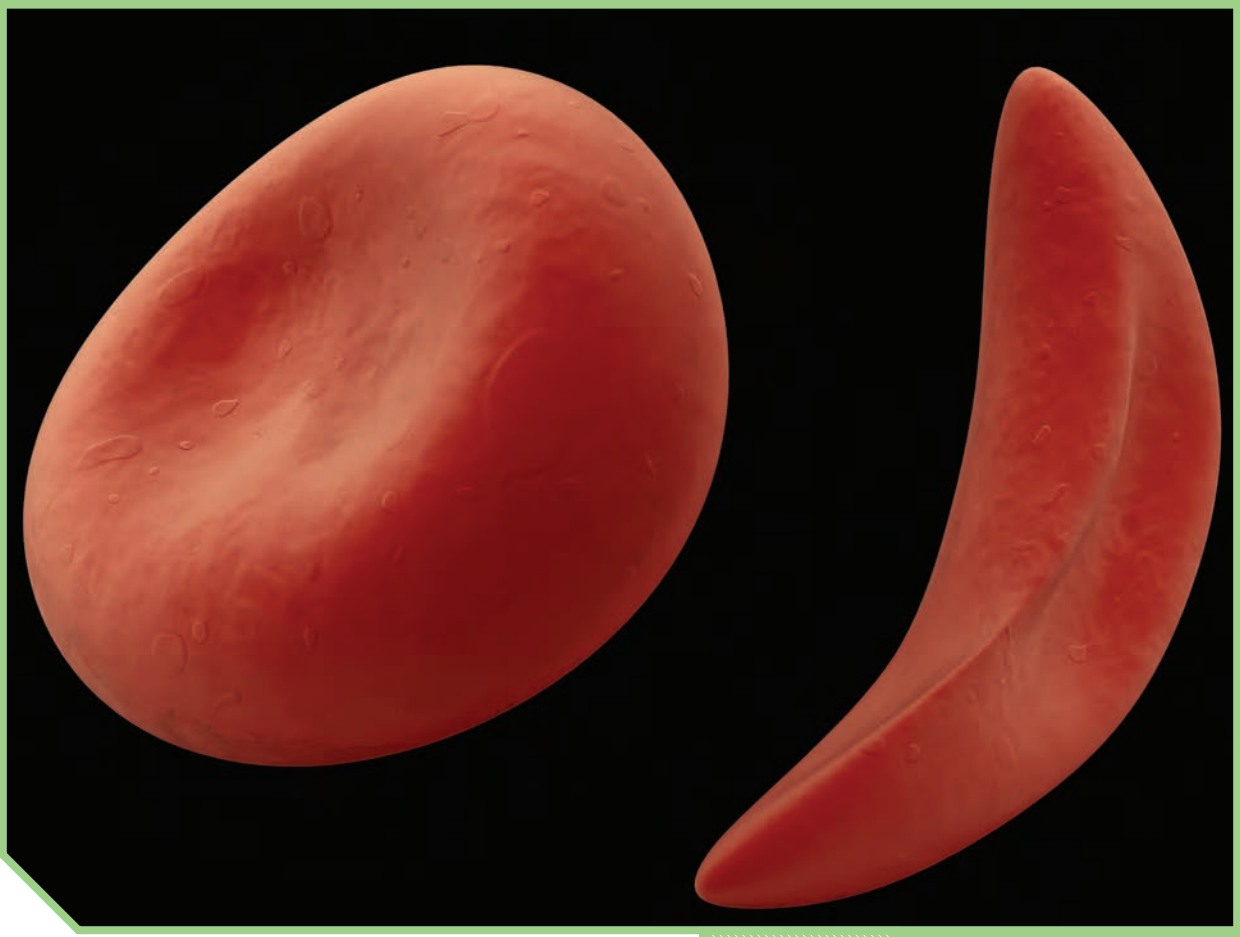


فصل ۲

جریان اطلاعات در یاخته

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

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچهٔ سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام **کم‌خونی داسی‌شکل**[۱] است. علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی‌شکل است. این تغییر ژنی، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است. همچنین این بیماری به نوعی، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به‌نظر شما اطلاعات ژن‌ها چگونه در این 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 می‌کنند و مثلاً در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کنند؟ این موارد نمونهٔ پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می‌شود.

