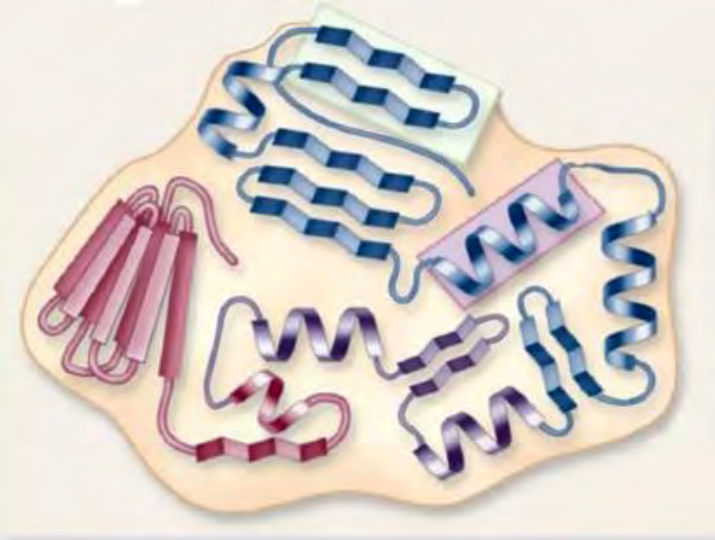
شکل ۱۸- ساختار دوم پروتئین ها

[1] -α helix
[2] -β sheet

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

ساختار سوم- تاخورده و متصل به هم

ساختار سه‌بعدی پروتئین‌هاست که در آن با تاخوردگی بیشتر به شکل کروی در می‌آیند. شروع تشکیل این ساختار با وجود نیروهای آب گریز است به این صورت که، قسمت‌هایی از پروتئین تمایلی به قرار گرفتن در کنار آب ندارند. با تشکل پیوندهای یونی بین گروه‌های R آمینواسیدها ، نواحی ویژه‌ای در پروتئین ها به هم می‌چسبند تا بخش های آب گریز در معرض آب نباشند .تثبیت این ساختار با تشکیل پیوندهای دیگری بین گروه‌های R مثل هیدروژنی ، کوالان ، آب گریز و یونی انجام می شود. مجموعه این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به صورت به هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند.بنابراین مسلم است که با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم ثبات نسبی دارند و بروز تغییردر آن حتی به صورت یک اسیدآمینه هم می‌تواند قویا" ساختار و عمل آن‌ها را تغییر دهد. شکل ۱۹



شکل ۱۹ ساختار سوم پروتئین ها

ساختار چهارم- آرایش زیر واحدها

بعضی از پروتئین ها ساختار چهارم دارند و هنگامی شکل می گیرد که دو یا چند زنجیره پلی پپتید با همدیگر یک پروتئین را تشکیل می‌دهند. در این ساختار هر یک از زنجیره‌ها زیرواحدی از پروتئین محسوب می‌شوند و نقشی کلیدی دارند. آرایش دادن به این زیر واحدها ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شوند (شکل ۲۰). در مورد هموگلوبین گفتیم که چهار زنجیره دارد هر یک از زنجیره‌ها، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند در ساختار دوم به فرم مارپیچ در می‌آیند در ساختار سوم هر یک از زنجیره‌ها به صورت یک زیر واحد تاخوردگی‌هایی پیدا کرده و شکل خاصی پیدا کنند و در نهایت این چهار زیر واحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند .

برای پروتئین‌هایی که فقط یک زنجیره پلی‌پپتید دارند ساختار نهایی همان سوم است .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

شکل ۲۰ ساختار چهارم پروتئین ها

نقش پروتئین ها

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

بعضی از پروتئین ها به صورت گیرنده‌هایی در سطح سلول‌ها قرار دارند و میکروب‌های خارجی ، یاخته های سرطانی یا مواد دیگر را تشخیص می‌دهند. اینها اساس کار دستگاه‌های هورمونی و ایمنی در بدن را تشکیل می‌دهند.گلوبولین‌ها هم که پادتن‌ها را می‌سازند پروتئین هستند.

برخی پروتئین ها مثل هموگلوبین مواد را در خون منتقل می کنند. پمپ سدیم پتاسیم نیز که با آشنا هستید پروتئینی است، ضمن اینکه در ساختار غشا شرکت دارد، یون های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابجا می کند و فعالیت آنزیمی هم دارد.

پروتئین هایی مثل فیبرین در لخته خون و کلاژن در بافت‌های پیوندی از بخش های مختلف بدن حفاظت می کنند . زردپی، رباط، استخوان و پوست مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین بر روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است.

هورمون هایی مثل اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین سلولی را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود پروتئینی هستند .

همچنین پروتئین‌ها نقش‌های تنظیمی متعددی را در روشن و خاموش کردن ژن‌ها در حین تمایز بر عهده دارند. مثل مهار کننده‌ها که با آنها آشنا خواهید شد.

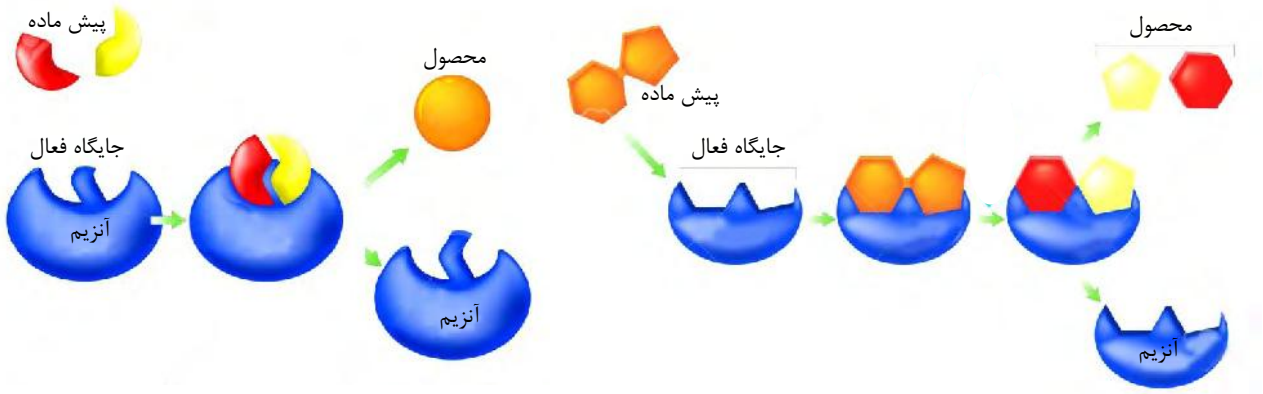
www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی انجام می‌شود که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد.این انرژی را انرژی فعال سازی گویند .انجام واکنش ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان سوخت‌وساز[1] مطرح می‌شوند همینطور هستند.اما این واکنش ها با حضور آنزیم انجام می‌شود.آنزیم انرژی فعال سازی واکنش را کاهش می‌دهد و با این کار سرعت واکنش‌هایی که در بدن موجود زنده انجام شدنی هستند را زیاد می‌کند.بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز سلول ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات نتواند تأمین شود. آنزیم‌هایی مثل آمیلاز بزاق، لیپاز که در دستگاه گوارش عمل می‌کنند از یاخته‌هایی ترشح می‌شود و در خارج سلول عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های موثر در تنفس سلولی، فتوسنتز، همانندسازی و رونویسی، درون سلول فعالیت می‌کنند. البته آنزیم‌هایی مثل پمپ سدیم پتاسیم فعالیت خود را در غشاء انجام می‌دهند.

ساختار آنزیم‌ها

بیشترآنزیم‌ها پروتئین‌هستند. آنزیم ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**[2] دارند.جایگاه فعال بخشی است اختصاصی در آنزیم که پیش ماده در آن قرار میگیرد . ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند **پیش ماده**[3] و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند **فراورده**[4] خوانده می‌شوند. شکل ۲۱



شکل ۲۱ – طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت وسازی (تجزیه وترکیب)

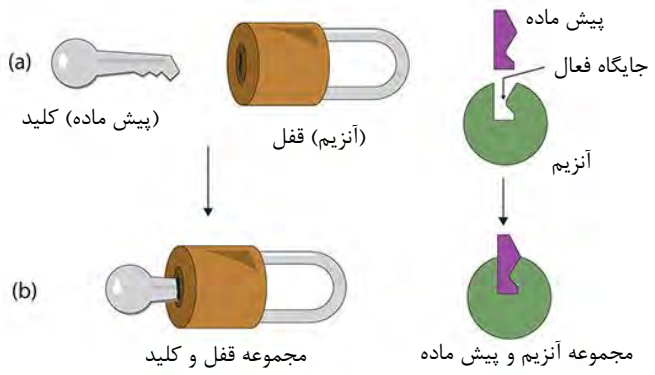
بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانندآهن، مس ویا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می تواند جلوی فعالیت آنزیم ها را بگیرد . این مواد به جای پیش ماده در جایگاه فعال آنزیم قرار می گیرند و مانع فعالیت آنزیم می شوند . بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می شوند .

1- Metabolism
2- Active site
2- Substrate
4- Product

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش ماده خاص مؤثر است . شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد. این حالت شبیه به جفت شدن قفل و کلید است. شکل ۲۲



شکل۲۲ شباهت آنزیم و پیش ماده به قفل و کلید

آنزیم‌ها در واکنش‌های مختلف شرکت می‌کنند‌در همه سرعت واکنش را زیاد می کنند امّا در پایان همه واکنش‌ها دست نخورده باقی می مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند.البته به مرور مقداری از آن از بین می روند .

عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها

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

اسیدیته محیط: اسیدیته بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است مثلاً اسیدیته خون حدود ۷/۴ است. خارج از این محدوده، اسیدیته ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد.

هر آنزیم در یک اسیدیته ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن اسیدیته بهینه گویند مثلاً پپسین که از معده ترشح می‌شود اسیدیته بهینه آن ۲ است در حالی که آنزیم هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شود اسیدیته بهینه ۸ دارند. تغییر اسیدیته باعث تغییر شکل آنزیم شده و امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین می رود در نتیجه میزان فعالیت آن نغییر میکند .

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

فعالیت

- گفته می شود تب بالا خطرناک است ، بین این مسئله و فعالیتن آنزیم ها چه ارتباطی می بینید؟

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

- با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد.

بیشتر بدانید

باکتری‌های مقاوم به گرما

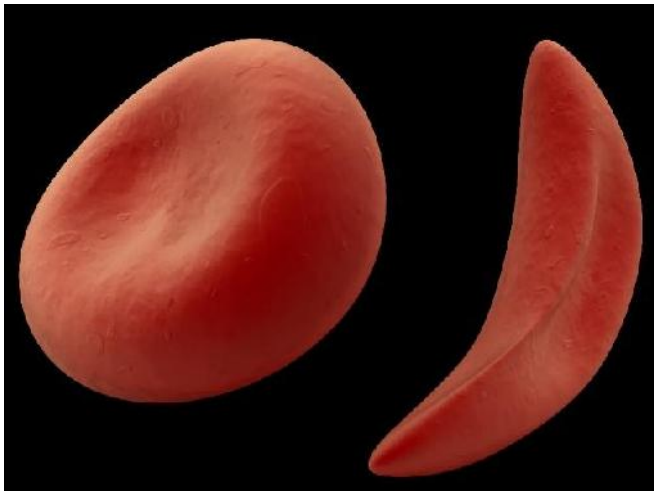
بعضی باکتری‌های در چشمه آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه بیشترین فعالیت را دارند.

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

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

فصل۲ : جریان اطلاعات در یاخته



تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچه سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام **کم‌خونی داسی‌شکل**[1] است. علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین آن دچار تغییر شود و در نتیجه شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی‌شکل تغییر کند . این تغییر ژنی بسیار جزیی است و در آن تنها یک جفت از هزاران جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته‌است. این بیماری همچنین نوعی رابطه بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. اطلاعات ژن‌ها چگونه در یاخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته‌ها نیز وجود دارد؟چرا بعضی ژن‌ها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز بروز می‌کند و مثلا در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کند؟ این موارد نمونه پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آن‌ها پاسخ داده می‌شود. در این فصل به رابطه بین ژن‌ها و فرآورده‌های آنها، علت و نحوه بروز یا عدم بروز بعضی ژن‌ها می‌پردازیم.

[1] Sickle cell anemia

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار۱: رونویسی از مولکول دناDNA

در فصل گذشته دیدید که واحـد سازنده‌ی مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلی‌پپتیدها از آمینواسید تشکیل شده‌اند. چون دستورالعمل ساخت پلی‌پتپیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی‌پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پروتئین را تعیین می‌کند؟

آموختیدکه ، در مولکول دنا، ٤ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. درحالی‌که پلی‌پتپیدها از۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده‌اند. پس از پژوهشهایی، مشخص شد که هر توالی۳تایی از نوکلئوتیدهای دنا، معادل نوعی آمینواسید است. توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی دنا، ٦٤ حالت ایجاد می‌کنند که می توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع امینواسید را داشته باشند. منظور از **رمز**، مجموعه نشانه‌هایی است که برای ذخیره یا انتقال اطلاعات استفاده می‌شود. مثلا حروف الفبای فارسی نوعی رمز هستند. با توجه به تعداد رمزها و تعداد آمینواسیدها مشخص است که برخی آمینواسیدها می‌توانند بیش از یک رمز داشته باشند.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

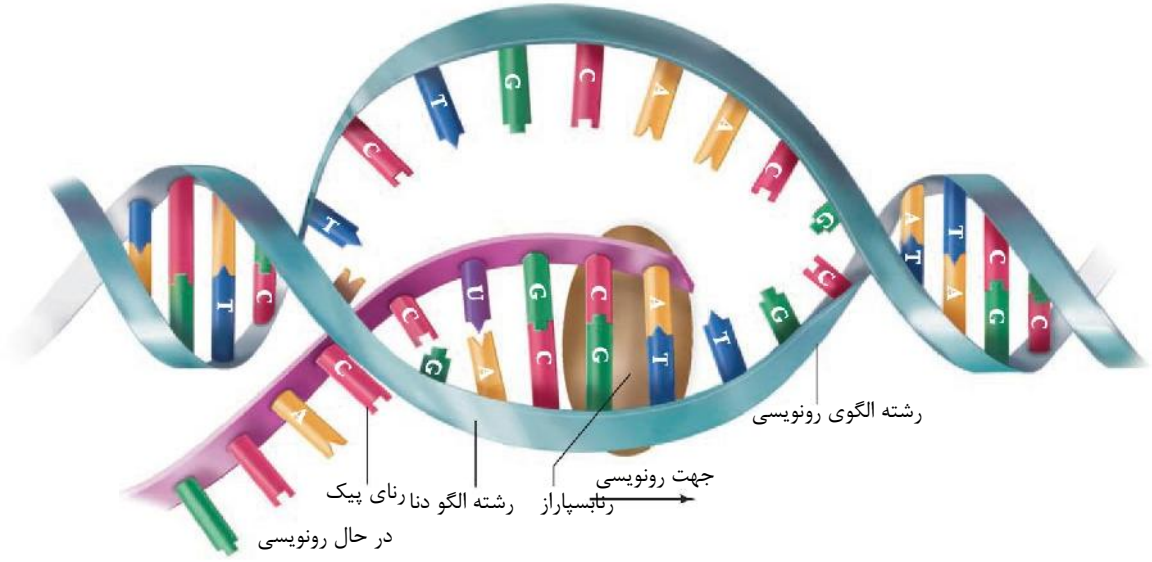
می‌دانید که ساخت پروتئین‌ها توسط رناتن‌ها (ریبوزوم‌ها) انجام می‌شود. در یاخته‌های دارای هسته، ریبوزوم‌ها در هسته حضور ندارند و بنابراین فرآیند ساخت پروتئین در هسته انجام نمی‌شود. در این یاخته‌ها، با وجود نقش اساسی دنا برای ساخت پروتئین‌ها، دنا هم از هسته خارج نمی‌شود. حال این سوال پیش می‌آید که دستورات ساخت پروتئین چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟

پاسخ در مولکول رنا است. در واقع انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می‌شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، **رونویسی**[1] گفته می‌شود.شکل ۱

[1] transcription

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱-طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

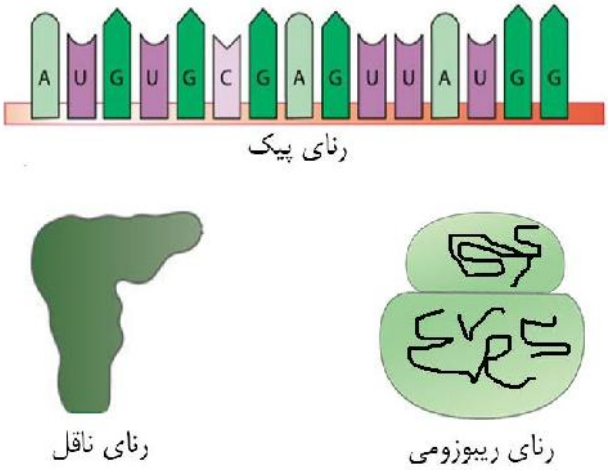
اساس رونویسی شباهت زیادی با همانندسازی دنا دارد. در این فرآیند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در چرخه یاخته‌ای یکبار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود.همانطور که میدانید انواعی از رِنا در فرایند رونویسی ساخته می شود .

فرایند رونویسی به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی رنابسپاراز (RNA پلی‌مراز[1]) نام‌گذاری می‌کنند.

در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در یوکاریوت‌ها، انواعی از رنابسپاراز ، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند. مثلا رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز۳ و رنای ریبوزومی توسط رنابسپاراز۱ ساخته می‌شود.

[1] RNA Polymerase

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل ۲- انواعی از رنا در یاخته

مراحل رونویسی

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

مرحله آغاز[1]

در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشته‌ی آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای این که رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می‌کند و بر روی آن قرار می‌گیرد. به این توالی، **راه‌انداز[2]** گفته می‌شود. این توالی‌ها مانند باند فرود، برای فرود صحیح هواپیما است. راه انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و رونویسی را آغاز کنند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز می شود و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته‌می‌شود. نحوه عمل رنابسپاراز به صورتی 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 متصل می‌کند.

مرحله طویل شدن[3]

در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجه آن رنا طویل می‌شود. همچنان‌که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و چندین نوکلئوتید عقب‌تر رشته رنا از دنا جدا

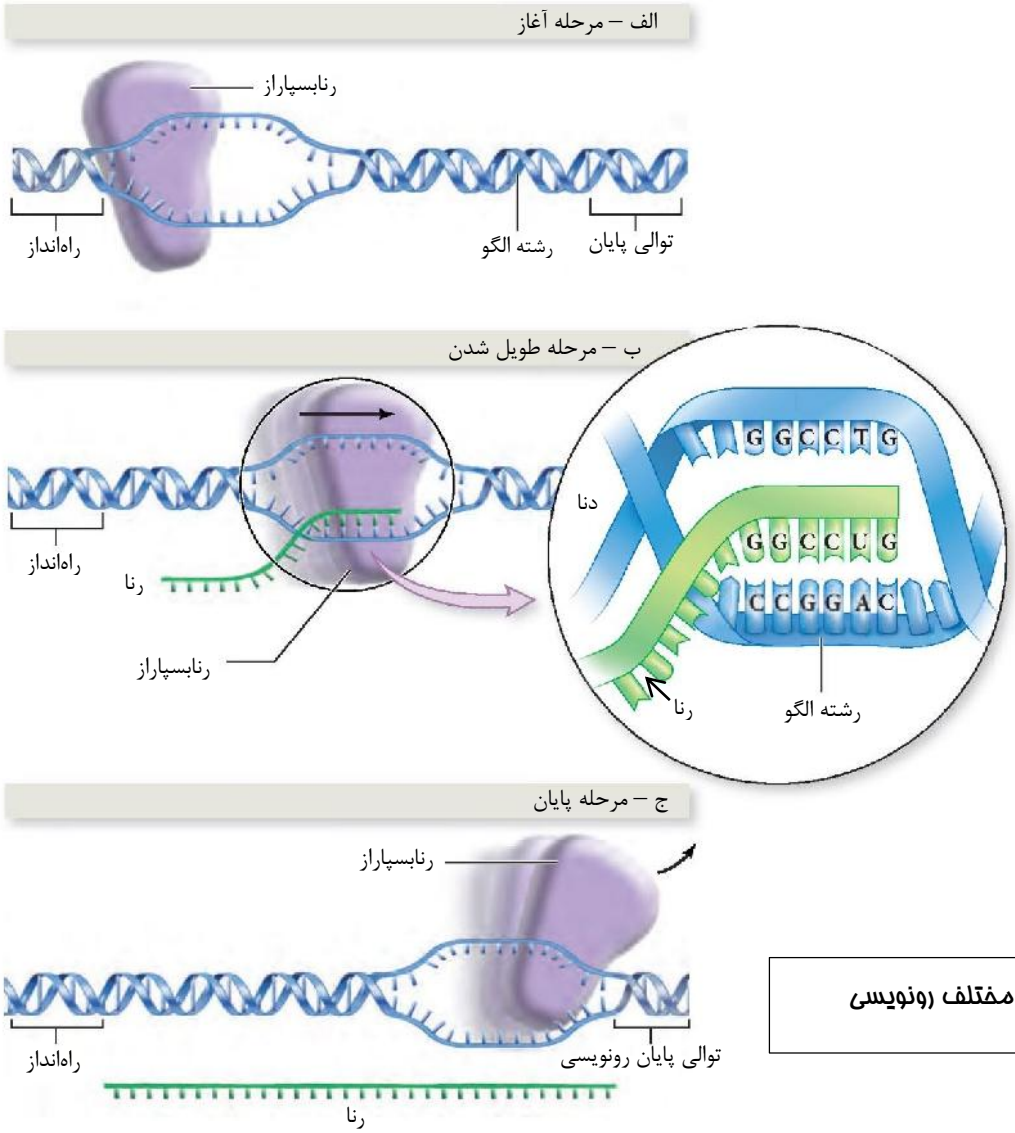
[1] Initiation
[2] Promoter
[3] Elongation

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

می‌شود و دو رشته‌ی دنا مجدداً به هم می‌پیوندند. بنابر این در محل رونویسی و نواحی مجاور آن‌ها حالتی شبیه حباب ایجاد می‌شود که به سوی انتهای ژن پیش می‌رود (شکل ۳)

مرحله پایان[1]

در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می‌شوند. در این محل‌ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشته‌ی دنا به هم متصل می‌شوند.



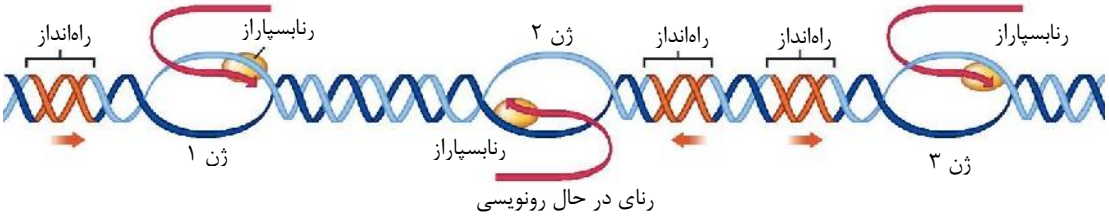
شکل ۳- مراحل مختلف رونویسی

همان‌طور که گفته‌شد، ژن بخشی از مولکول دنا دو رشته‌ای است ولی رنا از روی هردو رشته آن رونویسی نمی‌شود. به نظر شما رنای رونویسی شده از دو رشته دنا نسبت به هم چگونه‌اند؟ مسلما پروتئین ساخته‌شده از روی این دو رشته رنا بسیار متفاوت خواهد بود. حال پرسش این است که کدام رشته در هر مولکول دنا

[1] Termination

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

مورد رونویسی قرار می‌گیرد. پاسخ این است که برای هر ژن یکی از دو رشته همیشه مورد رونویسی قرار می گیرد همان‌طور که در شکل ٤ می‌بینید رشته دنای مورد رونویسی برای سه ژن نشان داده شده متفاوتند. به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است رشته **الگو**[1] می‌گویند. به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، رشته **رمزگذار** گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که ساخته می‌شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوتهایی می‌تواند داشته باشد؟پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است. مثلا به جای نوکلئوتید تیمین‌دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.



شکل ۴: همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، برای هر ژن یکی از دو رشته الگو قرار میگیرد که این بخش ممکن است در هر یک از دو رشته دنا باشد.

رناهای ساخته شده دچار تغییر می‌شوند.

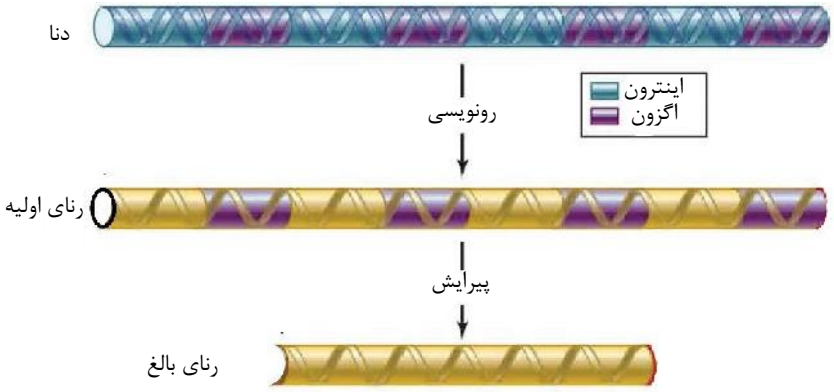
چند دهه قبل پژوهشگران دریافتند که در سلولهای یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد. بعدها مشخص شد که این تغییرات در بسیاری دیگر رناها وجود دارد. بنابراین معلوم شد که این مولکول‌ها برای انجام وظایف خود دستخوش تغییرات می‌شوند.

تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. افزوده شدن بخش‌هایی به ابتدا و انتهای رنا، از جمله این تغییرات هستند. تغییر دیگری که پس از رونویسی در یوکاریوت‌ها متداول است، حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده، جدا می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یک پارچه می‌سازند. به این فرآیند **پیرایش**[2] گفته می‌شود(شکل ۵).

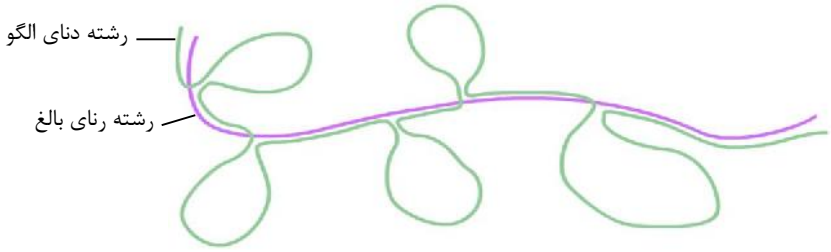
[1] Template
[2] splicing

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل ۵- پیرایش در رنا

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشته‌ی الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافتند که بخشهایی از دنای الگو با رنای رونویسی‌شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند، ولی بخش‌هایی فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرد. به این نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **اینترون**[1] می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آن‌ها حذف نمی‌شوند **اگزون**[2] گفته می‌شود(شکل٦). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، دارای اینترون است. به این رنا، **رنای نابالغ** یا **اولیه**[3] گفته می‌شود. پس از پیرایش رنای **بالغ**[4] رونوشت اینترون ندارد.



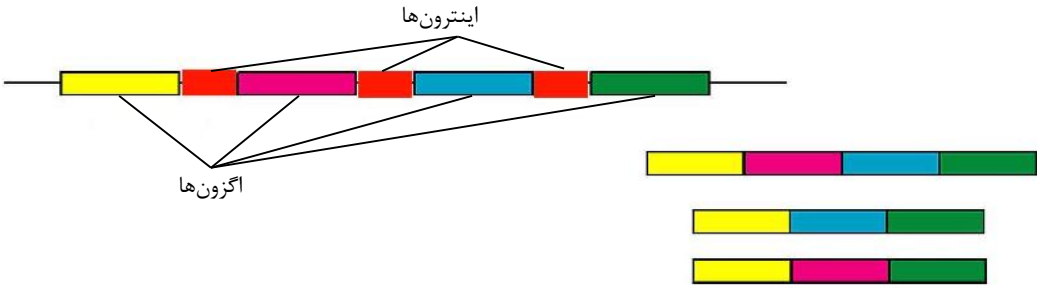
شکل ۶- طرح ساده ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن

[1] Intron
[2] Exon
[3] Precursor mRNA (pre-mRNA)
[4] Mature messenger *RNA*

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

پیرایش‌های مشابه و متفاوت

ژنهای سلول‌های پیکری یک انسان یکسان است که علت آن همانندسازی یکسان و تقسیم دقیق ماده وراثتی بین سلولهای در حال تقسیم است. ولی در بدن یک فرد لنفوسیت‌ها قادرند گیرنده‌های آنتی ژنی با تنوع بی‌شمار تولید کنند که همه آن‌ها از ژنهای یکسانی ایجاد شده‌اند. علت این تنوع، تفاوت در پیرایش‌های یک ژن است. پیرایش‌های متفاوت از یک ژن منجر به ساخته شدن رناهای مختلف می‌شود که می‌تواند پلی‌پتپیدهای متفاوتی را ایجادکند. در پیرایش حتی ممکن است بخش‌های اگزون یک رونوشت به بخشهایی از اگزون‌های رونوشت دیگر متصل شود و بر گوناگونی محصول اضافه کند (شکل ۷)



شکل ۷-پیرایش‌های متفاوت یک ژن: با کنار هم قرار گیری متفاوت اگزون ها، ترکیب‌های متفاوتی حاصل می‌شود.

نقش زیستی اینترون‌ها و اگزون‌ها

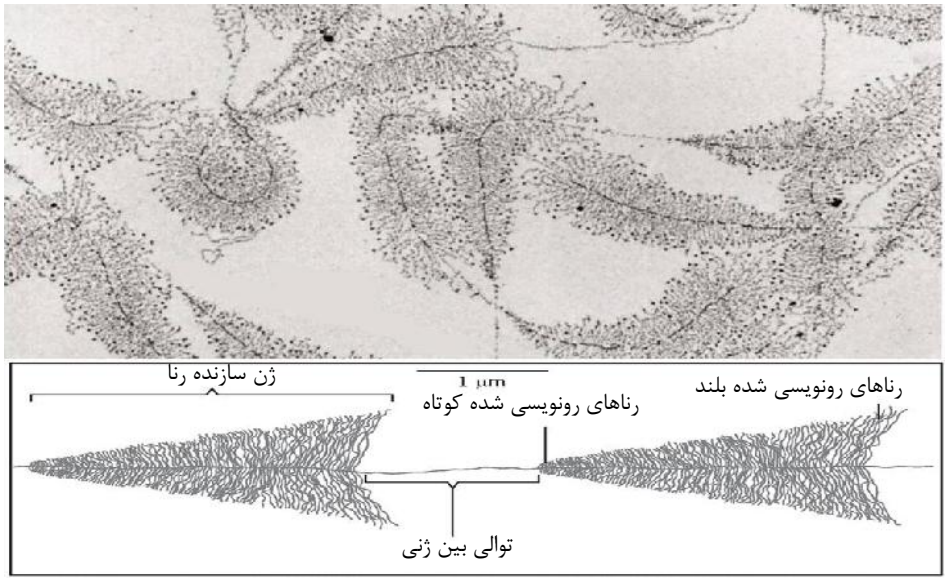
اندازه اینترون‌ها ممکن است بخش عمده‌ای از رنای اولیه را تشکیل دهد که در رنای بالغ حذف شده است. پس نقش زیستی این اجزا در یاخته چیست؟

به نظر می‌رسد یکی از نقش‌های اینترون تنظیم رونویسی و در نتیجه تعداد رونوشت‌ها است. با افزایش تعداد و اندازه اینترون‌ها، رونویسی از ژن‌ها بیشتر طول می‌کشد در نتیجه محصول کمتری تولید می شود . همان‌طور که در مورد پادتن‌ها دیدید، نقش دیگر اینترون‌ها، ایجاد تنوع در محصول است که نتیجه پیرایش متفاوت رنای پیک است. نقش دیگری که برای اینترون‌ها در نظر می‌گیرند، کاهش آسیب های موثر به دِنا است زیرا برخی آسیب ها ممکن است در محل اینترون‌ها رخ دهند. که با حذف آن‌ها، اثری نخواهند داشت .

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

شدت و میزان رونویسی

به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فرآورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای ریبوزومی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعالند زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رِنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، همزمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. چون در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازه کوچک به بزرگ دیده می‌شود. (شکل ۸)



شکل ۸- ساخته‌شدن همزمان چند رنا از روی یک ژن

www.DarsYad.ir

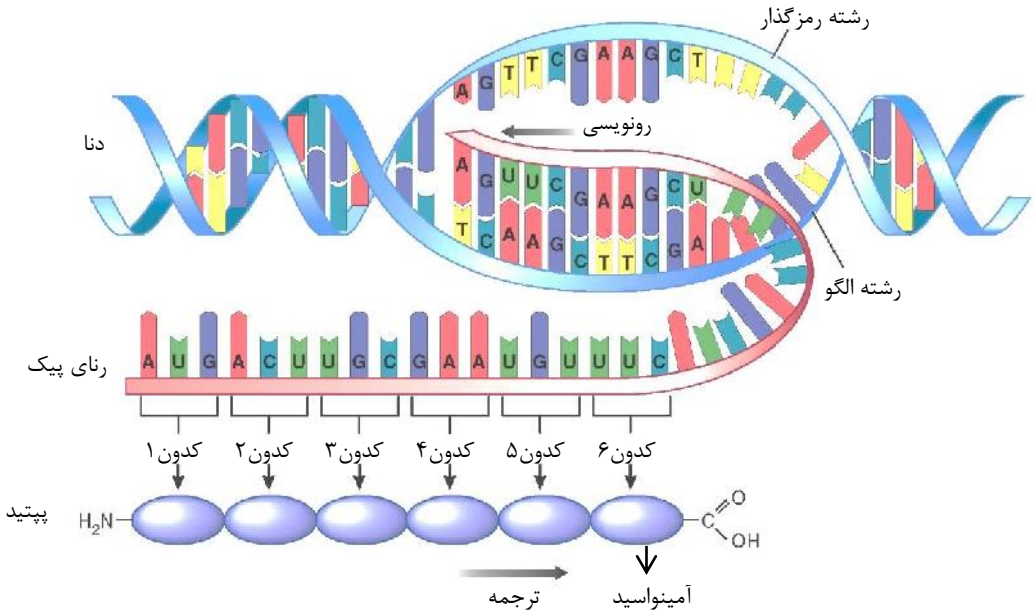
www.Darsyad.ir

گفتار ۲: بسوی پروتئین

اصلی‌ترین محصول ژن‌ها را می‌توان پروتئین دانست. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام میدهند که پیش از این با برخی از آن‌ها آشنا شده‌اید. این که چگونه ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوه تبدیل اطلاعات وراثتیِ رنا به پروتئین می‌پردازیم.

تبدیل زبان نوکلئیک‌اسیدی رنا به پلی‌پپتیدی

دانستید که در فرآیند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شوند که هردو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پروتئین‌ها، آمینواسید وجوددارد. به ساخته‌شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنا، **ترجمه**[1] گفته می‌شود. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. شکل۹



شکل ۹

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینوآسیدها باید در ساختار پروتئین قرار بگیرد. به رمزهای ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک، **رمزه** (کدون)[2] گفته می‌شود. در یاخته ٦٤ نوع کدون وجود داردکه انواع آن و آمینواسیدهای مربوط به آن را در جدول ۱ می‌بینید. نکته قابل توجه این است که کدون آمینواسیدها در جانداران یکسانند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

[1] Translation
[2] Codon

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

کدونهای UAA، UGA و UAG هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به اینها **کدون پایان** می‌گویند، زیرا حضور این کدونها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **کدون آغاز** یا AUG کدونی است که ترجمه از آن آغاز می‌شود.این کدون معرف آمینواسید میتونین نیز هست.

First letter	Second letter: U	C	A	G	Third letter
U	UUU, UUC Phenyl-alanine; UUA, UUG Leucine	UCU, UCC, UCA, UCG Serine	UAU, UAC Tyrosine; UAA Stop codon; UAG Stop codon	UGU, UGC Cysteine; UGA Stop codon; UGG Tryptophan	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG Leucine	CCU, CCC, CCA, CCG Proline	CAU, CAC Histidine; CAA, CAG Glutamine	CGU, CGC, CGA, CGG Arginine	U C A G
A	AUU, AUC, AUA Isoleucine; AUG Methionine; start codon	ACU, ACC, ACA, ACG Threonine	AAU, AAC Asparagine; AAA, AAG Lysine	AGU, AGC Serine; AGA, AGG Arginine	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG Valine	GCU, GCC, GCA, GCG Alanine	GAU, GAC Aspartic acid; GAA, GAG Glutamic acid	GGU, GGC, GGA, GGG Glycine	U C A G

طرح سوال از این جدول مجاز نمی‌باشد.

جدول۱: انواع کدون و آمینواسیدهای مربوط به آن‌ها

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرآیند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. بر اساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست میشود. در ترجمه هم براساس کدونهای رنای پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه آمینواسیدها هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکولهای پر انرژی مانند ATP به دست می‌آید.

ساختار رنای ناقل

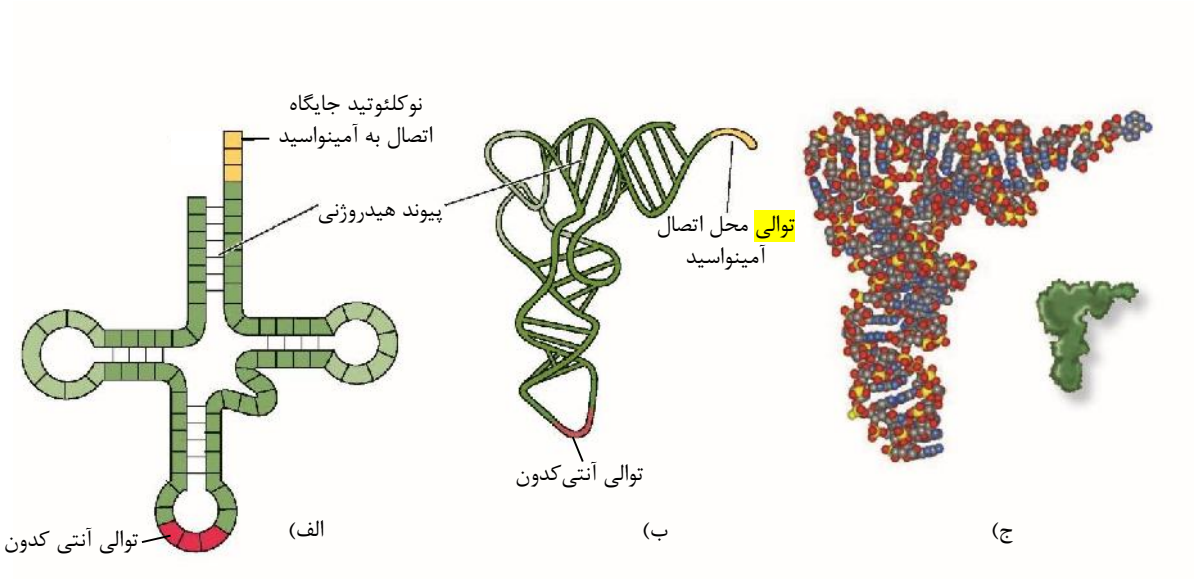
رنای ناقل مانند سایر رناها پس از رو نویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل، پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد و ساختاری به نام ساختار **سنجاق سر**[1] (شکل ۱۰) ایجاد می‌کند. رنای ناقل در حالت فعال تاخوردگی‌های مجددی پیدا می کند که ساختار سه‌بعدی یا L مانند را به وجود می‌آورد. در این ساختار

[1] hairpin loops

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

دو بخش وجود دارد، یکی محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه**(آنتی‌کدون)[1] است.(شکل ۱۰ب) به نظر شما علت این نامگذاری چیست؟ هنگام ترجمه این توالی با توالی کدون مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.(شکل ۱۰)



شکل ۱۰: الف- ساختار سنجاق سر ب- ساختار ـامانند در رنای ناقل ج- مدل مولکولی رنای ناقل

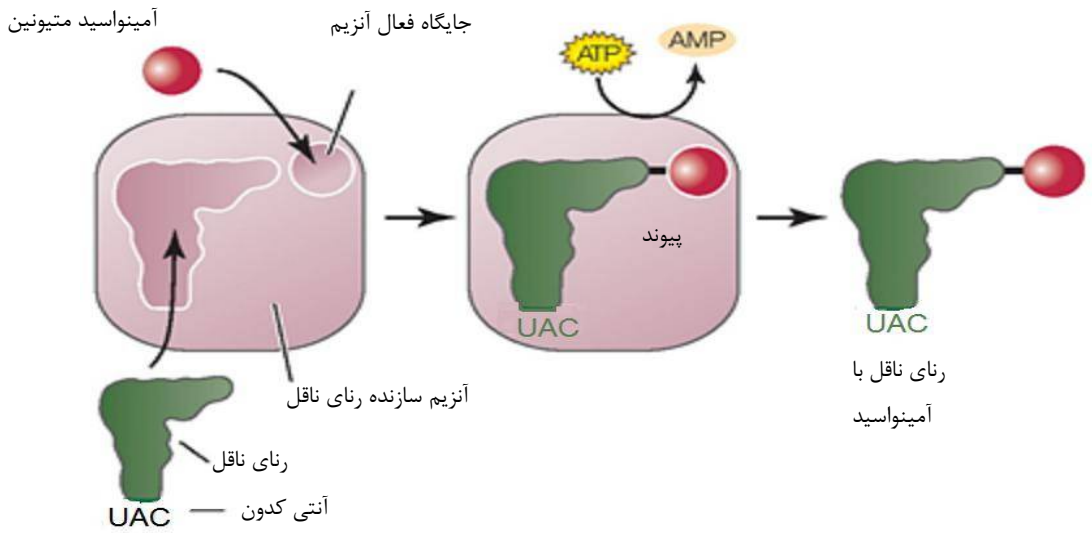
رناهای ناقل به جز در ناحیه آنتی‌کدونی در همه انواع توالی یکسانی دارند. انتظار این است که به تعداد انواع کدون‌ها، آنتی‌کدون وجود داشته باشد ولی تعداد انواع آنتی‌کدون‌ها کمتر از کدون‌ها است. مثلا برای کدونهای پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

نحوه عمل رنای ناقل: در یکی از دو انتهای رنای ناقل، نوکلئوتیدی وجود دارد که به آمینو اسید متصل می‌شود. حال سوال این است که آیا هر ۲۰ نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش متغیر آنتی‌کدون چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی آنتی کدون، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کند. یعنی آنزیم با تشخیص آنتی کدون در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند . (شکل ۱۱)

[1] Anticodon

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

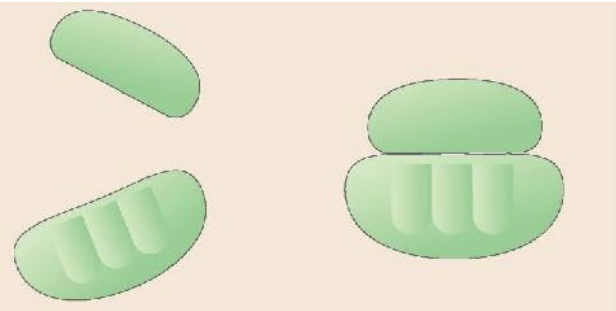


شکل۱۱: نحوه پیوستن آمینواسید به رنای پیک مربوط به خود

حال بر اساس آنچه تاکنون درباره کدون‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی آنتی‌کدونی می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

ساختار ریبوزوم

ریبوزوم‌ها از دو زیر واحد تشکیل شده‌است(شکل۱۲). هر زیر واحد هم از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد دارید که رنای ریبوزومی توسط کدام رنابسپاراز ساخته می‌شود؟ پروتئینهای ریبوزمی ساخته شده و رنای مربوط به آن‌ها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ ریبوزوم را می‌سازد. ریبوزوم در ساختار کامل سه جایگاه به نام A و P و E دارد که با هریک از آن‌ها در ادامه آشنا خواهیم شد.



شکل۱۲: ترتیب قرارگیری زیرواحدهای ریبوزوم

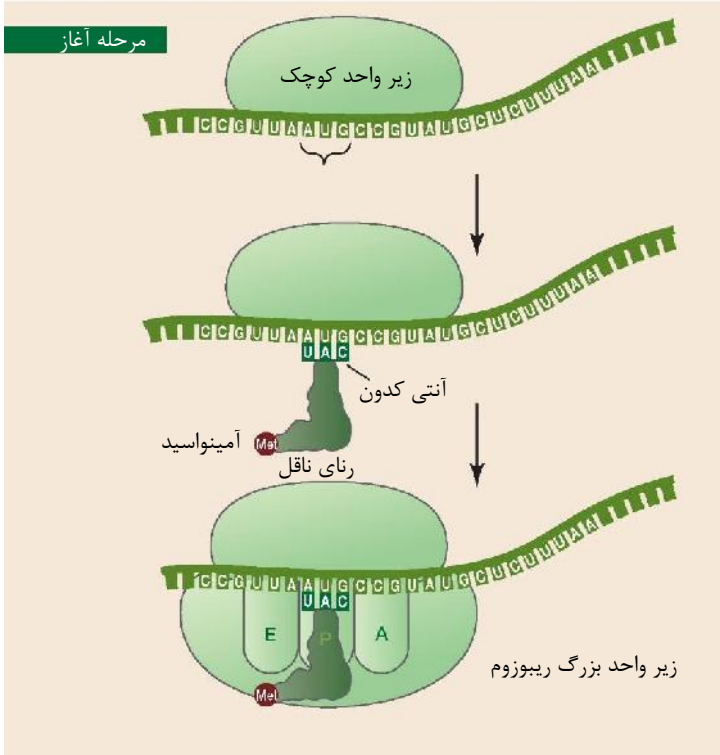
www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

مراحل ترجمه

ترجمه نیز فرآیندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله‌ی **آغاز**[1]، **طویل شدن**[2] و **پایان**[3] تقسیم می‌کنند.

مرحله آغاز

در این مرحله بخش‌هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک ریبوزوم را به‌سوی کدون آغاز هدایت می‌کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل کدون آغاز است به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ ریبوزوم به این مجموعه، ساختار ریبوزوم کامل می‌شود.



جایگاه P در ریبوزوم، محل قرار گیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقلی که حامل متیونین است اشغال می‌شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می‌شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می‌شود و جایگاه A و E خالی می‌ماند.(شکل ۱۳)

شکل۱۳: مرحله آغاز ترجمه

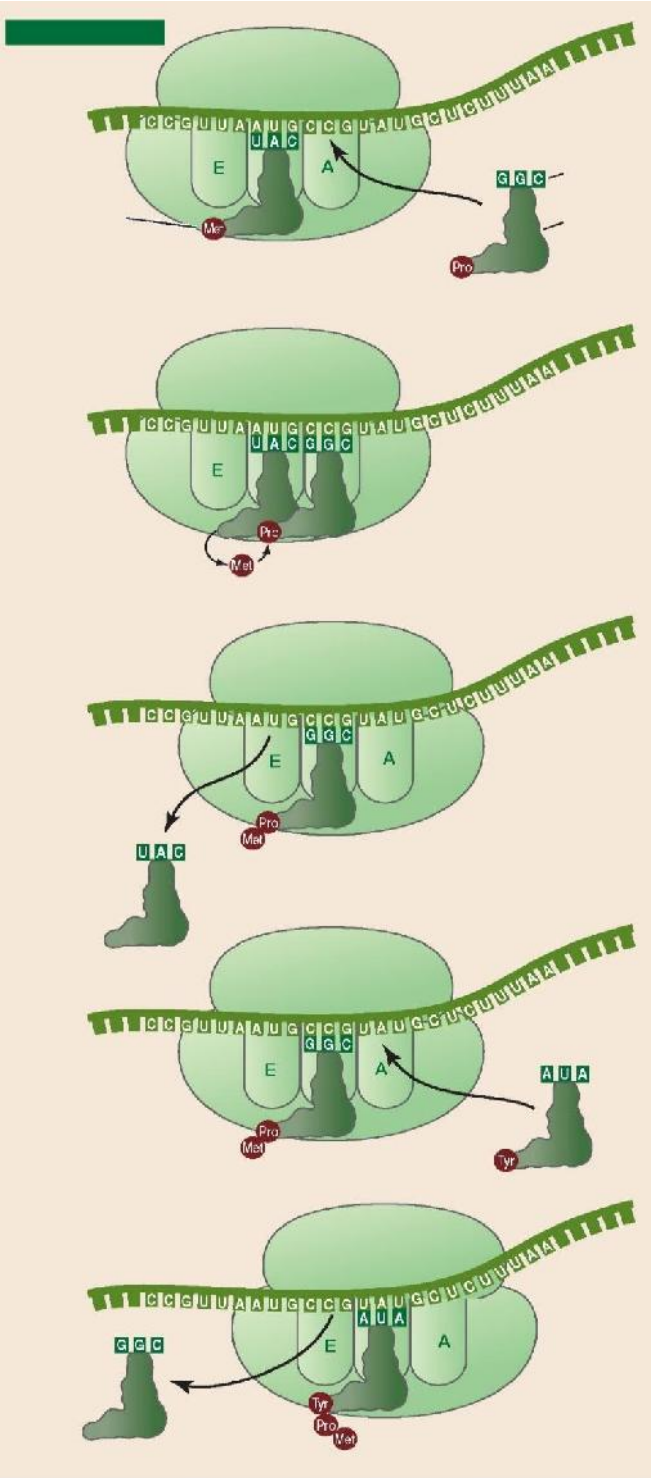
مرحله طویل شدن

در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A ریبوزوم شوند ولی فقط رنایی که مکمل کدون جایگاه A است استقرار پیدا می‌کنددر غیر اینصورت جایگاه را ترک می کند . سپس آمینواسیدِ جایگاه P از رنای ناقل خود جدا شده و با آمینواسید جایگاه A پیوند بر قرار می‌کند. آیا می‌دانید پیوند

[1] Initiation
[2] Elongation
[3] Termination

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

حاصل چه نام دارد؟ پس از آن ریبوزوم به اندازه یک کدون به سوی کدون پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل پپتید است در جایگاه P قرار می‌گیرد و جایگاه A خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود.این فرایند بارها تکرار می‌شود و طول رشته آمینواسیدی بیشتر می‌شود تا ریبوزوم به یکی از کدون‌های پایان برسد. شکل ١٤



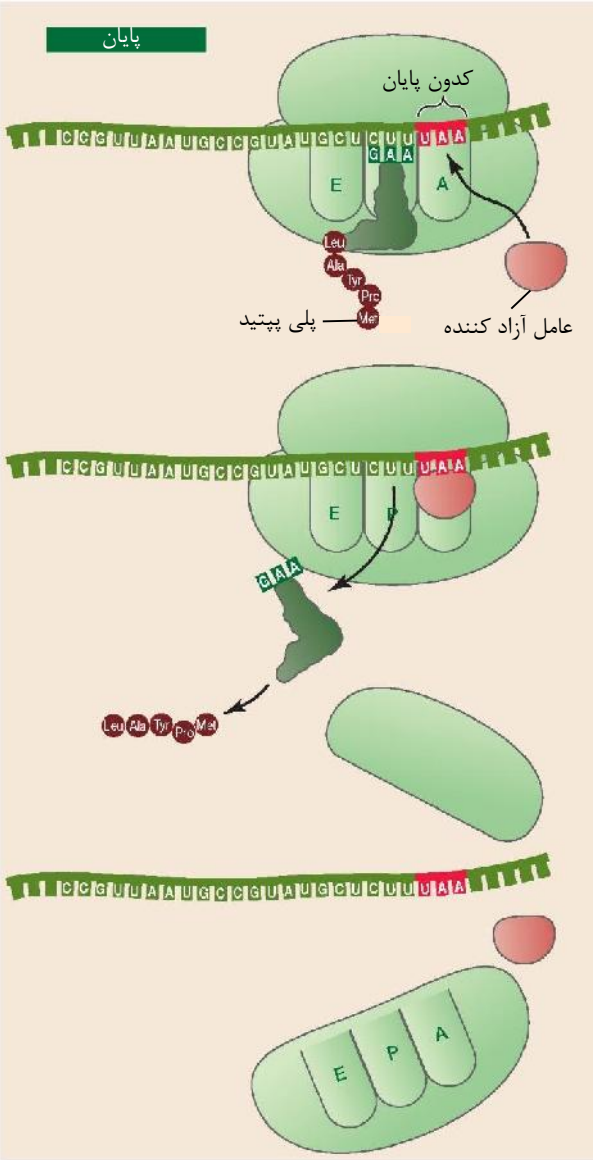
طرح سوال از توالی‌های کدون و آنتی‌کدونی و آمینواسیدهای مربوط به آن‌ها در کلیه آزمونها مجاز نمی‌باشد.

شکل١٤: مرحله طویل‌شدن ترجمه

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

مرحله پایان

با ورود یکی از کدون‌های پایان ترجمه به جایگاه A چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام **عامل آزادکننده**[1] اشغال می‌شود. این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شود. هم چنین این پروتئین‌ها باعث جدا شدن زیر واحدهای ریبوزوم از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. ریبوزوم‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود. شکل ۱۵



طرح سوال از توالی‌های کدون و آنتی‌کدونی و آمینواسیدهای مربوط به آن‌ها در کلیه آزمونها مجاز نمی‌باشد.

شکل۱۵: مرحله پایان ترجمه

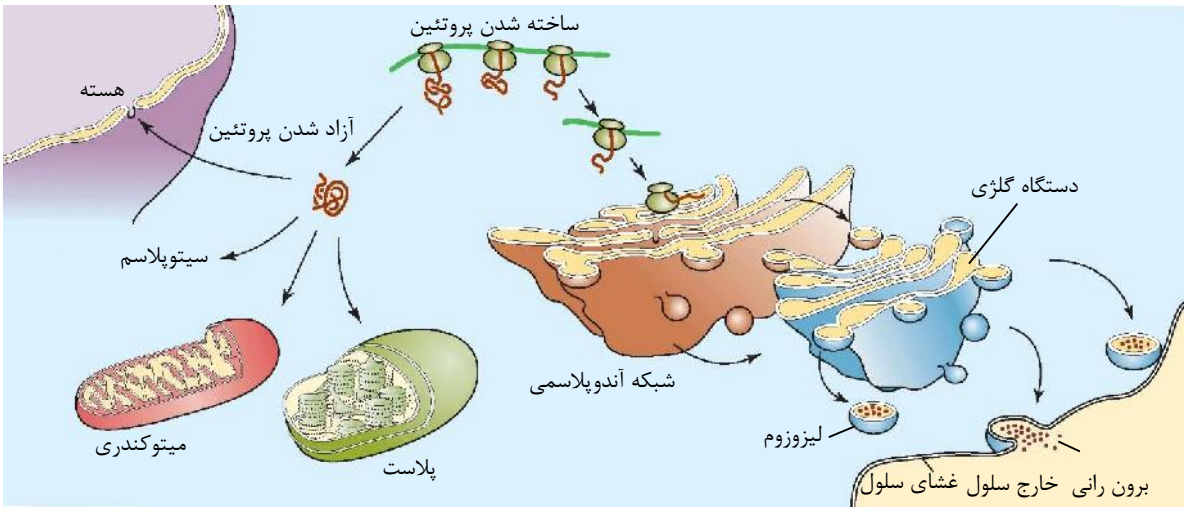
[1] Release Factor

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ممکن است ساخته شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که ریبوزوم‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

پروتئین‌های ساخته شده سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول ولیزوزوم بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم مانده و یا به میتوکندری و پلاستها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند. شکل۱٦



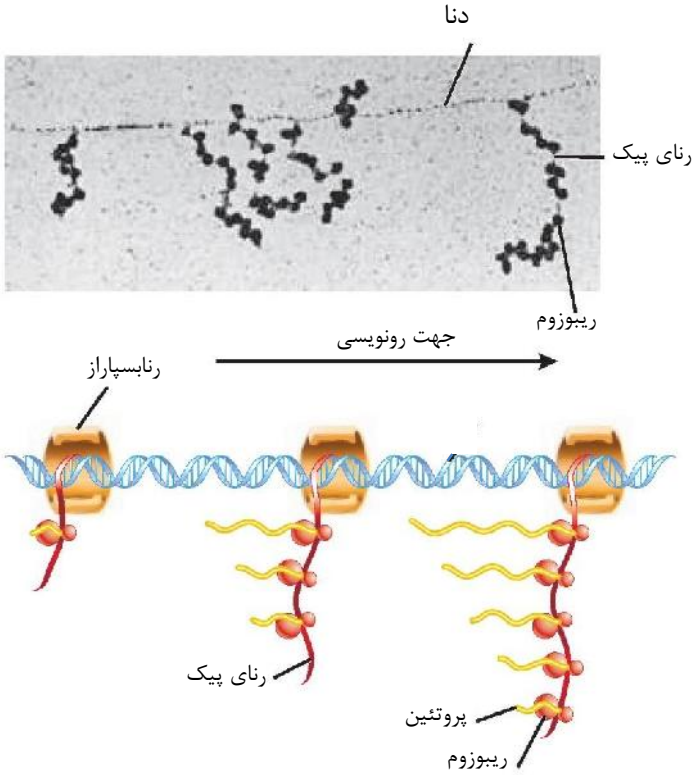
شکل ۱٦: سرنوشت پروتئین‌های ساخته‌شده

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها پروتئین‌سازی حتی پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز می‌شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئینهایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به طور همزمان و توسط چندین ریبوزوم آغاز می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته‌شود. به این مجموعه ریبوزوم‌ها **پلی‌ریبوزوم**[1] گفته می‌شود(شکل ۱۷) . در این مجموعه، ریبوزوم‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی ریبوزوم‌ها به پروتئین‌سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

[1] Polyribosome

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل ۱۷: ریبوزوم‌هایی که همزمان از یک رنا رونویسی می‌کنند

تجمع ریبوزوم‌ها در یاخته های یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در یاخته‌های یوکاریوتی ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد بنابراین فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی وجود دارد. این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود. مثلا آموختید که گویچه‌های قرمز انسان هنگام بلوغ هسته‌ی خود را از دست می‌دهند و بنابر این ساخت رنای پیک در گویچه قرمز بالغ انجام نمی‌شود. درحالی‌که ساخت پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین، در این یاخته‌ها ادامه دارد.

فعالیت:

۱- چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین‌سازی آن‌ها برقرار است؟

۲- رونویسی و ترجمه در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

گفتار ۳ تنظیم بیان ژن[1]

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم میتوز یاخته تخم ایجاد می‌شوند. یاخته‌های حاصل، از نظر کروموزومی و ژن‌ها یکسانند. با این حال در ادامه تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می‌دهند. مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سوال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟ پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژنها فعالند و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد می‌گوییم آن ژن بیان شده است و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش است و می‌گوییم بیان نمی‌شود. مقدار، مدت و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد. به فرآیندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرآیندهای تنظیم بیان ژن می‌گوییم. تنظیم بیان ژن فرآیندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند. تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد. مثلاً در گیاه، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور ژن بیان نمی‌شود. هم‌چنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود.که به آن تمایز گفته می شود . یاخته‌های متفاوتی که از مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فرا گرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های تمایز یافته حاصل از مغز استخوان را نام ببرید؟

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است؛ بنابراین تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌کند. 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 رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

[1] Regulation of gene expression

www.Darsyad.ir

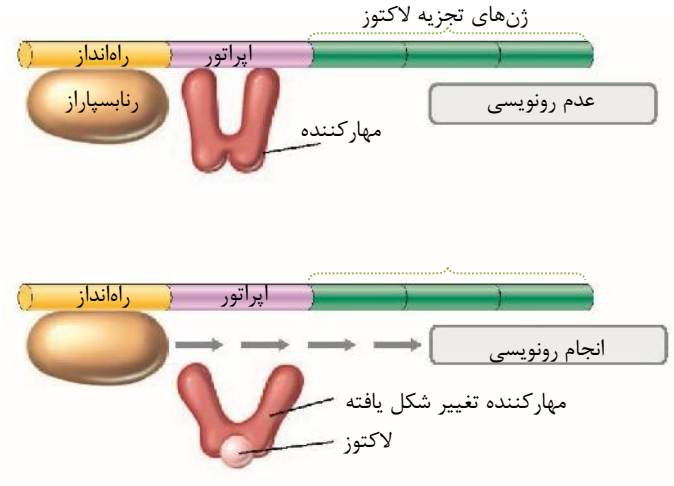
www.DarsYad.ir

تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم در اثر عواملی، اتصال و فعالیت رنابسپاراز به توالی راه انداز جلوگیری و یا کمک می‌شود و در نتیجه رونویسی ژن ممانعت یا تسهیل شود. مثلا با اتصال پروتئینهای خاصی به راه‌انداز، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونه این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام **اشرشیا کلای**[1] شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است. اگر این قند در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام **لاکتوز**[2] در اختیار باکتری قرار بگیرد باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند. چون این قند متفاوت از گلوکز است، آنزیم‌های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را بسازد و در نبود آن باید ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده متوقف شده یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می‌آید که باکتری چگونه می‌تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم‌های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن‌هایی که این آنزیم‌ها را می‌سازند چگونه روشن و یا خاموش می‌شوند؟ در پروکاریوت‌ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می‌شود.

تنظیم منفی رونویسی

در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنا بسپاراز به راه انداز ژن شروع می‌شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، **رونویسی انجام نمی‌شود**. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می‌شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام **مهارکننده**[3] است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به نام **اپراتور**[4] متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد.(شکل ۱۸–الف) حضور لاکتوز در محیط و سپس درون باکتری موجب تغییر شکل مهار کننده شده و آن را از اپراتور جدا کرده و یا مانع اتصال آن به اپراتور می‌شود. در نتیجه رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را



[1] Escherichia coli
[2] Lactose
[3] Repressor
[4] Operator

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

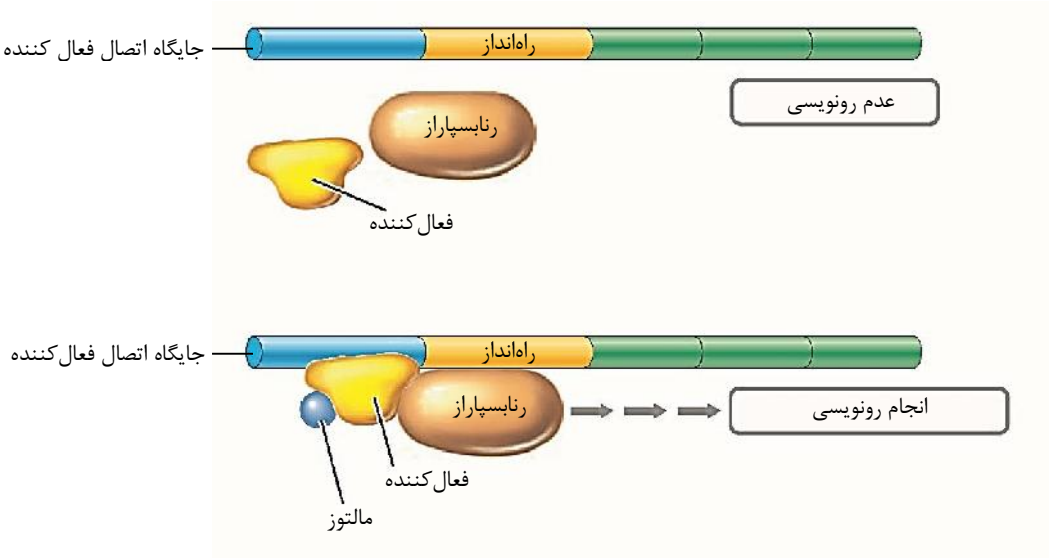
انجام دهد. محصولات این ژن‌ها تجزیه لاکتوز را ممکن می‌کند.(شکل ۱۸–ب)

شکل ۱۸: الف) عدم رونویسی ژن‌ها در غیاب لاکتوز ب) رونویسی ژن‌ها در حضور لاکتوز

تنظیم مثبت رونویسی

در این نوع تنظیم پروتئین‌های خاصی به رنا بسپاراز **کمک می‌کنند** تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند **مالتوز**[1] وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیه آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم‌ها ساخته نمی‌شوند چون باکتری نیازی به آن‌ها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن‌ها به صورت مثبت انجام می‌شود . در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام **فعال‌کننده**[2] وجود دارد که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها **جایگاه اتصال فعال‌کننده**[3] گفته می‌شود.(شکل۱۹–الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی تعیین می‌کند که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می‌شود.(شکل۱۹–ب)



شکل ۱۹: تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های موثر در تجزیه مالتوز

[1] Maltose
[2] Activator
[3] Activator Binding Site

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید.

در باکتری‌ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرآیند مرتبط به هم را کنترل می‌کند در واحدهایی به نام **اُپران**[1] قرار گرفته‌اند و بیان یا عدم بیان آن‌ها به طور هماهنگ انجام می‌شود. برای مثال برای جذب و تجزیه لاکتوز در باکتری اشرشیاکلای ۳ آنزیم مورد نیاز است که ژن‌های سازنده آن‌ها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی کنترل می‌شوند. به مجموعه این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن اپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریپتوفان است. ۵ ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک اپران قرار دارند.

بیشتر بدانید.

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت **القایی**[2] و **مهاری**[3] انجام می‌شود. در حالت القایی، حضور یک ماده موجب بیان ژن‌ها می‌شود. تنظیم بیان ژن در حضور لاکتوز مثالی از تنظیم منفی از نوع القایی است. در حالت مهاری، حضور یک ماده موجب خاموش شدن ژن و عدم بیان آن‌ها می‌شود. مثال این نوع تنظیم در مورد آمینواسید **تریپتوفان** دیده می شود. در باکتری اشرشیاکلای با حضور تریپتوفان، ژن‌هایی که در ساخت آن دخالت دارند خاموش می‌شوند . وقتی تریپتوفان در محیط نیست، این ژن‌ها روشن می‌شوند تا آنزیم‌های سازنده تریپتوفان ساخته شوند.

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته‌های یوکاریوتی توسط غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده یا یک علامت واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. ژن‌ها برخی در هسته و برخی در میتوکندری و پلاست‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر انجام یا عدم انجام آن فرایند نظارت داشته باشد بنابراین تنظیم بیان ژن می‌تواند در مراحل متعددی انجام شود.

[1] Operons
[2] Inducer
[3] Repressor

www.Darsyad.ir

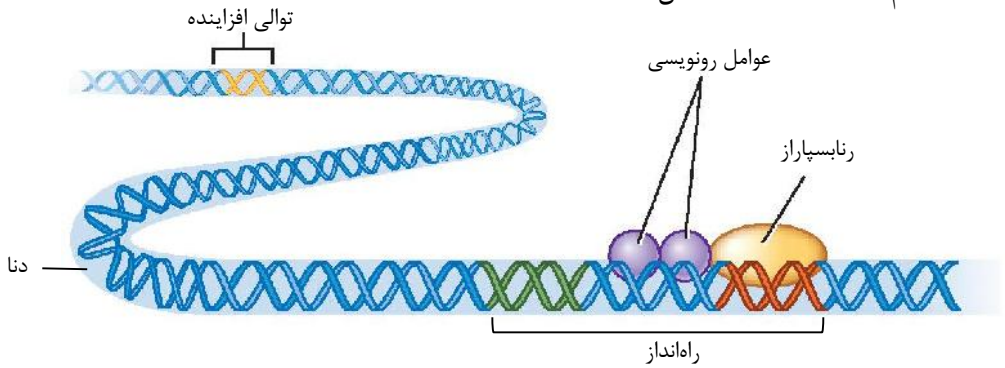
www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید.

بعضی ژن‌ها در یاخته‌ها به طور دائم بیان می‌شوند. ژن‌های سازنده اجزای ریبوزوم از این جمله‌اند این ژن‌ها رنای ریبوزوم و پروتئین‌های آن را می‌سازند . با توجه به نیاز یاخته‌های درحال تقسیم به تعداد زیادی ریبوزوم، این ژنها به طور دائم روشن هستند.

تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی

در یوکاریوت‌ها نیز مانند پروکاریوت‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز می‌شود. در یوکاریوت‌ها رنابسپاراز نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئینهایی به نام **عوامل رونویسی**[1] هستند. گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کند، چون تمایل پیوستن این پروتئین‌ها به راه‌انداز در اثر عواملی تغییر می‌کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می‌کند. توالی‌های راه انداز مثالی از این عوامل است. توالی راه‌اندازها در ژن های مختلف در بخش‌هایی متفاوتند. بنابراین تمایل عوامل رونویسی هم برای پیوستن به راه‌اندازهای مختلف هم متفاوت است. شکل ۲۰

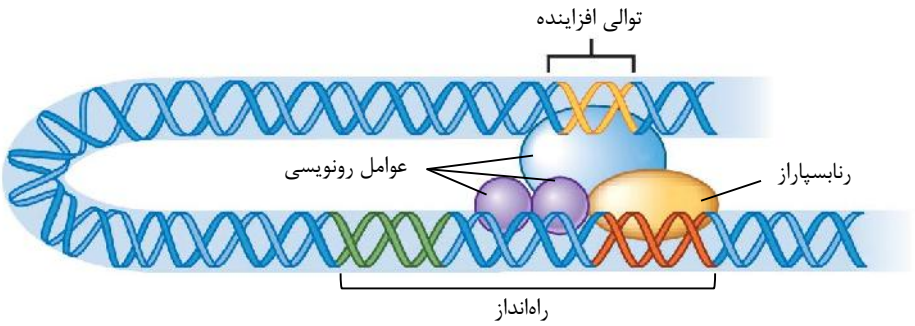


شکل ۲۰: تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

دریوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده**[2] متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در آن، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند. توالی‌های افزاینده متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین‌ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن موثر است. شکل ۲۱

[1] Transcription Factors
[2] Enhancer

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل ۲۱: توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

دریوکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا بعد از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک از جمله این موارد است. با اتصال این رناها، ار کار ریبوزوم جلوگیری می‌شود. در نتیجه عمل ترجمه متوقف شده و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

روش تنظیم دیگر در سطح کروموزومی است. به طور معمول بخش‌های فشرده کروموزوم کمتر در دسترس رنا بسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی کروموزوم در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند.

از روشهای دیگر تنظیم بیان ژن که قبلا توضیح داده شد، نقش احتمالی اینترون‌ها و طول عمر رنای پیک است. با افزایش تعداد و طول اینترون‌ها، پروتئین‌سازی زمان بیشتری می‌برد. افزایش طول عمر رنای پیک نیز موجب افزایش محصول می‌شود. این فرآیندها در کمیت و کیفیت پروتئین‌سازی موثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن موثرند که نحوه عمل بسیاری از آن‌ها ناشناخته است.

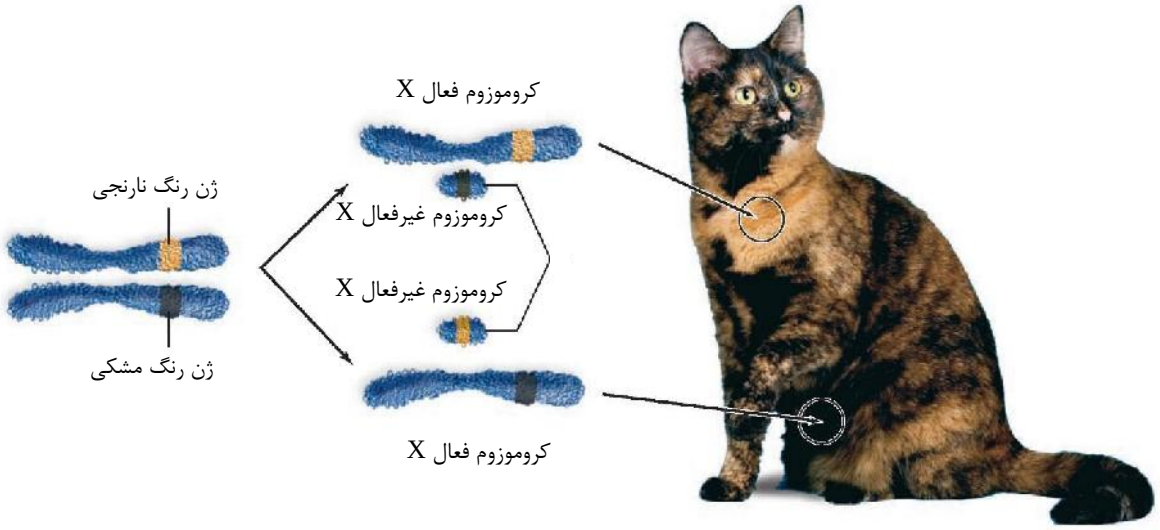
بیشتر بدانید

بیان ژن در طی مسیر تکاملی جاندار نیز، به روش‌های مختلفی ممکن است کاهش یا افزایش یابد. یکی از این روش ها افزایش تعداد ژن‌هایی است که به محصولات آنها به مقدار زیادی نیاز است. در این موارد ممکن است یاخته چندین کپی از یک ژن داشته باشد. در نتیجه رونویسی از تعداد بیشتری ژن انجام شود. این حالت موجب ساخت محصول بیشتر در زمان کمتر می‌شود. نمونه این ژن‌ها، ژنهای سازنده رنای ریبوزومی است. نوعی از این رنای ریبوزومی تعداد ۲٤۰۰۰ ژن در یک یاخته دوزیست دارد.

روش دیگر فعال یا غیر فعال کردن برخی کروموزوم‌ها مانندکروموزوم X در انسان است. چون در یاخته‌های پیکری زن دو نسخه از کروموزوم X و در مرد یک نسخه وجود دارد، برای بیان متعادل در دو جنس، یکی

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

از کروموزوم‌های X در یاخته‌های زن غیر فعال می‌شود تا ژن‌های آن بیان نشوند. در اثر این فرآیند ژن‌های کروموزوم X در زن و مرد، به یک نسبت بیان می‌شود.مثالی از بیان ژن‌های روی کروموزوم X و اثرات آن بر روی صفات را در تصویر زیر مشاهده می کنید.



www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

فصـــــــــــــل

انتقال اطلاعات در نسل‌ها

تصویر ورودی فصل - بعدا" اضافه می شود.

www.DarsYad.ir

شباهت بین فرزندان و والدین، گویای آن است که ویژگی‌های والدین به نحوی به فرزندان منتقل می‌شود. همچنین می‌دانیم که ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند و ویژگی‌های هریک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در DNA موجود در گامت‌ها قرار دارد به نسل بعد منتقل می‌شود.

پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان ،آمیخته ای از صفات والدین و حد واسطی از آن‌هاست. مثلا 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.

در اواخر قرن نوزدهم، زمانی که هنوز ساختار و عمل DNA و ژن‌ها معلوم نبود، دانشمندی به‌نام گریگور مندل توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کند. به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد. با توجه به شناخت شما از ساختار و عمل DNA ، در این فصل با مفاهیم پایه وراثت به زبان امروزی آشنا می‌شویم.

www.Darsyad.ir

گفتار ۱

مفاهیم پایه

هر یک از ما ویژگی‌هایی داریم که ما را با آن‌ها می شناسند. بعضی از این ویژگی‌ها را از والدین خود دریافت کرده‌ایم؛ مثل رنگ چشم ، رنگ مو یا گروه خونی. اما ویژگی هایی را هم می شناسیم که ارثی نیستند؛ مثل تغییر رنگ پوست به تیره که به علت قرارگرفتن در معرض آفتاب ایجاد شده است (شکل ۱) .

در علم ژنتیک، ویژگی های ارثی جانداران را **صفت** می‌نامند. **ژنتیک**، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.

www.DarsYad.ir

شکل مرتبط با متن بعدا" اضافه می شود.

شکل ۱. هر یک از افراد جمعیت، ویژگی هایی دارد که ممکن است این ویژگی ها به نسل بعد منتقل شوند.

هریک از صفاتی که نام بردیم به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند. مثلاً رنگ چشم ممکن است به رنگ مشکی، قهوه‌ای، سبز یا آبی باشد. یا حالت مو ممکن است به شکل صاف، موجدار یا فر دیده شود. به انواع مختلف یک صفت، **شکل**های آن صفت می گویند.

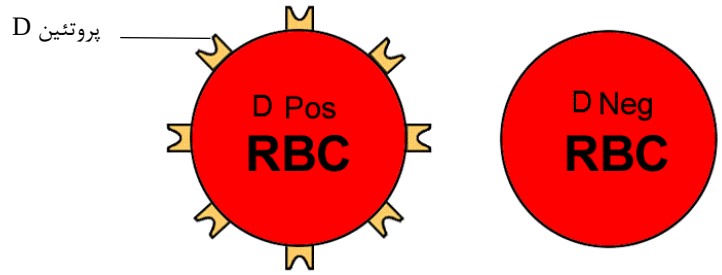
www.Darsyad.ir

گروه‌های خونی

آیا شما گروه خونی خود را می‌دانید؟ آیا می‌دانید منظور از گروه خونی مثلا A+ چیست؟ وقتی می‌گویند گروه خونی شخصی A+ است در واقع «دو »گروه خونی را برای او مشخص کرده‌اند. یکی گروه خونی معروف به **ABO** و دیگری گروه خونی ای به نام **Rh**. در ادامه این دو گروه خونی را بررسی می‌کنیم. Rh ساده تر است و با آن آغاز می‌کنیم.

گروه خونی Rh

گروه خونی Rh بر اساس بودن یا نبودن پروتئینی است که در غشای گلبول‌های قرمز جای دارد و **پروتئین D** نامیده می‌شود. اگر این پروتئین وجود داشته باشد، گروه خونی مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی منفی خواهد شد (شکل ۲).



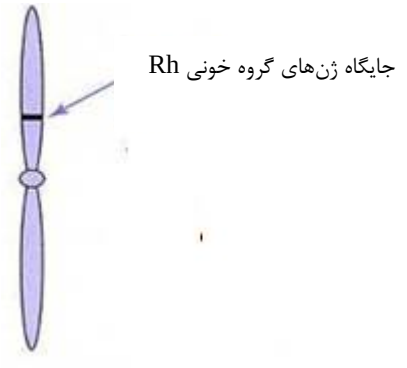
شکل ۲. مبنای گروه خونی Rh

بیش تربدانید Rh برگرفته از نام میمونی به نام رزوس(Rhesus) است. این گروه خونی ابتدا در این میمون کشف و Rh نامیده شد.

بود و نبود پروتئین D به ژنی بستگی دارد که ساختن آن را رهبری می‌کند. در ارتباط با این پروتئین، دو ژن در میان مردم دیده می شود. ژنی که می تواند پروتئین D را بسازد و ژنی که نمی‌تواند پروتئین D را بسازد. این دو ژن را به ترتیب **D** و **d** می نامیم.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

Dو d جای مشخصی در کروموزوم دارند. هر دو، جای یکسانی از کروموزوم شمارهٔ ۱ را به خود اختصاص داده‌اند. توجه داشته باشید که هر کروموزوم شماره ۱ در این جایگاه یا ژن Dرا دارد یا d را اما نه هر دو را. به این جایگاه از کروموزوم شماره ۱، **جایگاه ژن‌های Rh** می‌گویند (شکل ۳).



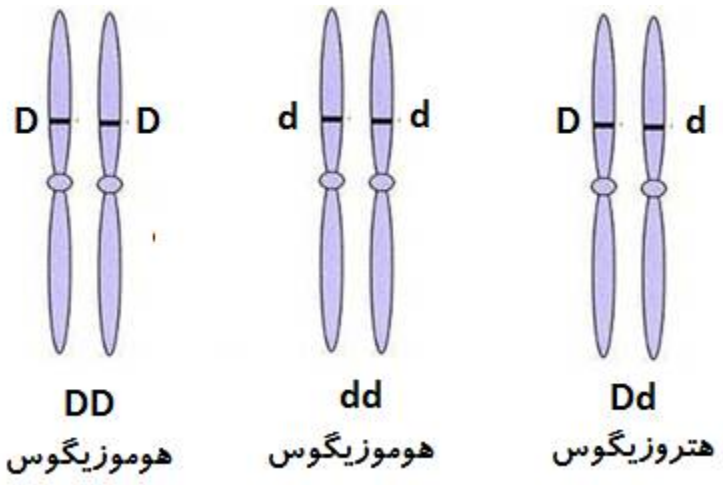
کروموزوم شماره ۱

شکل ۳. جایگاه ژن‌های Rh

به D و d که شکل‌های مختلف صفتRh را تعیین می‌کنند و هر دو جایگاه ژنی یکسانی دارند؛ **الل** می‌گویند. از آن‌جا که هر یک از ما دو کروموزوم ۱ داریم، پس دو الل هم برای Rh داریم. بنابراین ممکن است هر دو کروموزوم شمارهٔ ۱، D یا هر دو d را داشته باشند. در این صورت می‌گویند فرد برای این صفت **خالص (هوموزیگوس)** است. اما اگر یکی از دو کروموزوم D و دیگری d را داشته باشد می‌گویند فرد برای این صفت، **ناخالص (هتروزیگوس)** است (شکل ۴).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ٤. ژنوتیپ‌های هوموزیگوس و هتروزیگوس

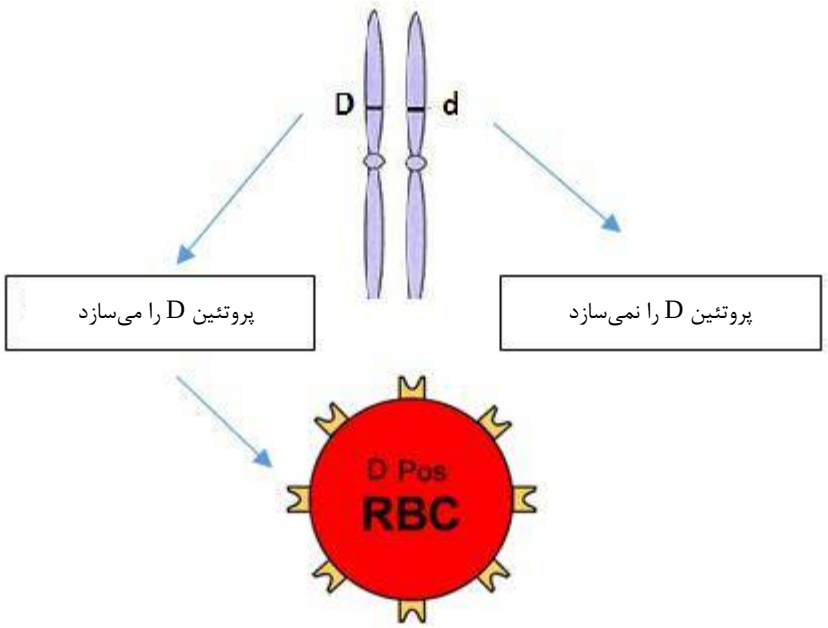
گروه خونی فردی که DDاست، مثبت و گروه خونی فردی که dd است، منفی است. اما گروه خونی فردی که Dd است؛ چگونه می شود؟ برای پاسخ به این سوال باید رابطهٔ بین این دو الل را دانست.

مشاهدات نشان می‌دهند که افراد هتروزیگوس، گروه خونی مثبت را خواهند داشت. بنابراین اگر دو آلل D و d کنار هم قرار بگیرند، این الل D است که بروز می‌کند. در چنین حالتی گفته می‌شود که الل D **بارز** و الل d **نهفته** است و بین آلل ها **رابطهٔ بارز و نهفتگی** برقرار است. طبق قرارداد، آلل بارز را با حرف بزرگ و آلل نهفته را با حرف کوچک آن نشان می‌دهیم.

توضیح علت رابطهٔ بارز و نهفتگی آلل‌های گروه خونی Rh کار آسانی است. داشتن تنها یک آلل D کافی است تا در غشای گلبول‌های قرمز پروتئین D مشاهده شود به همین علت، گروه خونی فردی که برای این صفت هتروزیگوس است، مثبت خواهد شد (شکل ۵).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۵. توضیح رابطهٔ بارز و نهفتگی بین الل‌های گروه خونی Rh

ترکیب الل ها را در فرد، **ژنوتیپ** وشکل ظاهری یا حالت بروز یافته صفت را **فنوتیپ** می‌نامیم. جدول ۱ انواع ژنوتیپ و فنوتیپ را درمورد این گروه خونی نشان می دهد.

ژنوتیپ	فنوتیپ
DD	گروه خونی +
Dd	گروه خونی+
Dd	گروه خونی-

جدول ۱ انواع ژنوتیپ و فنوتیپ گروه خونی Rh

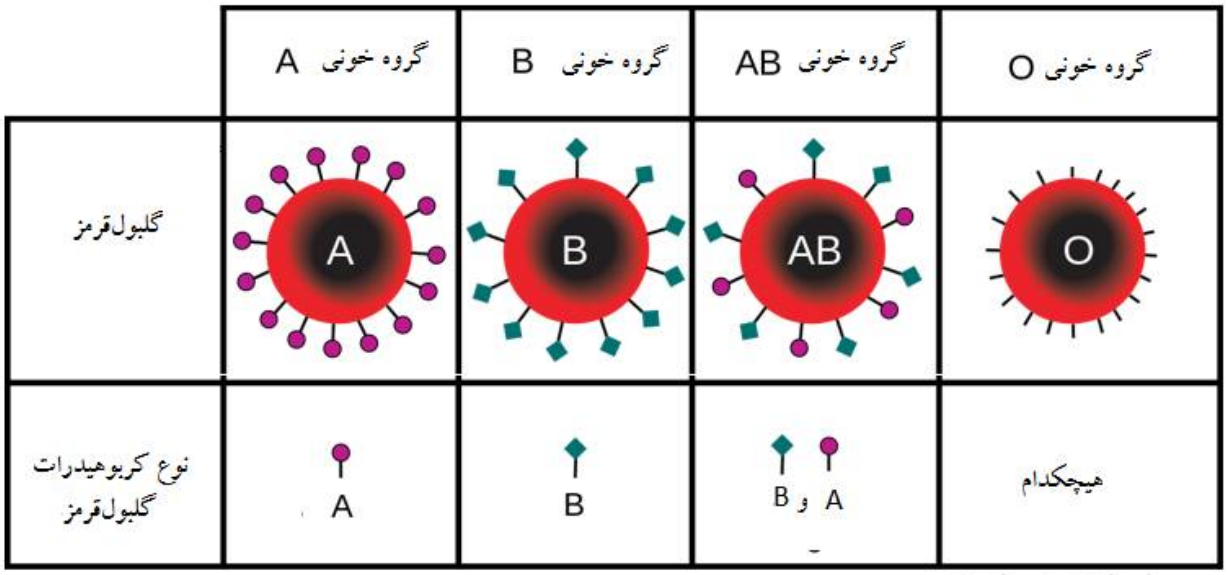
نوع دیگری از رابطهٔ بین الل‌ها را در صفت گروه خونی ABO می توانیم ببینیم.

گروه خونی ABO

گروه خونی ABO خون به چهار گروه A، B، AB و O گروه بندی می شود. این گروه بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام‌های Aو B در غشای گلبول های قرمز است(شکل ۶).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ٦. مبنای گروه خونی ABO

برای گروه خونی ABO چه الل هایی وجود دارد؟ اضافه شدن کربوهیدرات های Aو B به غشای گلبول قرمز، یک واکنش آنزیمی است. دو نوع آنزیم وجود دارد. یکی آنزیم A ، که کربوهیدراتA را به غشا اضافه می کند و دیگری آنزیم B ، که کربوهیدراتB اضافه می کند. اگر هیچ یک از این دو آنزیم وجود نداشته باشند، آن‌گاه هیچ کربوهیدراتی اضافه نخواهد شد. بنابراین برای این صفت، سه الل وجود دارد. اللی که آنزیم A را می‌سازد، اللی که آنزیم B را می‌سازد و اللی که هیچ آنزیمی نمی‌سازد. جایگاه ژن های گروه خونی ABO در کروموزوم شمارهٔ ۹ است.

برای سادگی، این سه آلل را به ترتیب B،A وO می‌نامیم. در اینجا تشخیص فنوتیپ برای ژنوتیپ‌های هوموزیگوس BB،AA یا OO آسان است : گروه خونی به ترتیب B،A یا O می‌شود. اما فنوتیپ ژنوتیپ‌های هتروزیگوس چگونه است؟ رابطهٔ بارز و نهفتگی بین آلل‌ها چگونه است؟

ژنوتیپ‌های هتروزیگوت برای این آلل‌ها عبارت‌اند از AO، BOوAB .آیا می‌توانید حدس بزنید گروه خونی فردی که AO است چیست؟ الل A آنزیم A را می‌سازد اما الل O هیچ آنزیمی نمی‌سازد. پس گروه خونی این فرد A خواهد شد. به همین علت گفته می شود A نسبت به O بارز است. همین استدلال را می‌توان برای ژنوتیپ BO به کار برد. الل Bهم نسبت به الل O بارز است. در ژنوتیپ AB هر دو آنزیم ساخته می‌شوند و به همین علت

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گلبول قرمز هر دو کربوهیدرات A و B را خواهد داشت. در اینجا رابطه بین دوالل A و B ، دیگر از نوع بارز و نهفتگی نیست. چنین را بطه ای را **هم‌توانی** می‌نامیم و می گوییم آلل‌های A وB نسبت به هم **هم توان** هستند.

ژنتیکدانان الل‌های B،A و O را به ترتیب با I^A،I^B و i نشان می‌دهند. این نوع نام گذاری به روشنی نشان می‌دهد که آلل I^AوI^B نسبت به هم هم‌توان اما نسبت به i بارزند.

بارزیت ناقص

تا اینجا با دو نوع رابطهٔ آللی آشنا شدیم: یکی بارز و نهفتگی و دیگری هم توانی. رابطهٔ دیگری نیز بین الل‌ها برقرار است و آن موقعی است که صفت در حالت هتروزیگوت، به صورت حد واسط حالت‌های هموزیگوس مشاهده می‌شود. این بار مثالی از گیاهان بیاوریم. رنگ گل میمونی مثال خوبی است (شکل ۷).

شکل ۷. گل میمونی

دو الل برای رنگ گل میمونی وجود دارد که یکی قرمز و دیگری سفید است. این دو را به ترتیب با RوW نشان می دهیم. در حالت RR رنگ گل قرمز و در حالت WW رنگ گل سفید است. رنگ گل RW چگونه است؟ این گل، صورتی است. رنگ صورتی، حالت حد واسط قرمز و سفید است. در این حالت گفته می‌شود که **رابطه بارزیت ناقص** برقرار است.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار ۲

انواع صفات

به یاد دارید که کروموزوم‌ها به دو دستهٔ اتوزوم و جنسی تقسیم می شوند. کروموزوم های جنسی انسان X و Y هستند. صفاتی که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از کروموزوم های اتوزوم قرار داشته باشد را **اتوزومی** و صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از دو کروموزوم جنسی قرار داشته باشد **وابسته به جنس** می گویند.

وراثت صفات اتوزومی

صفات اتوزومی چگونه به ارث می رسند؟ Rh یک صفت اتوزومی است. اگر پدر و مادری هر دو ژنوتیپ Dd داشته باشند، چه ژنوتیپ یا ژنوتیپ هایی برای فرزندان آن ها مورد انتظار است؟

می دانیم هر یک از پدر و مادر، از هر جفت کروموزوم همتا تنها یکی را از طریق گامت ها به نسل بعد منتقل می‌کنند. در این مثال، هم پدر و هم مادر از نظر Rh دو نوع گامت تولید می کنند: یکی گامتی که D دارد و دیگری گامتی که d دارد. ژنوتیپ فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت ها با یکدیگر لقاح پیدا کنند. ژنوتیپ فرزندان را می‌توان با روشی به نام **مربع پانت** به دست آورد. پانت نام دانشمندی است که این روش را پیشنهاد کرده است.

در روش مربع پانت، گامت های والدین را در سطر و ستون یک جدول می‌نویسیم و بعد خانه های جدول را با کنار هم قرار دادن گامت های سطر و ستون متناظر هم پر می کنیم (شکل ۸).

گامت ها	D	d
D	DD	Dd
d	dD	dd

شکل ۸. مربع پانت

باید توجه داشت که ژنوتیپ های Dd و dD یکسان‌اند. بنابراین هر فرزندی که متولد می شود می تواند یکی از ژنوتیپ های DD،Dd و dd را داشته باشد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

صفت وابسته به X

گاهی ژنی که بررسی می شود در کروموزوم X قرار دارد. به این صفات، **وابسته به X** می گویند. هموفیلی، یک بیماری وابسته به X و نهفته است یا به عبارتی دیگر آلل این بیماری که روی کروموزوم **X** قراردارد نهفته است . در این بیماری، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می شود. شایع‌ترین نوع هموفیلی مربوط است به فقدان فاکتور انعقادی VIII .

آلل بیماری هموفیلی را h می نامیم و برای آن که نشان دهیم وابسته به X است، الل ها را به صورت بالانویس X می نویسیم: X^H و X^h

جدول ۲ انواع ژنوتیپ ها و فنوتیپ ها را برای هموفیلی نشان می‌دهد. دقت کنید که در کروموزوم Y جایگاهی برای الل های هموفیلی وجود ندارد.

	زن	مرد
سالم	X^HX^H	X^HY
ناقل	X^HX^h	---
هموفیل	X^hX^h	X^hY

جدول ۲. انواع انواع ژنوتیپ ها و فنوتیپ ها برای هموفیلی

منظور از ناقل در جدول ۱، فردی است که بیمار نیست اما ژن بیماری را دارد و می‌تواند به نسل بعد منتقل کند.

برای پیش بینی ژنوتیپ ها و فنوتیپ های صفات وابسته به X در نسل‌های بعد، می توان همچنان از مربع پانت استفاده کرد. به مثال زیر توجه کنید.

مثال. مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست . زن می‌خواهد بداند آیا ممکن است فرزند حاصل از این ازدواج، هموفیل باشد؟

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

ژنوتیپ مرد هموفیل X^hY و گامت‌هایی که تولید می‌کند X^hو Y است. ژنوتیپ زن سالم X^HX^Hاست و فقط یک نوع گامت تولید می کند: X^H.

ژنوتیپ ها و فنوتیپ های نسل‌های بعد را می‌توان به کمک مربع پانت یافت:

گامت ها	X^h	Y
X^H	$X^H X^h$ دختر ناقل	$X^H Y$ پسر سالم

فرزندان حاصل از این ازدواج هموفیل نخواهند بود.

www.DarsYad.ir

صفات پیوسته و ناپیوسته

اندازهٔ قد شما چقدر است؟ اگر از هم‌کلاسی‌های خود اندازهٔ قدشان را بپرسید، اعداد گوناگونی را خواهید شنید که بین یک حداقل و یک حداکثر قرار دارند. اندازه قد یک صفتی **پیوسته** است به این معنی که هر عددی بین یک حداقل و یک حداکثر، ممکن است باشد. آیا می توان گفت که Rh هم چنین است؟ در میان انسان‌ها، صفت Rh تنها به دو شکل مثبت و منفی دیده می شود. Rh صفتی **گسسته** است.

صفات تک جایگاهی و چند جایگاهی

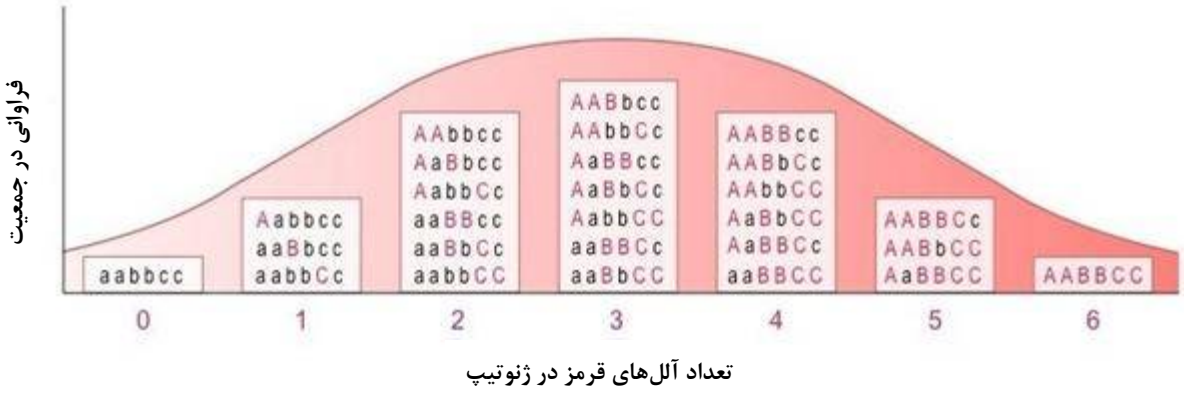
صفاتی که تا این‌جا بررسی کردیم، صفاتی هستند که تحت کنترل یک جایگاه ژن در کروموزوم قرار دارند. برای مثال، صفت گروه‌های خونیABO تحت کنترل آلل‌هایی است که یک جایگاه مشخص از کروموزوم ۹ را به خود اختصاص داده اند. چنین صفاتی را **تک جایگاهی** می‌نامیم.

در مقابل، صفاتی هستند که در بروز آن‌ها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. رنگ نوعی ذرت مثالی از صفات **چندجایگاهی** است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است (شکل ۹).

www.Darsyad.ir

شکل ۹. ذرت قرمز

صفت رنگ در این نوع ذرت تحت کنترل سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو الل دارند.برای نشان دادن ژن‌ها در این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک A، B و C استفاده می‌کنیم. بر حسب نوع ترکیب الل ها، رنگ های مختلفی ایجاد می شود. الل‌های بارز ، رنگ قرمز و الل‌های نهفته رنگ سفید را باعث می شوند. بنابراین فنوتیپ های دو آستانهٔ طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژنوتیپ‌های AABBCC و aabbcc را دارند. در فنوتیپ های هتروزیگوس، هر چه تعداد الل‌های بارز بیش‌تر باشد، مقدار رنگ قرمز بیش‌تر است.



شکل ۱۰ –چگونگی تعیین رنگ در ذرت

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

چنان‌که می بینیم صفات چند جایگاهی فنوتیپ های پیوسته‌ای دارند. یعنی افراد جمعیت این ذرت، در مجموع طیف پیوسته ای بین سفید و قرمز را به نمایش می‌گذارند. به همین علت نمودار توزیع فراوانی این فنوتیپ ها شبیه زنگوله است. توجه داشته باشیم که فنوتیپ صفات تک جایگاهی، غیر پیوسته است. مثلا رنگ گل میمونی یا سفید، یا قرمز یا صورتی (بدون طیف) است.

اثر محیط

گاهی برای بروز یک فنوتیپ تنها وجود ژن کافی نیست. برای مثال در گیاهان ، ساخته شدن کلروفیل علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد.

محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. تغذیه و ورزش عامل‌هایی محیطی اند که می توانند بر ظهور فنوتیپ اثر کند. به عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد.

www.DarsYad.ir

گرچه نمی‌توان بیماری های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد (مگر در موارد معدود) اما گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، بروز اثر ژن‌ها را کنترل کرد. مثال این موضوع، بیماری فنیل کتونوری (PKU) است. در این بیماری انزیمی که آمینواسید فنیل آلانین را می‌تواند تجزیه کند وجود ندارد . تجمع فنیل آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می شود. در این بیماری، مغز آسیب می‌بیند و معلولیت ذهنی ایجاد می‌شود. خوشبختانه می‌توان از بروز این بیماری جلوگیری کرد. اما چگونه؟ علت این بیماری، تغذیه از پروتئین‌های حاوی فنیل الانین است. پس با تغذیه نکردن از فنیل آلانین می‌توان جلوی بیماری را گرفت.

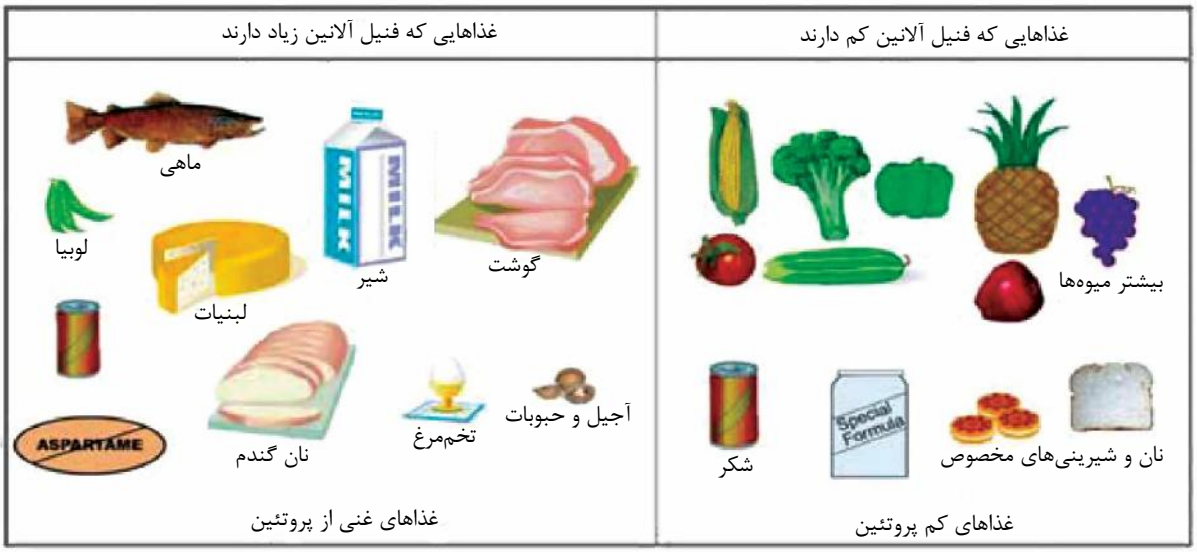
فنیل کتونوری یک بیماری نهفته است. وقتی نوزاد متولد می شود، علائم آشکاری ندارد. در عین حال، تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل کتونوری با شیر مادر (که حاوی فنیل آلانین است) به آسیب سلول‌های مغزی او می‌انجامد. به همین علت از نوزادان در بدو تولد تحت آزمایش خون قرار می‌گیرند تا از نظر ابتلای احتمالی به فنیل کتونوری بررسی شوند. در صورت ابتلا، نوزاد با شیرخشک هایی که فاقد فنیل آلانین است تغذیه می شود و در رژیم غذایی او برای اینده، از رژیم های بدون (یا کم) فنیل‌الانین استفاده می شود. شکل ....

www.Darsyad.ir

شکل ... خون گیری از کودک برای انجام آزمایشات بدو تولد

بیش‌تر بدانید----------

غذاهای مناسب و نامناسب برای بیماران PKU در شکل زیر نشان داده شده‌اند.