۱_ Sickle cell anemia

کم خونی داسی شکل،بیماری ارثی، اتوزومی مغلوب
به دلیل تغییر اسید آمینه گلوتامیک اسید به والین هست.
تغییر در نوکلئوتید تیمین به آدنین در مولکول دنا و به موازات آن در رنای رونویسی شده، تبدیل آدنین به یوراسیل صورت می گیرد.
تغییر در ساختار سوم پروتئین هموگلوبین صورت می گیرد.تغییر در زنجیره بتای هموگلوبین صورت گرفته است

تهیه کننده زهرا ضیاء

گفتار ۱ رونویسی

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

دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی‌پپتید را تعیین می‌کند؟

تنوع واحد سازنده ٤ نوکلئوتید می باشدکه اگر با توالی ۳ تایی نوشته شود-٦٤ نوع می توان آنها را نوشت

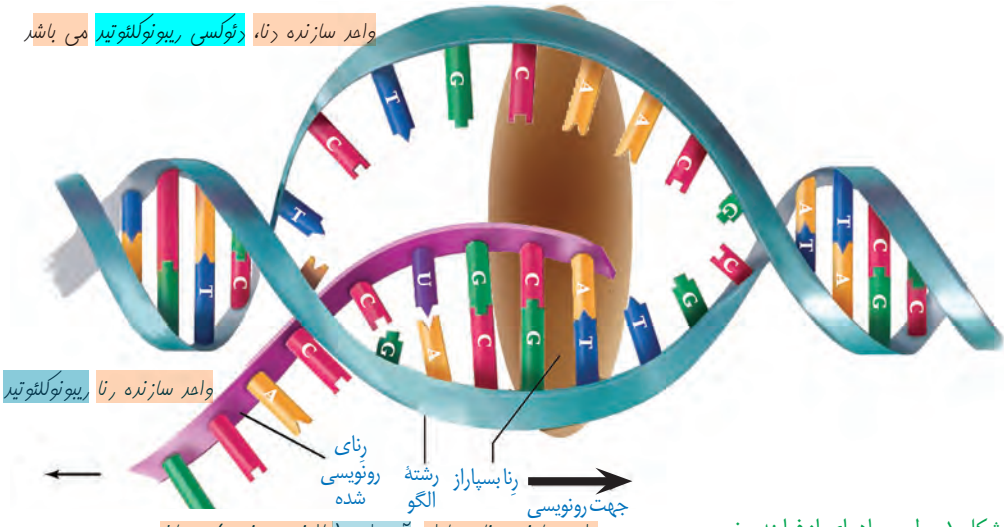
آموختید که در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. درحالی‌که پلی‌پپتیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده‌اند. پس از پژوهش‌هایی مشخص شد که هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است. با ۴ نوع نوکلئوتید به‌کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود که می‌توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند؛ به هر یک از این توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا **رمز** می‌گویند.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

محل حضور ریبوزوم فعال که می تواند پروتئین سازی انجام برهر سیتوپلاسم ،بر روی شبکه آندوپلاسمی،درون اندامک میتوکندری و پلاست ها

می‌دانید که پلی‌پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رِناتَن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رِناتَن‌ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلی‌پپتید در آن انجام نمی‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات دنا برای ساخت پلی‌پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی‌شود، این سؤال پیش می‌آید که دستورات ساخت پلی‌پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟

پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید 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).