---

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

فصل ٤

تغییر در اطلاعات وراثتی

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است اما در عین حال، مادهٔ وراثتی باید بتواند به طور محدود تغییرپذیر باشد. این تغییرپذیری باعث ایجاد تفاوت های فردی می‌شود و چنان‌که خواهیم دید زمینه تغییر گونه ها را فراهم می کند. در این فصل با انواع تغییرات مادهٔ وراثتی و اثرات آن بر فرد، جمعیت و گونه آشنا خواهیم شد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار ۱

جهش

در فصل ..... با کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است.علت این تغییر شکل هموگلوبین چیست؟ دانشمندان با مقایسهٔ آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته دریافتند که این دو پروتئین فقط در یک آمینو اسید با هم تفاوت دارند این‌که چرا چنین شده است، سوالی است که باید پاسخ آن را در ژن‌ها بیابیم.. مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به این آمینو اسید، به جای Aنوکلئوتید T قرار گرفته است. شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون‌ها نوکلئوتید انسان، می‌تواند پیامدی این‌چنین وخیم را به دنبال داشته باشد.

Table 1: Single-Base Mutation Associated with Sickle-Cell Anemia

Sequence for Wild-Type Hemoglobin												
ATG	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT
Start	Val	His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr
Sequence for Mutant (Sickle-Cell) Hemoglobin												
ATG	GTG	CAC	CTG	ACT	CCT	GTG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT
Start	Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr

شکل ۱. مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیماران. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.

تغییر پایدار در نوکلئوتیدهای مادهٔ وراثتی را **جهش** می‌نامند. منظور از تغییر پایدار، تغییری است که در صورت تقسیم یاخته، بتواند به یاخته‌های دختر منتقل شود.

انواع جهش

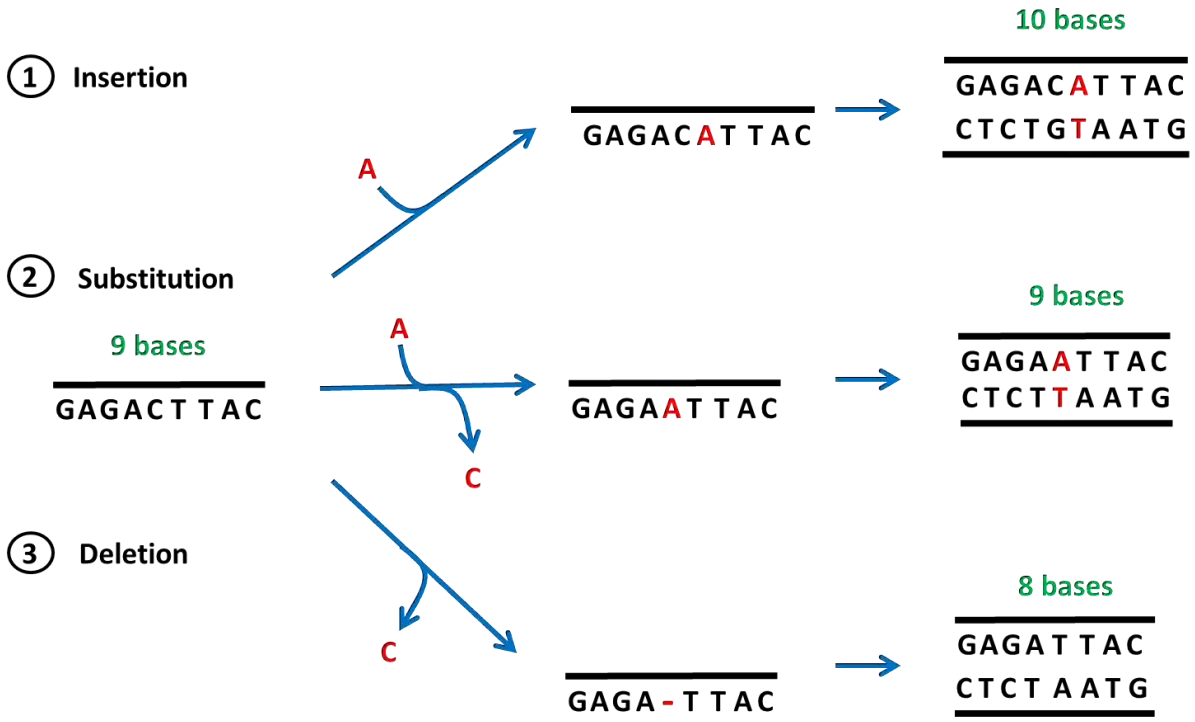
در مثال بالا دیدیم که جهش در یک نوکلئوتید رخ داده است. . اما جهش می‌تواند در اندازهٔ بسیار وسیع‌تری هم رخ دهد. گاهی جهش آن‌قدر وسیع است که حتی ساختار کروموزوم را تغییر می‌دهد. بر همین اساس جهش ها را به دو گروه کوچک و بزرگ تفسیم می‌کنند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

جهش‌های کوچک

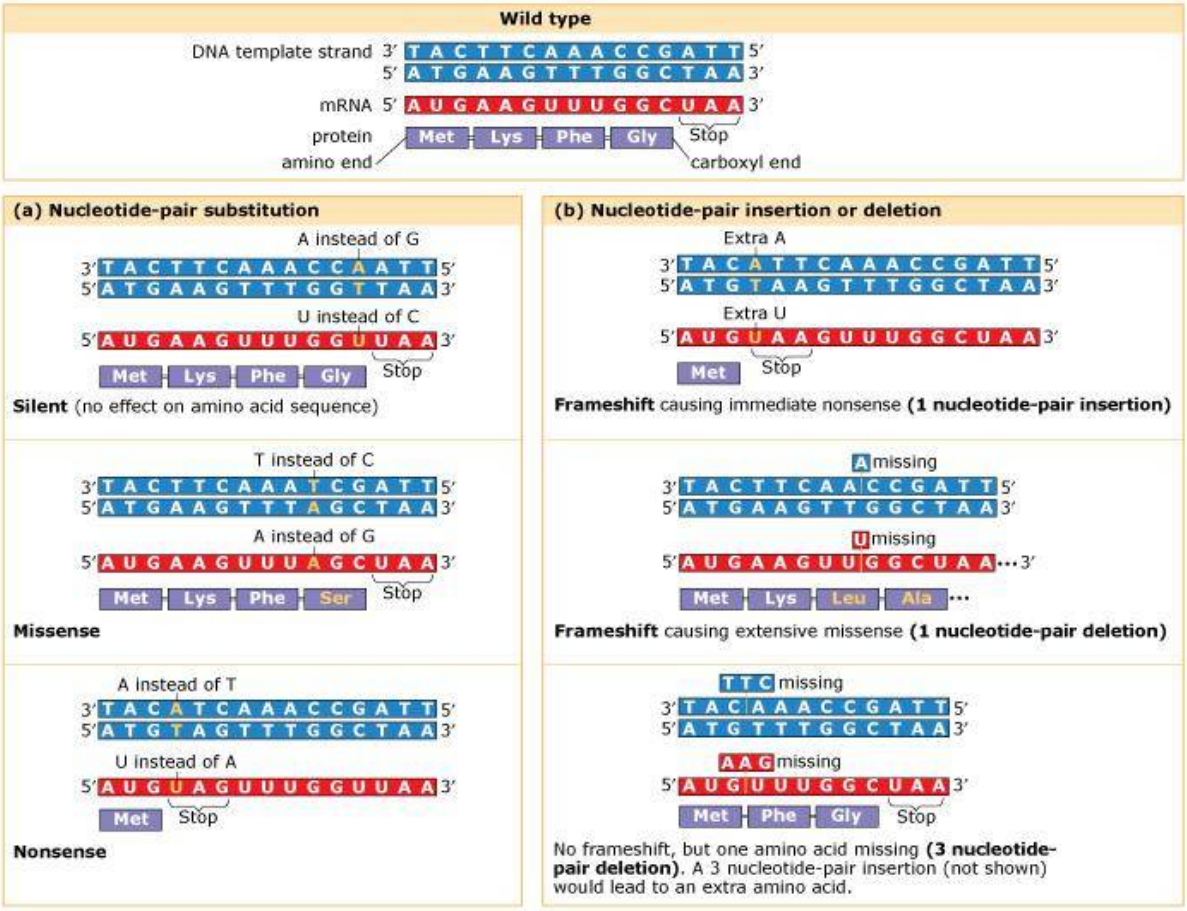
جهش‌های کوچک یک یا چند نوکلئوتید را در بر می‌گیرند. انواع جهش های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده اند. مثالِ یاخته های داسی شکل, نمونه‌ای از جهش کوچک است. در اینجا یک نوکلئوتید T جانشین A شده است. این نوع جهش را **جانشینی** می‌نامند.در این مثال، جهش باعث قرارگرفتن یک آمینواسید به آمینواسید دیگر شده است. به علت وجود رابطهٔ مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته DNA، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.



شکل ۲. انواع جهش‌های کوچک

نباید تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینو اسیدها می‌شود. می‌دانید چرا؟ پاسخ این است که گاهی جهش، رمز یک آمینو اسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند. این نوع جهش تاثیری بر پروتئین نخواهد گذاشت. این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پروتئین کوتاه خواهد شد (شکل ۳).

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل ۳. تاثیر جهش بر پروتئین.

جهش‌های **اضافه** و **حذف**، انواع دیگر جهش‌های کوچک اند. در این جهش‌ها به ترتیب نوکلیوتیدی اضافه یا حذف می‌شود(شکل ۲). نتیجهٔ این جهش ها چیست؟ می‌دانیم که رمز دنا به صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود چه خواهد شد؟ اجازه بدهید به این سوال با ذکر مثالی پاسخ دهیم. جملهٔ « این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت زیر در نظر بگیرید:

ا ی 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:

ا ی ن/ ر س ی/ ب س ر/ خ ا س/ ت

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

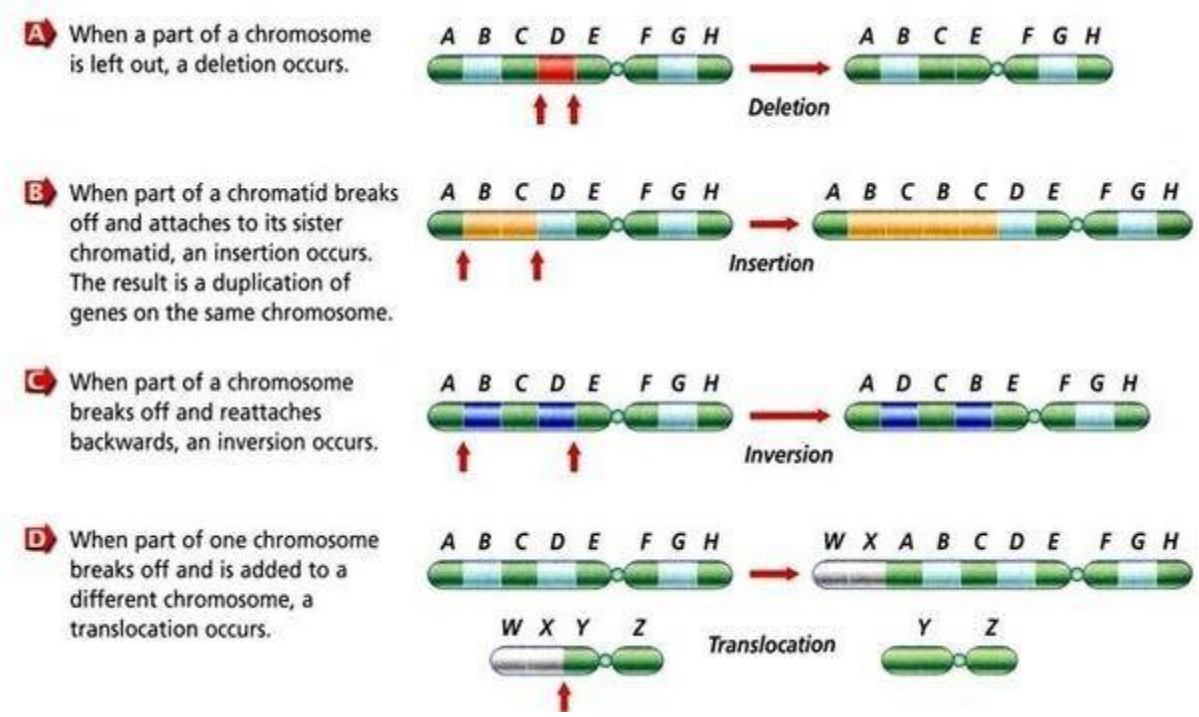
می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌هایی که باعث چنین تغییری در خواندن می شوند را جهش **تغییر چارجوب خواندن** می نامند. در شکل ۳، تاثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده است.

ناهنجاری‌های کروموزومی

جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد به گونه ای که به ایجاد **ناهنجاری‌های کروموزومی** منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهدهٔ کاریوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.

در سال گذشته با سندروم داون آشنا شدید. می‌دانید که مبتلایان به این بیماری یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارند. تغییر در تعداد کروموزوم‌هارا ناهنجاری **عددی** در کروموزوم‌ها می‌نامند.

نوع دیگری از ناهنجاری کروموزومی، **ناهنجاری ساختاری** است. انواع این جهش‌ها در شکل ٤ نشان داده شده اند.



شکل ٤. انواع ناهنجاری های ساختاری در کروموزوم ها

همان طور که در شکل می بینید، ممکن است قسمتی از کروموزوم از دست برود که به آن حذف می‌گویند. جهش های کروموزومی حذفی غالبا باعث مرگ می‌شوند. گاهی جهت قرارگیری قسمتی از یک

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

کروموزوم در جای خود تغییر می‌کند که به آن **واژگونی** می‌گویند.**جابه‌جایی**، نوع دیگری از ناهنجاری کروموزومی است که در آن قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم غیر همتا یا حتی بخش دیگری از همان کروموزوم منتقل می‌شود. اگر قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم همتا جابه جا شود، آن‌گاه درکروموزوم همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، **مضاعف‌شدگی** می‌گویند.

پیامدهای جهش بر عملکرد

این‌که جهش چه تاثیری بر عملکرد محصول خود دارد به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل محل وقوع جهش در ژنوم است. ژنوم به کل محتوای ژنتیک گفته می‌شود. و برابر است با مجموع محتوای ژنتیک هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنوم هسته‌ای را کل محتوای ژنتیک در یک مجموعه کروموزوم (هاپلوئید) در نظر می‌گیرند. ژنوم هسته‌ای انسان شامل ۲۲ کروموزوم اتوزوم و کروموزوم‌های جنسی Xو Y است. دنای میتوکندری ژنوم سیتوپلاسمی را در ژنوم انسان تشکیل می‌دهد.

بنابراین، ژن‌ها فقط بخشی از ژنوم‌اند. ممکن است جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش در درون ژن رخ دهد، آن‌گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانشینی رخ داده است و معنی یک آمینو اسید را به آمینو اسید دیگری تبدیل کرده است.. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سوال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن‌گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری‌که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

گاهی جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی ژن رخ می‌دهد، مثلا در راه انداز یا افزاینده. این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تاثیر می‌گذارد. جهش در راه‌انداز یک ژن، ممکن است آن را به راه‌اندازی قوی‌تر یا ضعیف‌تر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از آن، محصول آن را نیز بیش‌تر یا کم تر کند.

علت جهش

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

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

جهش،تحت اثر **عوامل جهش‌زا** هم رخ می‌دهد. عوامل جهش زا را می‌توان به دو دستهٔ فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. پرتو فرابنفش و ایکس مثال‌هایی از جهش‌زاهای فیزیکی‌اند. از مواد شیمیایی جهش زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود. پرتوی فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زای فیزیکی است. این پرتو باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم می شود که به آن دیمر تیمین می‌گویند.

جهش ممکن است ارثی یا اکتسابی باشد. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به زیگوت منتقل می کنند. در این صورت همهٔ سلول‌های حاصل از آن زیگوت، دارای آن جهش‌اند. جهش اکتسابی از محیط کسب می‌شود. مثلا سیگارکشیدن می‌تواند باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

گفتار ۲

تغییر در جمعیت‌ها

بعداز کشف آنتی‌بوتیک در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارامدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا مجهز شد و توانست در نبرد با آن‌ها پیروز شود. با این وجود ، مدتی است که از گوشه و کنار دنیا خبر می‌رسد باکتری‌ها نسبت به آنتی بیوتیک‌ها مقاوم شده اند. گرچه دانشمندان با طراحی داروهای جدید، برتری انسان را در این نبرد همچنان حفظ کرده اند اما در عین حال، روند مقاوم شدن باکتری‌ها آدمی را سخت نگران کرده است. مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند». این تغییر چگونه رخ می‌دهد؟

تغییر در گذر زمان

به انسان‌های اطراف خود نگاه کنید. همهٔ انسان‌ها ویژگی های مشترکی دارند که باعث می‌شود آنان را در گروهی به نام «انسان‌ها» قرار دهیم. در عین حال، در میان انسان‌ها «تفاوت‌های فردی» نیز وجود دارد که باعث شناخت آن‌ها از یکدیگر می‌شود.تفاوت‌های فردی منحصر به انسان نیست. در میان افراد گونه‌های دیگر هم تفاوت های فردی مشاهده می‌شود.

تفاوت‌های فردی چگونه می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟ این سوال را با ذکر مثالی پاسخ می‌دهیم. فرض کنید در گونه ای از جانوران، افراد تحمل متفاوتی نسبت به سرما دارند؛ یعنی بعضی‌ها می‌توانند سرما را تحمل کنند. اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیش‌تری برای زنده ماندن دارند. بنابراین، این افراد، بیش‌تر از دیگران تولید مثل می‌کنند و در نتیجه صفت تحمل سرما ، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود. اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آن‌ها که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیشتری برای تولید مثل و انتقال صفت به نسل های بعد را خواهند داشت. بنابراین بعد از مدتی با

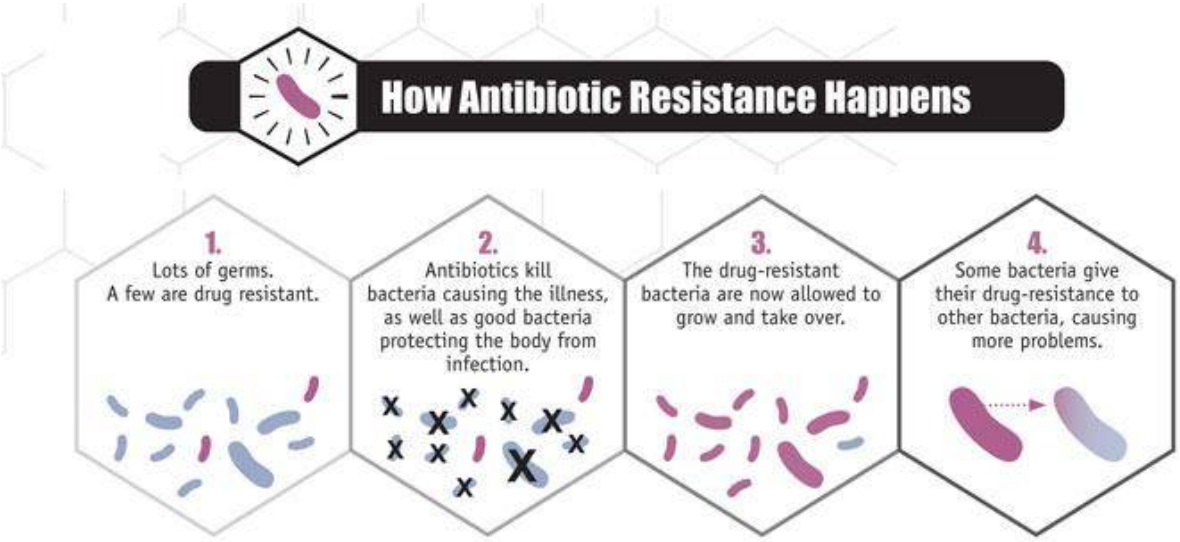
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

جمعیتی روبه رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند مقایسه با جمعیت اول، بیش‌تر است و این، یعنی تغییر در جمعیت.

مثال ساده‌ای که در بالاعنوان شد، نشان می‌دهد که برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط ، وجود تفاوت‌های فردی است. وقتی که تفاوت فردی هست، این سوال پیش می‌آید که کدام تفاوت‌ها بهترند. در مثال ما، آن‌ها که سرما را تحمل می‌کردند ، در مقایسه با بقیه، شانس بهتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی دقت متوجه می شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست بلکه شرایط محیط تعیین کنندهٔ صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می شد، آن گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین زیست‌شناسان از واژهٔ «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط». به روشنی دیده می شود که این، «محیط »است که تعیین می‌کند کدام صفات به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می شوند، **انتخاب طبیعی** می‌نامند.

انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌های را به آنتی بیوتیک ها نیز توضیح دهد (شکل۵)



شکل ۵. چگونگی مقاوم شدن باکتری ها به آنتی بیوتیک

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی روی جمعیت اثر می کند و آن‌چه که تغییر می‌کند «جمعیت» است نه «فرد». جمعیت، به افرادی گفته می شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک محل زندگی می کنند.

خزانهٔ ژنی

قبل از کشف اصول ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل رنگ بدن در یک جانور یا ضخامت پوستک در برگ یک گیاه. با شناخت ژن‌ها، اکنون زیست‌شناسان معیار دیگری را هم برای توصیف یک جمعیت در اختیار دارند و آن، بر اساس ژن های موجود در یک جمعیت است.
زیست شناسان فراوانی نسبی الل‌ها را در جمعیت دنبال می‌کنند. اگر فراوانی نسبی آلل‌ها در نسل‌های بعدی هم حفظ شود، آن‌گاه می‌گویند جمعیت **در حال تعادل** است. اما اگر فراوانی های اللی تغییر کند، آن گاه جمعیت از تعادل خارج می شود و به سوی تغییر پیش می‌رود. مجموع فراوانی نسبی همهٔ آلل‌های موجود در یک جمعیت را خزانه ژنی آن جمعیت می‌نامند.

عوامل تغییر دهنده فراوانی‌های اللی

عوامل زیر باعث تغییر فراوانی های اللی می‌شوند.

جهش

یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می شود. اگر هیچ جهشی رخ ندهد، همهٔ زاده ها مشابه باکتری اولی خواهند بود. بدون جهش، هیچ نوع گوناگونی در میان افراد یک جمعیت دیده نخواهد شد. اما جهش، میان افراد، گوناگونی ایجاد می‌کند. بسیاری از جهش‌ها تاثیری فوری بر فنوتیپ ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. وقتی در ژنی جهش ایجاد می‌شود، الل جدیدی از آن ژن حاصل می‌شودکه ممکن است در شرایطی سازگارتر از الل یا الل های قبلی عمل کند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

رانش اللی

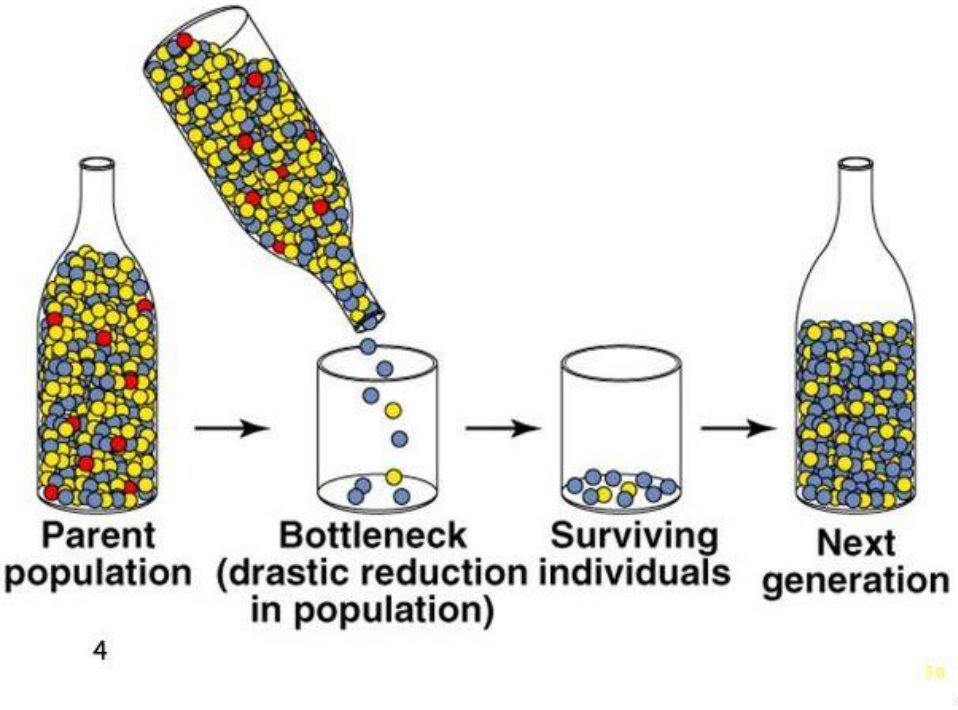
در هر جمعیتی، بعضی از افراد ممکن است فرزندان بیش‌تری نسبت به بقیه داشته باشند یا این‌که اصلا فرزندی نداشته باشند. بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می رسند لزوما ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه ژن‌های خوش شانس‌ترند! به مثال دیگری توجه کنید. فرض کنید گله از ۱۰۰گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، دو بره به پایین سقوط می‌کنند. این دو بره، پیش از رسیدن به سن تولید مثل مرده اند و شانس انتقال ژن های خود را به نسل بعد نداشته اند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی آللی بر اثر رویدادهای تصادفی می شود، **رانش ژن** می‌گویند. رانش ژن گرچه فرایندهای اللی را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

هرچه اندازهٔ یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش ژن اثر بیش‌تری دارد. به همین علت، برای آن‌که جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازهٔ بزرگی داشته باشد. منظور از اندازهٔ جمعیت، تعداد افراد آن است.

گاهی تعداد افرادی که بر اثر چنین رویدادهایی حذف می‌شوند زیاد است و تعداد بازماندگان کم‌اند. در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آن هایی که می‌میرند ممکن است بیش از آن هایی باشند که زنده می‌مانند.بنابراین فقط بخشی از الل های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی‌مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین الل‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد (شکل ۶).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۶. کاهش شدید در اندازه جمعیت باعث تغییر فراوانی های اللی می شود.

شارش ژن

وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از الل‌های جمعیت مبدا را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند. به این پدیده، " شارش ژن " می‌گویند. اگر جریان ژن به‌طور پیوسته ادامه یابد، سرانجام خزانه ژنی دو جمعیت به هم شبیه می‌شوند.

انتخاب طبیعی

انتخاب طبیعی فراوانی الل‌ها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد. انتخاب طبیعی همواره افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب خزانه ژنی نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. انتخاب طبیعی در نهایت باعث «سازش» جانداران با محیط می شود.

حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها

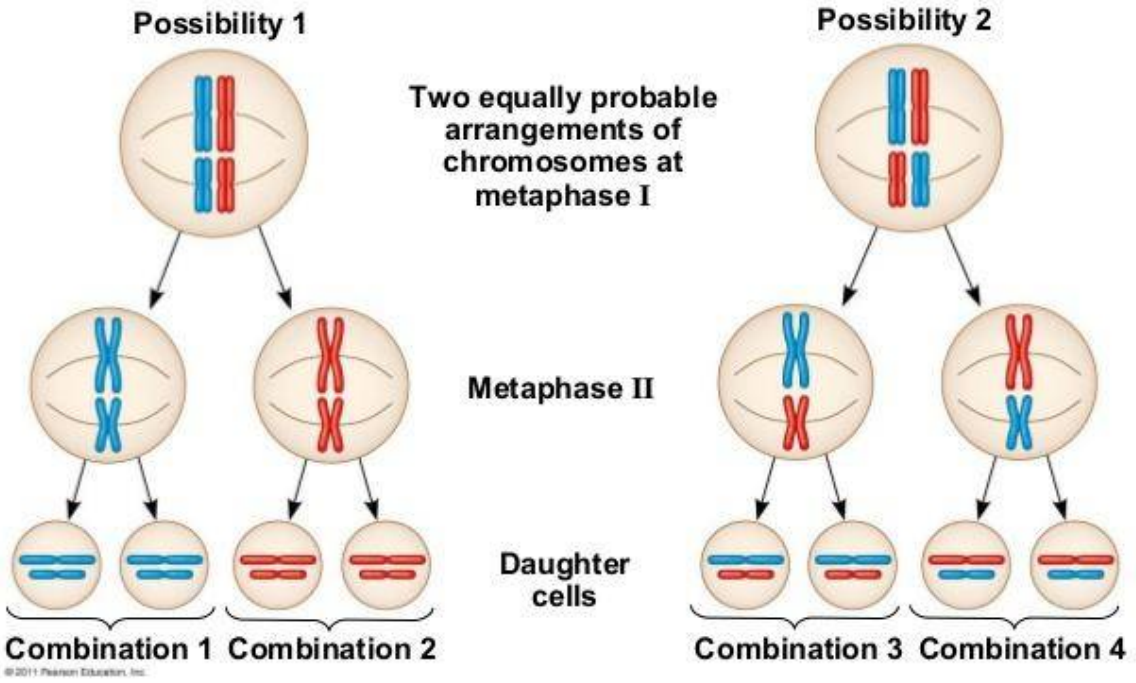
www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

دانستیم که نتیجه انتخاب طبیعی، سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. انتظار داریم انتخاب طبیعی با انتخاب بعضی نسبت به بعضی دیگر، تفاوت‌های فردی را کاهش دهد. اما سازوکارهایی هست که در عین وجود انتخاب طبیعی تفاوت های فردی و در نتیجه گوناگونی را حفظ می‌کند؟ در ادامه،این سازوکارهایی را بررسی می‌کنیم.

گوناگونی اللی در گامت‌ها

در تولید مثل جنسی، هر والد نیمی از کروموزوم‌های خود را از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، به نسل بعد منتقل می‌کند. این که هر گامت کدام‌یک از کروموزوم‌ها را دریافت می‌کند به آرایش تترادها در میوز I بستگی دارد. در مرحلهٔ متافاز میوز I، کروموزوم‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی سلول قرار گیرند، که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد. در شکل ۷ نحوهٔ توزیع کروموزوم‌ها طی میوز نشان داده شده است.

Figure 13.10-3



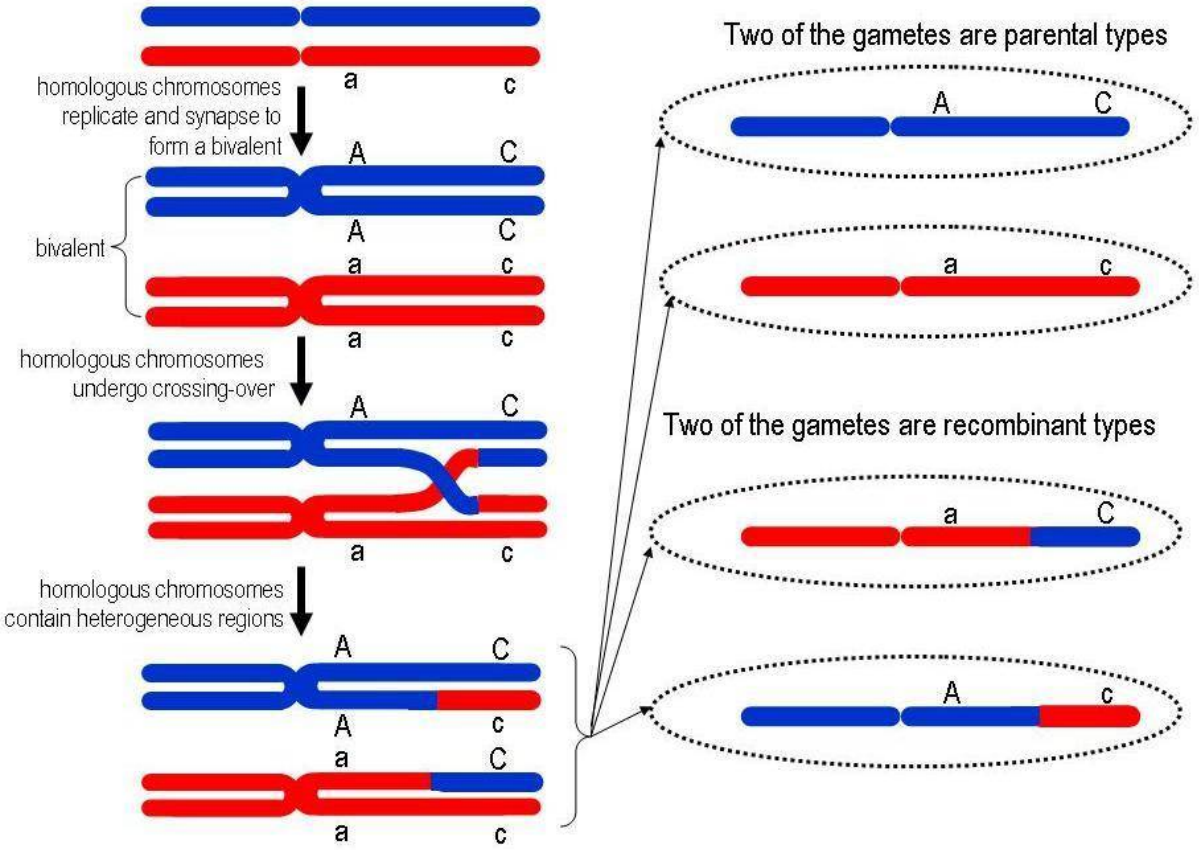
www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

شکل ۷ نحوهٔ توزیع کروموزوم‌ها طی میوز

نوترکیبی

در میوز I، هنگام جفت شدن کروموزوم‌های همتا و ایجاد تتراد، قطعه‌ای از یک کروموزوم با قطعهٔ متناظر خود در کروموزوم همتا مبادله می‌شود. این پدیده را کراسینگ اور می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی الل‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از الل‌ها در هر کروماتید به‌وجود می‌آید. بنابراین کروموزوم‌های همتا قبل و بعد از کراسینگ آور ترکیب اللی متفاوتی خواهند داشت و می‌گویند **نوترکیبی** رخ داده است. از میان گامت‌ها، آن‌هایی که کروموزوم‌های توترکیب را دریافت می‌کنند،**گامت نوترکیب** نامیده می شوند(شکل ۸).

www.DarsYad.ir



شکل ۸. نوترکیبی بر اثر کراسینگ اور

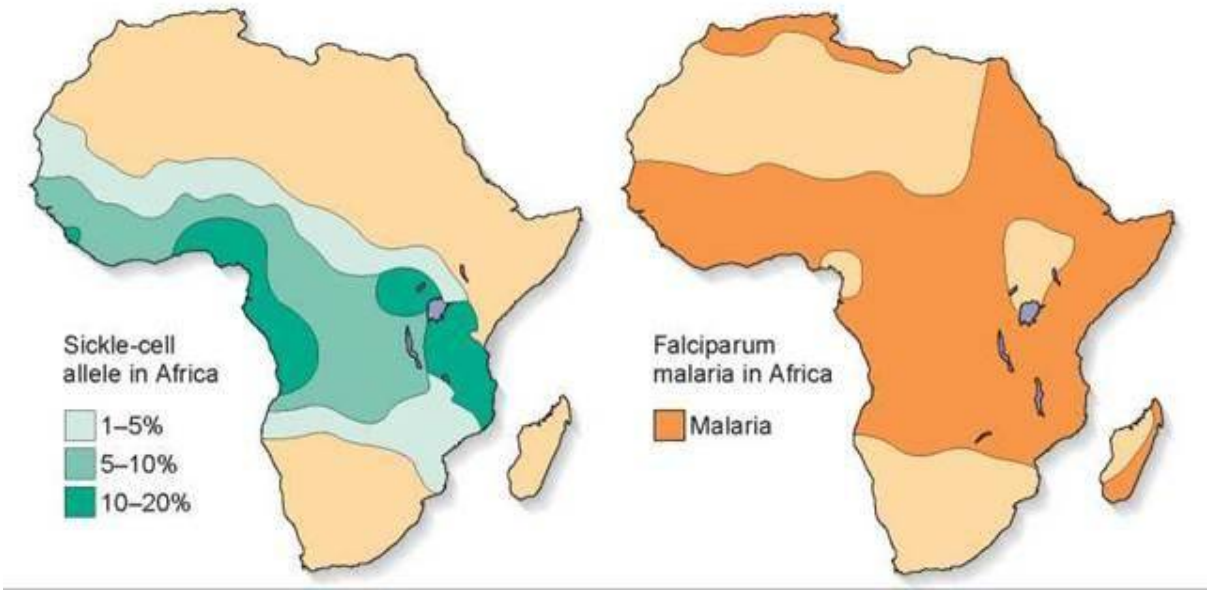
www.Darsyad.ir

وجود هتروزیگوت‌ها

فقط الل‌هایی که فنوتیپ متفاوت ایجاد می‌کنند، تحت تاثیر انتخاب طبیعی قرار می‌گیرند. در جانداران دیپلوئید هتروزیگوت‌ها در واقع نگهبانانی برای الل‌های مغلوب هستند. اگر هتروزیگوت‌ها نبودند، الل‌های مغلوب از خزانه ژنی حذف می‌شوند. مثلا الل تالاسمی در افراد هتروزیگوت می‌تواند باقی بماند حال اگر هتروزیگوتی وجود نداشت ممکن بود به علت بیماریزایی شدید در هوموزیگوت ها پس از مدتی حذف شود.

اهمیت هتروزیگوت‌ها را در حفظ گوناگونی می‌توان به‌وسیلهٔ بیماری کم‌خونی ناشی از گلبول‌های قرمز داسی‌شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گلبول‌های قرمز داسی‌شکل ژنوتیپ HbSHbS دارند و در سنین پایین معمولا می‌میرند. ژنوتیپ هتروزیگوت‌ها HbAHbS است و وضع بهتری دارند. گلبول‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

ژنتیک‌دانان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی الل HbS در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیش‌تر از سایر مناطق است (شکل ۹). بیماری مالاریا به‌وسیلهٔ نوعی انگل تک سلولی که در گلبول‌های قرمز زندگی می‌کند، ایجاد می‌شود. بنابراین، افرادی که گلبول سالم دارند،که HbAHbA هستند، در خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند.



www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

شکل ۹. توزیع بیماری کم‌خونی ناشی از گلبول‌های قرمز داسی در جهان

این انگل نمی‌تواند در افراد HbAHbS ایجاد بیماری کند چون وقتی این گلبول‌ها را آلوده می‌کند، شکل آن‌ها داسی‌شکل می‌شود و انگل می‌میرد. پس افراد HbAHbS در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود الل HbS در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین کنندهٔ صفتی است که حفظ می‌شود.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

گفتار ۳

تغییر در گونه‌ها

گونه‌های بسیاری روی کرهٔ زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا این‌که در طول زمان پدید آمده‌اند؟ در این گفتار، شواهدی را خواهیم دید که نشان می‌دهد گونه ها در طول زمان تغییر کرده اند.

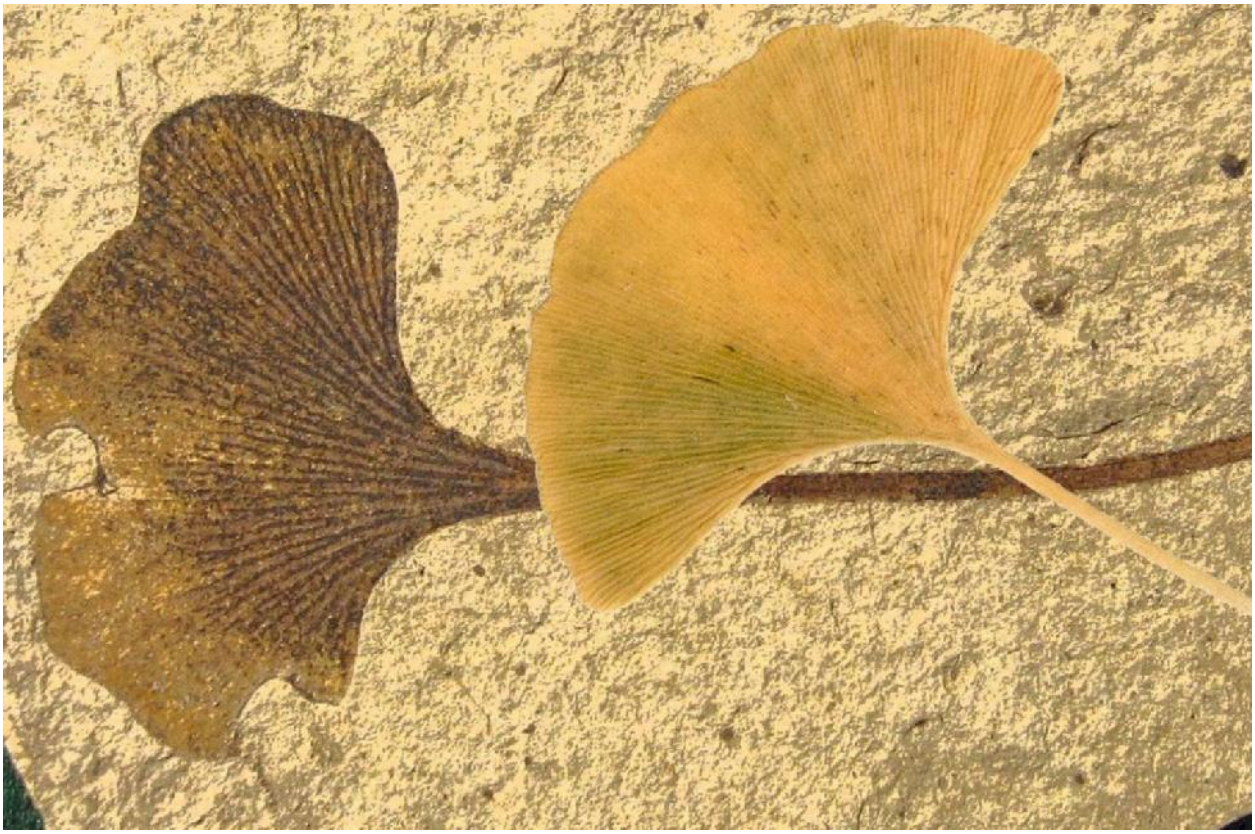
فسیل‌ها

در سال‌های قبل با انواع فسیل‌ها و نحوهٔ تشکیل آن‌ها آشنا شده اید. به یاد دارید که فسیل عبارت است از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری که در گذشتهٔ دور زندگی می‌کرده است. فسیل معمولا حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) اند. گاهی ممکن است کل یک جاندار فسیل شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که تمام قسمت‌های بدن آن‌ها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند. یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. دیرینه شناسی، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به مطالعه فسیل‌ها می پردازد. دیرینه شناسان دریافته اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشت زندگی نمی کرده اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته های دور تا زمان حال زندگی کرده اند مثل درخت گیسو (یا کهن‌دار). شواهد فسیلی نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است (شکل ۱۰)

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱۰. برگ درخت گیسو و فسیل آن

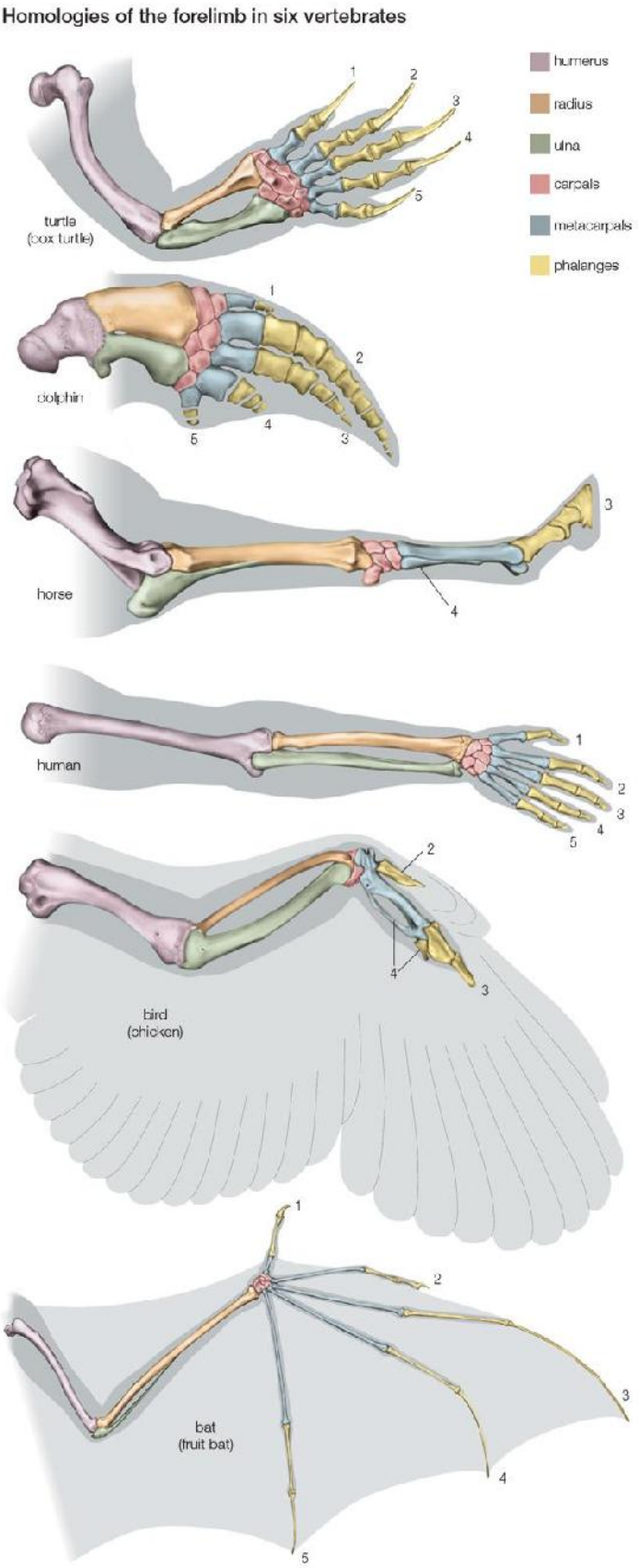
دیرینه شناسان قادرند عمر یک فسیل را تعیین کنند. آنان اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند. در مجموع، فسیل ها نشان می‌دهند که در زمان های مختلف، زندگی به شکل های مختلفی جریان داشته است.

آناتومی (تشریح) مقایسه‌ای

در آناتومی مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف بایکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طراحی مشابهی برخوردار است. به عنوان مثال, به شکل ۱۱ نگاه کنید. مقایسهٔ اندام حرکت جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آن‌ها یکسان است، « اندام‌ها یا ساختارهای همتا » می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، بالهٔ وال و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



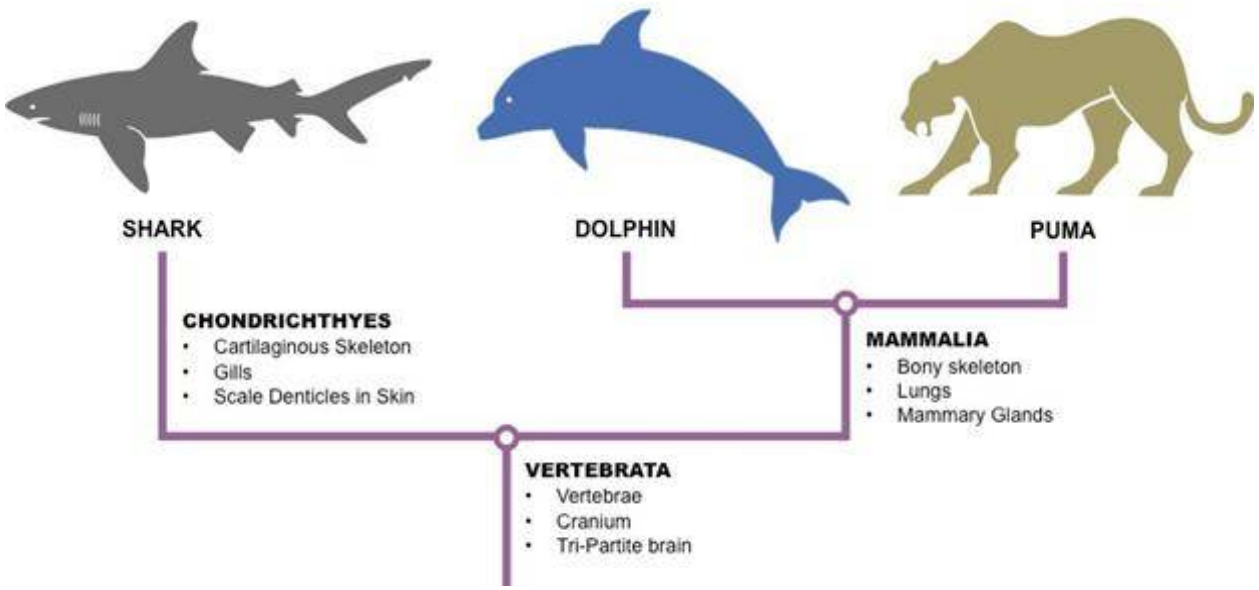
شکل ۱۱. ساختارهای همتا

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

ساختارهایی را که کار یکسان اما طراحی متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ اند چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) اما ساختارهای متفاوتی دارند.

علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متغاوت چیست؟ زیست شناسان بر این باورند که این گونه‌ها ، نیای مشترکی دارند یعنی این که در گذشته از گونهٔ مشترکی مشتق شده اند(شکل ۱۲). گونه هایی که نیای مشترکی دارند را **گونه های خویشاوند** می گویند.



شکل ۱۲. نیای مشترک و گونه های خویشاوند

زیست شناسان از ساختارهای همتا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.

آناتومی مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را مقایسه می‌کنیم، گاهی به ساختارهایی بر می‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده‌ی دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای « وستیجیال » (به معنی ردپا) می‌نامیم. مار پیتون (پایتون) با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به‌صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است (شکل ۱۳).

Python with vestigial appendage (hind limb bud).

شکل ۱۳. بقایای پا در مار پیتون

در واقع ساختارهای وستیجیال ردپای « تغییر گونه‌ها» هستند. شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده اند.

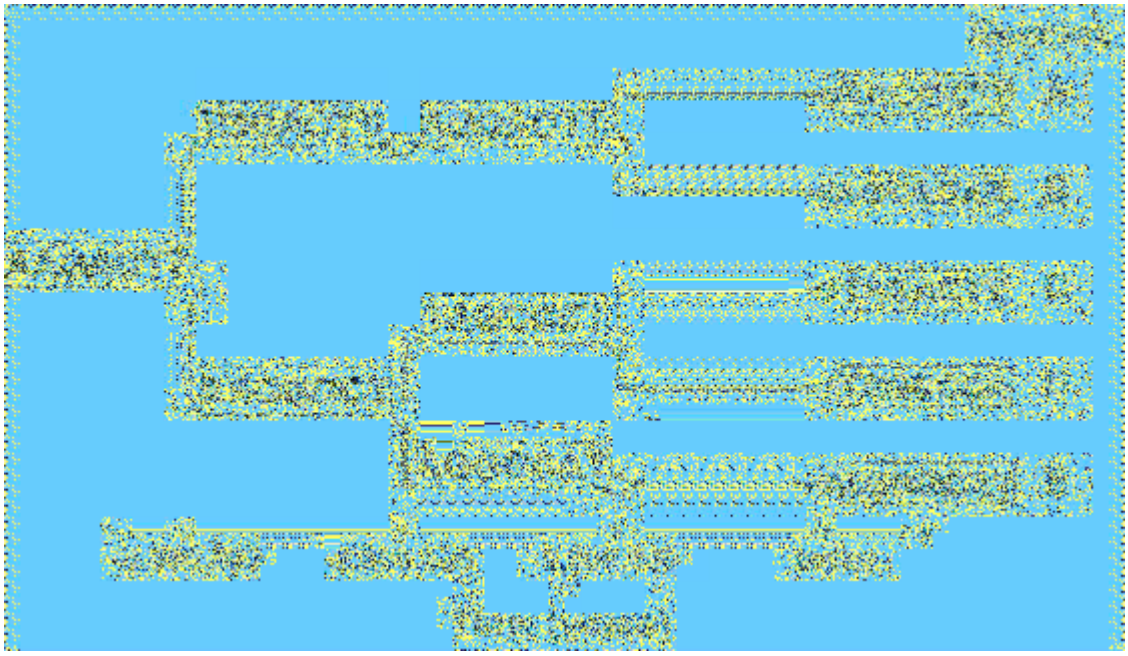
در دنیای زنده، حفظ کردن هر ساختار نیازمند صرف انرژی است. از سوی دیگر، جانداران انرژی را بیهوده صرف نمی کنند چون در این صورت، در رقابت با جاندار دیگری که انرژی را بهینه مصرف می‌کند حذف خواهند شد. یکی از علل مشاهدهٔ ساختارهای وستجیال هم همین است. وقتی ساختاری کارایی ندارد، چرا باید حفظ شود؟

مطالعات مولکولی

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

مقایسه گونه ها را می‌توان در تراز ژنوم هم انجام داد. در ژنومیک مقایسه‌ای، ژنوم گونه های مختلف بایکدیگر مقایسه می شود. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلا این‌که کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین زیست‌شناسان از مقایسهٔ بین DNA جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هرچه DNA دو جاندار شباهت بیش‌تری داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می توانند به تاریخچه تغییر آن‌ها پی ببرند(شکل ۱۴)

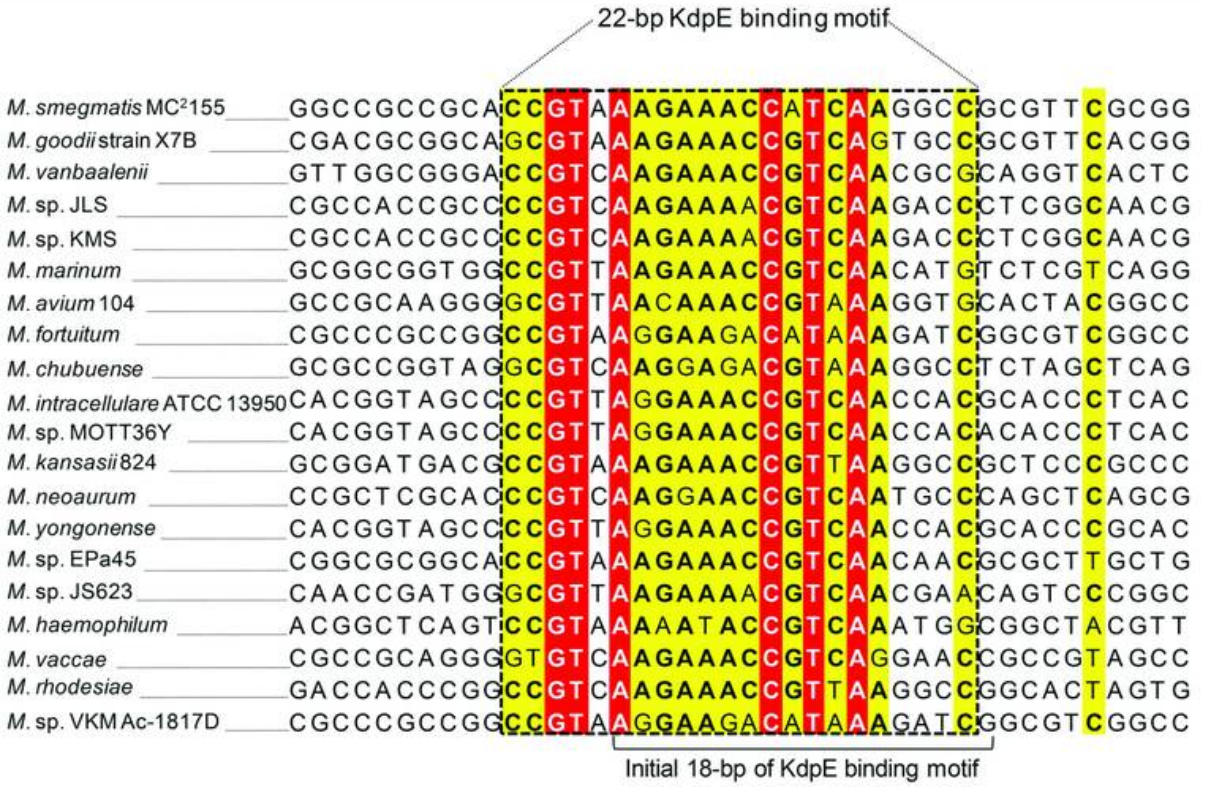


شکل ۱۴. چگونگی مشتق شدن پنج گونه فرضی از یک نیای مشترک. گونه های A و B نسبت به بقیه خویشاوندی بیشتری با هم دارند. همچنین خویشاوندی گونه های C وD بایکدیگر بیش تر است.

توالی هایی از DNA که در بین گونه های مختلف دیده می‌شوند را **توالی های حفظ شده** می‌نامند (شکل ۱۵).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل۱۵. توالی‌های حفظ شده در ژن یکی از پروتئین های باکتریایی. در بخش های قرمز، توالی ها کاملا حفظ شده اند اما در بخش های زرد، کم‌تر حفظ شده اند.

زیست شناسان به توالی‌های حفظ شده توجه خاص دارند چون می‌دانند این توالی‌ها آن‌قدر مهم‌اند که در طول زمان حفظ شده اند. اصولا هر چه در طول زمان حفظ شده باشد، از نقشی پر اهمیت برخوردار است چون هرگونه تغییر در آن به اتلاف انرژی یا مرگ منجر شده است و نتوانسته به نسل‌های بعد منتقل شود. بنابراین، زیست شناسان در برخورد با ساختار یا توالی‌های حفظ شده از خود می پرسند این ساختار یا توالی چه اهمیت ویژه‌ای را داشته که همچنان حفظ شده است؟ به عبارت ساده تر، این سوال را می پرسند «چرا حفظ شده است؟». به این ترتیب زیست شناسان امروزی فقط به توصیف دنیای زنده بسنده نمی‌کنند بلکه با نگرشی چراجویانه به تجزیه و تحلیل آن نیز می پردازند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گونه زایی

تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدوده مشخصی کارامدند. یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولید مثل جنسی دارند: «گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا به‌وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند».

زیستا در تعریف بالا، به جانداری گفته می‌شود که زنده می ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد.

هم‌چنین، منظور از آمیزش موفقیت‌آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر شود.

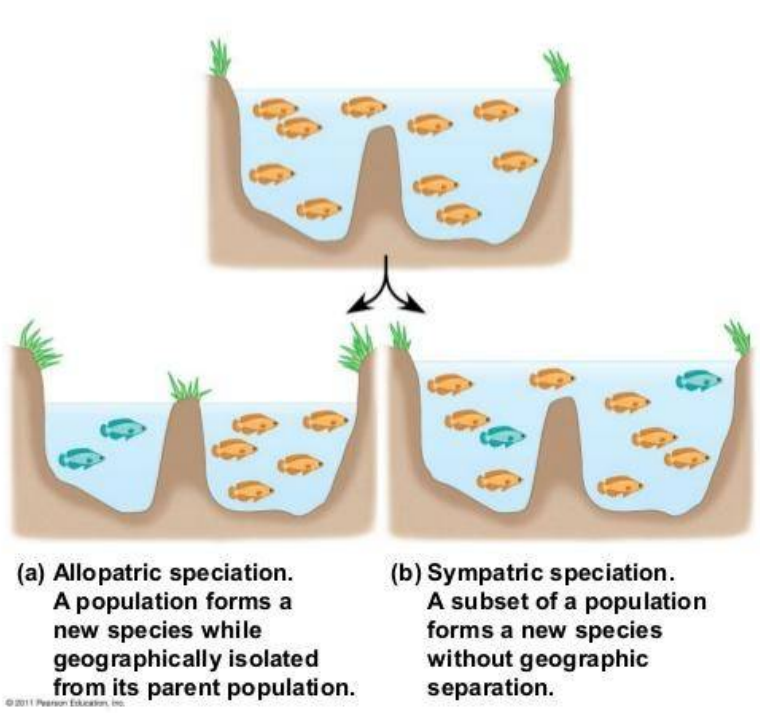
وقتی اعضای یک گونه نتوانند با اعضای گونه دیگر آمیزش کنند، بین گونه‌های مختلف، تبادل ژن صورت نمی‌گیرد. درنتیجه خزانه ژنی هرگونه، از خزانه ژنی گونه دیگر جدا خواهد بود.

اگر میان افراد یک گونه جدایی تولید مثلی رخ دهد، آن گاه خزانه ژنی آن ها از یکدیگر جدا می‌شود و احتمال تشکیل گونهٔ جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولید مثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر می‌شوند. به‌طورکلی مکانیسم‌هایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی **دگرمیهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی **هم میهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

در شکل ۱۶ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱۶. گونه زایی دگر میهنی و هم میهنی

گونه‌زایی دگرمیهنی

گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و وقوع سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلا در نتیجه پدیده کوه زایی، ممکن است در یک منطقه کوه، دره، دریاچه و . . . ایجاد شود یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند.

این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را - که قبلا به یک جمعیت تعلق داشتند - قطع می‌کنند و بین آن‌ها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی هم‌چون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به‌تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند و از آنجا که شارش ژنی میان آن‌ها وجود ندارد، این تفاوت بیش‌تر و بیش‌تر می‌شود تا جایی که حتی اگر این دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آن‌ها رخ نخواهد داد و بنابراین می‌توان آن‌ها را دوگونه مجزا به‌شمار آورد. اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

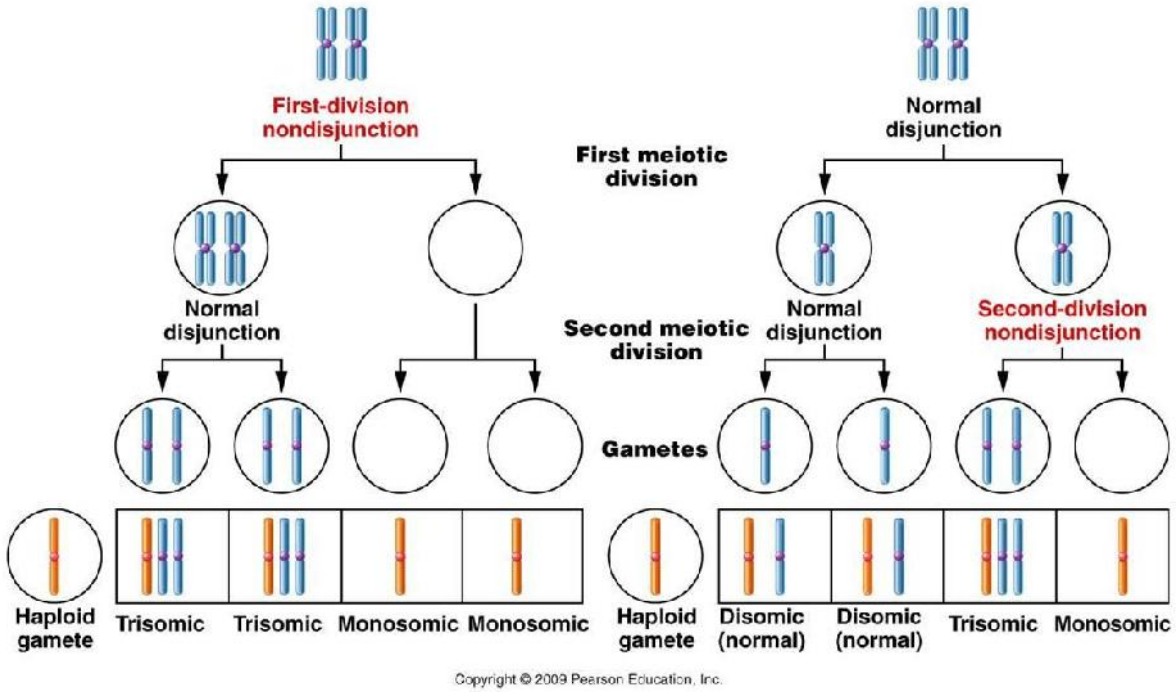
شده است کوچک باشد، آن‌وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

گونه‌زایی هم میهنی

گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولید مثلی اتفاق می‌افتد و درنتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را **گونه‌زایی هم میهنی** می‌نامند. درگونه‌زایی هم میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگر میهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

پیدایش گیاهان پلی پلوییدی، مثال خوبی از گونه‌زایی هم میهنی است. پلی پلوئیدی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیستا و زایا هستند اما نمی توانند با افراد گونه نیایی خود آمیزش کنند و بنابراین گونه ای جدید به شمار می‌روند.

جدانشدن کروموزوم ها در میوز به تشکیل گامت هایی با عدد کروموزومی غیر طبیعی منجر می شود (شکل ۱۷). اگر این گامت ها با گامت طبیعی لقاح کنند زیگوت طبیعی تشکیل نخواهد شد.

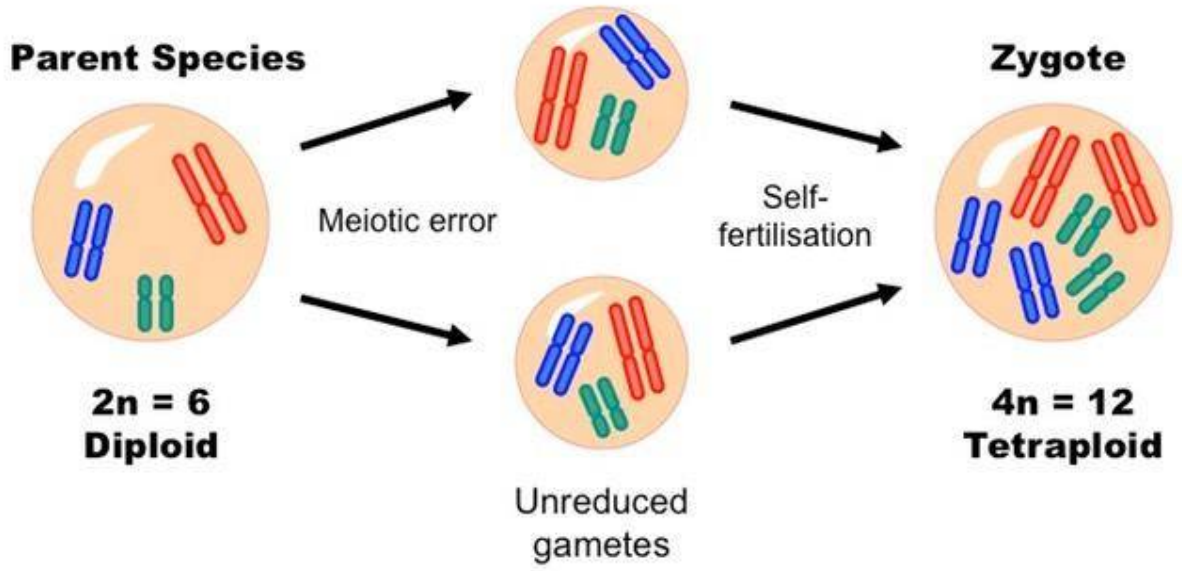


www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

شکل ۱۷. نتیجه آمیزش گامت های حاصل از خطای میوزی با گامت سالم.

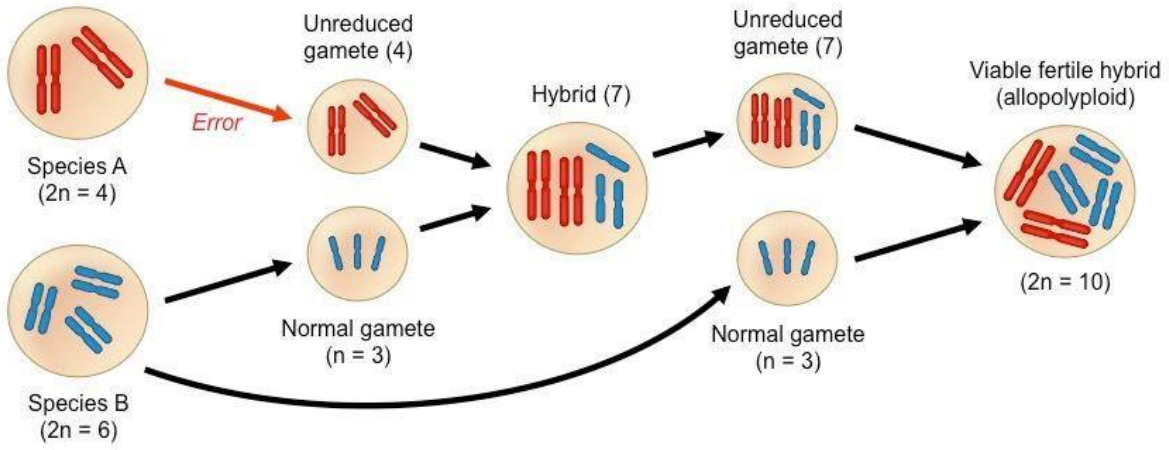
اما زیست شناسان دریافته اند که از خودلقاحی گیاه دیپلویید، می‌تواند گیاه تتراپلوئیدی ایجاد شود که زیستا و زایاست. شکل ۱۸ چگونگی آن را نشان می دهد . منظور از خود لقاحی این است که مادگی یک گل به وسیله دانه های گرده همان گل بارور شود.



گرچه زاده های حاصل از آمیزش گونه های مختلف زیستا و زایا نیستند اما گاهی به لطف خطای میوزی، امکان ایجاد گونه جدید، بخصوص در گیاهان، فراهم می شود. شکل ۱۹ مکانیسم این نوع گونه زایی را نشان می دهد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱۹. مکانیسم ایجاد گونه جدید در نتیجه خطای میوزی و آمیزش بین گونه ای.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

فصل ۵

تامین انرژی در یاخته

www.DarsYad.ir

اکنون که در حال خواندن و مطالعه این درس هستید، یاخته های بدنتان انرژی مصرف می کنند. این انرژی از کجا و چگونه تامین می شود؟ چه اندامکی در تامین آن نقش دارد؟ منبع انرژی در ما و جانوران چیست؟ چرا ورزش و فعالیت های بدنی شدید، سبب می شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟ با همه تفاوت هایی که بین ما و این لارو وجود دارد، انرژی مورد نیاز ما به شکل یکسانی از غذایی که می خوریم تامین می شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از موادمغذی در یاخته ها می پردازیم.

www.Darsyad.ir

گفتار ۱ : تامین انرژی

تنفس یاخته ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در فصل تبادلات گازی در کتاب زیست شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا ATP مورد نیاز ما در این فرایند تولید می شود. مثلاً انرژی گلوکز در تنفس یاخته ای ، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود. رابطه زیر خلاصه ای از فرایند تنفس یاخته ای را نشان می دهد که در کتاب **زیست شناسی ۱** با آن آشنا شدید.

رابطه (۱)

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

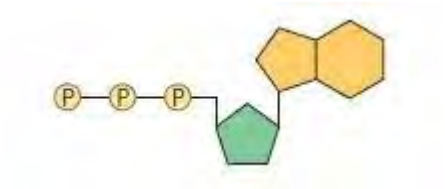
گلوکز + اکسیژن + ADP + فسفات → کربن‌دی‌اکسید + آب + ATP

این واکنش **تنفس یاخته‌ای هوازی** را نشان می دهد؛ زیرا تجزیه ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. نوع دیگری از تنفس یاخته‌ای وجود دارد که در آن ATP بدون حضور اکسیژن تولید می‌شود. این نوع تنفس یاخته ای را **تنفس یاخته ای بی‌هوازی** می نامند.

ATP مولکول پرانرژی

هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند.حفظ هریک از ویژگی های جانداران به تامین و در اختیار داشتن ATP وابسته است.

ATP. مولکولی پرانرژی و شکل قابل استفاده انرژی در یاخته هاست که انرژی مورد نیاز برای جانداران را تأمین می‌کند.شکل۱ ساختار این مولکول را به طور ساده نشان می دهد.



شکل ۱- ساختار مولکول ATP

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

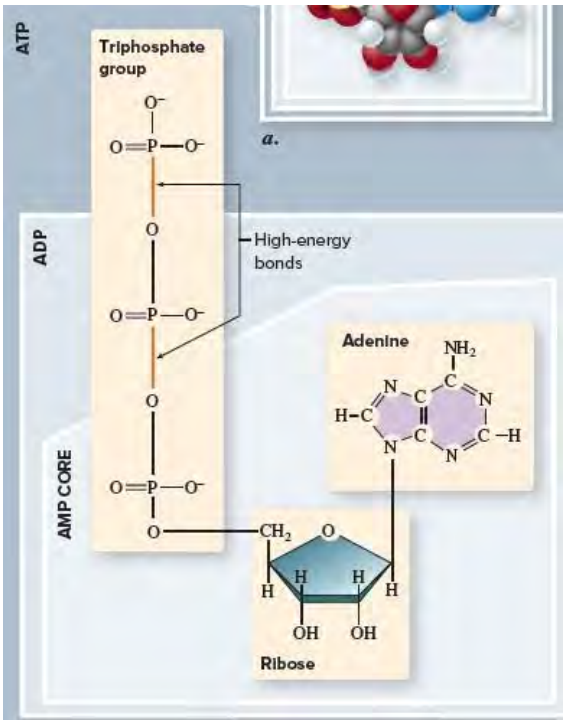
ATP نوکلئوتیدی است که از باز آلی آدنین و قند پنج کربنی ریبوز تشکیل و فسفات دار شده است.همان طور که در شکل ۲ می بینید، افزوده شدن فسفات به آدنین در سه مرحله روی می دهد. در نتیجه در ابتدا AMP ، سپس ADP و در نهایت ATP تشکیل می شود.

آدنوزین (آدنین و ریبوز) + گروه فسفات ⟵ AMP (آدنوزین مونوفسفات)

AMP + گروه فسفات ⟵ ADP (آدنوزین دی فسفات)

ADP + گروه فسفات ⟵ ATP (آدنوزین تری فسفات)

(این توضیح کنار شکل می آید)

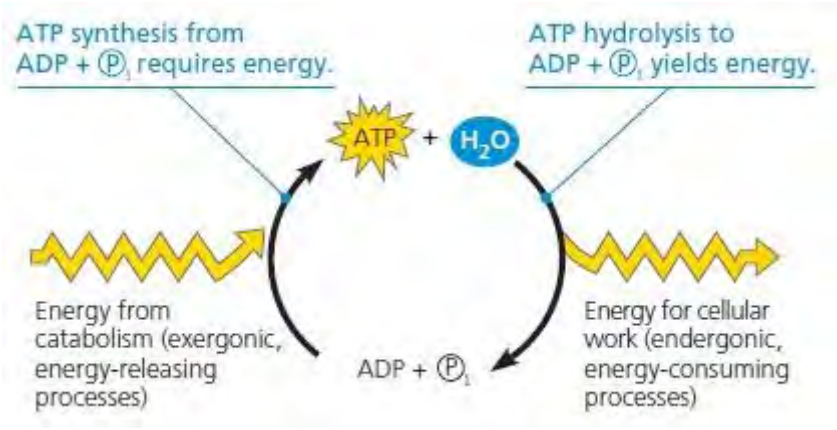


شکل ۲. ساخته شدن ATP

(حذف جزییات مولکولی مانند محل هیدروژن ها و ...

حذف تعداد باندها به شکل دایره های ساده می آید مانند شکل ۲)

هنگام تشکیل مولکول ATP ، پیوندهای پرانرژی بین گروه‌های فسفات ایجاد و با شکسته شدن این پیوندها، انرژی ذخیره شده در آنها آزاد می‌شود (شکل ۳). به طور معمول ATP از ADP تشکیل و این دو مولکول به هم تبدیل می شوند.



شکل۳- تبدیل ATP و ADP به یک دیگر.(شرح شکل فارسی می شود)

www.Darsyad.ir

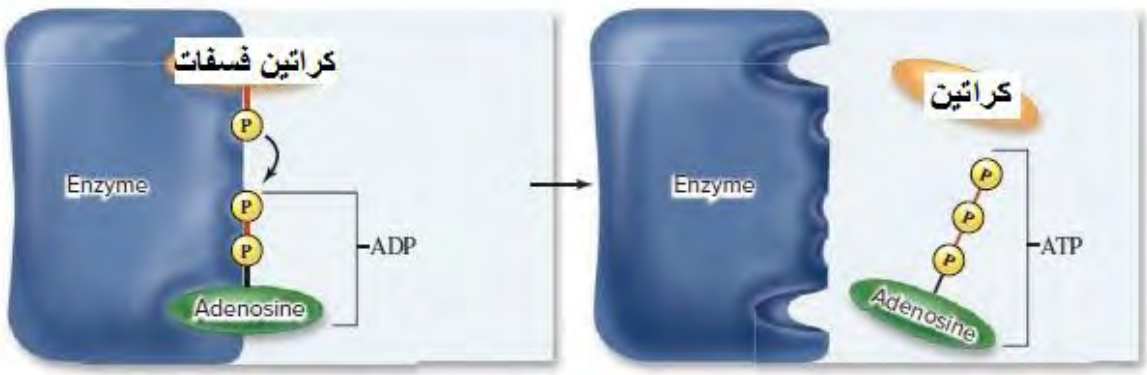
www.DarsYad.ir

ساخته شدن ATP

دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست.

یکی از روش‌های ساخته شدنِ ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات دار و افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را **ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده** می نامند.

در سال گذشته با نمونه ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده آشنا شدید. آیا آن را به یاد دارید؟ در کتاب "زیست شناسی ۲ " دانستید که ماهیچه ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه های تامین آن در ماهیچه ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کرآتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل٤).



شکل٤- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده. (به جای پپ ،کراتین فسفات می نویسیم)

روش دیگر، ساخته شدن اکسایشی ATP است. در این روش ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون (+H) در میتوکندری هاساخته می‌شود.

www.Darsyad.ir

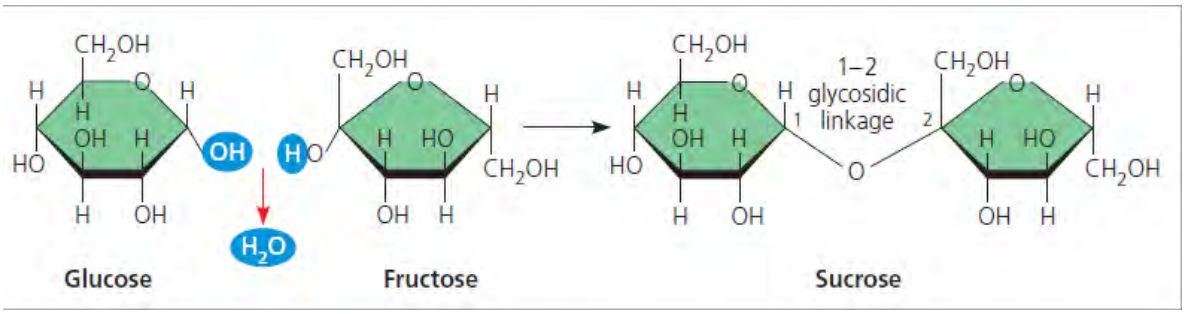
www.DarsYad.ir

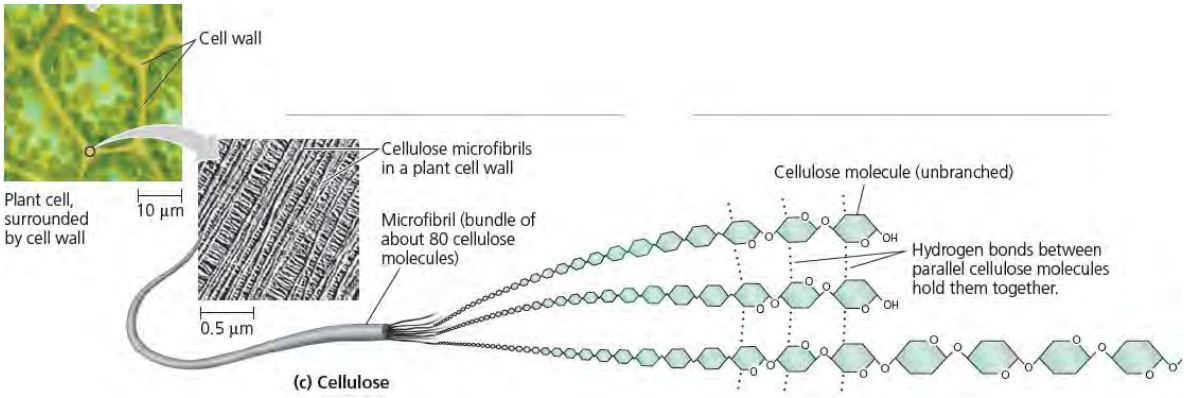
بیشتر بدانید

کربوهیدرات ها

کربوهیدرات ها دارای کربن ، هیدروژن و اکسیژن اند.فرمول کلی آنها رابه صورت $(CH_2O)_n$ نشان می‌دهند.نقش انرژی زایی کربوهیدرات‌ها به خوبی شناخته شده است.این ترکیبات به علت داشتن پیوندهای هیدروژن – کربن، انرژی فراوانی در خود ذخیره و هنگام اکسایش آزاد می‌کنند.

در یک نوع تقسیم بندی، کربوهیدرات ها را در سه گروه مونوساکاریدها(مانند گلوکز) ، دی‌ساکاریدها (مانند ساکارز) و پلی‌ساکاریدها (سلولز، نشاسته و گلیکوژن) قرار می‌دهند.قند و شکر از ساکارز تشکیل شده اند. این دی ساکارید از مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است.





(شکل فارسی می شود)

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

زیستن با اکسیژن

اغلب واژه تنفس یاخته‌ای را برای نوع هوازی به کار می‌برند؛ زیرا در جانوران اکسیژن مورد نیاز از طریق نفس کشیدن تامین می شود. در اینجا ما نیز **تنفس یاخته‌ای** را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

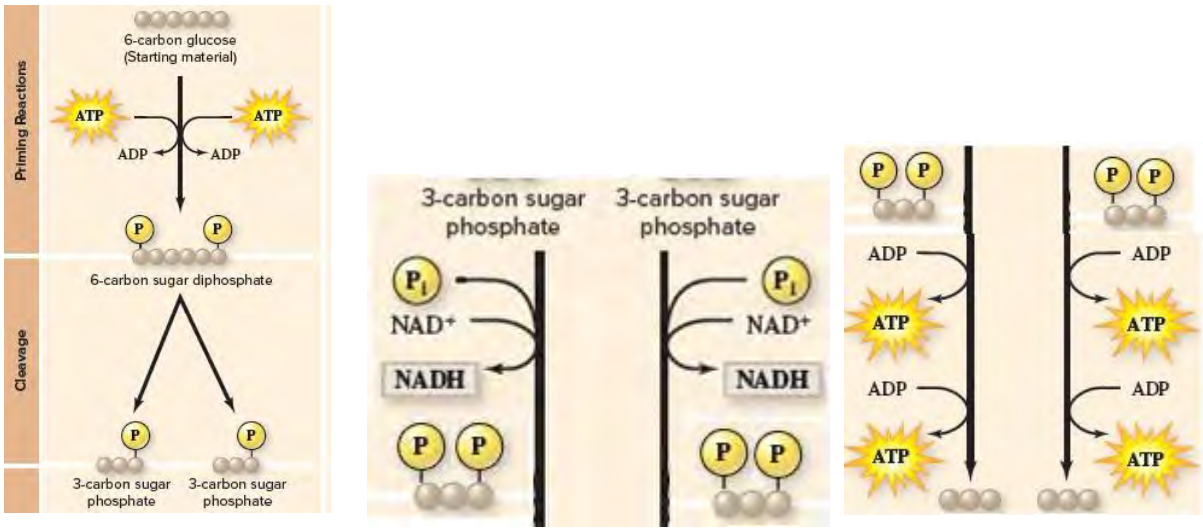
گلیکولیز : اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، **گلیکولیز** و به معنی تجزیهٔ گلوکز است که در سیتوپلاسم انجام می‌شود.

تجزیه گلوکز در گلیکولیز، نه به صورت یکباره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود. برای انجام واکنش های مربوط به تجزیه گلوکز ابتدا به مقداری انرژی نیاز هست . این انرژی از ATP تامین می شود.

همان طور که در شکل ۵ می‌بینید، گلوکز با گرفتن فسفات های ATP ، فسفات دار یا اصطلاحاً **فسفاته** می شود. از تجزیه گلوکز فسفاته شده ، دو قندسه کربنیِ فسفاته ایجاد می شود.

سپس هر یک از این قندها یک فسفات دیگر می گیرند و به این ترتیب دارای دو گروه فسفات می شوند.

هر یک از قندهای دو فسفاته بعد از طی مراحلی ،به مولکولی سه کربنی به نام پیرووات، که نوعی اسید است، تبدیل می شوند. در این تبدیل، مولکول های ATP نیز تشکیل می شوند(شکل ۵).



تشکیل پیروات　　تشکیل قندهای دو فسفاته　　تشکیل دو قند سه کربنی فسفاته

شکل ۵.تجزیه گلوکزدر سیتوپلاسم. **(شکل فارسی می شود)**

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

همان طور که در شکل ۵ می بینید، در افزوده شدن دومین فسفات به قند سه کربنی ،مولکول NADH (اِن اِی دی اچ)نیز تولید می شود. این مولکول حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و می تواند به NAD^+ (اِن اِی دی مثبت)تبدیل شود. NADH و NAD^+ با از دست دادن وگرفتن الکترون و پروتون، به هم دیگر تبدیل می شوند.

رابطه (۲)

$$NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightleftarrows NADH$$

فعالیت

همان طور که دیدید ، در واکنش های گلیکولیز ATP ساخته می شود. بر اساس روش هایی که در باره تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در گلیکولیز با کدام روش انجام می شود؟

در فرایند گلیکولیز از هر مولکول گلوکز که به پیروات تبدیل می شود چند مولکول ATP تولید و چند مولکول ATP مصرف می شود ؟

بیشتر بدانید

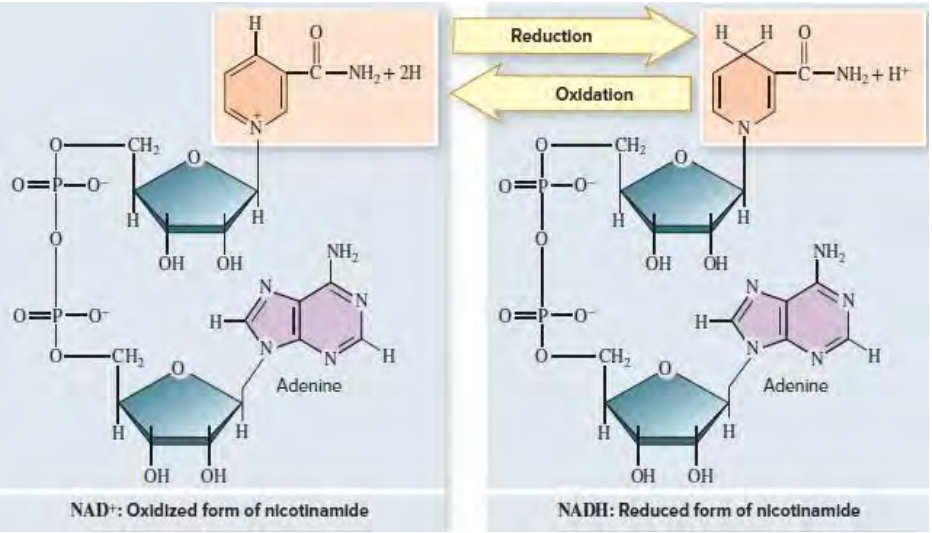
انرژی فعال سازی

برای انجام واکنش بین مولکول ها ، به انرژی فعال سازی نیاز هست.این انرژی مولکول را برای انجام واکنش آماده می کند. انرژی فعال سازی در واقع سطح انرژی مولکول را به سطح موردنیاز برای انجام واکنش می رساند.در آغاز گلیکولیز این انرژی از ATP تامین می شود.

بیشتربدانید

ساختار نیکوتین‌آمیدآدنین‌دی‌نوکلئوتید

(شکل فارسی می شود)



www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

میتوکندری مقصد پیرووات

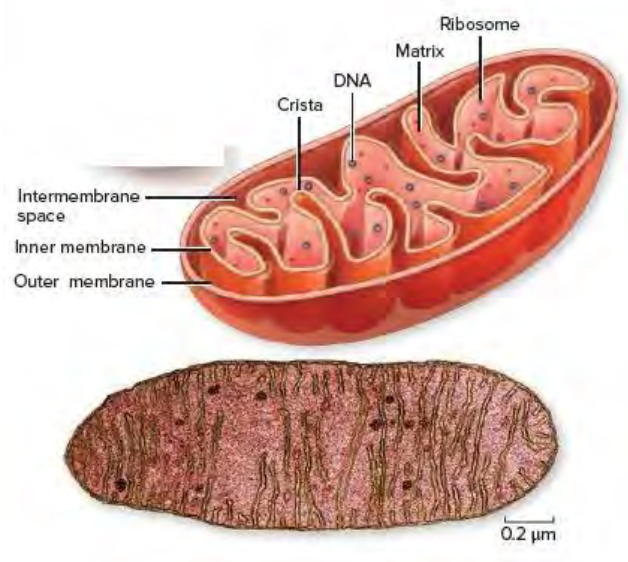
مرحله دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در میتوکندری‌ها انجام می‌شود.

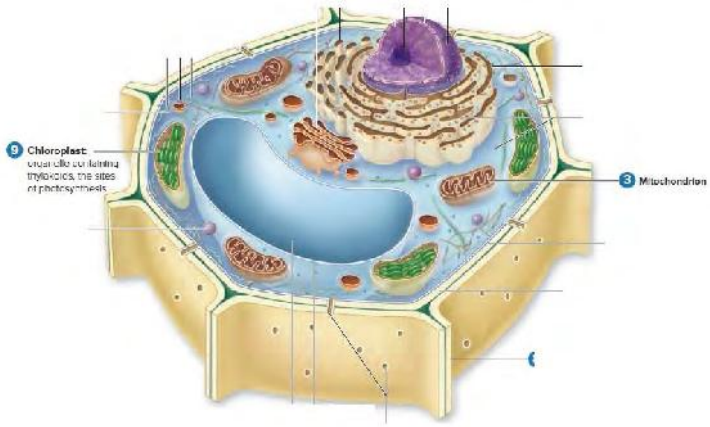
میتوکندری دو غشا دارد(شکل٦). **غشای بیرونی** میتوکندری صاف، و **غشای درونی** آن به داخل میتوکندری چنین خورده است. درنتیجه فضای داخل میتوکندری به دو بخشِ **فضای داخلی** و **فضای بین دو غشا** تقسیم می شود. فضای داخلی **بستره** نام دارد و با غشای داخلی احاطه شده است.

جالب است که میتوکندری ها دارای دنای مستقل از هسته و ریبوزوم مخصوص به خود هستند و پروتئین سازی در آنها انجام می شود. در دنای میتوکندری، ژن های مربوط به اطلاعات مورد نیاز برای ساخته شدنِ تعدادی از پروتئین های مهم در تنفس یاخته ای وجود دارند.

میتوکندری می تواند مستقل از تقسیم یاخته ای ،تقسیم شود؛ اما نمی تواند ، در شرایط معمول مستقل از یاخته به زندگی خود ادامه دهد. همچنین برای انجام نقش خود در تنفس یاخته ای به آنزیم هایی وابسته است که ژن های آنها در هسته قرار دارند.

www.DarsYad.ir





شکل ٦ . میتوکندری در یاخته های یوکاریوت وجود دارد.الف) میتوکندری در یاخته گیاهی ، ب) میتوکندری و ترسیمی از آن . شکل فارسی می شود

www.Darsyad.ir

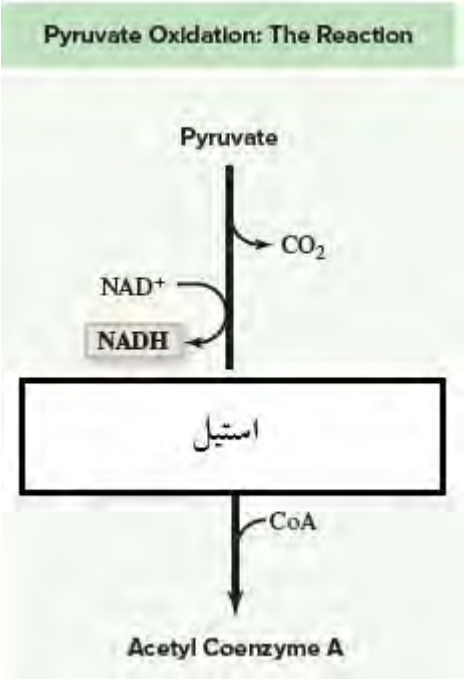
فعالیت

گفت و گو کنید

مستقل بودن تقسیم میتوکندری از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟

گفتیم که در انتهای گلیکولیز ، پیرووات تشکیل می شود. این مولکول وارد میتوکندری می‌شود و در آن‌جا اکسایش می‌یابد. پیرووات در میتوکندری با از دست دادن یک کربن به بنیان استیل تبدیل و با اتصال آن به مولکولی به نام کوآنزیم A ، استیل کوآنزیم A تشکیل می شود. در اکسایش پیرووات NADH نیز به وجود می آید(شکل ۷).

اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی متفاوت ، به نام **چرخه کربس** ،در بسترہ میتوکندری انجام می گیرید که در گفتار بعدی به آن می پردازیم.



شکل۷.اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیمA

(شکل فارسی می شود)

بیشتر بدانید

دانشمند موفق

هانس کربس دانشمند آلمانی برای کشف بسیاری از مراحل تنفس یاخته ای ، موفق به دریافت جایزه نوبل در سال ۱۹۵۳ شد.از نظر او دانشمند موفق، فردی است که مهارت های فنی و علمی لازم را برای کسب موفقیت های بیشتر با استفاده از امکانات موجود داشته باشد؛ همچنین در راه رسیدن به هدف ، سختی ها را تحمل و نتایج پژوهش را به روشنی ارائه دهد.

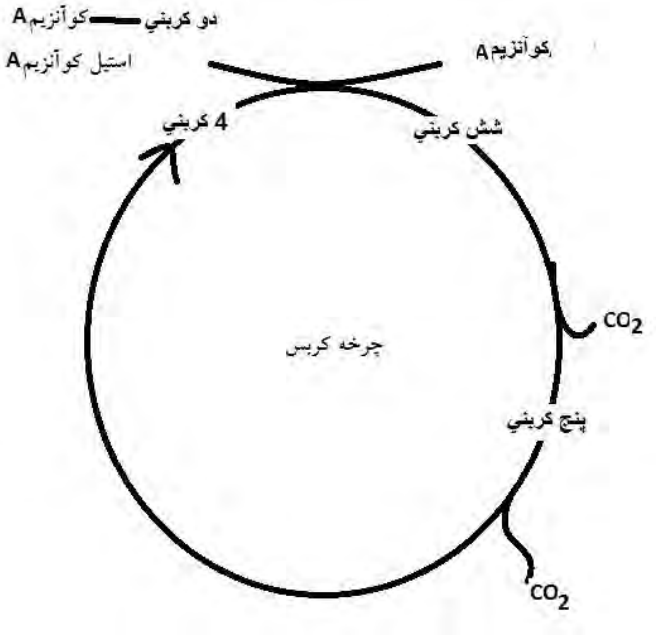
www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

گفتار۲ : اکسایش بیشتر

در فرایندهای متفاوت تنفس هوازی ، مولکول گلوکز تا حد تشکیل مولکول های CO_2 باید تجزیه شود. بخشی از این تجزیه در گلیکولیز و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می شود.

چرخه کربس

شکل ۸ ترسیم ساده ای از وقایع کلی چرخه کربس را نشان می دهد. در این چرخه می بینید ضمن ترکیب استیل و مولکول چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش‌کربنی ، ایجاد می شود.پس از آن در طی واکنش های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می دهد، استیل به طور کامل تجزیه و اتم های کربن به صورت CO_2 آزادمی شوند؛ همچنین ترکیب چهار کربنی برای گرفتن استیلی دیگر، بازسازی می شود.



شکل ۸. طرح ساده ای از چرخه کربس.

علاوه بر کربن دی اکسید، از اکسایش هر گروه استیل در واکنش های چرخه کربس، سه مولکول NADH ، یک مولکول $FADH_2$ و یک مولکول ATP تشکیل می شوند.این مولکول ها در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند.

$FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است. $FADH_2$ براساس رابطه (۳) از FAD^+ ساخته می شود.

رابطه (۳)

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftarrows FADH_2$$

به این ترتیب با انجام گلیکولیز و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های $Co_۲$ تجزیه و انرژی آن صرف ساخته شدنِ ATP و مولکول های حامل الکترون می‌شود.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

تشکیل ATP بیشتر

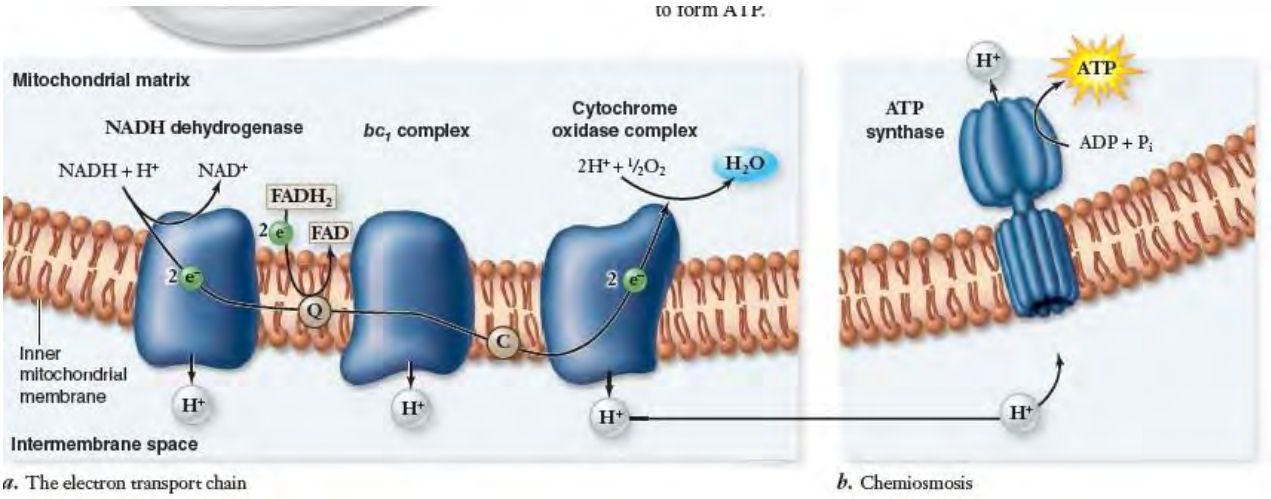
تا اینجا دیدیم که در تنفس یاخته ای ATP به وجود می آید. مولکول های NADH و $FADH_2$ که در گلیکولیز و چرخه کربس تولید می شوند، نیز ATP تولید می کنند.

همچنین، بر اساس رابطه کلی تنفس یاخته ای می دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می شود. اکنون پرسش این است که چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می رود و آب چگونه تولید می شود ؟ پاسخ این پرسش ها در **زنجیره انتقال الکترون** در میتوکندری نهفته است.

غشای درونی میتوکندری جایگاه زنجیره

زنجیره انتقال الکترون از تعدادی مجموعه مولکولی تشکیل شده است که در غشای داخلی میتوکندری قرار دارند.درجه اکسایش هرمجموعه با گرفتن الکترون کاهش ، و با از دست دادن الکترون افزایش می یابد. همان‌طور که در شکل ۹ می‌بینید، الکترون‌های NADH و$FADH_2$ به وسیله یکی از این مجموعه ها گرفته و به مجموعه های دیگر منتقل می شوند.

www.DarsYad.ir



شکل ۹. زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری. تعدادی پروتون در بستره اضافه می شود **(شکل فارسی می شود)**

www.Darsyad.ir

در این زنجیره می بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به شکل فعال اکسیژن ، یعنی O^{--} (اتم اکسیژن با دو بار منفی) درمی آید.

اکسیژن های فعال، شدیدا اکسید کننده اند و در ترکیب با پروتون هایی که در بستره قرار دارند ، مولکول های آب را تشکیل می دهند.

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{--} + 2H^{+}+ \rightarrow H_2O$$

اگر به شکل ۹ توجه کنید، می بینید که پروتون ها (یون های H^+) به وسیله هر یک از این مجموعه ها به فضای بین دو غشا وارد می شوند. عبور الکترون در زنجیره انتقال الکترون ، انرژی لازم برای انتقال پروتون ها از بستره به فضای بین دوغشا را فراهم می کند.

منشا این پروتون ها واکنش های متفاوتی اند که در چرخه کربس رخ می دهند(در شکل ۹ باید).

به نظر شما ادامه ورود پروتون ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی دارد؟ شاید درست حدس زده باشید. تراکم پروتون‌ها در فضای بین دو غشا، نسبت به بستره افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شیب غلظت،تمایل دارند که به سمت بستره برگردند؛ اما تنها راه پیشِ‌روی پروتون‌ها برای برگشتن به بستره، آنزیمی به نام **آنزیم ATP ساز** است. این آنزیم در واقع یک موتور مولکولی است . پروتون‌ها هنگام عبور از این آنزیم ، انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP وگروه فسفات را فراهم می کنند.

فعالیت

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون ، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP است؟

ب) با توجه به نقش غشای داخلی در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

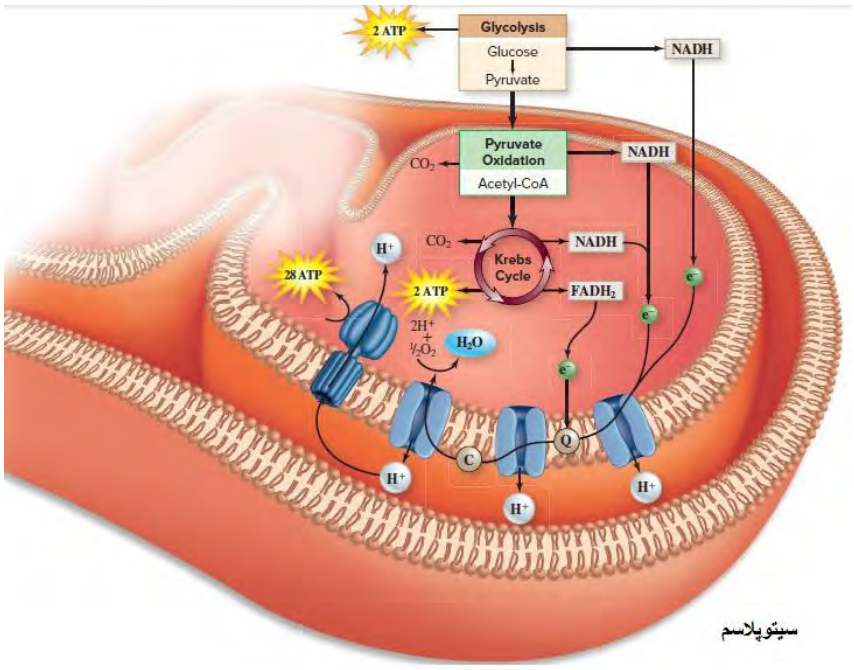
مروری بر تنفس هوازی

خلاصه‌ای از تنفس هوازی را در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که می‌بینید در فرایندگلیکولیز از گلوکز پیرووات ایجاد می شود . پیرووات به میتوکندری می رود و در آنجا به استیل کوآنزیمA اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیمA وارد چرخه کربس می شود تا باقی مانده پیرووات به طور کامل اکسایش یابد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

در این واکنش ها علاوه بر آزاد شدن مولکول های کربن دی اکسید، ATP ، NADH و $FADH_2$ نیز تولید می شوند.