شکل ۱ــ طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

۱ــ Transcription

تهیه کننده زهرا ضیاء

در سلول های یوکاریوتی ،همانند سازی دنای هسته ای مرحله دوم اینترفاز S هست و همانند سازی دنای سیتوپلاسمی در مرحله G2 صورت می گیرد

رونویسی در هر کدام از مراحل که پروتئین سازی صورت می گیرد ،انجام می شود

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در هر چرخهٔ یاختهای یک‌بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. آیا می‌توانید تفاوت‌های دیگری برای این دو فرایند بیان کنید؟

در رونویسی مقابل هر دئوکسی ریبونوکلئوتید ،یک ریبونوکلئوتید مکمل قرار می گیرد

مکمل آدنین نیز یوراسیل در رنا می باشد.

آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می کنند

در یاخته انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز**[1] نام‌گذاری می کنند.

در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در یوکاریوت‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنای رِناتَنی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود.

مراحل رونویسی

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

مرحله آغاز[2]: در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای اینکه رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می کند. به این توالی‌ها، **راه‌انداز**[3] گفته می‌شود. راه انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲ــ الف). نحوهٔ عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل‌دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین‌دار دنا قرار می‌گیرد.

مرحله طویل شدن[4]: در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجهٔ آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند (شکل ۲ــ ب).

مرحله پایان[5]: در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز

۱ــ RNA Polymerase
۲ــ Initiation
۳ــ Promoter
۴ــ Elongation
۵ــ Termination

مقایسه رونویسی و همانند سازی

شباهت:

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. قانون چارگاف

در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا ،

نوکلئوتیدهای .مکمل در زنجیره رنا قرار می گیرد و به هم متصل می شوند

تفاوت

برخلاف همانندسازی که در هر چرخه یاخته ای یک بار انجام می شود،

رونویسی یک ژن می تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته

رنا .ساخته شود

.پروتئین سازی در اغلب مراحل چرخه سلولی صورت می گیرد

جفت شدن نوکلئوتیدها در همانند سازی هر دو دئوکسی ریبونوکلئوتید

هستند. در رونویسی یک دئوکسی ریبونوکلئوتید با یک ریبو نوکلئوتید

مکمل .می شود

همانند سازی از همه مولکول دنا صورت می گیرد ،رونویسی فقط از

یک بفش و از یک رشته صورت می گیرد

محصول همانند سازی دنای نیمه حفظ شده هست .اما محصول

رونویسی .یک رشته رنا می باشد

مرحله آغاز

ابتدا*اتصال رنابسپاراز به مولکول دو رشته ای دناشناسایی**" توالی

راه انداز دو رشته ای" بازشدن" دو رشته ای دنا با شکستن

پیوند"هیدروژنی شروع رونویسی**** "از اولین نوکلئوتید آغاز ژن "