شکل ۱۰. خلاصه ای از تنفس هوازی. (سی و کیو حذف می شود) شکل فارسی می شود.

فعالیت

ارائه دهید

با استفاده از شکل ده ، به طور گروهی طرحی تصویری و نوشتاری از تنفس یاخته ای هوازی تولید کنید. سعی کنید حداقل واژه ها را به کاربرید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد.این طرح را می توانید با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای ، نقاشی ، ... و به صورت های متفاوت تولید کنید.

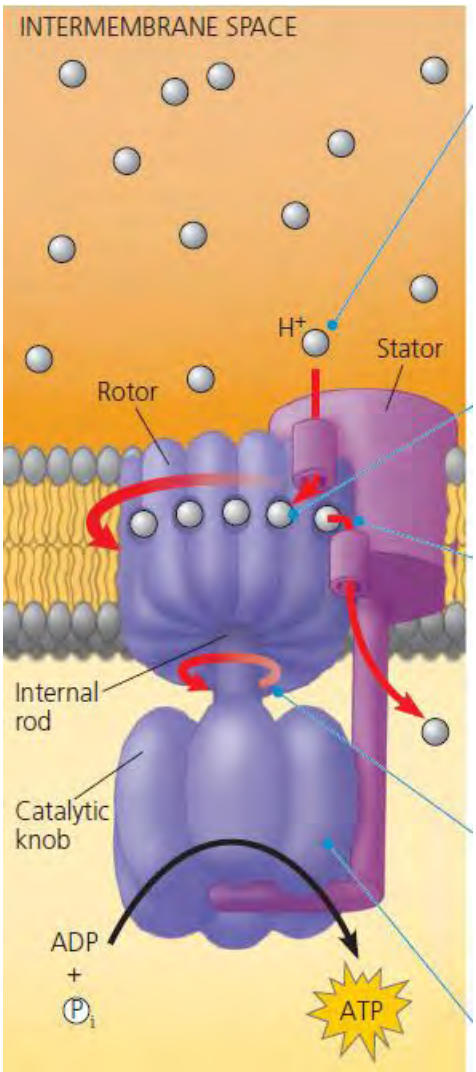
بیشتر بدانید

موتورچرخنده

آنزیم ATP ساز در واقع یک موتور چرخنده است. این موتور از سه بخش **سر**، **پایه** و **چرخنده** تشکیل شده است. کانالی که پروتون ها می توانند از آن عبور کنند ، از دو نیمه تشکیل شده و به شکلی در غشا قرار دارد که دو نیمه آن در یک امتداد نیستند. پروتون وارد یک نیمه کانال می‌شود. پروتون از زیر واحدی به

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

زیر واحدی دیگراز بخش چرخنده متصل و باعث چرخش آن می شود. این چرخش به سر منتقل و سبب می شود که سر در وضعیت مناسب برای ساختن ATP قرارگیرد. در واقع انرژی مکانیکی حاصل از چرخش بخش چرخنده، سر را در وضعیت مناسب برای ساختن ATP قرار می‌دهد (شکل i).



شکل فارسی می شود

بازده انرژیایی تنفس هوازی

دانستیم که از مولکول های NADH و $FADH_2$ در زنجیره انتقال الکترون ATP تولید می شود.اکنون پرسش این است که به ازای هر NADH و $FADH_2$ چه مقدار ATP تولید می‌شود.

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده به ازای هر NADH ۲/۵ و به ازای هر $FADH_2$ ۱/۵ است. انتقال هر NADH از سیتوپلاسم به میتوکندری به یک ATP نیاز دارد، بنابراین درازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ ATP تولید می‌شود. باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با شرایط فیزیولوژیک فرق می‌کند. بنابراین نمی‌توان به سادگی به این پرسش پاسخ داد که در ازای تجزیه هر مقدار گلوکز چه مقدار ATP در یاخته ها تولید می‌شود.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید

انرژی در دسترس

مقدار انرژی آزاد شده از اکسایش گلوکز 686 Kcal/mol و انرژی قابل استفاده (آزاد) در هر پروتون حدود 7.3 Kcal/mol است. بنابراین انرژی قابل دسترس برای یک یاخته هوازی یوکاریوت حدود $(7/3 \times 30)/686 = 32\%$ است.

گفت‌وگو کنید

باکتری‌ها میتوکندری ندارند؛ بنابراین در باکتری‌های هوازی گلیکولیز و چرخهٔ کربس در سیتوپلاسم آنها انجام می‌شوند. به ازای اکسایش هر مولکول گلوکز در باکتری‌ها 32ATP تولید می‌شود. آیا می‌دانید چرا؟

تنظیم تنفس هوازی: تولیدی اقتصادی

به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های گلیکولیز و چرخهٔ کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در گلیکولیز و چرخهٔ کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع یاخته می‌شود.

یاخته های بدن به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تامین انرژی استفاده می کنند. درصورتی که این منابع کافی نباشند ، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه پروتئین ها و لیپیدها می روند.به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه ها از عوارض فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

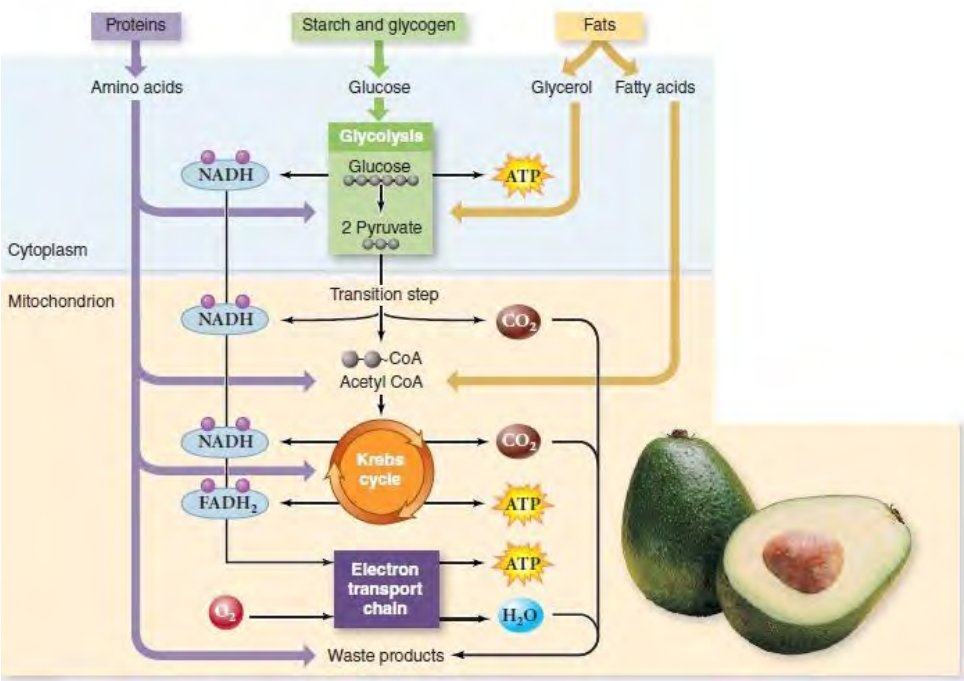
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید

اگر کربوهیدرات ها کافی نباشند

همان طور که در شکل می بینید پروتئین ها وچربی ها نیز برای تامین انرژی به کار می روند.از این مولکول ها نیز در نهایت استیل کوآنزیمA تولید می شود.



فارسی می شود

فعالیت

شاید دیده باشید که در دانه های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا ، حشرات و لارو آنها رشد ونمو می کند. با توجه به اینکه این دانه ها خشک اند و تقریبا آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تامین می شود؟

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار۳: زیستن مستقل از اکسیژن

تنفس بی‌هوازی

دیدیم که در تنفس هوازی، اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون است . آیا تجزیه گلوکز و تامین انرژی ، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟

یکی از راه های تامین ATP در چنین شرایطی ، تنفس بی‌هوازی است. در این نوع تنفس، به جای اکسیژن ترکیات دیگری گیرنده نهایی الکترون هستند.

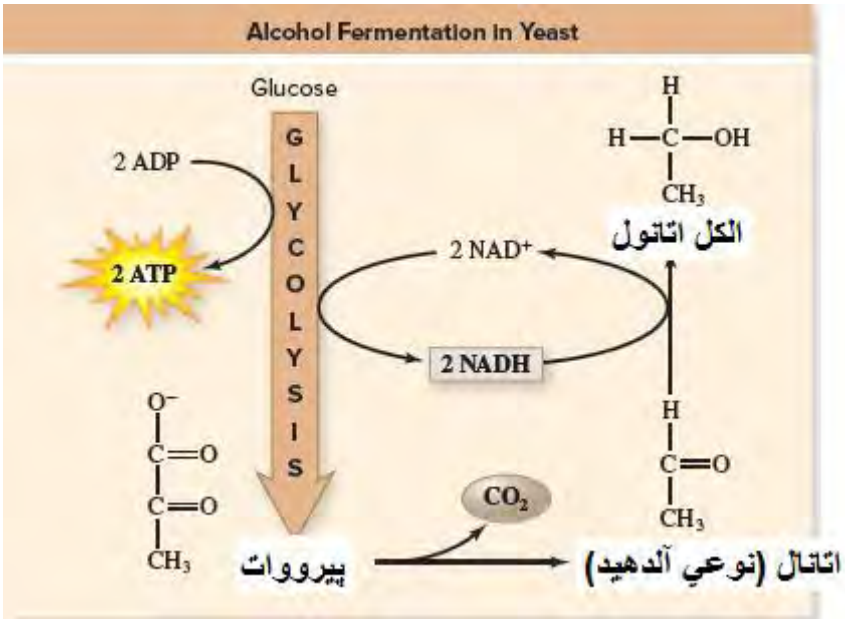
تخمیر از روش های تامین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد. تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می بریم.

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با گلیکولیز آغاز می شوند و تا تشکیل پیرووات ادامه می یابند.بعد از تشکیل پیرووات ، الکترون های NADH به ماده ای به جز اکسیژن منتقل می شوند. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می شویم.

www.DarsYad.ir

تخمیر الکلی

ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۱ طرح ساده ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می دهد.در این فرایند پیرووات حاصل از گلیکولیز با از دست دادن CO_2 ، به ترکیبی دوکربنی تبدیل می‌شود. این ترکیب با گرفتن الکترون‌های NADH به اتانول تبدیل و به این ترتیب NAD^+ مورد نیاز برای انجام گلیکولیز نیز فراهم می‌شود. اگر NAD^+ بازسازی نشود، گلیکولیز متوقف می شود و در نتیجه تخمیر الکلی انجام نمی شود.



شکل ۱۱. تخمیر الکلی.

شکل فارسی می شود.

www.Darsyad.ir

بیشتر بدانید

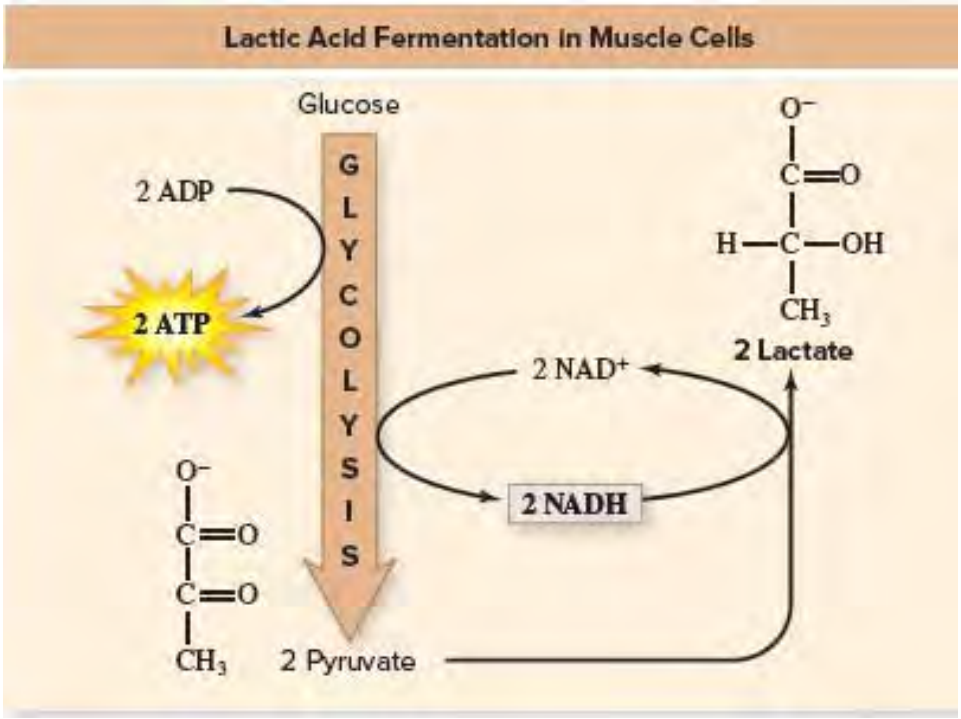
تخمیر الکلی در پخت نان

Saccharomyces cervisiae قارچی تک یاخته ای است که نشاسته را تجزیه می کند. درفرایند پخت نان، این قارچ به خمیر اضافه و خمیر در شرایط مناسب نگه داری شود. CO_2 حاصل از تخمیر الکلی در خمیر حباب هایی ایجاد می کند که سبب **ورآمدن یا رسیدن خمیر** می شود. اتانول تولید شده در خمیر بر اثر حرارت، تبخیر می شود.

تخمیر لاکتیکی

در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌ها برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه ها تجمع می یابد. اما لاکتات با چه ساز و کاری ایجاد می شود؟

فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد میتوکندری‌ها نمی‌شود ، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود(شکل ۱۲).



شکل ۱۲. تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر لاکتیک اسید است. **شکل فارسی می شود**

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

انواعی از باکتری ها تخمیرلاکیتکی را انجام می دهند. بعضی از این باکتری ها ، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فراورده های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های لبنی و خوراکی هایی مانند خیارشور به کار می رود.

فعالیت

گفت و گو کنید

انواعی از باکتری ها می توانند ، با استفاده از تنفس غیر هوازی انرژی را از مواد مغذی به دست آورند. مثلا پذیرنده نهایی الکترون در باکتری های متان‌زا (متانوژن) که در خاک و دستگاه گوارش نشخوارکنندگان زندگی می کنند، ، کربن دی اکسید است. در این فرایند گاز متان نیز تشکیل می شود. این باکتری ها می توانند با تجزیه فاضلاب، آن را تصفیه کنند. از طرفی، گاز متان از گازهای گلخانه ای و افزایش دهنده دمای کره زمین است. چه پیشنهادی برای حل مشکل تولید گاز متان دارید؟

www.DarsYad.ir

سلامت بدن : پاداکسنده ها

در درس شیمی آموختید که رادیکال های آزاد به علت داشتن الکترون های جفت نشده در ساختار خود، واکنش پذیری بالایی دارند و می توانند در واکنش با مولکول های تشکیل دهنده بافت های بدن، به آنها آسیب برسانند.در فرایند تنفس هوازی ، امکان تشکیل رادیکال آزاد از مولکول اکسیژن وجود دارد.اما چگونه؟

دیدیم که مولکول اکسیژن با پذیرش الکترون‌ها در پایان زنجیره انتقال الکترون ، به یون دو بارمنفی اکسیژن(O^{--}) یا یون اکسید تبدیل می‌شود. یون های اکسید با یون های هیدروژن (H^+) ترکیب و در نتیجه مولکول آب به وجود می آید. اما گاه پیش می‌آید که یون های اکسید وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند و به صورت رادیکال های آزاد باقی می‌مانند.رادیکال‌های آزاد، الکترون‌ها را از مولکول‌های زیستی(کربوهیدرات ها، پروتئین ها، لیپیدها و نوکلئیک اسیدها) می گیرند و ساختار کربنی آنها را تخریب می‌کنند.

بارها شنیده اید که خوردن میوه ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این موادغذایی دارای پاداکسنده هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده ها با گرفتن الکترون های اضافی از رادیکال های آزاد مانع از حمله رادیکال ها به مولکول های زیستی و درنتیجه تخریب بافت های بدن می شوند.

www.Darsyad.ir

تجمع رادیکال های آزاد

آیا خنثی سازی رادیکال های آزاد همیشه با موفقیت انجام می شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال های آزاد بر خنثی سازی آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش بینی می کنید ؟

مشخص است که در چنین شرایطی ، رادیکال های آزاد در میتوکندری تجمع می یابند و آن را تخریب می کنند ، در نتیجه یاخته هم تخریب می شود.

عوامل فراوانی ، از جمله تغذیه ای و ژنی می توانند، میتوکندری را در خنثی سازی رادیکال های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند. مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد میتوکندری در خنثی سازی رادیکال های آزاد مشکل ایجاد می کنند.

مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال های آزاد اکسیژن را افزایش می دهد و مانع از عملکرد میتوکندری در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد به DNA میتوکندری حمله و بعد از مرگ میتوکندری، سبب مرگ یاخته‌ای و در نتیجه بافت مردگی (نکروز) کبد می شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

گاه نقص در ژن های مربوط به پروتئین های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین های معیوب می انجامد. میتوکندری با این پروتئین های معیوب در خنثی سازی رادیکال ها ضعیف عمل می کند.

مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، باعث مرگ می‌شوند. سیانید یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست شناسی سال دهم به یاد دارید که گازمونواکسیدکربن با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می دهد. اکنون می دانید این عملکرد مونواکسیدکربن ، در واقع در انجام تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته ای اثر می گذارد. این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن‌اند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

بیشتربدانید

الکل و سرطان کبد

سیروز کبدی از عوارض دیگر مصرف طولانی مدت الکل است. الکل بر تجزیه چربی ها اثر منفی دارد بنابراین، مصرف الکل سبب تجمع چربی ها در یاخته های کبدی و ممانعت از عملکرد آن می شود.سیروز کبدی احتمال ابتلا به سرطان کبد را افزایش می دهد.

کبد سالم

کبد سیروزی

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

فصل ۶

تامین انرژی برای ساختن ماده آلی

www.DarsYad.ir

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از اکسایش مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌شود. اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟ چه فرایند یا فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

www.Darsyad.ir

گفتار ۱

فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می‌دانید در فتوسنتز با استفاده از انرژی نور خورشید، CO_2 را به ماده آلی (قند) تبدیل می‌کنند. فرایند فتوسنتز را به طور خلاصه با رابطه زیر نشان می‌دهند.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین این رنگیزه ها باید در سامانه‌ای برای تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی، قرارداشته باشند.

انواعی از جانداران می توانند فتوسنتز کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

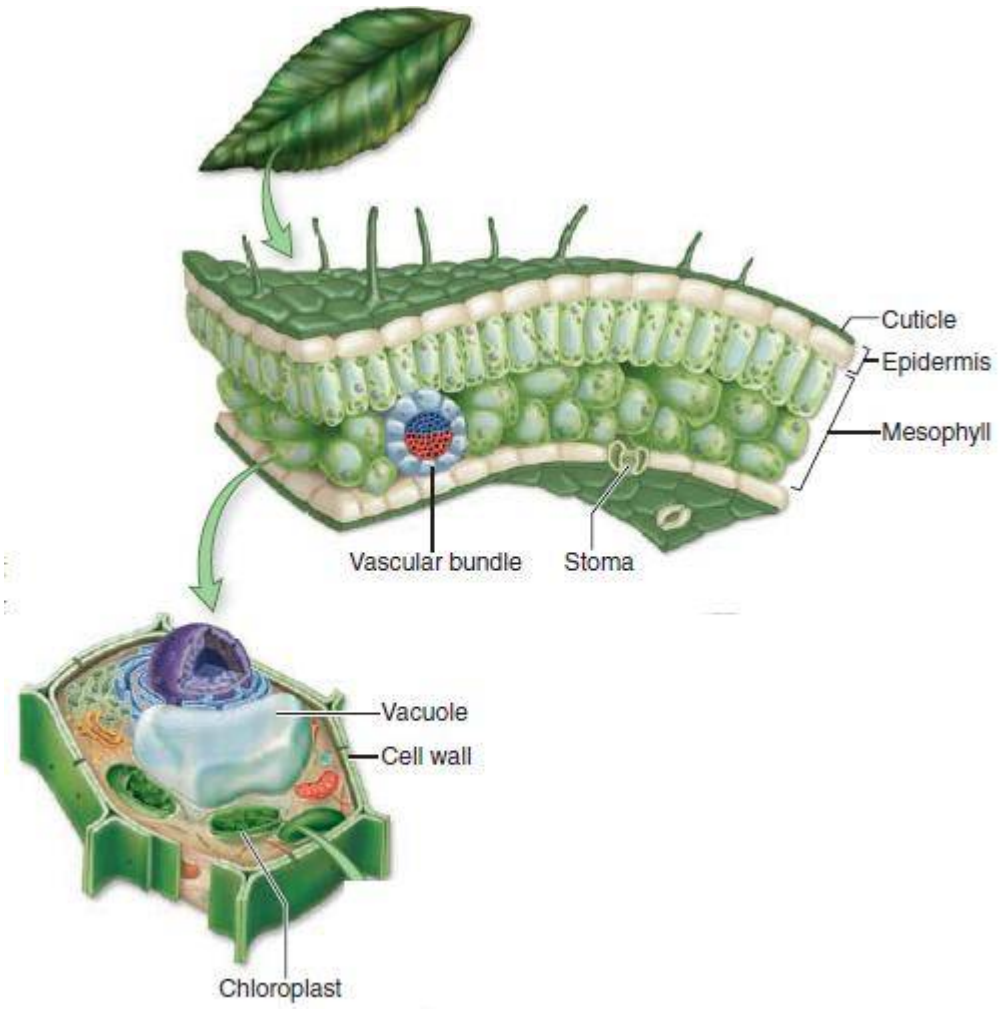
برگ ساختارتخصص یافته برای فتوسنتز

برگ مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان و دارای مقدار فراوانی سبزدیسه است. می دانید که فتوسنتز در سبزدیسه ها انجام می شود.

برگ گیاهان دو لپه از دو بخش پهنک و دمبرگ تشکیل شده است. در سطح رویی و زیرین پهنک برگ به ترتیب، روپوست رویی و زیرین قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته های نرم آکنه ای است که دسته های آوندی را در بر می گیرند(شکل۱).همان طور که در شکل یک می‌بینید، سبزدیسه‌ها در یاخته‌های میانبرگ و یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱. ترسیمی از برگ. در این شکل تعداد سبزدیسه ها بسیار بیشتر از چیزی است که در اینجا نشان داده شده است.

(نام گذاری میانبرگ نرده ای و اسفنجی، روپوست رویی و زیرین)

www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید

انواع میانبرگ

میانبرگ به شکل های متفاوتی در گیاهان دیده می شود.در یک نوع، میانبرگ به صورت نرده ای و اسفنجی دیده می شود. میانبرگ نرده ای به سمت روپوست رویی و از یاخته های نرده ای شکل و به هم فشرده؛ و میانبرگ اسفنجی به سمت روپوست زیرین و از یاخته هایی تشکیل شده است که از هم فاصله دار و پراکنده اند.در نوعی دیگر، میانبرگ فقط از میانبرگ اسفنجی تشکیل شده است.

www.Darsyad.ir

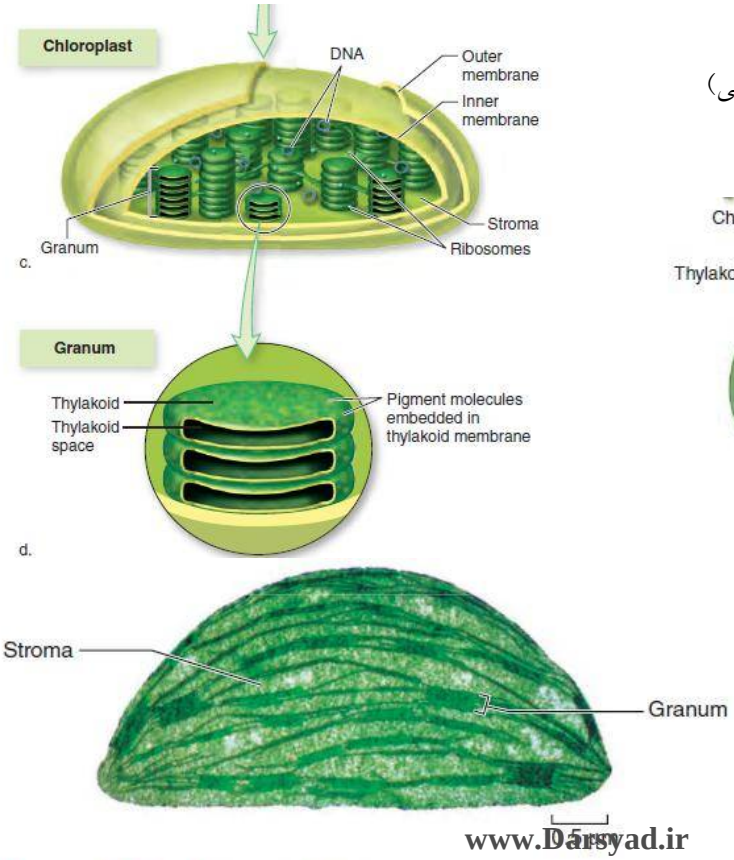
بیشتر بدانید

شکل های متفاوت

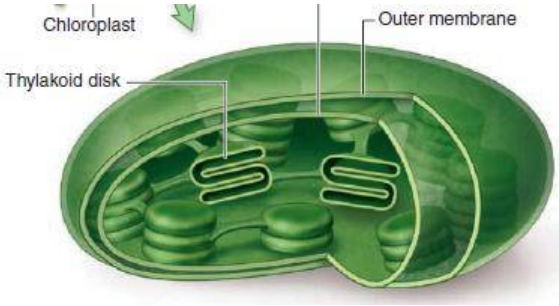
بعضی برگ ها دمبرگ ندارند، مانند برگ ذرت. بعضی برگ ها مرکب هستند، یعنی از تعدادی برگچه درست شده اند، مانند برگ درخت گردو. لبه بعضی برگ ها دارای بریدگی است ، مانند برگ درخت بلوط و درخت انجیر.

www.DarsYad.ir

سبزدیسه همانند میتوکندری دارای غشای بیرونی و غشای درونی است.فضای درون کلروپلاست با سامانه ای غشایی به نام **تیلاکوییید** به دو بخش فضای درون تیلاکوییدها و **بستره** تقسیم شده است. تیلاکوییدها ساختارهای غشایی و کیسه مانندی هستند که از روی هم قرار گرفتن آنها گرانوم ایجاد می شود. در هر کلروپلاست تعدادی گرانوم وجود دارد(شکل ۲).



شکل۲. ساختار کلروپلاست (الف: ترسیمی،
ب: تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی)



تیلاکوییدها به هم راه دارند.

www.Darsyad.ir

غشای تیلاکویید محل قرار گیری رنگیزه های فتوسنتزی است. افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبز دیسه هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند.وجود رنگیزه‌ها متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد.سبزینه همان‌طور که از نامش پیداست ، به رنگ سبز دیده می‌شود. آیا می‌دانید چرا؟

فعالیت

طراحی آزمایش

با توجه به اینکه کلروفیل به رنگ سبز دیده می‌شود، پیش‌بینی می‌کنید، چه بخشی از نور مرئی را جذب نکند؟ برای درستی پیش‌بینی خود آزمایشی طراحی کنید.

در گیاهان سبزینه‌های a و b وجود دارند. اختلاف اندک در ساختار مولکولی این دو سبزینه، سبب می‌شود که حداکثر جذب آنها در طول موج‌های متفاوتی باشد. کاروتئوئیدها به رنگ‌های زرد ، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است(شکل ۳).

www.DarsYad.ir

Photosynthesis: The Light Reactions 115

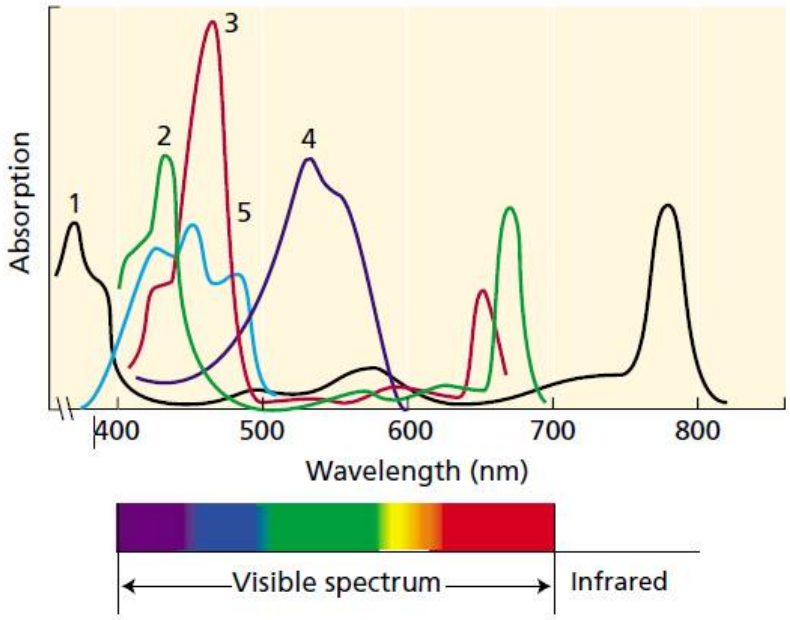
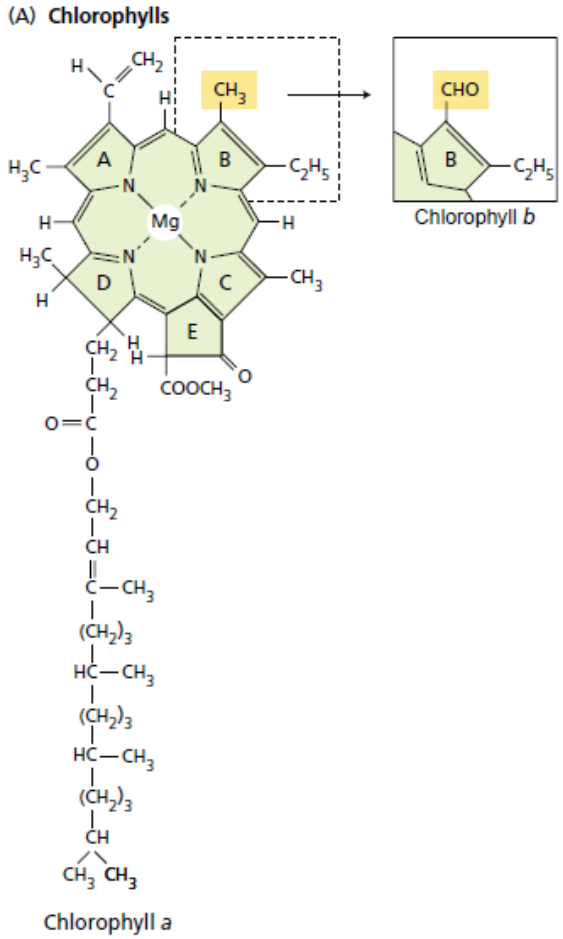


FIGURE 7.7 Absorption spectra of some photosynthetic

شکل۳.طیف جذبی رنگیزه های فتوسنتزی.
وجود سبزینه‌های (سبز)a ، b(قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)به استفاده حداکثری از انرژی نورمرئی می‌انجامد.
(حذف منحنی شماره ۱ و ٤ ، نام گذاری منحنی های۲،۳،۵)

www.Darsyad.ir



بیشتر بدانید

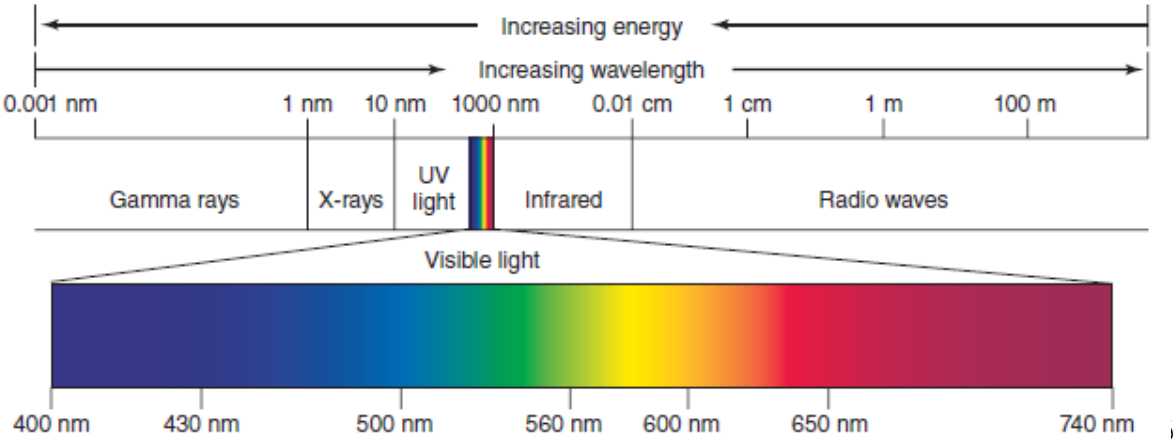
سبزینه های متفاوت

انواعی سبزینه در فتوسنتزکنندگان شناخته شده است. سبزینه a در همه ، به جز باکتری ها، سبزینه b در گیاهان و جلبک های سبز وجود دارد. دربعضی جلبک ها سبزینه های c و d نیز وجود دارد. علت تفاوت جذب سبزینه های a و b به اختلاف اندکی درساختار مولکولی این رنگیزه ها مربوط می شود که در شکل مشخص شده است.

بیشتر بدانید

طیف الکترومغناطیس

بخش مرئی نورخورشید، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیس خورشید است. (فارسی می شود)



رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم I و II (به ترتیب یک و دو)قرار دارند. هر فتوسیستم شامل چندین آنتن گیرنده نور و یک مرکز واکنش است. آنتن گیرنده نور از رنگیزه

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و پروتئین ها ساخته شده است.آنتن ها انرژی نور را می گیرند و به مرکز واکنش منتقل می کنند.

مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

حداکثر جذب سبزینه a در فتوسیستم I در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب این سبزینه در فتوسیستم II در طول موج ٦٨٠ نانومتر است. بر همین اساس به سبزینه a در فتوسیستمI ، P۷۰۰ و به سبزینه a در فتوسیستم II ، P٦٨٠ نیز می‌گویند.

پروتئین‌های مراکز واکنش فتوسیستم های I و II با هم متفاوت اند ؛ به همین علت حداکثر جذب در هر فتوسیستم در طول موج‌های متفاوتی است.

فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با ترکیباتی به هم متصل می‌شوند که درجهٔ اکسایش آنها با گرفتن الکترون ، کاهش و با از دست دادن آن افزایش می‌یابد.

فعالیت

گفت و گو کنید

آیا همهٔ طول موج‌های نور در فتوسنتز موثرند؟ برای پاسخ به این پرسش آزمایشی با استفاده از جلبک رشته‌ای سبز ،نوعی باکتری هوازی، نور و منشور برای تجزیه نور انجام شد.

این جلبک ، کلروپلاست های نواری شکل و بزرگی دارد. اگر این فرض درست باشد که همهٔ طول موج‌های نور در فتوسنتز موثرند، انتظار داریم که میزان تولید و درنتیجه تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد.

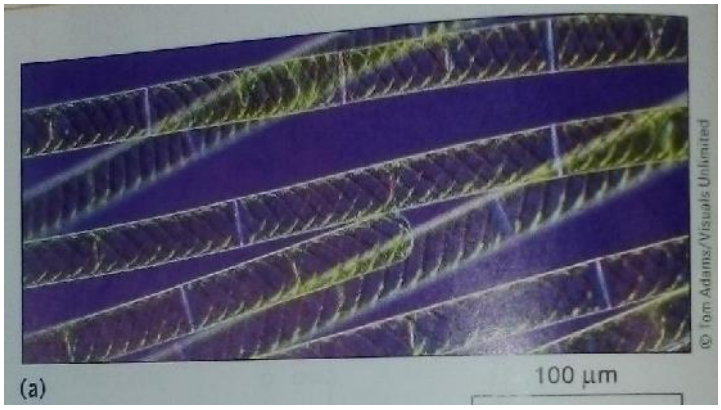
جلبک را روی سطحی ثابت کردند و در لوله آزمایشی شامل آب و باکتری های هوازی قرار دادند. با استفاده از منشور، نور معمولی تجزیه و به لوله آزمایش تابانده شد. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافته‌اند.

الف) تجمع باکتری ها در محل تابش چه طول موج هایی است؟ چرا؟

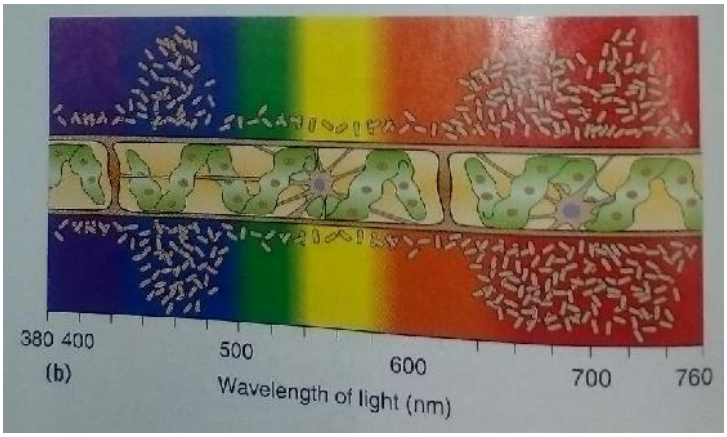
توضیح دهید در این آزمایش چگونه این فرضیه تائید می شود که سبزینه رنگیزه اصلی در فتوسنتز است.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



الف)جلبک سبز رشته ای



ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

بیشتر بدانید

نام گذاری فتوسیستم ها

شاید انتظار داشته باشید چون فتوسیستم II قبل از فتوسیستم I فعالیت می کند، نامگذاری این فتوسیستم ها برعکس باشد.اما اولین فتوسیستمی که کشف شد ،فتوسیستم I بود. این فتوسیستم در دهه ۵۰ میلادی کشف و چند سال بعد فتوسیستم دیگری شناسایی شد که آن را فتوسیستم II نامیدند.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

گفتار ۲ واکنش های فتوسنتزی

واکنش‌های فتوسنتزی در دو گروه واکنش‌های وابسته به نور و مستقل از نور انجام می‌شوند.در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می پردازیم.

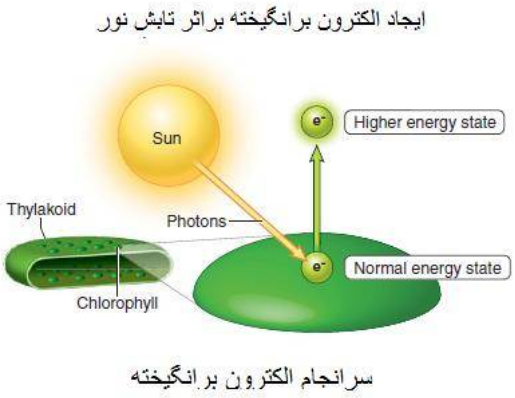
واکنش‌های وابسته به نور

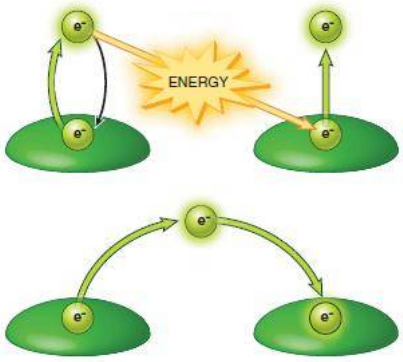
وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می تابد، انرژی آن ممکن است سبب شود تا الکترون انرژی بگیرد و از مدار الکترونی خود خارج شود و به تراز انرژی بالاتری برود. به چنین الکترونی ، **الکترون برانگیخته** می‌گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با دادن انرژی خود به مولکول رنگیزه بعدی ، به مدار خود برگردد. یا اینکه از مولکول خارج و به وسیله **مولکول پذیرنده الکترون** گرفته شود.

شکل٤. ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن.

الکترون با ازدست دادن انرژی به ترازخود بر می گردد یا اینکه از مولکول خارج و به مولکول دیگری می رود.

شکل فارسی می شود





انرژي را به مولکول مجاورمنتقل کند
و به سطح انرژي قبلي خود برگردد

یا

به مولکول مجاور برود

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

در فتوسنتز انرژی الکترون های برانگیخته در رنگیزه های موجود در آنتن ها از رنگیزه ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به کلروفیل a در مرکز واکنش می رود و سبب برانگیخته شدن الکترون در این کلروفیل می‌شود. الکترون برانگیخته در اینجا از کلروفیل a خارج و به اولین پذیرنده الکترون منتقل می‌شود (شکل ۵).

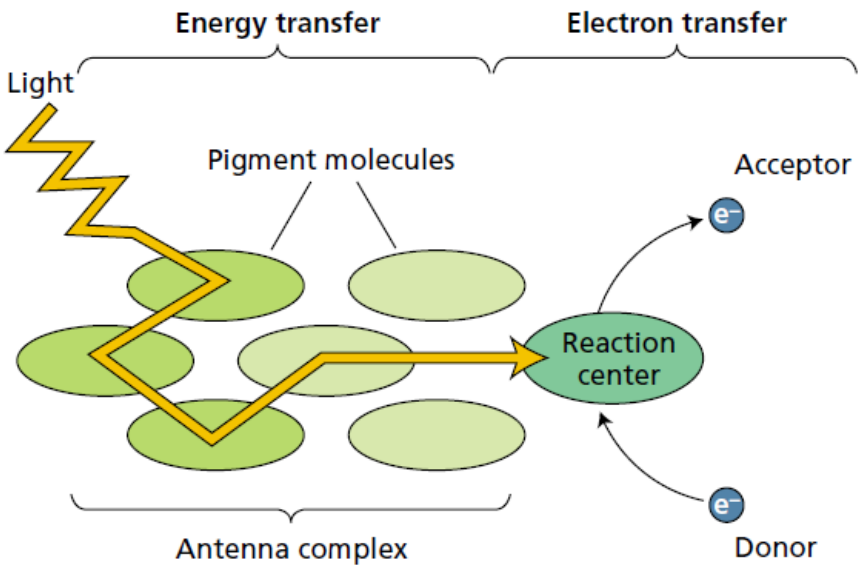


FIGURE 7.10 Basic concept of energy transfer during photo-

شکل ۵. انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن. (شکل فارسی می شود)

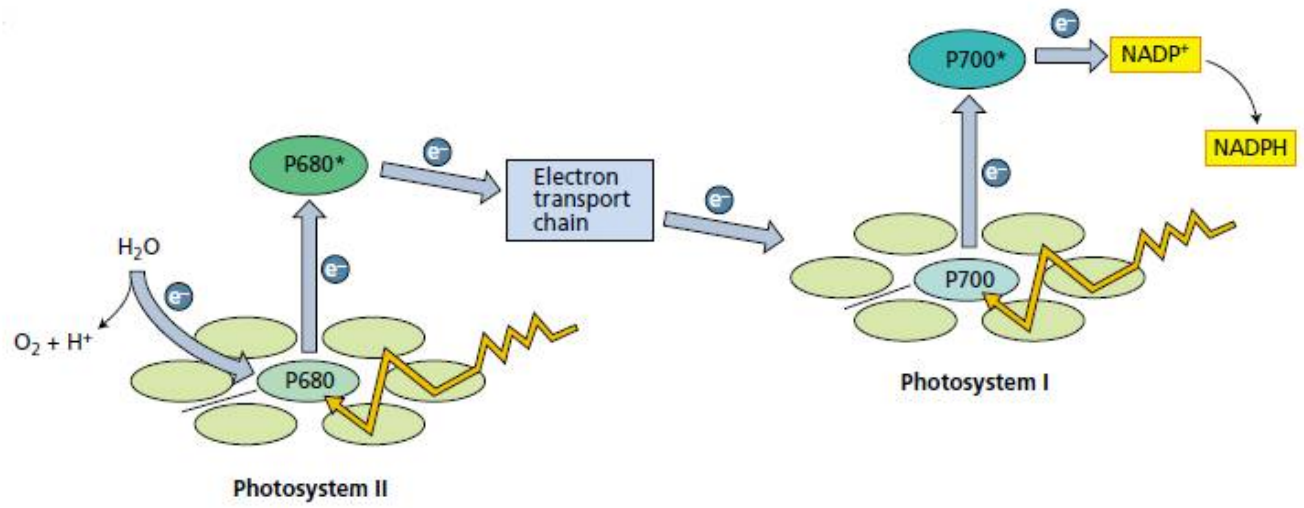
الکترون، سپس در زنجیرهٔ انتقال الکترون از مولکولی به مولکول دیگر منتقل و در نهایت به مولکول NADP+ [1] (اِن اِی دی پی مثبت)می رسد.

$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH (اِن اِی دی پی اِچ)تبدیل می شود(شکل ٦).

$$NADP^+ + 2e^- \longrightarrow NADP^- \qquad NADP^- + H^+ \longrightarrow NADPH$$

[1] Nicotinamid Adenine dinucleotide phosphate

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir



شکل٦. طرحی از فتوسیستم ها و انتقال الکترون در واکنش های نوری . (شکل فارسی می شود)

تجزیه نوری آب: گفتیم که فتوسیستم‌ها در اثر برخورد نور، الکترون از دست می‌دهند. این کمبود الکترونی باید جبران شود. اکنون پرسش این است که کمبود الکترونی هر فتوسیستم چگونه جبران می‌شود.

به شکل ٦ نگاه کنید! در این شکل می‌بینید که الکترون‌ها از فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌روند و در نتیجه کمبود الکترونی فتوسیستم I جبران می‌شود. اما کمبود الکترونی فتوسیستم II چگونه جبران می شود؟

همان طور که ٦می بینید، مولکول های آب تجزیه و الکترون های حاصل به فتوسیستم II می روند. بنابراین آب الکترون های مورد نیاز این فتوسیستم را تامین می کند. همان طور که دیدید نور علت تجزیه آب در فتوسیستم II است. این اتفاق در صورت نبود نور رخ نمی دهد؛ بنابراین به این نوع تجزیه آب ، **تجزیه نوری آب** می گویند.

واکنش های زیر تجزیه نوری آب را در تیلاکوییدهای فتوسیستم II نشان می دهند. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم II ، الکترون ، پروتون و اکسیژن است.

$$۲H_2O \longrightarrow 2\,OH^- + 2\,H^+$$

$$2\,OH^- \longrightarrow H_2O + ½\,O_2 + 2\,e^-$$

الکترون ها،کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم II را جبران می کنند،و پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

زنجیره های انتقال الکترون : دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. در یک زنجیره، الکترون‌ها از مرکز واکنش فتوسیستم II ، به پذیرنده الکترون می روند و پس از طی زنجیره ای از مولکول های ناقل الکترون وارد فتوسیستم I می شوند.

در زنجیره دیگر الکترون های پرانرژی از مرکز واکنش فتوسیستم I ، ابتدا به مولکول پذیرنده و پس از طی زنجیره ای از ناقل‌های الکترون به مولکول $NADP^+$ می‌رسند.

گاهی واکنش‌های نوری بدون دخالت فتوسیستم II نیز انجام می‌شوند.در این حالت نور باعث ایجاد الکترون‌های برانگیخته در فتوسیستم I می‌شود. این الکترون‌ها به +NADP نمی‌روند، بلکه دوباره به فتوسیستم I برمی‌گردند.در این حالت فقط ATP تشکیل می شود و NADPH به وجود نمی آید.

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون بین فتوسیستم II و I ، پروتئینی است که مانند یک پمپ عمل می کند. مقداری از انرژی الکترون ها ، هنگام عبور از این پمپ، برای انتقال پروتون ها از بستره به فضای درون تیلاکوئید مصرف می شود. بنابراین با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود؛ از طرفی تعدای پروتون نیز از تجزیه آب ، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید. درنتیجه به تدریج تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزایش می یابد؛ بنابراین شیبی از غلظت پروتون از فضای درون تیلاکوئیدها به سمت بستره ایجاد می شود.

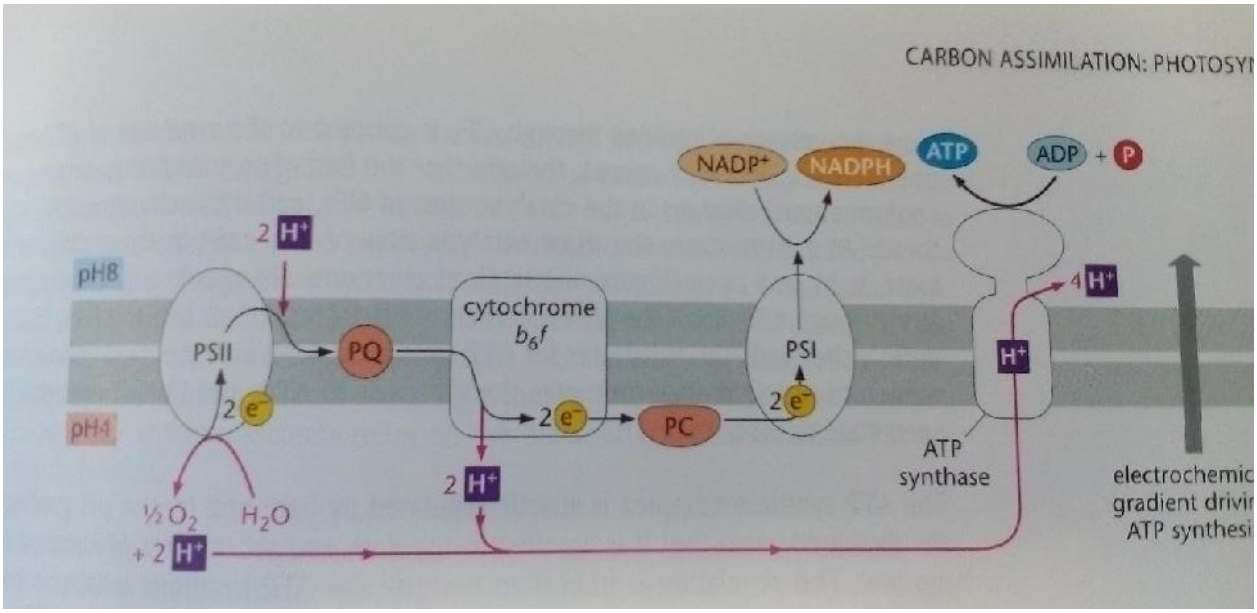
پروتون ها بر اساس شیب غلطت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکویید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکویید عبور کنند.پس پروتون ها از چه راهی به بستره می روند؟

در غشای تیلاکوئید آنزیمی به نام **آنزیم ATP ساز** وجود دارد. پروتون ها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره بروند. این آنزیم مشابه آنزیم ATP ساز در میتوکندری‌هاست و هنگام عبور پروتون‌ها از کانال آن، انرژی مورد نیاز برای ساخته شدن ATP از ADP و فسفات فراهم می‌شود.