برقراری پیوند هیدروزنی بین دئوکسی ریبونوکلئوتید و ریبونوکلئوتید برقراری

پیوند فسفودی استر بین ریبونوکلئوتید

ملکرد رنا بسپاراز

شکستن پیوند هیدروژنی بین دئوکسی ریبونوکلئوتید ها

در جهت حرکت رنا بسپاراز و در جهت عکس

تشکیل مجدد پیوند هیدروژنی و باز گشت مولکول دنا

به وضعیت اول

برقراری پیوند هیدروژنی بین دئوکسی ریبو نوکلئوتید

و ریبو نوکلئوتید

برقراری پیوند فسفو دی استر بین ریبو نوکلئوتیدها

آنزیم هایی ک پیوند های هیدروژنی را در مولکول دنا می شکنند

- هلیکاز در هنگام همانند سازی دنا

-رنابسپاراز هنگام رونویسی

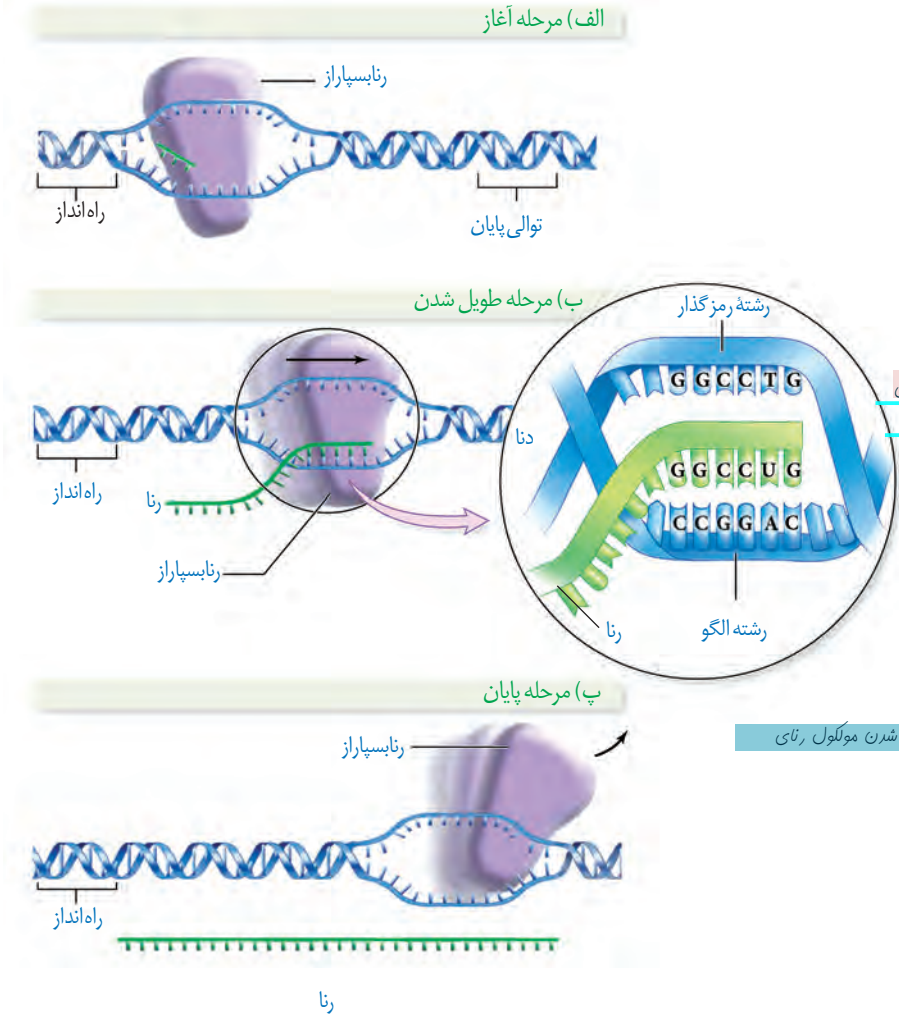
آنزیم هایی ک پیوند فسفودی استر ایجاد می کنند

-دنا پلیمراز هنگام همانند سازی

-رنابسپاراز هنگام رونویسی

تهیه کننده زهرا ضیاء

می‌شوند. در این محل‌ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشتهٔ دنا به هم متصل می‌شوند(شکل ۲ــ پ).



شکل ۲ــ مراحل مختلف رونویسی

فقط یکی از دو رشتهٔ دنا در هر ژن رونویسی می‌شود

همان‌طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هردو رشته یک ژن انجام نمی‌شود. به نظر شما اگر از روی دو رشتهٔ یک ژن رونویسی انجام می‌شد، محصولات این دو رشتهٔ مکمل نسبت به هم چگونه می‌شدند؟ مسلماً رنا و یلی پپتید ساخته‌شده از روی دو رشتهٔ مکمل دنا بسیار متفاوت می‌شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، یکی از دو رشته رونویسی می‌شود. به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است **رشته الگو**[۱] می‌گویند (شکل۲ــ الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، **رشتهٔ رمزگذار** گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که از روی رشته الگوی آن ساخته می‌شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت‌هایی می‌تواند داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به‌جای نوکلئوتید تیمین‌دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.

۱ــ Template

تهیه کننده زهرا ضیاء

رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد (شکل ۳).

شکل ۳ـ همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می‌شود.