به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری ، **ساخته شدن نوری ATP** می گویند، زیرا نور منشا انرژی لازم برای ساخته شدن این مولکول پر انرژی است.

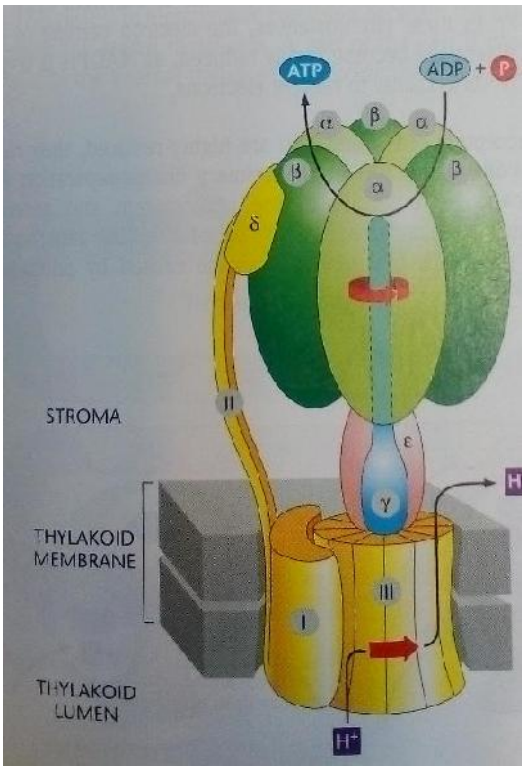
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۷. در واکنش های نوری ATP و NADPH تولید می شود. (فارسی و مطابق متن ساده سازی می شود)

www.DarsYad.ir



بیشتر بدانید

آنزیم ATP ساز

شکل زیر طرحی از آنزیم ATP ساز در غشای تیلاکوئیدهارا نشان می دهد.

با عبور پروتون از بخش کانال این آنزیم، سر می چرخد و در جهت مناسب برای ترکیب ADP با فسفات قرار می گیرد. درنتیجه ATP ساخته می شود.

بیشتر بدانید

طرح Z

طرحی که در شکل ٦ می بینید، براساس سطح انرژی ترکیبات در فتوسیستم ها به شکل حرف Z از الفبای زبان انگلیسی ترسیم شده است؛ اما اجزای فتوسیستم ها در واقع مانند چیزی است که در شکل ۷ ترسیم شده است.

www.Darsyad.ir

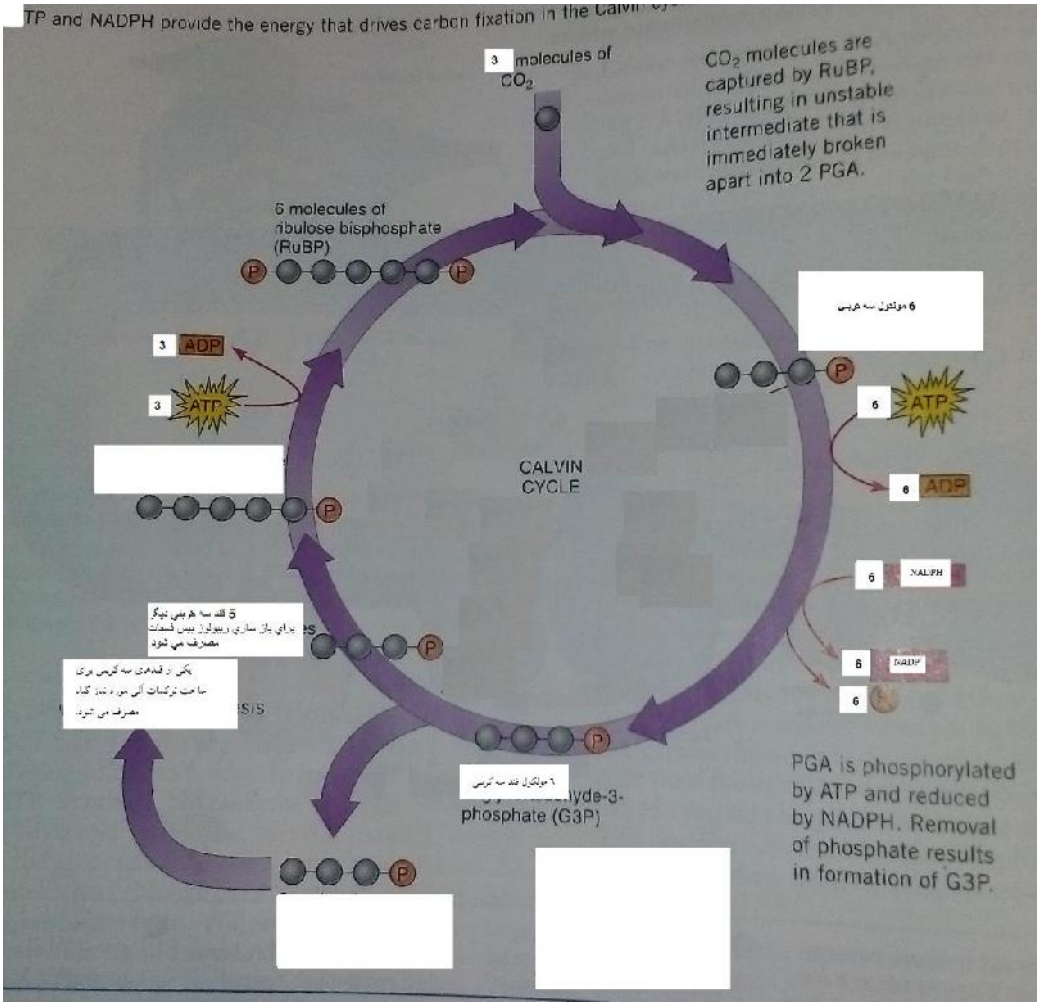
واکنش‌های مستقل از نور

می‌دانیم که در فتوسنتز مولکول‌های CO_2 به قند تبدیل می‌شوند. همان‌طور که تجزیه مولکول‌های قند به یکباره رخ نمی‌دهد،ساخته شدن آنها نیز فرایندی مرحله‌ای است.

می‌دانید درجه اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در مولکول CO_2 کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تامین می شوند.

ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها ، به نام **چرخهٔ کالوین** رخ می‌دهد. این واکنش ها در بستره سبزدیسه انجام می شوند.

در چرخهٔ کالوین CO2 با قندی پنج کربنی به نام **ریبولوزبیس فسفات ترکیب** می‌شود و نتیجه آن تشکیل ترکیب شش کربنی ناپایداری است که بلافاصله تجزیه و دو مولکول ۳ کربنی از آن ایجاد می شود.



شکل ۸- چرخه کالوین (مطابق متن بازسازی می شود)

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

مولکول های سه کربنی با دریافت انرژی ، فسفات و الکترون در نهایت به قند های سه کربنی تبدیل می شوند. تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز، ساکارز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می رسند.

گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما همان‌طور که در شکل۸ می‌بینید انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنشی‌های نوری است.

در چرخه کالوین دیدیم که CO_2 برای ساخته شدن ترکیب آلی (غیر معدنی) به کار می‌رود. به این فرایند **تثبیت کربن** می‌گویند.

دیدیم اولین مادهٔ آلی پایدار ساخته شده ، ترکیبی ۳ کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها در چرخهٔ کالوین انجام می‌شود، **گیاهان** C_3 می‌گویند. اکثرگیاهان، C_3 هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می پردازیم.

www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید

شناسایی چرخه کالوین

کشف مواد رادیواکتیو این امکان را برای پژوهشگران فراهم آورد تا با استفاده از ایزوتوپ های عناصر، بعضی فرایندهای زیستی را شناسایی کنند.مثلا کالوین با استفاده از کربن -۱٤ توانست با ردیابی کربن، مسیر فتوسنتزی C_3 را معرفی کند.

فتوسنتز و عوامل محیطی

بدیهی است که فرایندی مانند فتوسنتز تحت تاثیر شرایط محیطی باشد. به نظر شما چه عواملی بر فتوسنتز، اثر می‌گذارند؟

مسلماً انتظار داریم نور و میزان CO_2 از عوامل موثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارد.

از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می دانیم بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌ها در گستردهٔ دمایی خاص انجام می‌شود ، بنابراین از آن جایی که فتوسنتز فرایندی آنزیمی است، دما نیز بر فتوسنتز اثر می گذارد.همچنین در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

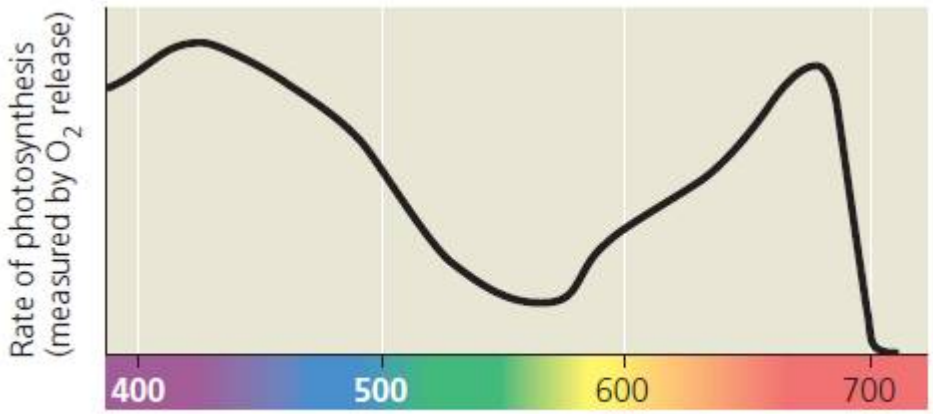
www.Darsyad.ir

علاوه بر عوامل محیطی، عوامل درونی که مربوط به خود گیاه اند در میزان فتوسنتزموثرند؛ مانند تعداد سبزدیسه ها ،مقدارسبزینه ، و سعت و تعداد برگ ها.

فعالیت

الف) توضیح دهید که فتوسنتز را چگونه می توان اندازه گرفت؟

ب) نمودار زیر میزان فتوسنتز را در طول موج های متفاوت نورمرئی نشان می دهد. از این نمودار چه نتیجه ای می گیرید؟



(b) Action spectrum. This graph plots the rate of photosynthesis

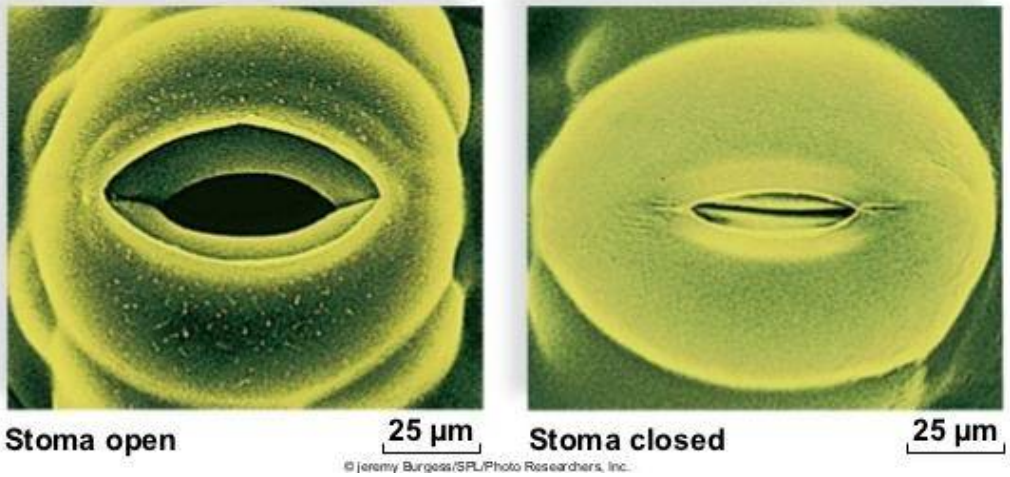
نمودار ۱– میزان فتوسنتز در طول موج های متفاوت (فارسی می شود)

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

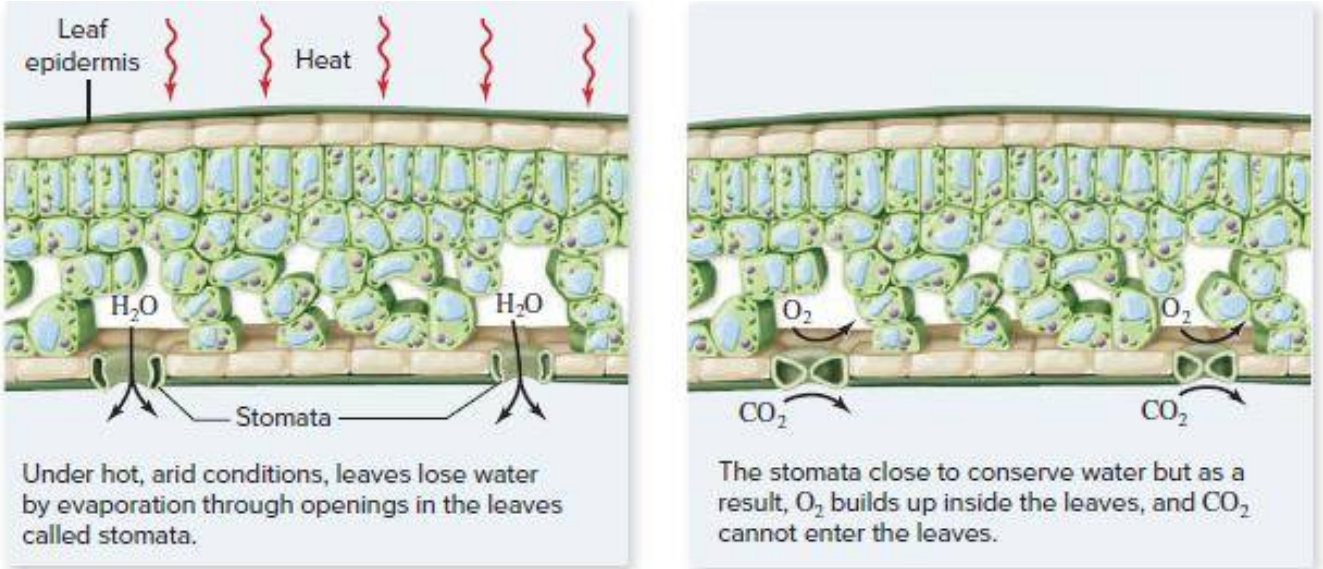
گفتار ۳ : فتوسنتز در شرایط دشوار

شکل ۹ روزنه های باز و بسته را در برگ نشان می‌دهد. چه عوامل محیطی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که دما و نور از عوامل موثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها هستند و افزایش بیش از حد این عوامل باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری بر فتوسنتز دارد؟



شکل۹. روزنه ها برای حفظ آب گیاه بسته می شوند. (فارسی می شود)

در هوای گرم و خشک، روزنه‌های گیاه برای کاهش تعرق بسته می‌شوند و بنابراین تبادل گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید از روزنه ها متوقف می‌شود اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالیکه میزان CO_2 برگ کم می شود ، میزان اکسیژن در برگ افزایش می‌یابد(شکل ۱۰).



ب آب در این تصویر نیز اضافه شود الف

شکل ۱۰. افزایش میزان اکسیژن و وارد نشدنِ CO2شرایط را برای تنفس نوری مساعد می کند.روزنه های باز (الف)روزنه ها برای حفظ آب گیاه بسته می شوند(ب)

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

در چرخه کالوین افزوده شدن CO_2 به مولکول پنج کربنی، با حضور آنزیم روبیسکو(ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز-اکسیژناز) انجام می شود. این فعالیت، نقش کربوکسیلازی آنزیم را نشان می دهد.

این آنزیم نقش اکسیژنازی نیز دارد، یعنی می تواند اکسیژن را به قند ریبولوزبیس فسفات اضافه کند. نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی آنزیم به میزان اکسیژن و CO_2 در اطراف آنزیم ارتباط دارد.

اگر میزان اکسیژن در اطراف آنزیم روبیسکو افزایش یابد، به جای ترکیب CO_2 با ریبولوزبیس فسفات، به آن اکسیژن اضافه و آن را اکسید می‌کند.این ترکیب ناپایدار است و به دو مولکول ۳ کربنی و ۲ کربنی تجزیه می‌شود.

مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در میتوکندری انجام می‌گیرد، به شکل CO_2 آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن و آزاد شدن CO_2 همراه و وابسته به نور است (همراه با فتوسنتز انجام می‌شود)، **تنفس نوری** نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP ای از آن ایجاد نمی شود. بنابراین انجام تنفس نوری در گیاهان، سبب پایین آمدن، بازده فتوسنتز می‌شود. با وجود این انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

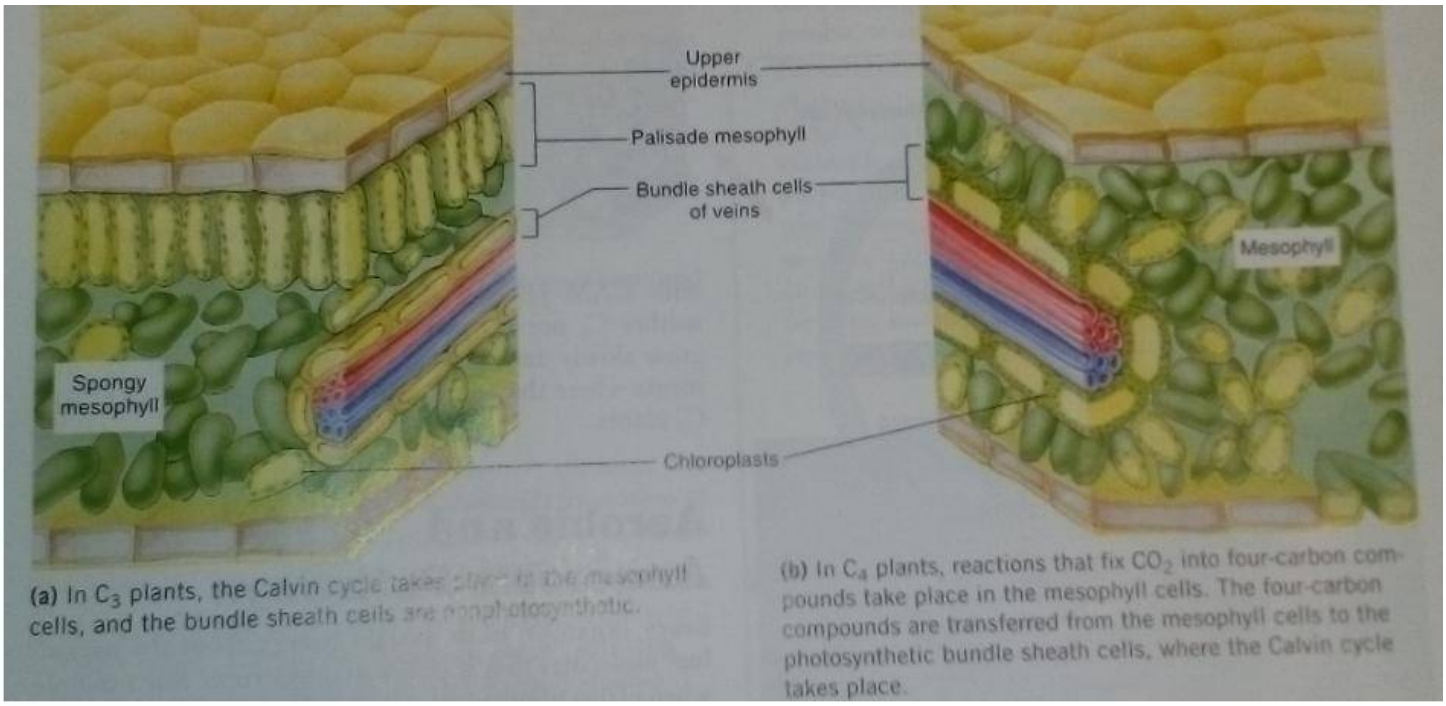
فتوسنتزدر گیاهان C_4

یکی از سازوکارها برای ممانعت از تنفس نوری ، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C_4 معروف‌اند. در این گیاهان تثبیت کربن در یک نوع یاخته و چرخهٔ کالوین در نوع دیگری از یاخته‌ها انجام می‌شود. ساختار برگ در این گیاهان متفاوت از گیاهان C_3 است (شکل ۱۱).

اصلی ترین تفاوت این دو نوع برگ در یاخته های غلاف آوندی است. این یاخته ها در گیاهان C_4 سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین اند، در حالیکه یاخته هایی که در اطراف دسته آوندی در گیاهان C_3 می بینید، سبزدیسه ندارند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۱۱. الف) برگ گیاه $C_۳$، ب) برگ گیاه $C_۴$ **شکل فارسی می شود**

در گیاهان $C_۴$، CO2 با اسیدی ۳ کربنی(فسفوانول پیرووات) ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی (اگزالواستیک اسید) ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان $C_۴$ می گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن ، ترکیبی چهار کربنی است.

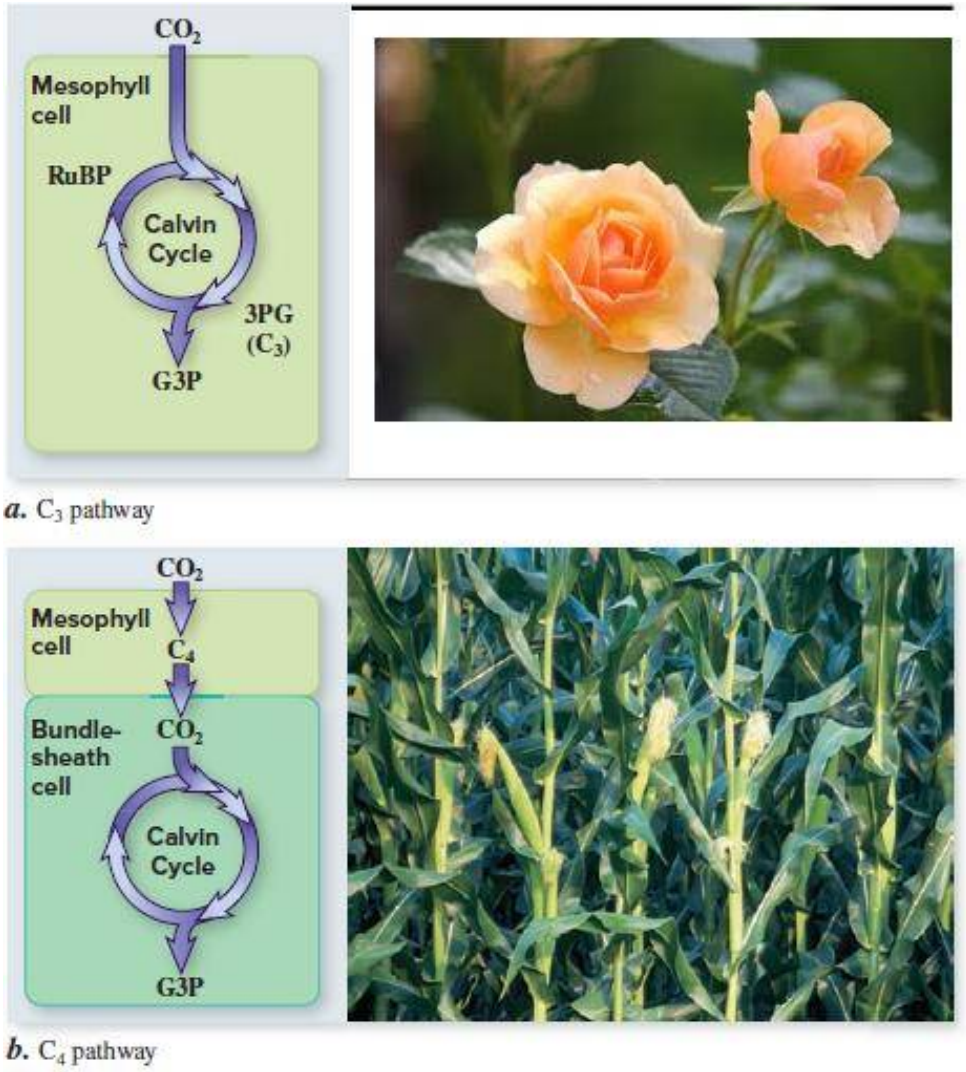
آنزیمی که در ترکیب CO2 با اسید۳ کربنی و تشکیل اسید٤کربنی نقش دارد، به طور اختصاصی با CO2 عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد. این واکنش در یاخته‌های میانبرگ انجام می شود.

اسید٤ کربنی از یاخته های میانبرگ به سرعت به **یاخته‌های غلاف آوندی** منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول CO2 از آن آزاد و وارد چرخهٔ کالوین می‌شود. اسید ۳ کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.بنابراین گیاهان $C_۴$ از مسیری دو مرحله ای و دو سیستم آنزیمی متفاوت برای تثبیت کربن استفاده می کنند.

در گیاهان $C_۴$ با وجودعملکرد آنزیم های متفاوت در تثبیت کربن و تقسیم مکانی انجام آن در یاخته های متفاوت (میانبرگ و غلاف آوندی)، CO2 به طور بهینه جذب و میزان آن در یاخته‌های غلاف آوندی که چرخه کالوین در آنها انجام می‌شود، به اندازه ای بالا نگه داشته می شود که بازدارندهٔ تنفس نوری است. بنابراین تنفس نوری به ندرت در گیاهان $C_۴$ روی می دهد.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

به این ترتیب گیاهان $C_۴$ می‌توانند در دماهای بالا ، شدت‌های زیاد نور و در حالی که روزنه‌ها بسته‌اند و از تبخیر آب جلوگیری می‌شود، همچنان میزان CO2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه دارند. به همین علت کارایی گیاهان $C_۴$ در دمای بالا، شدت زیاد نور و کمبود آب، بیش از گیاهان $C_۳$ است.



شکل ۱۲. مقایسه فتوسنتزدرگیاهان $C_۳$ و $C_۴$.

بیشتر بدانید

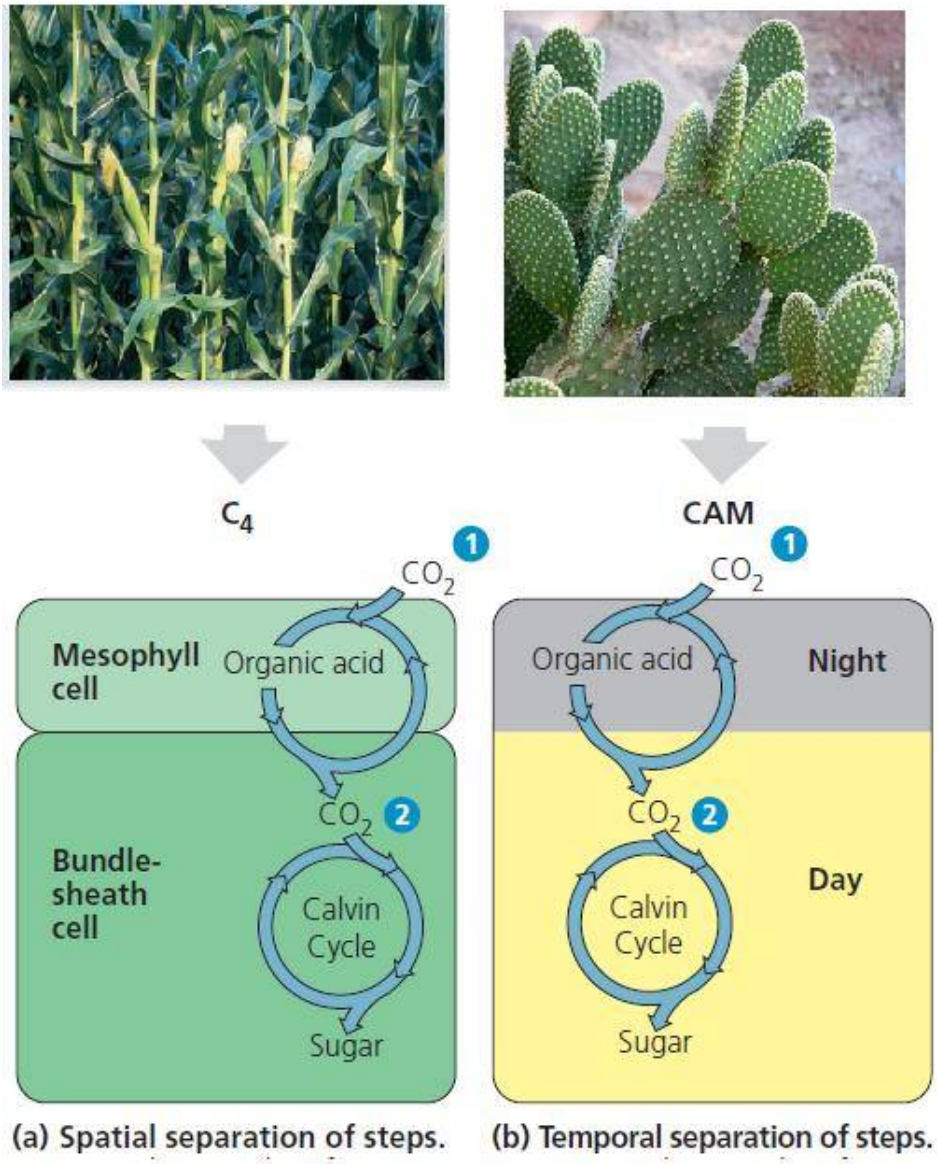
گیاهان $C_۴$ سهم اندکی از گیاهان را به خود اختصاص می دهند.همه گیاهان $C_۴$شناخته شده تا به امروز، از نهان‌دانگانی اند که در بوم سازگان های گرم و خشک، و در معرض تابش شدید نور خورشید قرار دارند.نیشکر و ذرت که نقش مهمی در تغذیه و اقتصاد دارند از این گیاهان اند.بعضی دانشمندان پیش بینی می کنند با توجه به گرم شدن کره زمین، شاهد انواع بیشتری از گیاهان $C_۴$ در کره زمین باشیم.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

گیاهان CAM

گیاهانی مانند کاکتوس که در مناطق بیابانی زندگی می‌کنند، با مسئله دما و نور شدید در طول روز، و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان روزنه‌ها در طول روز برای جلوگیری از هدر رفتن آب، بسته و در شب بازند. برگ ، ساقه یا هردو آنها در چنین گیاهان گوشتی و پرآب است. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی دارند که آب را در خود نگه می‌دارند.

تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان $C_۴$ است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تثبیت CO2 در شب که روزنه ها بازند، و چرخه کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌هابسته اند. کاکتوس‌ها و گیاهان تیرهٔ گل ناز از گیاهان CAM [۲] هستند.



شکل۱۳. مقایسه فتوسنتز گیاهان $C_۴$ و CAM.

(شکل فارسی می شود)

[2] Crassulacean Acid Metabolism

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

فعالیت

سه گیاه الف، ب و پ داریم. با فرض اینکه فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) عصارهٔ برگ هر یک از این گیاهان در دو زمان، یکی در آغاز تاریکی (شب)و دیگری در آغاز روشنایی (صبح)استخراج و pH آنها اندازه‌گیری شد. pH در گیاه ب در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود.گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه الف و پ چه راهی را پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟ چگونه؟

www.DarsYad.ir

جانداران فتوسنتز کنندهٔ دیگر

بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی کنند. انواعی از باکتری ها و آغازیان در محیط های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می کنند که در ادامه به آنها می پردازیم.

باکتری ها: باکتری‌ها کلروپلاست ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نورند. بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلا سیانوباکتری ها سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از $CO_۲$ و نور ماده آلی می سازند و اکسیژن تولید می‌کنند. چنین باکتری هایی **فتوسنتز کننده هوازی** هستند.

گروهی دیگر از باکتری‌های فتوسنتز کننده، **بی‌هوازی** اند. باکتری های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه اند.رنگیزه فتوسنتزی این باکتری ها ، **باکتریوکلروفیل** نامیده می شود. این باکتری‌ها کربن‌دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است. مثلا در باکتری های گوگردی منبع تامین الکترون H_2S است و به جای اکسیژن گوگرد تولید می‌شود. ازاین باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می کنند. هیدروژن سولفید گازی بی رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

$$۶\,CO_۲ + ۱۲\,H_۲S + \text{نور} \longrightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۱۲\,S + ۶H_۲O$$

www.Darsyad.ir

آغازیان : آغازیان نقش مهمی در تولید ماده آلی از ماده معدنی دارند. از سال های قبل می دانید که جلبک های سبز، قرمز و قهوه ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می کنند. اوگلنا که جانداری تک یاخته ای است ، مثال دیگری از آغازیان فتوسنتز کننده است. او گلنا ویژگی جالبی دارد. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، کلروپلاست‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.

www.DarsYad.ir

شکل ١٤. الف) **جلبک سبز رشته ای**

ب) اوگلنا

www.Darsyad.ir

شیمیوسنتز

آیا ساختن مادهٔ آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می کنند؟ آیا تولیدکنندگان در تاریکی ها وجود ندارند؟

امروزه می دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانهٔ آتشفشان‌های زیرآب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی اکسید ماده آلی بسازند. زیستن درچنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیر ممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل گیری حیات، براین باورند که باکتری های شیمیوسنتزکننده قدیمی ترین جانداران روی زمین اند.

چنین باکتری‌هایی انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را با اکسایش ترکیبات غیر آلی به دست می آورند؛ به همین علت به این باکتری ها ، باکتری های **شیمیوسنتزکننده** می گویند؛ زیرا تبدیل کربن به ماده آلی در واکنش‌هایی انجام می‌شود که نیازی به نور ندارند. این فرایند **شیمیوسنتز** نامیده می شود.

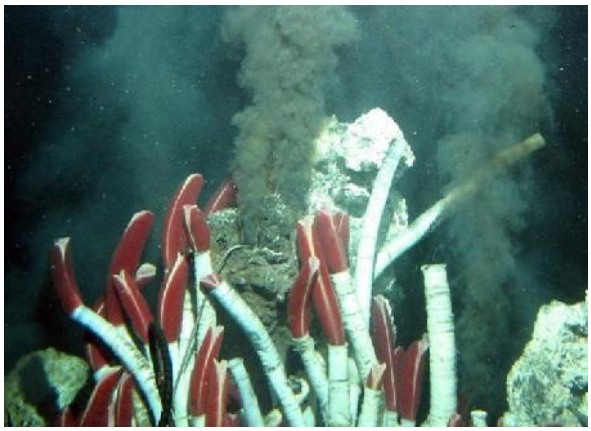
باکتری های نیترات ساز که آمونیاک را به نیترات تبدیل می کنند، از باکتری های شیمیوسنتزکننده اند.

www.DarsYad.ir

$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_2^- +$ انرژی

$2NO_2^- + O2 \longrightarrow 2NO_3^+$ انرژی

بیشتر بدانید



شیمیوسنتز در اعماق اقیانوس

در اعماق اقیانوس شکاف هایی وجود دارد که از آن ها گازسولفید هیدروژن خارج می شود. با وجود فشار و گرمای زیاد ، اما انواعی از کرم های لوله ای در آنجا به فراوانی دیده می شوند. در این کرم ها ، باکتری های گوگردی شیمیوسنتز کننده زندگی می کنند، که با اکسایش هیدروژن سولفید ،انرژی مورد نیاز برای ساخت ماده آلی را به دست می آورند که به مصرف باکتری ها و کرم های لوله ای می رسد.حیات این کرم ها وابسته به غذایی است که این باکتری ها برای آنها می سازند.

www.Darsyad.ir

فصل ۷ – زیست فناوری

www.DarsYad.ir

آیا تاکنون در مورد صنعت بیوپلاستیک و تولید پلاستیک های قابل تجزیه زیستی شنیده اید؟ با توجه به اهمیت محیط زیست و توجه به حفظ آن، تولید و استفاده از چنین پلاستیک هایی راهکار مناسبی برای پیشگیری از مصرف بی رویه پلاستیک های غیر قابل تجزیه است. امروزه به کمک روش های زیست فناوری تولید بیوپلاستیک با صرف هزینه کمتر ممکن شده است. این کار با وارد کردن ژن های تولید کننده بیوپلاستیک از باکتری به گیاه امکان پذیر است.

- زیست فناوری چیست و چه کاربردهایی دارد؟
- چگونه می توان از این علم برای بهبود زندگی انسان و حفظ محیط زیست استفاده کرد؟
- آیا زیست فناوری قادر است همه مشکلات بشر را حل کند؟
- انسان از نظر اخلاقی تا چه حد می تواند این فناوری را به خدمت بگیرد؟

در این فصل با زیست فناوری و اصول آن آشنا می شویم و خواهیم توانست به بخشی از پرسش های مطرح شده در مورد این فناوری پاسخ دهیم.

www.Darsyad.ir

گفتار ۱ - اصول پایه زیست فناوری

همانطور که می دانیم جهش در یک ژن و در نتیجه تغییر در ساختار و عملکرد محصول پروتئینی آن می تواند به بروز بیماری منجر شود. اختلالاتی در عملکرد و مقدار عوامل انعقاد خون از این دسته هستند. با توجه به سیر افزایشی جمعیت جهان و در نتیجه بیماران نیازمند به این ترکیبات، تأمین نیاز دارویی با مشکل مواجه می شود.

امروزه استفاده از روش های زیست فناوری[1] و مهندسی ژنتیک[2] تحولات مهمی در زمینه تولید چنین فراورده هایی فراهم آورده است. تا چندی پیش انتقال ژن های انسان به داخل سلول های سایر موجودات زنده و یا استفاده از باکتری ها برای ساختن پروتئین های انسانی غیر قابل تصور بود. اما اکنون روش های لازم برای تحقق این تصورات توسعه یافته و کاربرد فراوانی پیدا کرده است. اما چگونه می توان از باکتری برای ساختن یک پروتئین انسانی استفاده کرد؟ فرض کنیم می خواهیم باکتری با توانایی ساختن هورمون رشد انسانی بسازیم. پس ضرورت دارد تمام احتیاجات این فرایند را در سلول باکتری فراهم کنیم. در ادامه مطلب با مراحل این روش آشنا خواهیم شد.

بیشتر بدانید

فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی زیست فناوری را چنین تعریف می کند: " تولید فراورده ها از طریق فرایند زیستی که مستلزم فنون مهندسی است. "

زیست فناوری چیست؟

تاکنون تعاریف متعددی برای زیست فناوری ارائه شده است که علت آن را باید در ماهیت زیست فناوری جست و

[1] - Biotechnology
[2] - Genetic Engineering

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

جو کرد. به طور کلی به هر گونه فعالیت هوشمندانه بشردر تولید و بهبود محصولات گوناگون با استفاده از موجود زنده، مخصوصاً از طریق دست ورزی ژنتیکی[3] را زیست فناوری گویند.

زیست فناوری قلمروی بسیار گسترده داشته و از گرایش های علمی متعددی مانند علوم زیستی، فیزیک، ریاضیات و علوم مهندسی بهره می برد. کاربردهای فراوان زیست فناوری، آن را به عنوان نشانه پیشرفت در قرن حاضر و به یکی از ابزارهای مهم برای تأمین نیازهای متنوع تبدیل کرده است.

بیشتر بدانید : شاخه های زیست فناوری

امروزه متخصصان، این رشته را به شاخه های مختلفی ازقبیل کشاورزی، پزشکی، دارویی، دامی، میکروبی، قضایی یا پزشکی قانونی، غذایی و صنعتی تقسیم بندی کرده اند.

زیست فناوری جدید نیز در بعضی از تقسیم بندی ها بر اساس رنگ به چند زیر شاخه تقسیم می شود که عبارتند از:

- سبز: زیست فناوری کشاورزی؛ بهره برداری از گیاهان دست ورزی شده ژنتیکی
- قرمز: زیست فناوری پزشکی؛ بهره برداری از سلول های دست ورزی شده برای درمان، تولید دارو و مسائل قضایی و پزشکی قانونی
- خاکستری: زیست فناوری محیط زیست؛ جلوگیری و رفع مشکلات محیط زیست
- سفید: زیست فناوری صنعتی؛ استفاده از موجودات زنده در مسائل صنعتی مثلاً ساخت مواد شیمیایی
- آبی: زیست فناوری دریایی؛ بهره وری از فرایندهای دریایی و موجودات آبزی

[3] - Genetic Manipulation

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

بیشتر بدانید : تاریخچه زیست فناوری

شکل گیری این رشته علمی از سال های بسیار دور آغاز شده و همچنان ادامه دارد و به طور کلی می توان سه دوره برای آن در نظر گرفت:

زیست فناوری سنتی: تولید محصولات تخمیری مانند سرکه، نان، لبنیات با استفاده از فرایندهای زیستی مربوط به این دوره است که همگی از فرایندهای ساده، مهم و اولیه زیست فناوری به شمار می روند.

زیست فناوری کلاسیک: با استفاده از روش های تخمیر و کشت میکرو ارگانیسم ها تولید موادی از قبیل آنتی بیوتیک ها، آنزیم ها و اجزای مواد غذایی انجام شد.

زیست فناوری نوین: این دوره با انتقال ژن از یک میکروارگانیسم به میکروارگانیسم دیگر آغاز شد. دانشمندان توانستند با تغییر و اصلاح خصوصیات میکروارگانیسم ها ترکیبات جدید را با مقادیر بیشتر و کارایی بالاتر تولید کنند.

اصول و فرایندهای زیست فناوری

یکی از روش های مؤثر در زیست فناوری نوین مهندسی ژنتیک است. مهندسی ژنتیک شامل استفاده از روش های آزمایشگاهی برای تولید مولکول هایی از دنا است که دارای ژن جدید هستند. در این روش ها قطعه ای از دنای یک یاخته توسط ناقل به یاخته ای دیگر انتقال می یابد. در این صورت یاخته دریافت کننده قطعه دنا دچار دست ورزی ژنتیکی و در نتیجه دارای صفت جدید می شود. به موجود زنده ای که از طریق روش های زیست فناوری نوین دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی شده باشد، موجود تغییر یافته ژنتیکی[۴] یا تراژنی[۵] گفته می شود. گرچه این روش ابتدا

[4] - Genetically Modified Organism
[5] - Transgenic Organism

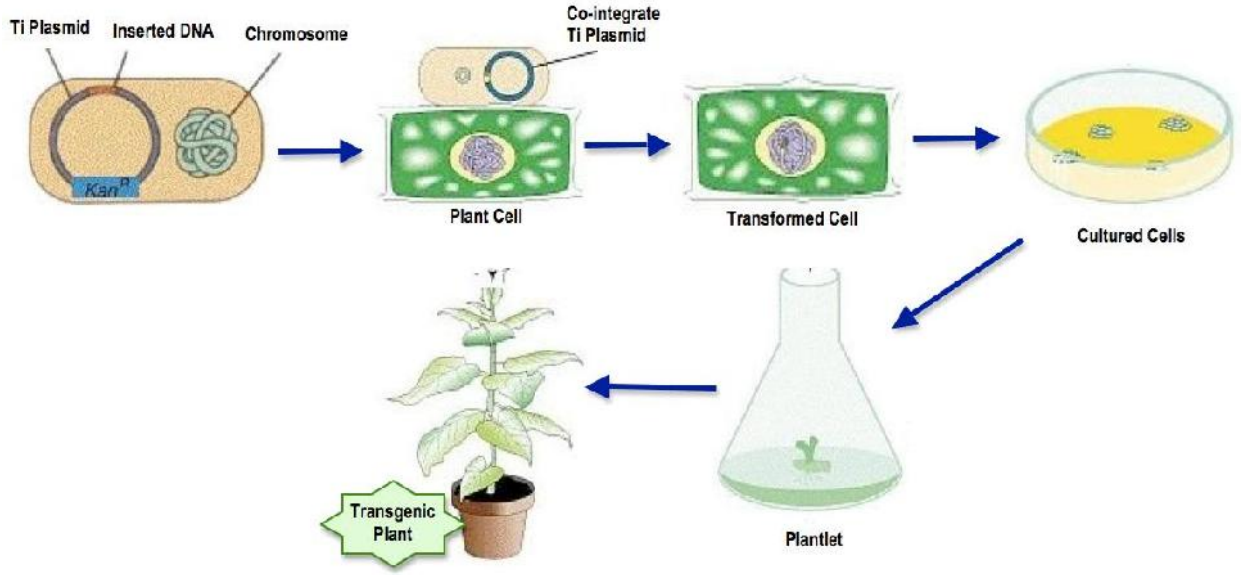
www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

با باکتری ها شروع شد اما پیشرفت های بعدی، امکان دست ورزی ژنتیکی برای سایر موجودات زنده مثل گیاهان و جانوران را نیز فراهم کرد.

به عنوان مثال مراحل اصلاح گیاهان زراعی از طریق روش های مهندسی ژنتیک را می توان به صورت خلاصه بیان کرد: (شکل ۱)

۱ – شناخت صفت یا صفات مطلوب ۲ – استخراج ژن یا ژن های صفت مورد نظر ۳ – آماده سازی و انتقال ژن به میزبان هدف ۴ - تولید گیاه تراژنی ۵ - بررسی دقیق ایمنی زیستی و اثبات بی خطر بودن برای سلامت انسان و محیط زیست ۶ – تکثیرو کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول ایمنی زیستی

www.DarsYad.ir



شکل ۱ – روش عمومی تولید یک گیاه تراژنی ژنتیکی

www.Darsyad.ir

اصول مهندسی ژنتیک

همسانه سازی دنا[6] از دستاوردهای ارزنده اواخر قرن بیستم محسوب می شود. جداسازی یک یا چند ژن و تکثیر آن ها را همسانه سازی گویند. این روش ها شامل تشکیل ترکیبات جدیدی از ماده وراثتی می باشند که با ابزارهای مختلفی در خارج از سلول تهیه و توسط یک ناقل همسانه سازی[7] به درون ژنوم میزبان منتقل می شوند. هدف از این کار تولید مقادیر زیادی از دنای خالص می باشد که می تواند جهت دست ورزی، تولید یک ماده به خصوص و مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

ابزار کلیدی در روش های مهندسی ژنتیک و فناوری دنای نوترکیب عبارتند از:

آنزیم های برش دهنده[8] آنزیم های بسپاراز، آنزیم های اتصال دهنده[9] ، ناقل ها و ارگانیسم های میزبان

www.DarsYad.ir

آنزیم های برش دهنده

به صورت طبیعی در باکتری ها یافت می شوند و قسمتی از سامانه دفاعی آن ها به حساب می آیند. اولین مرحله در همسانه سازی که جداسازی ژن ها است توسط این آنزیم ها انجام می شود. این آنزیم ها توالی های نوکلئوتیدی خاصی را در دنا تشخیص داده و برش می دهند. مثلاً آنزیم EcoR1 توالی شش جفت نوکلئوتیدی GAATTC CTTGAA را شناسایی و برش می دهد. به این توالی جایگاه تشخیص آنزیم گفته می شود. (شکل ۲)

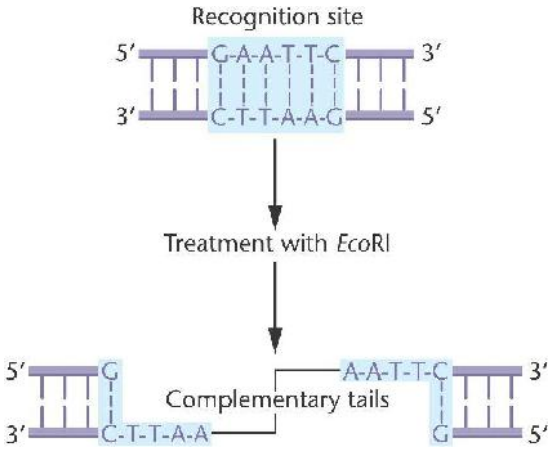
---

6 - DNA Cloning
7 - Cloning Vector
8 - DNA Cloning
9 - Ligases

www.Darsyad.ir

همانطور که در شکل می بینید در جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1، توالی نوکلئوتیدهای هر دو رشته دنا مشابه ولی عکس یک دیگر است. این آنزیم پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدهای گوانین دار و آدنین دار هر دو رشته را برش می زند و نتیجه آن ایجاد انتهایی از مولکول دنا است که یک رشته آن بلندتر از رشته مقابل است و به آن انتهای چسبنده گفته می شود. برای تشکیل چنین انتهایی از مولکول دنا، علاوه بر پیوندهای فسفودی استر، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته دنا در منطقه تشخیص نیز شکسته می شوند. استفاده از آنزیم های برش دهنده، دنا را به قطعات کوتاهتری تبدیل می کند. این قطعات توسط روش های خاصی جداسازی و قطعه مورد نظر تشخیص داده می شود.

www.DarsYad.ir



شکل ۲ – برش مولکول دنا توسط آنزیم Ecor1

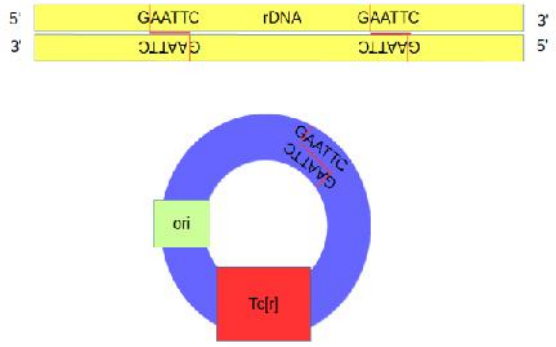
ناقل های همسانه سازی

مرحله بعدی اتصال قطعه دنای جداسازی شده به ناقل همسانه سازی است. توالی های دنای خارج کروموزومی هستند که می توانند مستقل از کروموزوم اصلی تکثیر شوند. یک از این مولکول ها پلازمید باکتری است. پلازمید یک مولکول دنای دورشته ای و حلقوی خارج کروموزومی است که معمولاً درون باکتری ها و در بعضی از قارچ ها مثل

www.Darsyad.ir

مخمرها وجود دارد و می تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند. پلازمیدها را کروموزوم های کمکی نیز می نامند چون حاوی ژن هایی هستند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارند. مثلاً ژن مقاومت به آنتی بیوتیک در پلازمید قرار دارد. در صورت انتقال قطعه دنای مورد نظر به پلازمید و ورود آن به یاخته میزبان، با هر بار همانندسازی پلازمید، دنای مورد نظر نیز همانندسازی می شود. هر پلازمید دارای یک جایگاه شروع همانندسازی است. در این فرایند برای وارد کردن دنای مورد نظر بهتر است از پلازمیدی استفاده شود که فقط یک جایگاه تشخیص برای آنزیم برش دهنده داشته باشد. به نظر شما چرا؟

شکل ۳ طرح ساده ای از پلازمید دارای یک جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1 را نشان می دهد. اگرچه پلازمیدها برای زندگی باکتری ضروری نیستند، بسیاری از آن ها دارای ژن های مقاومت به آنتی بیوتیک ها هستند. چنین ژن ها به باکتری این توانایی را می دهند که آنتی بیوتیک ها را به موادی غیر کشنده و قابل استفاده برای خود تبدیل کنند. این ویژگی در مهندسی ژنتیک اهمیت زیادی دارد که در مباحث بعد به آن پرداخته می شود.