رناهای ساخته شده دچار تغییر می‌شوند

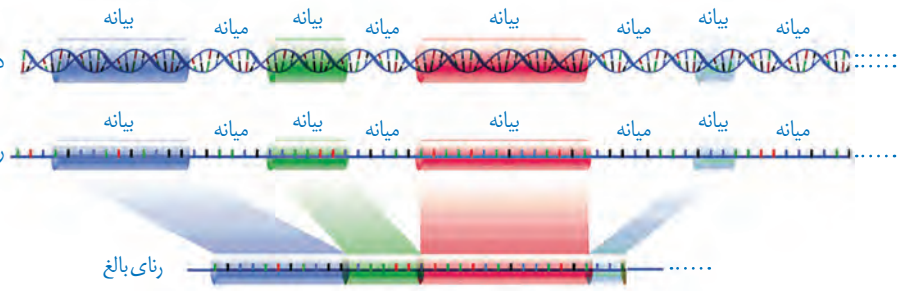
در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافتند که در یاخته‌های یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد. بعدها مشخص شد که این مولکول‌ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می‌شوند.

رناهای سلول یوکاریوتی پس از رونویسی دچار تغییر می شوند

رناهای سلول پروکاریوتی فرصت ویرایش و پیرایش ندارند

تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از این تغییرات حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یکپارچه می‌سازند. به این فرایند **پیرایش**[1] گفته می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴ـ پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

❖ نکته: پیراش اولیه رنای پیک در هسته صورت می گیرد یعنی اینترون ها در هسته از رنای اولیه جدا شده و اگزون ها به یکدیگر متصل می شود سپس رنای پیک بالغ وارد سیتوپلاسم خواهد شد.

کاهش طول رنا پس از حذف اینترون برای بالغ شدن رنا صورت می گیرد

برای حذف رونوشت هراینترون دو پیوند فسفودی استر شکسته و برای اتصال دو رونوشت اگزون ،یک پیوند فسفودی استر تشکیل می شود

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشتهٔ الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافتند که بخش‌هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به‌صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند. به این نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میانه (اینترون)**[2] می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول

❖ نقش زیستی اینترون ها:

❖ افزایش تنوع و تعداد اگزون های ایجاد شده در رنای بالغ

❖ کاهش آسیب و جهش بر روی ژن و در نتیجه کاهش آسیب بر روی پروتئین تولید شده

❖ کنترل میزان رونویسی از روی ژن) افزایش تعداد و طول اینترون ها زمان رونویسی را افزایش می دهد)

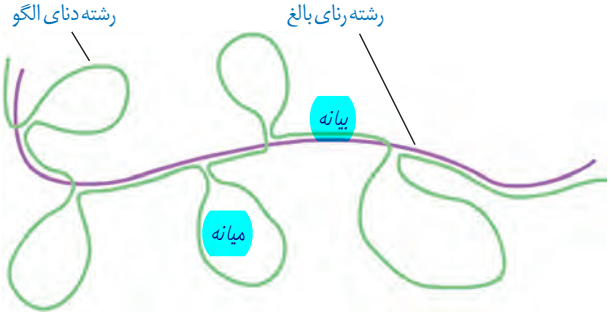
۱ـ Splicing

۲ـ Intron

نکته مهم: اینترون ها و اگزون ها بر روی دنا قرار دارند و بخشی از آن هستند بنابراین توسط آنزیم دنا پلیمراز(دنا بسپاراز)ساخته می شوند وآنچه که بر روی رنای پیک می باشد رو نوشت های اینترون و اگزون است که توسط انزیم رنا بسپاراز ساخته می شوند

تهیه کننده زهرا ضیاء

در رونویسی همزمان از یک ژن
همه رنا های ساخته شده از یک توالی نوکلئوتیدی برخوردار هستند،چون همگی از یک ژن رونویسی شده اند،جنس آن از ریبونوکلئوتید هست .
نقطه شروع ژن جایی هستکه توالی نوکلئوتید های رنای ساخته شده کمتر هست،در جایی که طول رنای تشکیل شده بیشتر هست ، به معنای تکمیل فرآیندرونویسی هست.