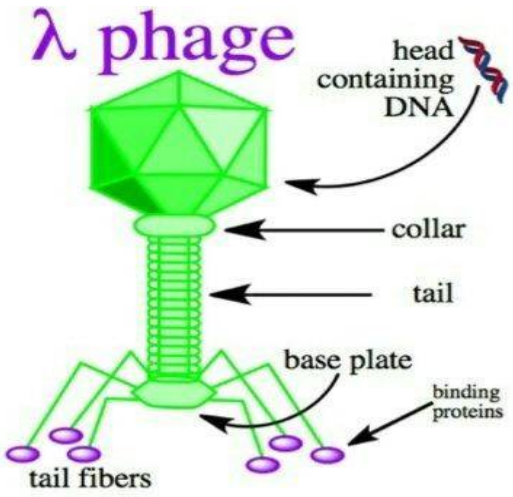
شکل ۳ – طرح ساده ای از پلازمید و یک ژن خارجی

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید

باکتریوفاژها ویروس های دنادار هستند که به باکتری ها حمله کرده و آن ها را از بین می برند. نوکلئیک اسید این فاژها از پلاسمید بزرگ تر است. مزیت دنای فاژها به عنوان ناقل همسانه سازی در این است که می توان قطعات دنای بزرگ تری را در آن ها جاسازی کرد. همچنین پایداری بیان ژن، داشتن راه اندازهای خاص که توسط یاخته میزبان به خوبی شناخته می شوند و تکثیر ژنوم ویروسی در نسخه های بسیار زیاد، از دیگر مزایای استفاده از باکتریوفاژ به عنوان ناقل است.



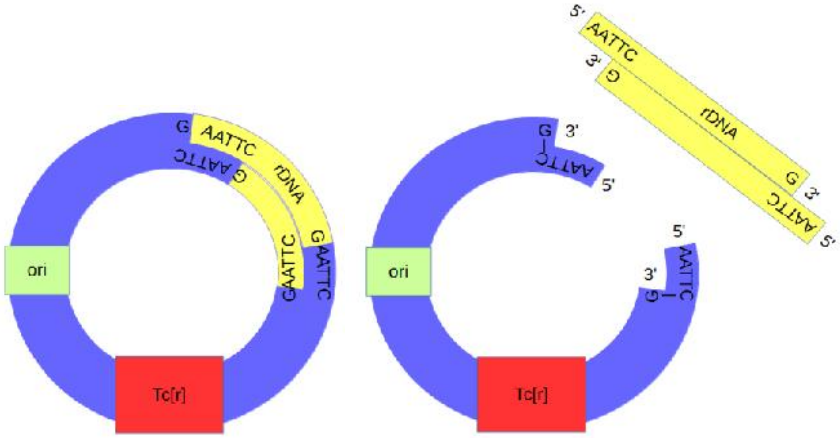
تشکیل دنای نوترکیب

در مرحله ساخت یک دنای نوترکیب، قطعه دنای حاوی توالی مورد نظر در دنای ناقل جاسازی می شود. دانستید که برای جداسازی قطعه دنای مورد نظر از نوعی آنزیم برش دهنده استفاده می شود. توجه داشته باشید آنزیم مورد استفاده برای برش دادن پلازمید، باید همان آنزیمی باشد که در جداسازی دنای مورد نظر استفاده شده است. چرا؟

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

برش دادن پلازمید با آنزیم، آن را به یک قطعه دنای خطی تبدیل می کند که دارای دو انتهای چسبنده است. همچنین قطعه دنای خارجی نیز دو انتهای چسبنده دارد. برای اتصال دنای مورد نظر به پلازمید از آنزیم لیگاز استفاده می شود. این آنزیم تشکیل پیوند فسفودی استر بین دو انتهای مکمل را ایجاد می کند. به مجموعه دنای ناقل و ژن تلفیق شده در آن دنای نوترکیب گفته می شود. (شکل ۴)



شکل ۴ - تشکیل دنای نوترکیب: الف (قبل از تأثیر لیگاز) و ب (بعد از تأثیر لیگاز)

بیشتر بدانید

در مرحله اتصال پلازمید و قطعه دنای خارجی، ممکن است در حضور لیگاز ترکیبات متفاوتی از این قطعات تشکیل شود. مثلاً ممکن است دو پلازمید با یک دیگر، دو پلازمید و یک دنای خارجی و یا دو دنای خارجی با یکدیگر ترکیب شوند. با استفاده از روش های زیست مولکولی و در غلظت مناسبی از ترکیبات مورد نیاز، شرایطی را فراهم می کنند که احتمال ترکیب بین یک پلازمید و یک قطعه دنای خارجی از سایر ترکیبات بیشتر شود.

www.Darsyad.ir

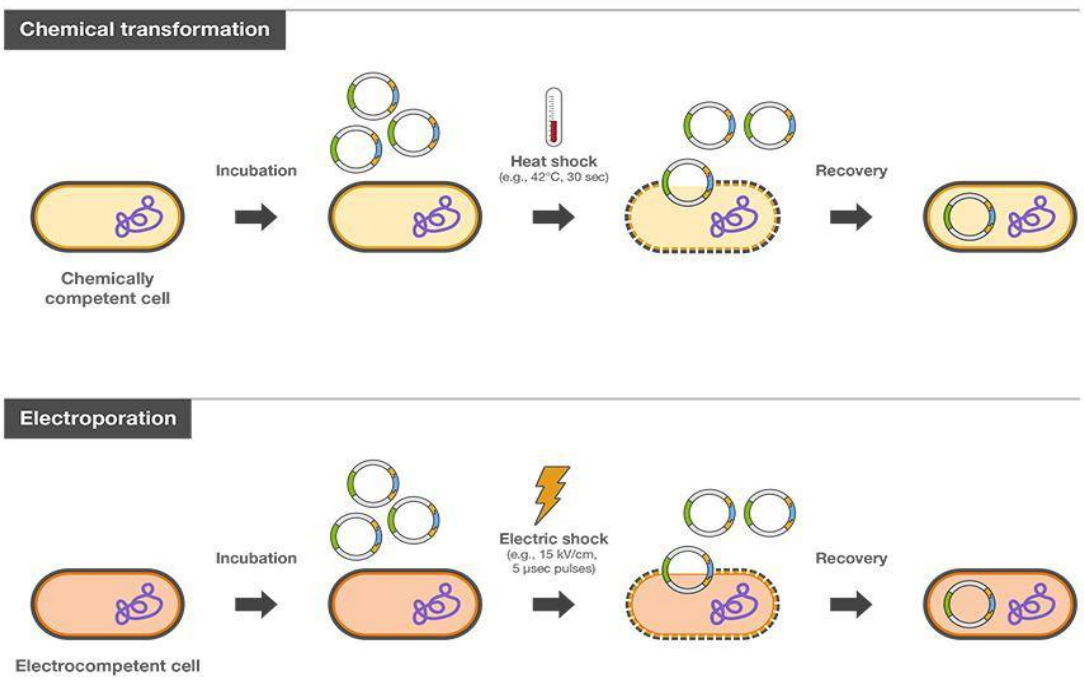
www.DarsYad.ir

وارد کردن دنای نوترکیب به یاخته میزبان

در این مرحله دنای نوترکیب را با روش های خاصی به درون یاخته میزبان منتقل می کنند. مشخص شده همه باکتری ها به دنای نوترکیب آلوده نمی شوند. بنابراین لازم است که یاخته های دریافت کننده پلازمید نوترکیب از یاخته های فاقد آن تفکیک شوند.

بیشتر بدانید

برای ورود دنای نوترکیب به باکتری لازم است در دیواره آن منافذی ایجاد شود. این منافذ به کمک شوک الکتریکی یا شوک حرارتی همراه با مواد شیمیایی به وجود می آیند.

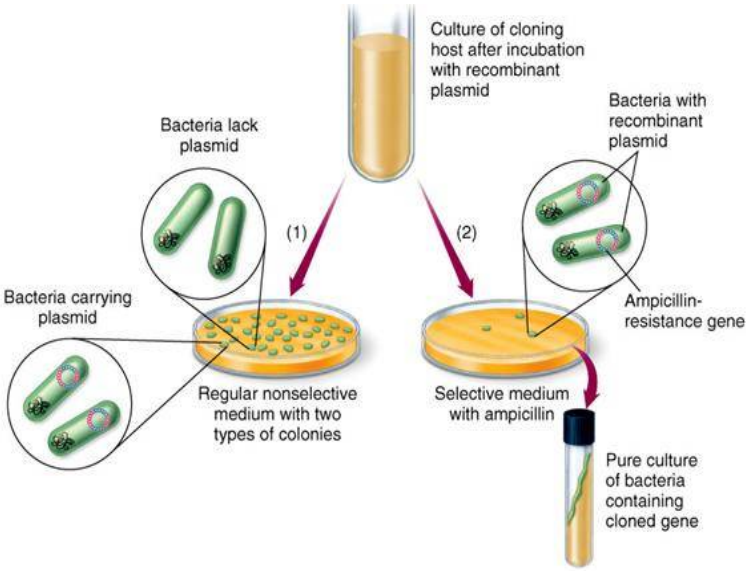


www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

جداسازی یاخته های تراژنی

برای انجام این مرحله از روش های متفاوتی می توان استفاده کرد. یکی از این روش ها استفاده از ژن مقاومت به آنتی بیوتیک مثل ژن مقاومت به آمپی سیلین است اگر یاخته دنای نوترکیب دارای این ژن را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی آنتی بیوتیک رشد می کند. یاخته های فاقد دنای نوترکیب به دلیل حساسیت به آنتی بیوتیک در چنین محیطی از بین می روند. (شکل ۵)



شکل ۵ – جداسازی یاخته های تراژنی دارای دنای نوترکیب

در شرایط مناسب یاخته های تراژنی با سرعت بالایی تکثیر می شوند. همچنین از دناهای نوترکیب نیز به صورت مستقل از کروموزوم اصلی یاخته باکتری، نسخه های متعددی ساخته می شود و در نتیجه ژن خارجی به سرعت تکثیر می شود. بنابراین تعداد زیادی باکتری دارای دنای خارجی آماده و می توان از آن ها برای تولید فراورده استفاده کرد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

امروزه با پیشرفت روش های مهندسی ژنتیک می توان یاخته های دیگری مثل مخمرها، یاخته های گیاهی و حتی جانوری را در فرایند نوترکیبی دنا به کار برد. دنا ها و سایر مولکول های حاصل از این روش ها برای اهداف گوناگون علمی و کاربردی استفاده می شوند. در گفتارهای بعدی این فصل به برخی از این موارد اشاره شده است.

گفتار دوم

فناوری مهندسی پروتئین و بافت

www.DarsYad.ir

روش های جدید امکان ایجاد تغییرات دلخواه در توالی آمینواسیدهای یک پروتئین را فراهم کرده است که می توان از آن ها به منظور تغییر در خصوصیات یک پروتئین و بهبود عملکرد آن به صورتی که مورد نیاز است بهره مند شد. انجام چنین تغییراتی روی پروتئین ها که به آن مهندسی پروتئین گفته می شود نیازمند شناخت کامل از ساختار و عملکرد آن پروتئین است. این تغییرات می تواند جزیی یا کلی باشد. تغییرات جزیی در حد معاوضه یک یا چند آمینو اسید پروتئین در مقایسه با پروتئین طبیعی است. تغییرات عمده شامل طیف گسترده تری بوده که می تواند از برداشتن قسمتی از ژن تا ترکیب بخش هایی از ژن های مختلف، متفاوت باشد. تغییر در توالی آمینواسیدها باعث تغییر در شکل فضایی مولکول پروتئین و در نتیجه عمل آن می شود. چنین پروتئین های تغییر یافته ای با اهداف مختلف درمانی، تحقیقاتی و ... ساخته می شوند.

از تغییرات و اصلاحات مفید در فرایند مهندسی پروتئین ها می توان به افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرما و تغییرات اسیدیته (pH)، افزایش حداکثری سرعت واکنش و تمایل آنزیم برای اتصال به پیش ماده اشاره کرد.

www.Darsyad.ir

افزایش پایداری پروتئین ها

امروزه با دستیابی به روش های مهندسی پروتئین می توان پایداری آن ها را در مقابل گرما و اکسید شدن افزایش داد. این موضوع اهمیت زیادی دارد زیرا در دمای بالاتر سرعت واکنش بیشتر و خطر آلودگی میکروبی در محیط واکنش کمتر می شود. همچنین نیازی به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش های گرمازا نیست.

آمیلازها

از آنزیم های پرکابرد در صنعت هستند. این آنزیم ها مولکول های نشاسته را به قطعات کوچکتری تجزیه می کنند و در بخش های مختلف صنعتی مانند صنایع غذایی، نساجی و تولید شوینده ها کاربرد دارند. از آن جا که بسیاری از مراحل تولید صنعتی در دماهای بالا انجام می شود، استفاده از آمیلاز پایدار در برابر گرما ضرورت دارد. امروزه به کمک روش های زیست فناوری، طراحی و تولید آمیلازهای مقاوم به گرما میسر شده است. استفاده از این مولکول ها باعث کاهش زمان واکنش، صرفه جویی اقتصادی و در نتیجه افزایش بهره وری صنعتی می شود. مشاهده شده که در طبیعت نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد. مثلاً یاخته های گرمادوست موجود در چشمه های آب گرم دارای آمیلازهایی هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند.

اینترفرون

به یاد دارید اینترفرون از پروتئین های دستگاه ایمنی است. وقتی که این پروتئین با روش مهندسی ژنتیک ساخته می شود فعالیتی بسیار کمتر از اینترفرون طبیعی دارد. علت این کاهش فعالیت، تشکیل پیوندهای نادرست در هنگام ساخته شدن آن در یاخته باکتری است. پیوندها ی نادرست باعث تغییر در شکل مولکول و در نتیجه فعالیت آن می شوند. به کمک فرایند مهندسی پروتئین، توالی آمینواسیدهای اینترفرون را طوری تغییر می دهند که یکی از آمینواسیدهای آن

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

با آمینواسید دیگری جایگزین می شود. این تغییر، فعالیت ضد ویروسی اینترفرون ساخته شده را به اندازه پروتئین طبیعی افزایش داده و همچنین آن را پایدار تر می کند. افزایش پایداری در نگه داری طولانی مدت پروتئین هایی که به عنوان دارو استفاده می شوند اهمیت زیادی دارد.

پلاسمین

می دانیم تشکیل لخته یک فرایند زیستی مهم است که از ادامه خونریزی جلوگیری می کند. اما تشکیل لخته در سرخرگ های شش، مغز و ماهیچه قلب به ترتیب منجر به انسداد شش، سکته مغزی و قلبی می شود که بسیار خطرناک بوده و می تواند باعث مرگ شود. لخته ها به طور طبیعی در بدن توسط آنزیم پلاسمین تجزیه می شوند. پلاسمین کابرد درمانی دارد. اما مدت اثر آن در پلاسما خیلی کوتاه است. عوض شدن یک آمینو اسید پلاسمین با آمینو اسید دیگری در توالی با کمک روش مهندسی پروتئین، باعث می شود که مدت زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن بیشتر شود.

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. فرض می کنیم که به علت سوختگی وسیع نیاز به پیوند پوست وجود داشته باشد. چنانچه اهدا کننده پوست مناسب وجود نداشته باشد و یا به علت وسعت منطقه نیازمند ترمیم، برداشت پوست از سایر مناطق بدن فرد بیمار نیز ممکن نباشد، بنابراین بهترین راه کشت بافت و پیوند پوست است. مشخص شده که در پوست یاخته های هایی وجود دارد که دارای قدرت تکثیر زیاد و تمایز به انواع یاخته های پوست هستند. امروزه از این یاخته ها یه طور موفقیت آمیزی در مهندسی بافت پوست استفاده می شود.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

رشته در حال پیشرفت مهندسی بافت در زمینه تولید و پیوند اعضا فعالیت می کند. برای نمونه جراحان بازسازی کننده چهره می توانند به کمک روش های مهندسی از بافت غضروف برای بازسازی لاله گوش و بینی استفاده کنند. در این روش یاخته های غضروفی را در محیط کشت روی داربست مناسب تکثیر کرده و در مدت کوتاهی مقادیر زیادی از غضروف جدید را برای بازسازی اندام آسیب دیده تولید می کنند. (شکل ۶)

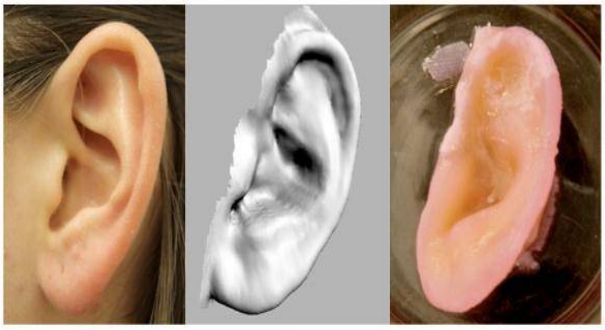


Figure: Image-based tissue engineering of human ear cartilage. Comparison of photograph (left), digitized image (middle), and tissue engineered ear cartilage after two weeks in culture.

شکل ۶ – مهندسی بافت غضروف گوش انسان(چپ) با تصویر دیجیتالی(وسط) و غضروف گوش ساخته شده با روش مهندسی بافت بعد از دو هفته(راست)

یاخته های بنیادی و مهندسی بافت

یاخته های تمایز یافته مانند یاخته های عضلانی و کبدی در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می شوند و یا اصلا تکثیر نمی شوند. به همین دلیل در چنین مواردی از منابع یاخته ای که سریع تکثیر می شوند مثل یاخته های بنیادی جنینی یا یاخته های بنیادی بالغ استفاده می شوند. یاخته های بنیادی جنینی، یاخته های توده داخلی بلاستوسیت و یاخته های بنیادی بالغ در بافت ها یافت می شوند. یاخته های بنیادی می توانند به انواع متفاوت یاخته تبدیل شوند. (شکل ۷)

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

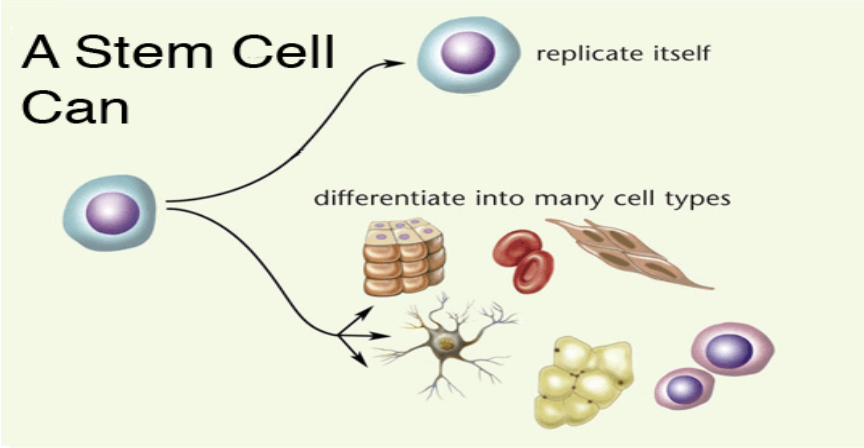


Image prepared by Catherine Twomey for the National Academies, *Understanding Stem Cells: An Overview of the Science and Issues* from the National Academies, www.nationalacademies.org/stemcells.

شکل ۷ – یاخته های بنیادی می توانند به یاخته های مختلف تمایز پیدا کنند و یا یاخته بنیادی جدیدی تولید کنند.

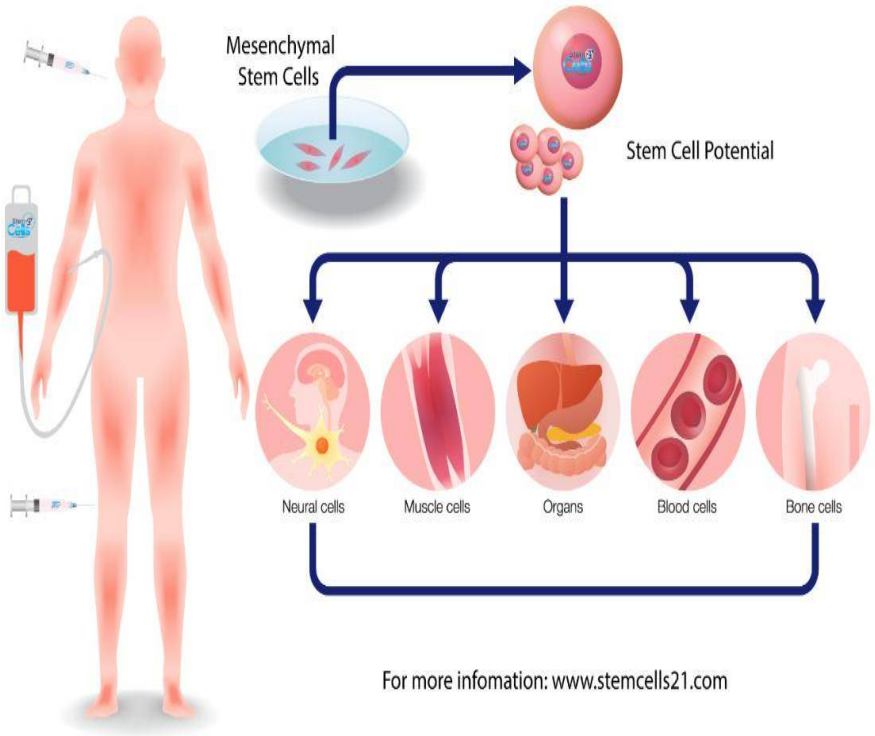
یاخته های بنیادی بالغ

دربافت های مختلف بدن یاخته های بنیادی وجود دارد که در محیط کشت تکثیر می شوند. به عنوان مثال یاخته های بنیادی کبد می توانند تکثیر شده و به یاخته کبدی یا یاخته مجرای صفراوی تمایز پیدا کنند. چنین سلول هایی در مهندسی بافت اهمیت زیادی دارند.

با دو نوع از یاخته های بنیادی مغز استخوان قبلاً آشنا شده اید. آیا می توانید آن ها را نام ببرید؟ انواع دیگری از یاخته های بنیادی در مغز استخوان وجود دارند که می توانند به رگ های خونی، ماهیچه اسکلتی و قلبی تمایز پیدا کنند.. این یاخته ها از فرد بالغ برداشت شده و کشت داده می شوند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



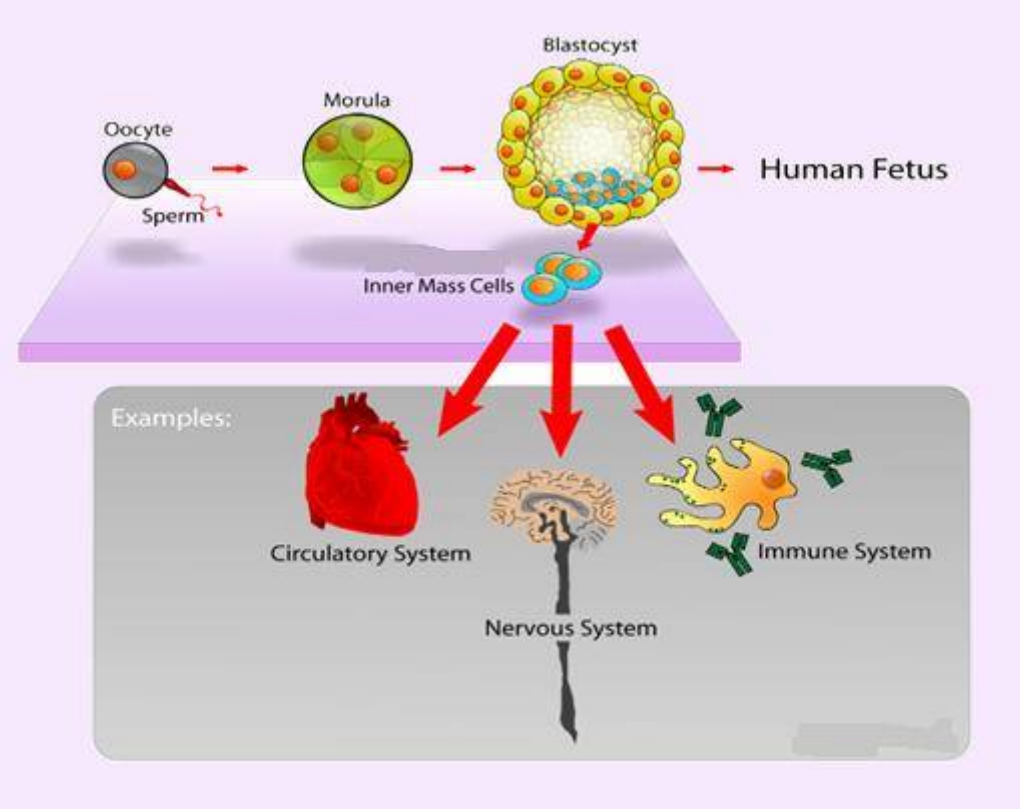
شکل ۸ – یاخته های بنیادی مغز استخوان به انواع مختلف سلول ها و بافت ها تمایز پیدا می کنند.

یاخته های بنیادی جنینی

چنین یاخته هایی نه تنها قادر به تشکیل همه بافت های بدن جنین هستند، بلکه اگر زود جداسازی شوند می توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند. این یاخته ها بعد از جداسازی به عنوان یاخته های بنیادی جنینی کشت داده شده و برای تشکیل بسیاری از انواع یاخته ها تحریک می شوند. (شکل) اما تمایز چنین یاخته هایی هنوز نمی تواند به گونه ای کنترل شود که بتوانند همه انواع یاخته هایی را که در بدن جنین تولید می کنند در شرایط آزمایشگاهی نیز به وجود بیاورند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



شکل ۹ – الف: یاخته های بنیادی مورولا به همه انواع یاخته های جنینی و خارج جنینی (جفت و پرده ها) متمایز می شوند. ب: یاخته های بنیادی توده سلولی داخلی بلاستوسیت به انواع سلول های بدن جنین متمایز می شوند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار سوم

کاربردهای زیست فناوری

همانطور که در گفتار قبلی دیدید زیست فناوری در تولید صنعتی، دارویی، گیاهان و جانوران بهبود یافته ژنتیکی و ... کاربرد دارد. اکنون می خواهیم بدانیم که چگونه می توان از این گرایش علمی برای افزایش کیفیت زندگی انسان و حفظ محیط زیست بهره برد؟

کاربرد زیست فناوری در کشاورزی

تحول در کشاورزی نوین توانست افزایش چشمگیری در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت ایجاد کند. افزایش میزان برداشت محصول به دلیل استفاده از کودها و سموم شیمیایی، کشت انواع پرمحصول، مکانیزه کردن کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت بود. اما آلودگی محیط زیست، کاهش تنوع ژنتیکی و تخریب جنگل ها و مراتع از عواقب زیانبار آن بود. بنابراین امروزه نمی توان برای افزایش محصولات به هر روشی متوسل شد لذا شاید فناوری جدید زیستی بتواند تا حدودی مشکلات بشر را در این زمینه حل کند.

یکی از کابردهای زیست فناوری تولید گیاهان مقاوم به برخی آفات هستند. این روش توانسته است مصرف آفت کش ها را کاهش دهد. به عنوان مثال برخی از باکتری های خاکزی پروتئین هایی تولید می کنند که حشرات مضر برای گیاهان زراعی را می کشند. این باکتری ها در یک مرحله از رشد خود پروتئینی می سازند که در واقع یک مولکول پیش سم حشره کش است. چرا این سم نمی تواند خود باکتری را از بین ببرد؟

پیش سم غیر فعال در اثر هضم شدن در محیط قلیایی لوله گوارش حشره، فعال می شود. سم فعال شده باعث تخریب یاخته های لوله گوارش و سرانجام مرگ حشره می شود.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

برای تولید گیاه مقاوم به آفت، ابتدا ژن مربوط به این سم از ژنوم باکتری جداسازی و پس از همسانه سازی به گیاه مورد نظر انتقال داده می شود. تاکنون با این روش چند نوع گیاه مقاوم مثل ذرت، پنبه و سویا تولید شده اند. همانطور که در شکل۱۰ می بینید کرم به درون غوزه نارس پنبه نفوذ کرده و به همین دلیل برای از بین بردن این آفت سم پاشی های متعدد لازم است؛ زیرا آفت در معرض سم قرار نمی گیرد. استفاده زیاد سم برای محیط زیست مضر است. امروزه با کمک فناوری زیستی و تولید پنبه های مقاوم، نیاز به سم پاشی مزارع پنبه تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده است. حشره در اثر خوردن گیاه مقاوم شده از بین می رود و فرصت ورود به دروه غوزه را از دست می دهد. بنابراین نیاز به سم پاشی مزرعه کاهش می یابد.

شکل ۱۰ - آلوده شدن غوزه گیاه پنبه به آفت را نشان می دهد.

زیست فناوری علاوه بر تولید گیاهان مقاوم به آفات، کاربردهای زیادی در زمینه کشاورزی دارد. اصلاح بذر برای تولید گیاهان مطلوب، تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری، تنظیم سرعت رسیدن میوه ها و افزایش ارزش غذایی محصولات نیز با انجام روش های مهندسی ژنتیک میسر شده است. تولید گیاهان مقاوم به علف کش ها نیز از دیگر دستاوردهای این فناوری است. کشت چنین گیاهانی باعث می شود که علف های هرز را با استفاده از علف کش

www.Darsyad.ir

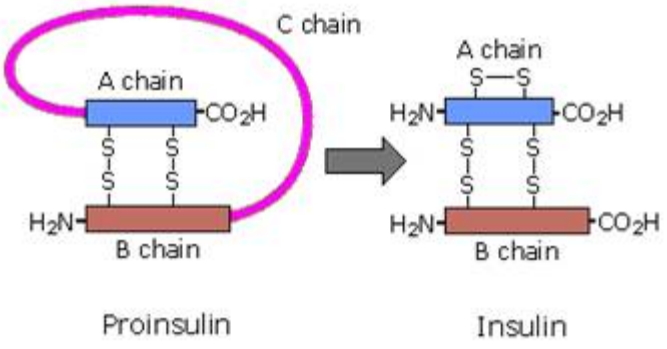
www.DarsYad.ir

هایی که راحت در طبیعت تجزیه می شوند بدون آسیب به گیاه اصلی از بین برد. همچنین به علت عدم شخم زدن زمین، خاک های سطحی نیز کمتر دستخوش فرسایش می شوند.

کاربرد زیست فناوری در پزشکی

۱- تولید دارو

فناوری دنای نوترکیب به علت تولید داروهای مطمئن و مؤثرتر جایگاه ویژه ای در صنعت داروسازی دارد. این داروها بر خلاف فراورده های مشابهی که از منابع غیر انسانی تهیه می شوند پاسخ های ایمنی ایجاد نمی کنند. یکی از داروهایی که توسط این فناوری تولید می شود انسولین است. بعضی از انواع بیماری دیابت را می توان به وسیله دریافت انسولین در فواصل زمانی منظم کنترل کرد. چگونه می توان نیاز افراد نیازمند به این ماده را تأمین کرد؟ یکی از روش های تهیه انسولین جداسازی و خالص کردن آن از لوزالمعده جانورانی مثل گاو است. روش دیگر استفاده از مهندسی ژنتیک است. اکنون می دانیم که باکتری در صورت داشتن ژن انسولین انسانی می تواند آن را بسازد. مولکول انسولین فعال ، از دو زنجیره کوتاه پلی پپتیدی به نام های A و B تشکیل شده است که به یک دیگر متصل هستند. در پستانداران از جمله انسان انسولین به صورت یک مولکول پیش هورمون ساخته می شود. همانطور که در شکل ۱۱ می بینید پیش هورمون به صورت یک زنجیره پلی پپتیدی است و با جدا شدن بخشی از توالی به نام زنجیره C به هورمون فعال تبدیل می شود.

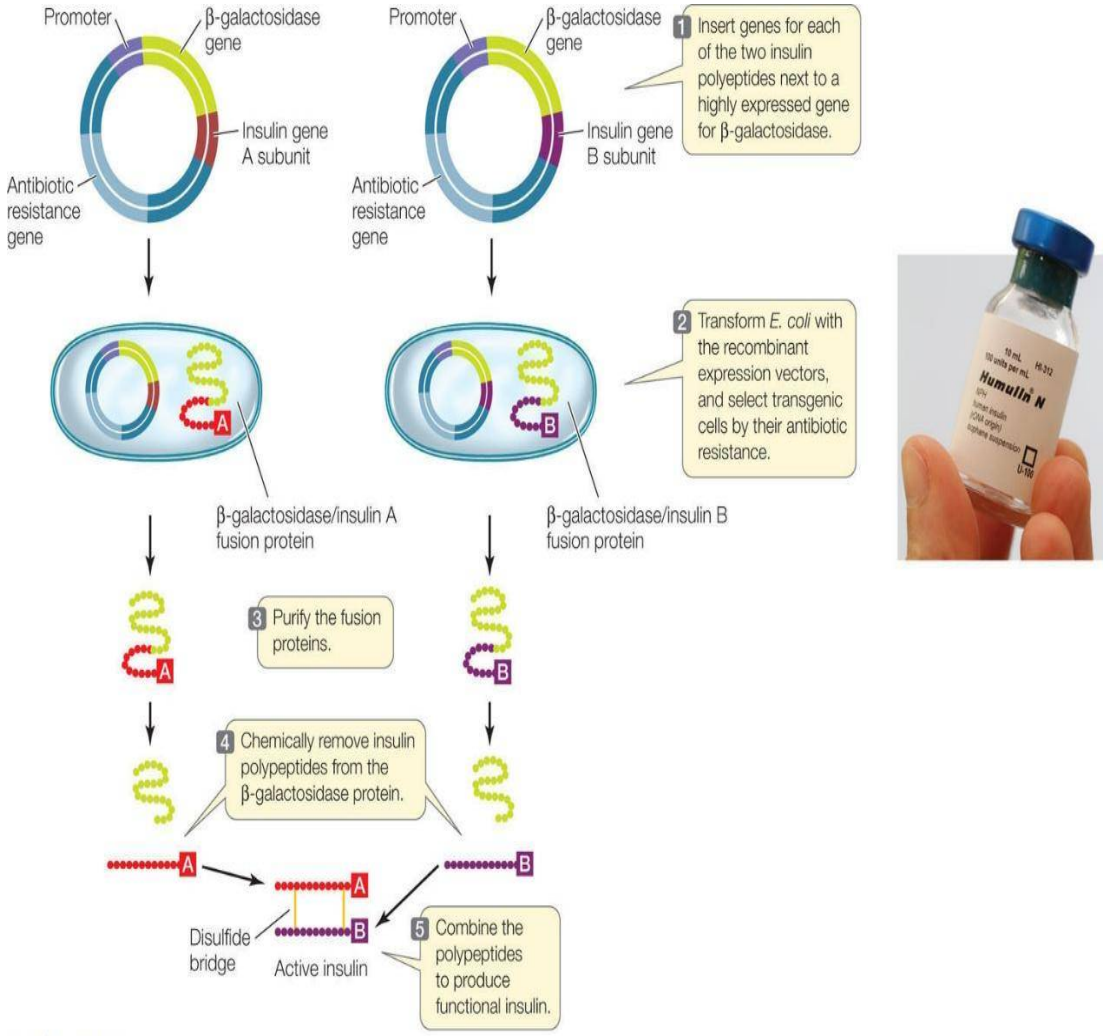


شکل ۱۱ – جدا شدن زنجیره C و تبدیل پیش انسولین به انسولین

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

مهم ترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک تبدیل انسولین غیرفعال به انسولین فعال است. زیرا تبدیل پیش هورمون به هورمون در باکتری انجام نمی شود. در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار دو توالی دنا به صورت جداگانه برای رمز کردن زنجیره های A و B انسولین تولید و توسط پلازمید به باکتری های اشریشیا کلی منتقل شدند. سپس زنجیره های پلی پپتیدی ساخته شده جمع آوری و در آزمایشگاه توسط پیوندهایی به یک دیگر متصل شدند. (شکل ۱۲)



13.12: David McIntyre.

شکل ۱۲- مراحل ساخت انسولین در مهندسی ژنتیک

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

۲- تولید واکسن

روش های قبلی تولید واکسن شامل ضعیف کردن میکروب ها، کشتن آن ها و یا غیر سمی کردن سموم خالص شده میکروب های بیماری زا با روش های خاص است. واکسن تولید شده باید بتواند دستگاه ایمنی را برای مقابله با عامل بیماری زا تحریک کند، اما منجر به ایجاد بیماری نشود. چنانچه در مراحل تولید واکسن خطا رخ دهد، احتمال بروز بیماری در اثر مصرف آن وجود دارد. واکسن های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک چنین خطری ندارند. در این روش، ژن مربوط به آنتی ژن سطحی عامل بیماری زا به یک باکتری یا ویروس غیر بیماری زا منتقل می شود. تاکنون با این روش واکسن نوترکیب ضد هپاتیت B تولید و به بهره برداری رسیده است.

www.DarsYad.ir

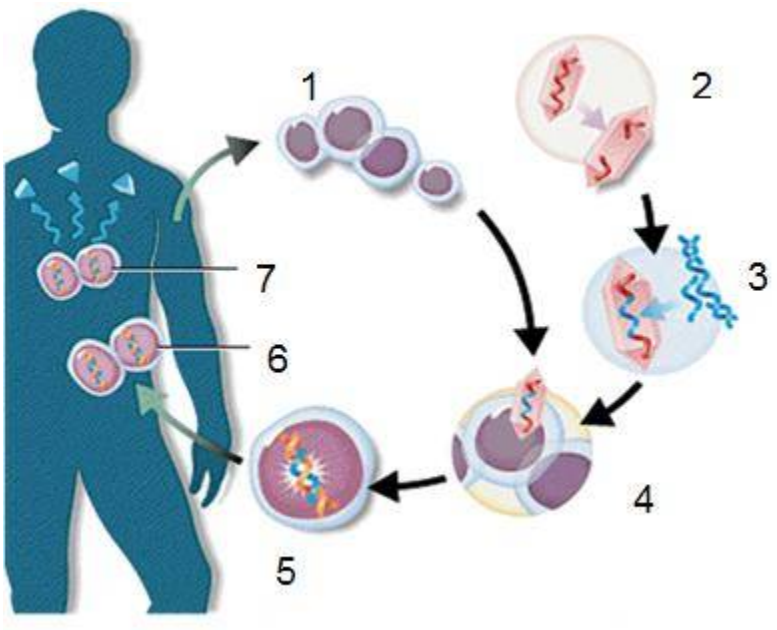
۳ – ژن درمانی

آیا می توان افرادی که با بیماری ارثی متولد می شوند را درمان کرد؟

یک روش ژن درمانی است که خود مجموعه ای از روش هاست که به اصلاح ژن معیوب یا جایگزینی ژن سالم در فرد بیمار منجر می شود. در این حالت برای درمان بیمار ژن های مناسب به داخل یاخته های او منتقل می شوند. اولین ژن درمانی در سال ۱۹۹۰ برای یک دختر بچه ۴ ساله دارای نوعی نقص آنزیمی انجام شد. فعالیت آنزیم مورد نظر برای عملکرد طبیعی دستگاه ایمنی ضروری است. برای درمان افراد مبتلا می توان از روش هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد. در روش ژن درمانی به کار برده شده ، ابتدا لنفوسیت ها را از خون بیمار جدا کرده و در خارج از بدن کشت می دهند. سپس یک نسخه از ژن کارآمد به داخل لنفوسیت ها منتقل شده و سرانجام یاخته های دارای نسخه سالم ژن را به بدن بیمار انتقال می دهند. اما چون این

www.Darsyad.ir

یاخته ها قدرت بقای زیادی ندارند، لازم است بیماران به طور متناوب لنفوسیت های مهندسی شده را دریافت کنند. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳ - مراحل ژن درمانی :

۱- سلول ها را از بدن بیمار خارج می کنند. ۲- ویروس را در آزمایشگاه طوری تغییر می دهند که نتواند تکثیر شود. ۳- ژن درون ویروس جاسازی می شود.۴- ویروس تغییر یافته با یاخته بیمار ترکیب می شود.۵- یاخته های بیمار از لحاظ ژنتیکی تغییر یافته اند. ۶-یاخته های تغییر یافته به بیمار تزریق می شود. ۷- یاخته های تغییر یافته ژنتیکی پروتئین یا هورمون مورد نظر را تولید می کنند.

٤ – تشخیص بیماری

برای درمان موفقیت آمیز یک بیماری، تشخیص اولیه و شناخت دقیق آن بسیار مهم است. علاوه بر روش های تشخیصی مثل آزمایش خون و ادرار، روش های دیگری مثل فناوری های مبتنی بر دنا 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 نشده اند

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

و میزان عامل بیماری زا در بدن پایین است نیز می توان به کمک روش های زیست فناوری از روی نوکلئیک اسید عامل بیماری زا به وجود آن در بدن پی برد.

همانطور که می دانید ایدز بیماری خطرناکی است و هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری زا را از دست می دهد و به عفونت هایی دچار می شود که معمولاً در سایر افراد اتفاق نمی افتد. برای تشخیص ایدز در مراحل اولیه، دنای موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می کنند. دنای استخراج شده شامل دنای یاخته های بدن خود فرد و احتمالاً دنای ویروس است. سپس با استفاده از روش های زیست فناوری دنای ویروس تشخیص داده می شود. تشخیص زود هنگام آلودگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد زیرا باعث می شود که بدون اتلاف وقت اقدامات درمانی لازم و اقدامات کنترلی برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد صورت گیرد.

روش زیست فناوری در تشخیص ژن های جهش یافته در بیماران مستعد به سرطان، درمسائل پزشکی قانونی و تحقیقاتی همچون مطالعه در مورد دنای موجود در فسیل ها نیز کاربرد دارد.

کاربرد زیست فناوری در تولید جانوران تراژنی

چرا چنین جانورانی تولید شده اند ؟ دلایل متعددی برای طراحی و تولید این جانوران وجود دارد که می توان به چند مورد اشاره کرد:

- مطالعه عملکرد ژن های خاص در بدن مثل ژن های عوامل رشد و نقش آن ها در رشد بهتر دام ها

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

- کاربرد آن ها به عنوان مدل برای مطالعه بیماری های انسانی از قبیل انواع سرطان و آلزایمر و مالتیپل اسکلروزیس
- تولید پروتئین های انسانی یا داروهای خاص در بدن آن ها، به عنوان مثال گاوهای تراژنی می توانند شیر غنی از نوعی پروتئین انسانی تولید کنند که برای نوزاد انسان نسبت به شیر طبیعی گاو مناسب تر است.

بیشتر بدانید

انقراض گونه ها و مهندسی ژنتیک

در سال ۲۰۰۸ برای اولین بار با تعیین توالی ژنی یک ماموت پشمالو، اولین ژنوم کامل یک گونه جانوری منقرض شده به دست آمد. این موفقیت پژوهشگران را به نجات گونه های در خطر انقراض امیدوار کرده است. یکی دیگر از کابردهای این فناوری در جلوگیری از انقراض گونه ها، روش شبیه سازی است. در ایران نیز طرح های تحقیقاتی در حال انجام است و تاکنون موفقیت هایی در این زمینه به دست آمده است. به عنوان مثال می توان به موفقیت پژوهشکده رویان در شبیه سازی قوچ وحشی اشاره کرد.

زیست فناوری و اخلاق

نظیر همه دستاوردهای بشر استفاده از این دستاورد علمی نیز باید با ملاحظاتی همراه باشد. این ملاحظات جنبه های مختلف اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی را در بر می گیرد. ایمنی زیستی شامل مجموعه ای از تدابیر، مقررات و روش هایی برای تضمین بهره برداری از این فنون است. این قانون 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.

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

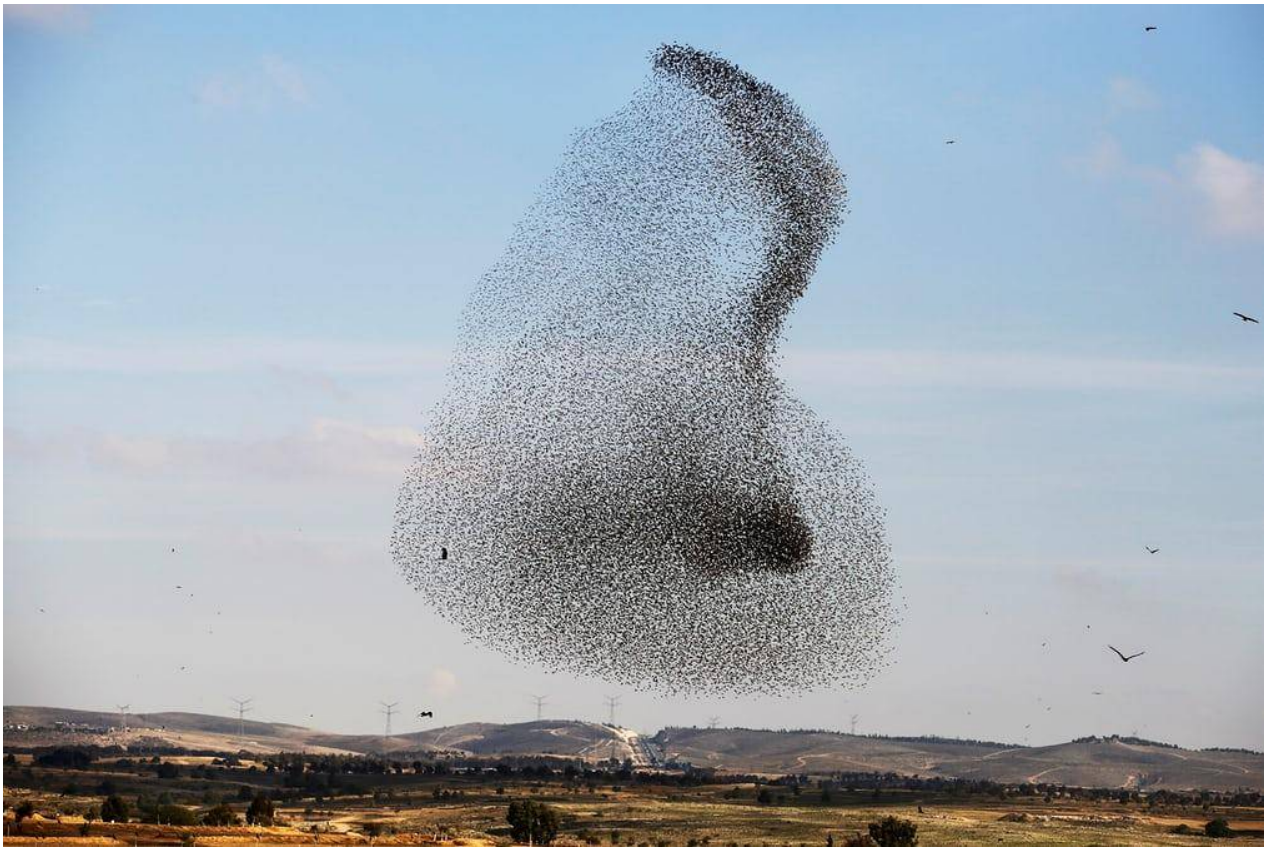
همواره سوال های متعددی در مورد نتایج انواع کاربردهای زیست فناوری مطرح بوده و هست. برای پاسخ به این سوالات، پژوهش های زیادی در حال انجام است. نتایج به دست آمده از چنین پژوهش هایی از طرف مجموعه ای از دانشمندان با تخصص های مختلف مورد داوری قرار گرفته و صدور مجوز نهایی توسط دستگاه های نظارتی انجام می شود. تاکنون از نتایج تحقیقات انجام شده هیچ گونه گزارش مبتنی بر شواهد و داده های علمی در مورد آثار جانبی کاربرد این فناوری، محصولات به دست آمده و خطرناک بودن آن ها ارائه نشده است. لذا با توجه به حساسیت موضوع این تحقیقات باید ادامه یافته و نتایج با دقت فراوان مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند.

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir

فصل۸

رفتارهای جانوران



پرواز گروهی سارها

هزاران سال است که انسان رفتار های جانوران را مشاهده می کند و درپی یافتن علت این رفتار ها ست . زندگی انسان به دانستن درباره رفتار جانوران وابسته است . دانستن چگونگی زاد آوری یک حشره آفت می تواند به یافتن روشی برای کنترل آن منجر شود . دانستن درباره مهاجرت یا تغذیه یک جانور در معرض خطر می تواند به راه هایی برای حفظ آن گونه و حفاظت از تنوع زیستی بینجامد. در این فصل انواعی از رفتار های جانوران ، چگونگی انجام آن ها و علت این رفتار ها را از دیدگاه انتخاب طبیعی بررسی می کنیم .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

گفتار ۱ : اساس رفتار

قمری های خانگی با جمع آوری شاخه های نازک درختان در لبه بام ها برای خود لانه می سازند و زاد آوری می کنند. گوزن ها از شکارچی ها می گریزند. خرس های قهوه ای خواب زمستانی دارند. سار ها برای زمستان گذرانی به مناطق گرم تر مهاجرت می کنند . این ها نمونه هایی از رفتار های جانوران است . رفتار واکنشی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک ها انجام می دهد .محرک هایی مانند بو ، رنگ ، صدا ، تغییر دمای محیط ، تغییر طول روز وتغییر میزان هورمون ها در بدن جانور ، موجب بروز رفتار می شوند .

رفتار غریزی

جوجه های برخی از پرندگان برای غذای مورد نیازشان به والد(والدین) متکی هستند. مثلاً جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زند و والد بخشی از غذای خورده شده را بر می‌گرداند تا جوجه آن را بخورد. دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمیّت دارد. پس از بیرون آمدن از تخم، جوجه می‌تواند به منقار والد نوک بزند.

شکل ۱- جوجه کاکایی با نوک زدن به منقار والد درخواست غذا می کند .

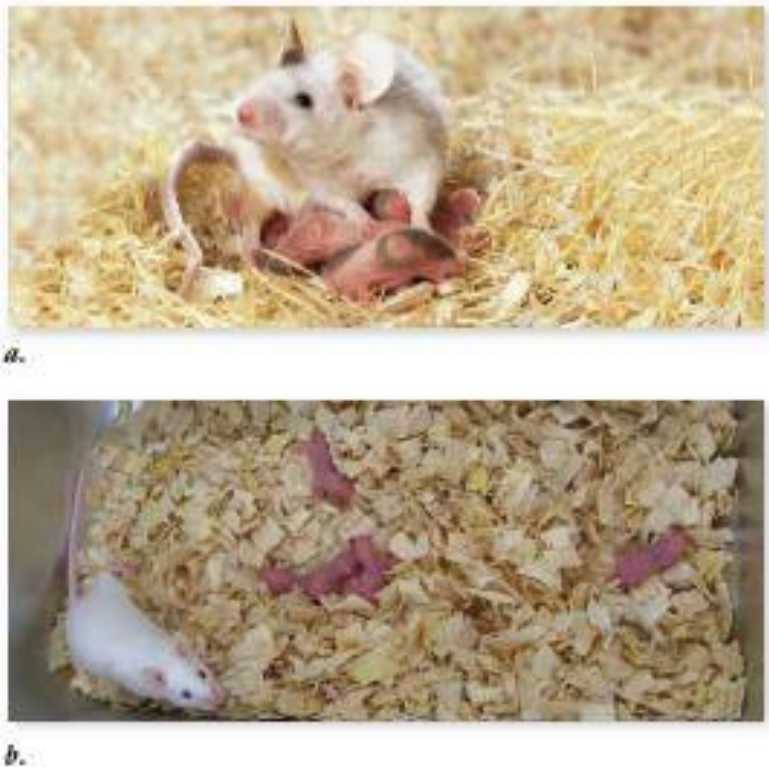
منشاء رفتار جوجه کاکایی چیست ؟ جوجه پرنده پس از خروج از تخم ، می تواند رفتار درخواست غذا را انجام دهد،پس آیا این رفتار همانند ویژگی های بدنی آن می تواند ژنی باشد ؟ درواقع آیا این رفتار منشا ء ژنی دارد؟ برای پاسخ به این سوال یک پژوهش را بررسی می کنیم .

پژوهشگران ارتباط یک ژن که آن را **ژن B** می نامیم را با رفتار مراقبت از زاده ها در موش ماده بررسی کرده اند. موش ماده طبیعی اجازه نمی‌دهد بچه موش‌ها از او دور شوند؛ اگر بچه موش ها بخواهند دور شوند، مادر آن‌ها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد (شکل ۲). به نظر می‌رسد این رفتار در اثر زنجیره‌ای از واکنش‌ها در بدن موش رخ می‌دهد. موش‌های مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کنندو اطلاعاتی از حواس بویایی، شنوایی و لمس به زیر نهنج (هیپوتالاموس) آن‌ها ارسال می‌شود؛ درنتیجه ژن **B** در زیر نهنج موش مادر فعال و دستور

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

ساخت پروتئینی را می‌دهد که آنزیم‌ها و ژن‌های دیگری را فعال می‌کند و فرایند های پیچیده ای به راه می افتد که در نتیجه آن ها، موش ماده رفتار مراقبت مادری نشان می‌دهد.پژوهشگران در ژن **B** جهش ایجاد وآن را غیر فعال کردند . موش‌های ماده ای که ژن های جهش یافته داشتند ، ابتدا بچه موش‌های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آن‌ها را نادیده گرفتند و رفتار مادرانه نشان ندادند. به این ترتیب مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش یک جزء ژنی دارد .



شکل ۲- مراقبت مادری در الف – موش مادر طبیعی ب- موش مادر دارای ژن جهش یافته

رفتار موش مادر در مراقبت از فرزندان رفتاری **غریزی** است .اساس رفتار غریزی در همه افراد یک‌گونه یکسان است، زیرا ژنی و ارثی است.رفتار جوجه کاکایی برای به بدست آوردن غذا ، لانه‌سازی پرنده ها ، رفتار مکیدن در نوزادان نمونه‌های دیگری از رفتارهای غریزی اند.رفتارهای غریزی را ژن‌ها تعیین می‌کنند.البته همه رفتارها ی غریزی به طور کامل در هنگام تولّد جانور ایجاد نمی‌شوند .

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید .....

آن چه ما ژن **B** نامیدیم ژن fosB نام دارد . این ژن در بخشی از زیر نهنج (هیپوتالاموس) به نام ناحیه پری اپتیک که در رفتار مادرانه موش نقش حیاتی دارد ، بیان می شود .

.....

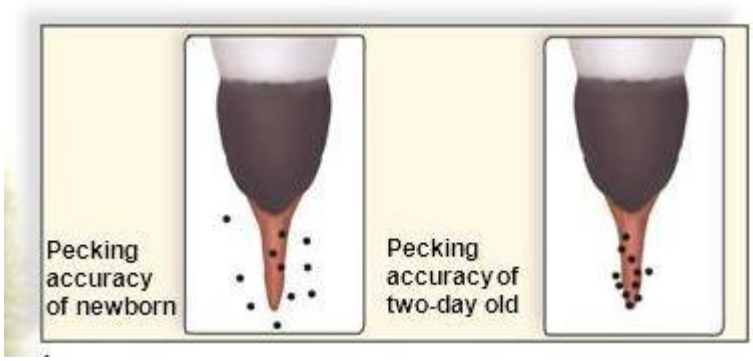
بیشتر بدانید

رفتارشناسی علم مطالعه رفتارهای جانوران در آزمایشگاه و یا طبیعت است. سه دانشمند یعنی نیکولاس تین‌برگن[1] هلندی ، کُنراد لورنز[2] استرالیایی و کارل‌فوُن‌فریتش[3] آلمانی در مشاهدهٔ رفتار جانوران در طبیعت نقش مهمّی ایفا کردند. این تلاش‌ها جایزه نوبل رشته فیزیولوژی یا پزشکی سال ۱۹۷۳ را برای آنان به ارمغان آورد .در دهه های اخیر ، بوم شناسی رفتاری به روش اصلی زیست شناسان در بررسی رفتار جانوران تبدیل شده است . بوم‌شناسی رفتاری علم بررسی رفتار جانوران در محیط طبیعی و از دیدگاه انتخاب طبیعی است.

.....

یادگیری ورفتار

در رفتار درخواست غذا ، نوک زدن های جوجه کاکایی به منقار والد در ابتدا دقیق نیست ولی به تدریج وبا تمرین، این رفتار دقیق‌تر می‌شود.هرچه جوجه دقیق‌تر نوک بزند ،والد سریع‌تر به در خواست آن برای غذا پاسخ می‌دهد.با این ترتیب جوجه می آموزد تا دقیق تر نوک بزند(شکل۳). بنابراین جوجه کاکایی تجربه به دست می آورد و رفتارغریزی آن تغییر می کند واصلاح می شود.



شکل۳ – رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی : پس از دو روز جوجه می آموزد تا دقیق تر نوک بزند. نقطه های سیاه رنگ محل نوک زدن را نشان می دهند.

1- Nikolaas Tinbergen
2- konrad Lorenz
3- karl von frisch

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

جانوران در محیط تجربه های گوناگونی پیدا می کنند که رفتار های آن ها را تغییر می دهد . تغییر پایداردر رفتار که در اثر تجربه به وجود می آید **یادگیری** نام دارد .یادگیری انواع گوناگونی دارد .

نقش پذیری : . آزمایش با جوجه غاز هایی که در دستگاه جوجه کشی پرورش یافتند نشان داد ،آن ها انسانی را که پس از خروج ازتخم دیدند ،دنبال وبه آن نقش پذیری پیدا کردند. جوجه غازها نمی توانند به طور غریزی مادر خود را بشناسند. آن ها پس از خروج از تخم ، نخستین جسم متحرکی را که ببینند ، دنبال می کنند. این جسم متحرک معمولا مادر آن هاست (شکل ۴) . این دنبال کردن موجب پیوند جوجه ها با مادر می شود .پیوند جوجه غاز ها ومادرشان در نتیجه نوعی یادگیری به نام **نقش پذیری** ایجادمی شود. نقش پذیری جوجه غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می دهد. این زمان دوره حساسی است که در آن نقش پذیری با بیشترین موفقیت انجام می شود .جوجه غازها با نقش پذیری مادرخودرا می شناسند . این شناسایی برای بقای جوجه ها حیاتی است وبدون آن جوجه ها مورد مراقبت مادر قرار نمی گیرند و می میرند. افزون بر آن جوجه ها با نقش پذیری رفتار های اساسی مانند جستجوی غذا را نیز از مادر یاد می گیرند.

شکل۴ : نقش پذیری طبیعی جوجه غاز ها به مادرخود

بیشتر بدانید .....

www.Darsyad.ir

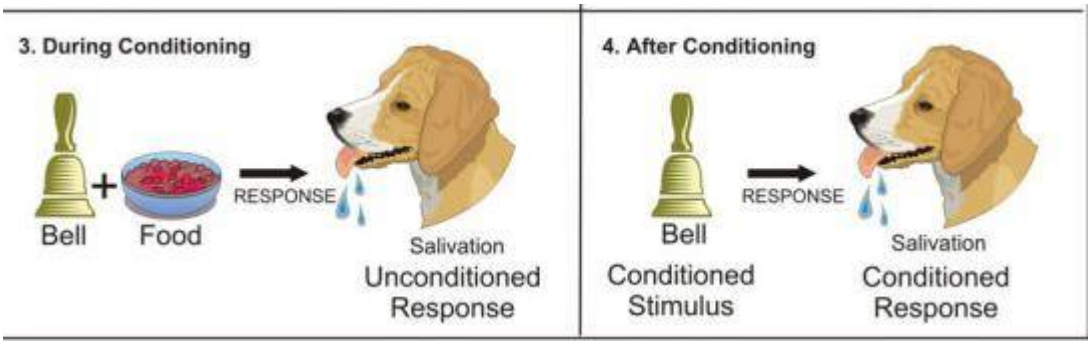
www.DarsYad.ir

بررسی نقش پذیری در غاز ها از پژوهش های کنراد لورنزاسترالیایی (۱۹۸۹-۱۹۰۳)است . امروزه پژوهشگران می کوشند از نقش پذیری در حفظ گونه های جانوران در خطر انقراض استفاده کنند.مثلا آن ها برای پرورش جوجه های نوعی درنا ی درخطرکه والدین خود را از دست داده و در اسارت به دنیا آمده اند ،صدای پرندگان همان گونه را پخش می کنند و افرادی که خود را شبیه درنا کرده اند ومانند آنها رفتار می کنند را به جوجه ها نشان می دهند .

.....

خوگیری: جوجهٔ پرندگان اجسامی گوناگونی مانند برگ‌های در حال افتادن را در بالای سرخود می‌بینند. در ابتدا جوجه‌ها با پایین آوردن سرخود و آرام ماندن به این محرک‌ها پاسخ می‌دهند. امّا با دیدن مکرر اجسام در حال حرکت، یاد می‌گیرند آن‌ها برایشان خطر یا فایده‌ای ندارند. در نتیجه جوجه‌ها دیگر به این محرک‌ها پاسخ نمی‌دهند. این یادگیری را **خوگیری** می‌نامند. در این یادگیری، پاسخ جانور به یک محرک تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدا می‌کند. در واقع جانور می‌آموزد به برخی محرک‌ها پاسخ ندهد.

شرطی شدن کلاسیک : وقتی جانوری مانند سگ غذا می بیند ویا بوی آن را احساس می کند ، بزاق آن ترشح می شود.غذا محرک وترشح بزاق ، پاسخ رفتاری است. این رفتار غریزی و یک بازتاب طبیعی است. دانشمندی به نام پاوولف آزمایش های متعددی دراین باره انجام داد .او متوجه شد بزاق سگ ، بادیدن فرد غذا دهنده وقبل از دریافت غذا نیزترشح می شود. پاوولف آزمایشی طراحی کرد و در آن همزمان با دادن پودر گوشت به سگ گرسنه ، زنگی را به صدا در آورد .با تکرار این کار ، سگ بین صدای زنگ وغذا ارتباط برقرار کرد، طوری که بزاق آن با شنیدن صدای زنگ وحتی بدون دریافت غذا ترشح می شد . صدای زنگ در ابتدا یک محرک بی اثر بود ولی وقتی با محرک طبیعی یعنی غذا همراه شد ، سبب بروز پاسخ رفتاری (ترشح بزاق)شد (شکل ۵).صدای زنگ یک **محرک شرطی** است زیرا در صورتی می تواند موجب بروز پاسخ شود که با یک محرک طبیعی همراه شود . این نوع یادگیری **شرطی شدن کلاسیک** نام دارد .



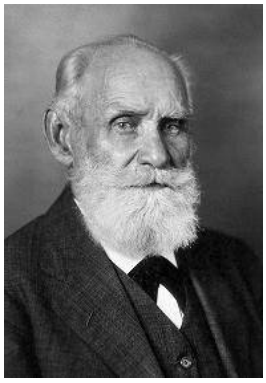
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

شکل ۵ - وقتی محرک شرطی (صدا ی زنگ).با محرک طبیعی (غذا) همراه شد ،محرک شرطی به تنهایی می تواند سبب پاسخ رفتاری (ترشح بزاق) شود.

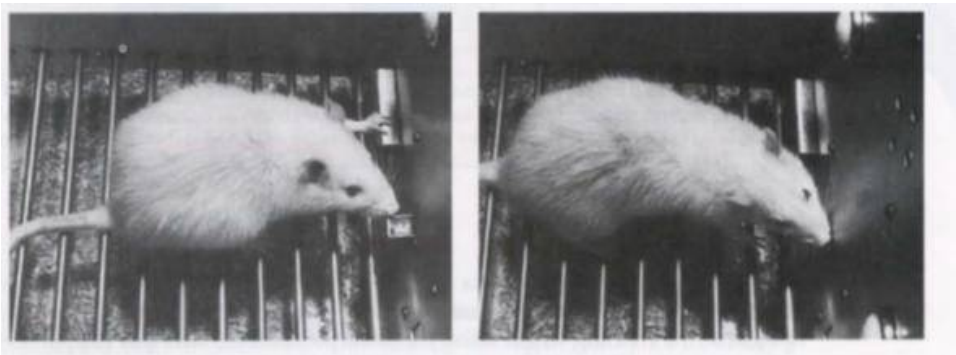
بیشتر بدانید .....

ایوان پتروویچ پاولوف (۱۸۴۹- ۱۹۳۶) فیزیولوژیست روس است که در سال ۱۹۰۴ برنده جایزه نوبل فیزیولوژی یا پزشکی شد. او بیشتر به علت پژوهش در باره بازتاب شرطی مشهور است.



.....

شرطی شدن فعال :نوعی دیگر از شرطی شدن ، شرطی شدن فعال یا یادگیری با آزمون وخطا نام دارد .در نخستین آزمایش‌های مربوط به این نوع یادگیری، دانشمندی به نام اسکینر موش گرسنه ای را در جعبه‌ای قرار داد که درون آن اهرمی قرار داشت و موش می‌توانست آن را فشار دهد(شکل ٦). با فشار دادن تصادفی اهرم، تکه ای غذا به درون جعبه می افتاد وموش غذا دریافت می‌کرد. پس از مدتی موش به ارتباط بین فشار دادن اهرم و پاداش یعنی به دست آوردن غذا پی برد و پس از آن اهرم را فشار می‌داد تا غذا به دست آورد .در این نوع یادگیری جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیه ارتباط برقرار کند و درآینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری کند.



شکل٦- موش در جعبه اسکینر : الف) موش اهرم را فشار می دهدو ب) غذای دریافتی را می خورد .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

بیشتر بدانید .....

بوروس فردریک اسکینر (۱۹۹۰-۱۹۰۴) روانشناس آمریکایی واز بنیان گذاران یادگیری رفتارگراست .دستگاهی را که او برای بررسی رفتار شرطی شدن فعال جانوران به کار می برد و جعبه اسکینر نام دارد ،از اختراعات خود اوست.

.....

حل مسئله : برخی از جانوران می توانند مسئله ای که با آن روبه رو می شوند را از راه به کاربردن تجربه های قبلی در یک موقعیت جدید حل کنند.در یکی از آزمایش‌های مربوط به این رفتار ، شامپانزه‌ای را در اتاقی قرار دادند که تعدادی موز از سقف آن آویزان بود و چند جعبه چوبی هم در اتاق قرار داشت. شامپانزده پس از چند بار بالا پریدن و تلاش ناموفق برای رسیدن به موزها، جعبه‌ها را روی هم قرار داد، از آن‌ها بالا رفت و به موزها دست یافت (شکل ۷). در رفتار حل مسئله، جانور بین تجربه‌های گذشته وموقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آن‌ها برای حل مسئله جدید، استدلال و آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.

شکل ۷- حل مسئله در شامپانزه

رفتارشناسان حل مسئله جانوران را در محیط طبیعی نیز بررسی کرده‌اند. شامپانزده‌ها برگ‌هارا از شاخه نازک درخت جدا می‌کنند و آن را درون لانه موریانه‌ها فرو می‌برند تا موریانه‌ها را بیرون بیاورند و بخورند. این جانوران از تکه‌های چوپ به شکل سندان و چکش استفاده می‌کنند تا پوسته سخت میوه‌ها را بشکنند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

کلاغ سیاهی که در شکل ۸ می بینید، کشف کرده است که چگونه تکه گوشت آویزان به انتهای طناب را به دست آورد. جانور هر بار بخشی از طناب را با منقار خود بالا می‌کشد و پنجه پای خود را روی آن قرار می‌دهد و بالاخره به گوشت دست پیدا می‌کند.

شکل۸ -کلاغ کشف کرده است ، چگونه تکه گوشت را به کمک طناب بالا بکشد.

برهم کنش غریزه ویادگیری: بیشتر رفتار ها دو جزء ژنی و یادگیری دارند. همان طور که در رفتار درخواست غذا ی جوجه کاکایی دیدیم ، این رفتار غریزی به طور کامل در جوجه ای که از تخم خارج می شود ،بروز پیدا نمی کند .برای شکل گیری کامل آن برهم کنش جوجه در حال رشد و والدین وکسب تجربه لازم است.

رفتار جانور محصول برهم کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند. همچنان که جانور رشد می‌کند از آموخته‌های خود از محیط تجربه به دست می‌آورد و آ ن ها را برای تغییر اصلاح رفتار قبلی به کار می‌برد. یادگیری برای بقا لازم است ،زیرا محیط جانوران همواره در حال تغییر است. جانوران باید بتوانند در این شرایط متغیر زندگی کنند و به تغییرات پاسخ های مناسبی بدهند . به این ترتیب ،یادگیری امکان سازگار شدن جانور با این تغییرات را فراهم می آورد .

فعالیت .....

۱. خوگیری برای جانوران چه فایده‌ای دارد؟
۲. شقایق دریایی با کم ترین تحریک مکانیکی ، بازو های خود را منقبض می کند اما به حرکت مداوم آب پاسخی نمی دهد.چرا؟

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

۳. برخی از حشراتی که شکار پرندگان اند،ظاهری شبیه برگ ویا شاخه نازک درختان دارند.بر اساس یادگیری خوگیری که در پرندگان شکارچی رخ می دهد، این شباهت برای این حشرات چه فایده ای دارد ؟

٤. زاغ کبودی که در شکل زیر می‌بیند، پروانه‌های مونارک را بلعیده و دچار تهوع شده است. پس از چنین تجربه های پرنده می آموزد ، این حشره رانباید بخورد .چگونگی آموختن این رفتار را بر اساس یادگیری شرطی شدن توضیح دهید .

۵. رام کنندگان جانوران چگونه انجام حرکات نمایشی در سیرک را به آن ها می آموزند ؟

گفتار ۲ : انتخاب طبیعی و رفتار

پژوهشگران در بررسی یک رفتار به دو نوع پرسش پاسخ می دهند . یک نوع پرسش این است که جانور چگونه رفتاری را انجام می دهد؟ برای پاسخ به این پرسش که چگونه رفتاری انجام می شود ؟ پژوهشگران فرایند های ژنی ،رشد ونموی و عملکردی (فیزیولوژیکی)بدن جانور را بررسی می کنند . پرسش دوم این است که چرا جانور رفتاری را انجام می دهد ؟ پرسش دوم به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است .مثال زیر را بخوانید .

پرنده کاکایی پس از آن که جوجه‌هایش از تخم خارج می‌شوند، پوسته های تخم را از لانه خارج می‌کند. جوجه هاو تخم‌های کاکایی در میان علف ها ی اطراف آشیانه به خوبی استتار می شوند(شکل ۹). اما رنگ سفید داخل پوسته تخم های شکسته بسیار مشخص است .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

شکل ۹- کاکایی ، تخم ها وجوجه هایش

چرا کاکایی پوسته های تخم را از لانه خارج می‌کند؟برای یافتن پاسخ این پرسش،پژوهشگری آزمایشی طراحی کرد.اوتخم‌های مرغ خانگی را شبیه تخم‌های کاکایی رنگ آمیزی کرد وآن ها را در محل آشیانه سازی کاکایی ها، گذاشت .پژوهشگر در کنار تعدادی از این تخم ها ،پوسته های تخم‌های شکسته کاکایی را نیز قرار داد. او مشاهده کرد کلاغ‌ها بیشتر تخم مرغ هایی را که کنار پوسته های تخم کاکایی قرار داشتند ،پیدا کرده و آن ها را خوردند.رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته ،راهنمای کلاغ‌ها بود.پژوهشگر نتیجه گرفت کاکایی‌ها رفتار دور انداختن پوسته تخم‌های شکسته از لانه را برای کاهش احتمال شکار شدن و افزایش احتمال بقای جوجه‌ها انجام می‌دهند. کاکایی ها زمان بسیار کوتاهی را برای بیرون بردن پوسته تخم ها صرف می کنند اما این رفتار در بقای زاده ها ی آن ها نقشی حیاتی دارد .این رفتار کاکایی ها سازگار کننده است زیرا از دسترسی شکارچی به زاده ها می کاهد واحتمال بقای آن ها را افزایش می دهد و بنابراین به سود آن هاست.رفتار های سازگار کننده با سازوکار انتخاب طبیعی،برگزیده می شوند.

در رفتارشناسی از دیدگاه انتخاب طبیعی برای پاسخ به پرسش های چرایی درباره رفتار واثر انتخاب طبیعی در شکل دادن به رفتار پژوهش انجام می شود . این پژوهش ها نقش ساز گار کننده رفتار های گوناگون وبه عبارت

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

دیگر نقش آن ها را در بقا و زادآوری بیشتر جانوران بررسی می کنند. این کار را با بررسی سود وهزینه هایی که رفتار ها برای جانور ان ایجاد می کنند ،انجام می شوند .

فعالیت .....

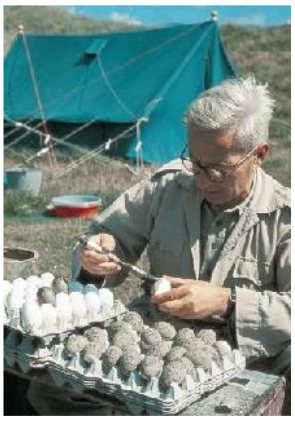
در پژوهش درباره رفتار بیرون انداختن تخم در کاکایی ها :

الف)پژوهشگر چه فرضیه‌ای را دنبال می‌کرد؟

ب)چرا پژوهشگر فقط در کنار تعدادی از تخم مرغ های رنگ آمیزی شده ، پوسته تخم کاکایی قرار دارد؟

بیشتر بدانید.....

بررسی رفتار بیرون انداختن پوسته های تخم در کاکایی از پژوهش‌های نیکولاس تین برگن(۱۹۸۸-۱۹۰۷) است.



.....

رفتارهای زادآوری: داشتن بیشترین تعداد زاده‌های سالم، معیاری برای موفقیت زاد آوری در جانوران است. به همین علت جانوران رفتارهای زادآوری متفاوتی دارند. **انتخاب جفت** یکی از این رفتارها ست. در رفتار انتخاب جفت ،جانور ابتدا ویژگی های جفت را بررسی وتصمیم می گیرد ، با آن جفت گیری کند یا نه . برای مثال انتخاب جفت را در طاووس بررسی می کنیم .ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر و ماده متفاوت است. در فصل زاد آوری دم طاووس نر پرهای پر نقش و نگاری پیدا می‌کند. طاووس نر برای جلب جفت دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند تا بهتر در معرض دید جانور ماده قرار گیرد. طاووس ماده دم طاووس‌های نر را بررسی می کند و نری را به عنوان جفت انتخاب می‌کند که لکه‌های چشم مانند بیشتری روی پرهای دم خود داشته باشد.

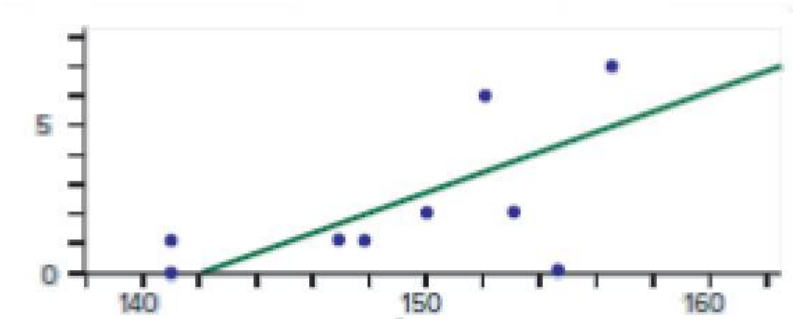
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

شکل ۱۰–لکه های چشم مانند دم طاووس نر

بیشتر بدانید .....

طاووس های ماده ،نر هایی را انتخاب می کنند که لکه های چشم مانند بیشتری روی دم خود داشته باشند.



تعداد لکه ها ی چشم مانند روی پر های دم جانور نر

.....

در جانوران ،ماده‌ها بیشتر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهند. چرا چنین است؟ در جانوران هر یک از والدین باید انرژی و مدت زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده‌ها صرف کنند. جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیشتری صرف می‌کنند. برای مثال نگهداری از تخم‌ها و جوجه‌ها در پرندگان ، بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران فعالیت‌های پرهزینه‌ای‌اند که جانوران ماده آن ها را انجام می‌دهند. بنابراین هر بار تولید مثل برای آن ها پر هزینه‌تر است. در نتیجه این جانوران ماده هستند که باید جفت انتخاب کنند تا موفقیت تولید مثلی آن ها تضمین شود.

شاید برای شما این پرسش مطرح شده باشد که پرهای زینتی دم طاوورس نر با موفقیت تولید مثلی جانور ماده چه ارتباطی دارد؟پژوهش‌ها نشان داده‌اند جانوران ماده در انتخاب جفت به ویژگی‌های ظاهری نرها توجه می‌کنند.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی هاست که نشانه سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن است. در نتیجه جفت گیری با نری که نشانه سلامت بودن را دارد،احتمال انتقال انگل‌ها به ماده کاهش می‌یابد. علاوه بر آن ویژگی‌های ظاهری می‌توانند نشانه‌ای از دارا بودن ژن‌های مربوط به صفات سازگار کننده باشند که می‌توانند به زاده‌ها منتقل شوند.

ویژگی‌های ظاهری مانند پرهای زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر، از صفات ثانویه جنسی هستند که در رقابت این جانوران در جفت‌یابی و در جلب جفت و یا مبارزه هنگام رقابت با نرهای دیگر به کار می‌روند.

مسئله دیگری نیز وجود دارد ، دم بلند و تزئینی طاووس نر ممکن است بقای جانور را تهدید کند زیرا پرواز جانور را دشوار و آن را در مقابل شکارچی ها آسیب‌پذیرتر می‌کند. پس چرا طاووس ماده ،جانور نر دارای این صفت را انتخاب می‌کند ؟ پاسخ این است که بقای جانور نری که چنین صفتی دارد در هنگام تولید مثل، سازگارتر بودن آن را نشان می‌دهد، در نتیجه جانور ماده اطمینان پیدا می‌کند در صورت انتخاب آن، زاده‌هایشان علاوه بر دم تزئینی، ژن‌های مربوط به صفات سازگار تر با محیط را نیز به ارث می‌برند.

انتخاب جفت را فقط جانوران ماده انجام نمی‌دهند. در نوعی جیرجیرک این جانور نر است که هزینه بیشتری در تولید مثل می‌پردازد و بنابراین نقش انتخاب کننده جفت را دارد.این جیرجیرک نر اسپرم‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند(شکل۱۱). این کیسه بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد.جانور ماده هنگام تشکیل تخم‌ها و برای رشد ونموجنین به این مواد مغذی نیاز دارد. جانور نر، جیرجیرک ماده‌ای را انتخاب می‌کند که بزرگتر وسنگین ترباشد، زیرا بزرگتر بودن جیرجیرک ماده نشانه آن است که تخمک‌های بیشتری دارد ومی تواند زاده‌های بیشتری تولید کند. در این جانوران جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.

شکل ۱۱–جیرجیرک ماده که کیسه دارای اسپرم ومواد مغذی را دریافت کرده است .

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

رفتار تولید مثلی دیگر درجانوران ،نوع **نظام جفت گیری** آن هاست .طاووس نر نظام جفت گیری **چند همسری** دارد.در این نظام جانور نر در نگهداری زاده ها نقشی ندارد.البته می تواند با نگهداری از قلمرو ، منابع غذایی ،محل لانه وپناهگاه ایمن از شکارچی ها ، به طور غیر مستقیم به ماده ها کمک کند.در نتیجه موفقیت تولید مثلی هر دوجانور نر وماده افزایش می یابد . قمری خانگی **تک همسر** است . در این نظام هر دو والد هزینه های پرورش زاده ها را می پردازند . در این نظام جانور نر وماده درانتخاب جفت هم نقش مساوی دارند .

غذایابی: غذایابی مجموعه رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به دست آوردن غذاست. غذاهایی که جانوران می‌خورند معمولا اندازه‌های متفاوتی دارند.غذاهای بزرگتر انرژی بیشتری دارند امّا ممکن است فراوانی آن‌ها کم‌تر و به دست آوردن آن‌ها دشوارتر باشد. بنابراین برای جانوران ، میزان سود یعنی میزان انرژی موجود در غذا وهزینه به دست آوردن غذا ومصرف آن اهمیت دارد .موازنه بین محتوای انرژی غذا و هزینه به دست آوردن آن ، **غذایابی بهینه** نام دارد.انرژی (برحسب ژول یا کالری) خالصی که با تغذیه از شکار بدست می‌آید، محتوای انرژی شکار منهای انرژی لازم برای به دست آوردن ومصرف آن است . براساس انتخاب طبیعی رفتاری برمی‌گزیده می شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد یعنی این که 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 امّا برای شکستن آن‌ها باید انرژی بیشتری صرف شود.

گاهی جانوران در غذایابی به مواد موردنیاز خود ونه محتوای انرژی غذا توجه می کنند. برای مثال طوطی هایی که در شکل ۱۲می بینید خاک رس می خورند تا مواد سمی حاصل از غذا های گیاهی را در لوله گوارش آن ها خنثی کند.

شکل ۱۲- تغذیه طوطی ها از خاک رس در ساحل رود آمازون

www.DarsYad.ir
www.Darsyad.ir

نکته دیگر در غذایابی بهینه تأثیر آن در موفقیت تولید مثلی است. بر اساس انتخاب طبیعی رفتاری برگزیده می شود که در آن انرژی بیشتری کسب ، ذخیره و به موفقیت تولیدمثلی منجر شود. بررسی برخی جانوران مثل عنکبوت گردباف رابطه مستقیم بین انرژی دریافتی و تعداد زاده‌های آن ها را نشان می‌دهد. 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 نیزنشان 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 می‌پردازند .حتی گاهی فعالیت آن ها کم می شود و نزدیک پناهگاه می مانند .

فعالیت .....

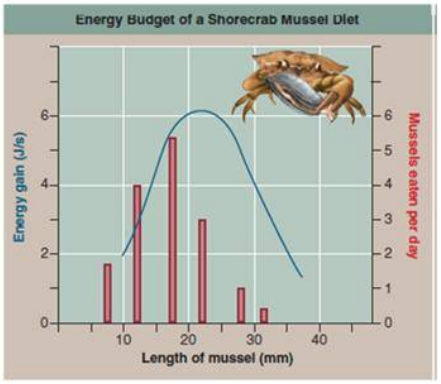
غذایابی خرچنگ ساحلی: پژوهشگری رفتارغذایابی خرچنگ ساحلی را بررسی ونتایج را در نمودار زیر نشان داده است . منحنی آبی رنگ غذایابی بهینه پیش بینی شده را نشان می دهد ونمودار ستونی قرمز رنگ مربوط به عملکرد واقعی خرچنگ است .

با استفاده از نمودار به پرسش های زیر پاسخ دهید :

۱. درازای بزرگ ترین وکوچک ترین صدف هایی که خرچنگ خورده است را بنویسید .
۲. درازای صدف هایی را بنویسید که خرچنگ بیشتر آن ها را خورده است .
۳. متغیر وابسته را در منحنی و درنمودار ستونی بنویسد .
۴. درازای بهینه صدفی که بیشترین انرژی را دارند چند میلی متر است؟
۵. کدام عوامل موجب تفاوت قله نمودار غذایابی بهینه و آن چه در عمل رخ داده ، شده است ؟

www.DarsYad.ir

www.Darsyad.ir



تعداد صدف خورده شده در هر روز

سود به دست آمده

درازای صدف (mm)

قلمروطلبی: قلمرو یک جانور ، بخشی از محدوده جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می کند. جانور در برابر افراد هم گونه یا افراد گونه های دیگر از قلمرو خود دفاع می کنند . این رفتار **قلمرو طلبی** نام دارد. جانور با رفتارهایی مانند اجرای نمایش و یا تهاجم به جانوران دیگر اعلام می‌کند که قلمرو متعلق به آن است. مثلا 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 (شکل۱۳). این فعالیت‌ها نیازمند صرف زمان و مصرف انرژی است. تهاجم ممکن است به آسیب دیدن پرنده صاحب قلمرو هم بینجامد. آواز خواندن ممکن است موقعیت این پرنده را برای شکارچی آشکار کند. چرا پرنده هزینه‌های دفاع از قلمرو را می‌پذیرد؟ قلمرو طلبی برای جانور فایده دارد. استفاده اختصاصی از منابع می‌تواند غذا وانرژی دریافتی جانور را افزایش دهد. امکان جفت‌یابی جانور و دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از شکارچی نیز افزایش می‌یابد.

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

شکل ۱۳–کاکایی از قلمرو خود در مقابل پرنده مزاحم دفاع می کند.

مهاجرت: هرساله با آغاز فصل پاییز پرندگان مهاجر از سیبری و اروپا به تالاب‌ها و آبگیرهای شمال ایران مهاجرت می‌کنند. این پرنده‌ها پس از زمستان گذرانی، در اوایل بهار به زادگاه خود باز می‌گردند.

شکل ١٤ – اردک‌های مهاجر به گیلان

حرکت دوره ای ،دراز مدت و رفت و برگشتی جانوران را **مهاجرت** می‌نامند. تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط و کاهش منابع مورد نیاز، جانوران را وا می‌دارد به سوی زیستگاه‌های مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری مهاجرت کنند.

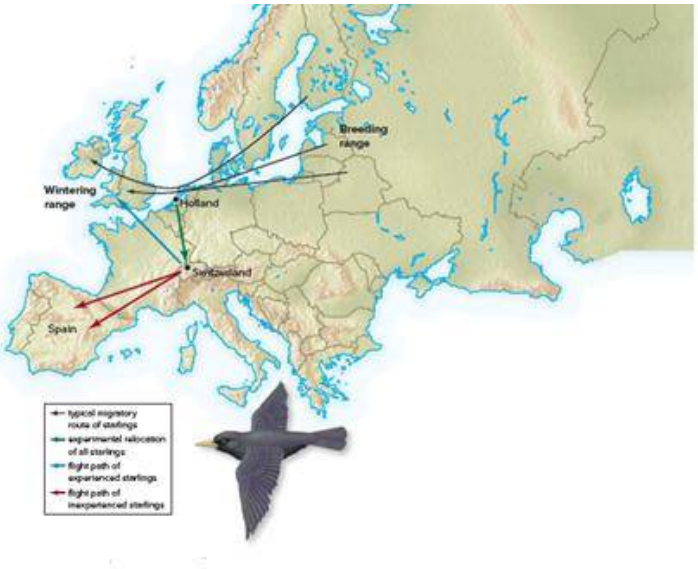
مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد؛ بررسی مهاجرت سارها نشان داده است سارهایی که تجربه مهاجرت دارند، بهتر از آنهایی که برای نخستین‌بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.

بیشتر بدانید.....

مهاجرت سارها از مناطق تولید مثلی به مناطق زمستانی گذرانی : سارهای مهاجر در نیمه مسیر مهاجرت در هلند به اسارت در آمدند و به سوئیس منتقل و در آنجا آزاد شدند. سارهای مسن تر مسیر درست مهاجرت را انتخاب و به محل زمستان گذرانی در بریتانیا پرواز کردند (پیکان‌های آبی رنگ) ولی سارهای جوان بدون تجربه مهاجرت، در همان جهت قبلی، به اسپانیا پرواز کردند (پیکان‌های قرمز رنگ).

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir



در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آن جاها نبوده‌اند. پس چگونه آن‌ها در این محیط‌های ناآشنا، راه خود را پیدا می‌کنند؟جانوران برای جهت‌یابی هنگام مهاجرت از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند.مثلا جهت‌یابی هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌ها در آسمان انجام می‌شود.

وقتی هوا ابری است جانوران چگونه مسیر حرکت را تشخیص می‌دهند؟پژوهشگران در یک روز ابری آهنربای کوچکی را روی سر کبوتر خانگی قرار دارند. با وجود آهنربا، پرنده نتوانست مسیر درست را بیاید و به لانه باز گردد. پژوهشگران نتیجه گرفتند کبوتر خانگی می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان مغناطیسی زمین احساس و با استفاده از آن جهت‌یابی کند. آنان در سر برخی از پرنده‌ها ذرات آهن مغناطیسی شده یافته‌اند. البتّه چگونگی عملکرد آن هنوز مشخص نشده است.

لاک‌پشت‌های دریایی ماده پس از طی مسافت‌های طولانی، برای تخم‌گذاری به ساحل دریا می‌آیند و پس از تخم‌گذاری دوباره به دریا باز می‌گردند. اگر چه در باره جهت یابی این جانوران اطلاعات چندانی در دسترس نیست ولی به نظر می‌رسد حرکت امواج دریا و میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی لاک‌پشت‌ها نقش دارد.

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

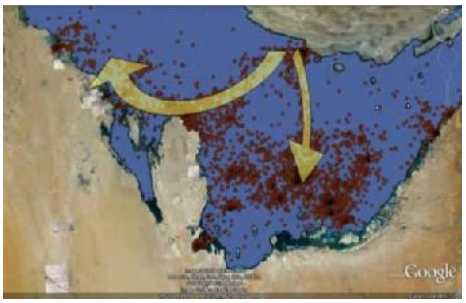
بیشتر بدانید.....

لاک پشت دریایی منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) از جانوران به شدت در خطری هستند که در طول فصل تولید مثلی یعنی از اسفند ماه تا تیر ماه برای تخم گذاری به آبهای منطقه خلیج فارس و دریای عمان مهاجرت می کنند . مهم ترین مناطق لانه سازی آن ها پناهگاه حیات وحش و تالاب بین المللی شیدور و جزیرهٔ هندورابی در استان هرمزگان و جزایر ام الکرم و نخیلو در استان بوشهر است .

پروژه ردیابی ماهواره ای لاک پشت های دریایی در منطقه خلیج فارس و دریای عمان به پیشنهاد و حمایت مالی دفتر منطقه ای صندوق جهانی حیات وحش و آژانس حفاظت محیط زیست ابوظبی و بنیاد تحقیقات دریایی (WWF-EWS-MRF) و با مشارکت کشورهای ایران – قطر – امارات و عمان در فروردین سال ۱۳۸۹ با نصب ۵ ردیاب بر روی لاک پشت های منقارعقابی در جزیره شیدور در ایران انجام شد .

علائم دریافتی از ردیاب ماهواره ای ضمن کمک در شناسایی مسیرهای مهاجرتی و نیز سکونت گاه های نهایی تغذیه ای اطلاعات بسیار مهمی را در خصوص رفتارهای تولید مثلی ، الگوهای مهاجرتی و عادات رفتاری آن ها فراهم می سازد.

نمای کلی از مسیر حرکت لاک پشت های ایران و نقاط تجمع و تغذیه ای نهائی لاک پشت های ردیابی شده



.....

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

فعالیت .....

فرضیه پژوهشگران در آزمایش بررسی جهت‌یابی کبوتر خانگی چه بود؟

پژوهشگران در آزمایش بررسی جهت‌یابی کبوتر خانگی چه آزمایش کنترلی باید انجام داده باشند؟

.....

خواب زمستای ورکود تابستانی

برخی جانوران برای بقا در زمستان ، زمستان خوابی دارند . در این حالت جانور به خواب عمیقی فرو می رود و یک دوره عدم فعالیت را طی می کند که در آن دمای بدن ،مصرف اکسیژن وتعداد تنفس جانور کاهش و نیاز جانور به انرژی کاهش پیدا می کند .پیش از ورود به خواب زمستانی ، جانور مقدار زیادی غذا مصرف می کند تا در بدن آن چربی لازم به مقدار کافی ذخیره تا هنگام خواب مصرف شود . **رکود تابستانی** نیز یک دوره عدم فعالیت است که در آن سوخت وساز جانور کاهش پیدا می کند . رکود تابستانی درجانورانی دیده می شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می کنند. این جانوران درپاسخ به نبود غذا یا دوره های خشک سالی ،رکود تابستانی انجام می دهند .

بیشتر بدانید .....

خرس قهوه ای در ایران زندگی می کند وخواب زمستانی دارد.جانور گاهی وقتی هوا گرم تر است ازخواب بیدار می شود .زاده ها هنگام خواب زمستانی به دنیا می آیند . این خرس ها معمولا از انسان دوری می کنند ولی خرس هایی که از خواب زمستانی بیدار شده اند ، مهاجم وخطرناک اند.

.....

فعالیت .....

لاک پشتی که در شکل می بینید ، حتی وقتی در آزمایشگاه قرار دارد وغذا وآب کافی دریافت می کند نیز رکود تابستانی را نشان می دهد . چرا رکود تابستانی را رفتاری ژنی می دانند ؟

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

.....

گفتار ۳ : ارتباط وزندگی گروهی

برخی از جانوران زندگی گروهی دارند وبرقراری ارتباط لازمه زندگی گروهی است .

ارتباط بین جانوران

می دانید برخی جانوران مانند زنبورهابا استفاده از فرومون با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند. جانوران از راه های گوناگون مانند تولید صدا ،علامت های دیداری ،بو ولمس کردن با یکدیگر ارتباط برقرار واطلاعات مبادله می کنند. در نتیجه این ارتباط ، رفتار آن ها تغییر می کند . صدای جیرجیرک نر ، اطلاعاتی مانندگونه وجنسیت آن را به اطلاع جیرجیرک ماده می رساند .مورچه ها ، فرومونی ترشح می کنندکه افراد دیگر لانه، آن را تشخیص می دهند ودنبال می کنند . برقراری ارتباط برای یافتن غذا را درزنبور های عسل بررسی می کنیم .

ارتباط در زنبورهای عسل: می دانید زنبورهای کارگر شهد وگرده گل ها را جمع آوری کرده و به کندو می آورند . وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می کند وبه کندو باز می گردد،خیلی طول نمی کشد که تعداد زیادی زنبور کارگر در محل آن منبع غذایی دیده می شوند . چرا چنین است ؟

زنبور یابنده پس از بازگشت اطلاعات خود درباره منبع غذایی را به زنبورهای دیگر ارائه می کند . این زنبور با انجام حرکات ویژه ای که برخی از آن ها شکل عدد هشت انگلیسی را تداعی می کند و با لرزاندن شکم خود اطلاعات خود را به زنبور های دیگر ارائه می کند .زنبور های کارگر با مشاهده این حرکات فاصله تقریبی کندو تا محل منبع و جهتی که باید پرواز کنند را درمی یابند . برای مثال هر چه این حرکات طولانی تر باشد ، منبع غذایی دور تر است. علاوه بر

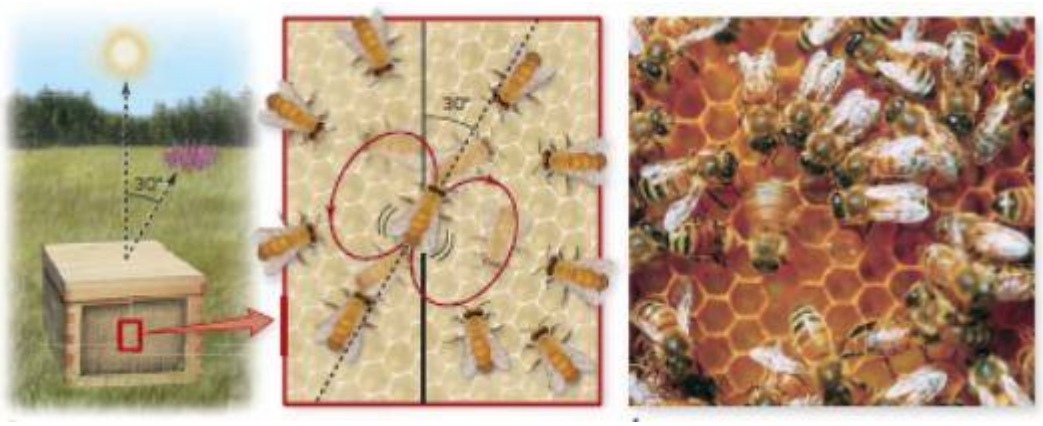
www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

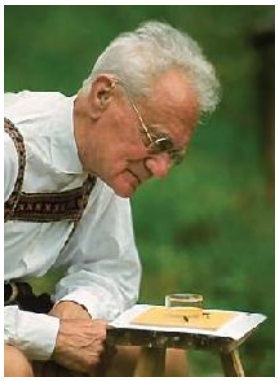
آن هنگام انجام حرکات ،زنبور یابنده صدای وز وز متفاوتی دارد وکارگرها ، زنبور یابنده را لمس هم می کنند . پس از آن زنبورهای کارگر با استفاده از اطلاعات کلی درباره منبع غذایی ، به سمت آن پرواز و به کمک بویایی خود ، محل دقیق غذا را پیدا می کنند. این روش برقرای ارتباط چه مزیتی برای زنبور ها دارد ؟ وقتی زنبورهای کارگر قبل از جست وجو درباره محل منبع اطلاعات داشته باشند ، با صرف انرژی کمترودرزمان کوتاه تری محل دقیق آن را پیدا می کنند .

بیشتربدانید.....

زنبور یابنده با انجام حرکات در زاویه ای مشخص با خط عمود ، زاویه بین منبع غذا ،کندو وخورشید را نشان می دهد. همانطور که در شکل زیر می بینید ،منبع غذا در سمت راست خورشیدبا زاویه ای ۳۰ درجه قرار دارد .



کشف روش ارتباط در زنبور های عسل ازپژوهش های کارل فون فریتش(۱۹۸۲-۱۸۸۹) است.



.....

www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir

زندگی گروهی

می دانید جانورانی مانند مورچه وگرگ به شکل گروهی زندگی و با هم همکاری می کنند . زندگی گروهی برای این جانوران چه فایده ای دارد ؟ افراد از زندگی گروهی سود می برند . برای مثال یک پرنده در گروه از خطر شکار شدن حفظ می شود. زیرا به جز خود آن ، نگهبان های دیگری محیط اطراف را زیر نظر می گیرند . ممکن است موفقیت اعضای گروه در تغذیه افزایش یابد زیرا همان طور که در زنبور های عسل دیدید،جانور می تواند درباره محل منابع غذا از افراد دیگر گروه اطلاعات کسب کند .شکار گروهی نیز موفقیت بیشتری دارد زیرا افراد یک گروه می توانند شکار بزرگتری را به دام بیندازند .

اجتماع مورچه ها از گروه هایی با ویژگی های متفاوت تشکیل شده است .این افراد در توانایی تولید مثل ،اندازه ،شکل وکار هایی که انجام می دهند تفاوت دارند . مثلا مورچه های برگ بر از نوعی قارچ تغذیه می کنند.آن ها برگ ها را می برند وبرای پرورش قارچ به کار می برند .کارگرها اندازه های متفاوتی دارند وکار برش برگ ها ، حمل به لانه ،دفاع ، کود دادن به قارچ ها با قطعه برگ های جمع آوری شده وپرورش قارچ را انجام می دهند (شکل۱۵) .

www.DarsYad.ir

شکل ۱۵- مورچه بزرگتر کارگری است که برگ را به لانه حمل ومورچه کوچکتر از آن دفاع می کند.

رفتار دگرخواهی

در 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 ولی با این کار توجه شکارچی را به خود جلب می کنند واحتمال بقای خود را کاهش می دهند (شکل۱۶) . زنبور های عسل کارگر نازا هستند و تخمدان های آن ها عملکردی نیستند. این زنبور ها

www.Darsyad.ir

نگهداری و پرورش زاده ها ی ملکه را انجام می دهند. این جانوران رفتار **دگرخواهی** دارند.دگرخواهی رفتاری است که در آن یک جانور موفقیت تولید مثلی (مثلا تعداد زاده های)جانوردیگری را به هزینه کاسته شدن از احتمال بقا وتولیدمثل خود ، افزایش می دهد . چرا یک جانور برای کمک به دیگران بقا یا موفقیت تولید مثلی خود را به خطر می اندازد ؟

افراد نگهبان در گروه جانوران ویا زنبور های عسل، رفتار دگرخواهی را نسبت به خویشاوندان خود انجام می دهند. اگر چه این جانوران خود زاده ای نخواهند داشت، ولی خویشاوندان آن ها که ژن های مشترکی با آن ها دارند ، می توانند زاد آوری کرده و ژن های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند . به همین علت است که بر اساس انتخاب طبیعی رفتار دگرخواهی برگزیده شده است .

شکل ۱۶- این جانور درحال نگهبانی است وبا احساس وجود شکار چی دیگران را با فریاد آگاه می کند.

گاهی دگر خواهی رفتاری به نفع فرد است. در میان پرندگان ، افراد یاریگری هستند که در پرورش زاده ها به والدین آن ها یاری می رسانند . مشخص شده است وجود این یاریگر ها احتمال بقای زاده ها را افزایش می دهد. یاریگرها اغلب پرنده های جوانی اند که با کمک به والدین صاحب لانه ، تجربه کسب می کنند وهنگام زاد آوری می توانند از این تجربه ها برای پرورش زاده های خود استفاده کنند یا با مرگ احتمالی جفت های زادآور، قلمرو آن ها را تصاحب وخود زاد آوری کنند.

در نوعی دیگر از دگرخواهی جانوران با یکدیگر گروه همکاری تشکیل می دهند . این رفتار در خفاش های خون آشام دیده می شود .این خفاش ها به طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می کنند .غذای آن ها

www.Darsyad.ir

www.DarsYad.ir

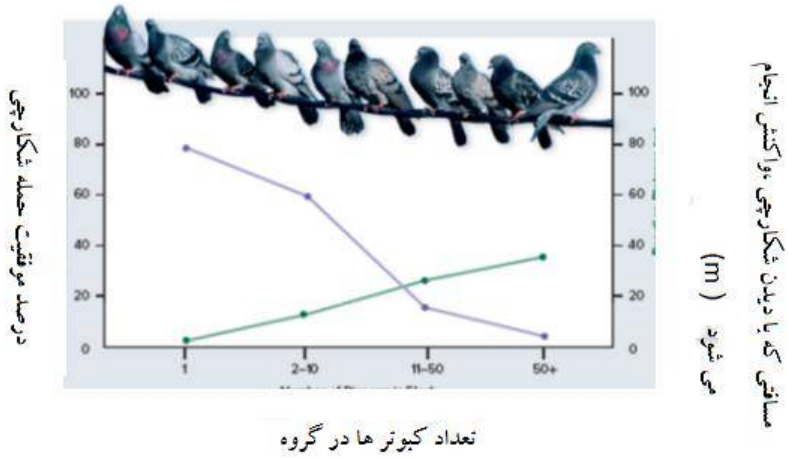
خون پستانداران بزرگ مثل دام هاست (شکل۱۷). این خفاش ها خونی را که خورده اند با یکدیگر به اشتراک می گذارند . خفاشی که غذا خورده است کمی از خون خورده شده را برمی گرداند تا خفاش گرسنه آن را بخورد .در غیر این صورت خفاش گرسنه خواهد مرد . خفاشی که غذا دریافت کرده ،کار خفاش دگرخواه را به یاد می سپارد ودر آینده آن را جبران می کند. اگر جبران انجام نشود ، این خفاش از اشتراک غذاکنار گذاشته می شود .

خفاش هایی که این رفتار دگرخواهی را انجام می دهند لزوما خویشاوند نیستند و این رفتار دگرخواهیکه در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده ، به بقای آن ها منجر می شود.

شکل ۱۷- خفاش خون آشام از خون پستانداران تغذیه می کند

فعالیت .....

نمودار زیر مزیت زندگی گروهی را نشان می دهد آن را تفسیر کنید .



www.Darsyad.ir
www.DarsYad.ir