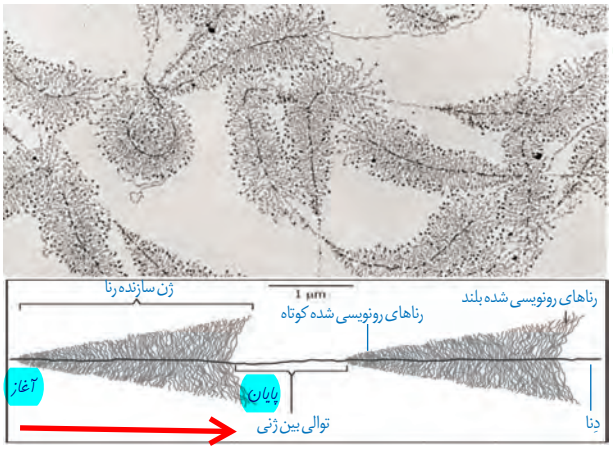
شکل ۵ــ طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن.
به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیانه؟

دنا، که رونوشت آنها حذف نمی‌شوند **بیانه (اگزون)**[1] گفته می‌شود (شکل۵). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانهٔ دنا است. به این رنا، **رنای نابالغ** یا **اولیه**[2] گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، **رنای بالغ**[3] ساخته می‌شود.

شدت و میزان رونویسی

به‌طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رِناتَنی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رِنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازهٔ کوتاه به بلند دیده می‌شود (شکل۶). با توجه به شکل آیا می‌توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟

ساختار پر مانند رونویسی همزمان چند رنابسپاراز از یک ژن

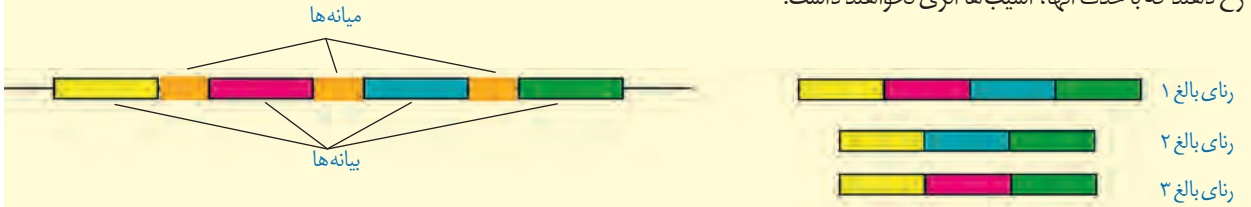


شکل ۶ ــ ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن
توالی های بین ژنی می تواند توالی افزاینده ،راه انداز و... باشد

بیشتر بدانید

نقش زیستی میانه‌ها و بیانه‌ها

اندازهٔ میانه‌ها ممکن است بخش عمده‌ای از رنای اولیه را تشکیل دهد که در رنای بالغ حذف می‌شود. با توجه به اینکه یاخته برای رونویسی میانه‌ها انرژی زیادی صرف می‌کند، این سؤال پیش می‌آید که نقش زیستی این اجزا در یاخته چیست؟
به نظر می‌رسد یکی از نقش‌های میانه، تنظیم رونویسی و در نتیجه تعداد رونوشت‌ها است. با افزایش تعداد و اندازه میانه‌ها، رونویسی از ژن‌ها بیشتر طول می‌کشد و در نتیجه محصول کمتری تولید می‌شود. نقش دیگر میانه‌ها، ایجاد تنوع در محصول است که نتیجهٔ پیرایش متفاوت رنای پیک است. با اینکه در بعضی ژن‌ها چسبیدن رونوشت‌های بیانه یک ژن، به‌طور منظم و یکنواخت انجام می‌شود، در بعضی دیگر از ژن‌ها، چسبیدن رونوشت‌های بیانه به‌صورت تصادفی انجام می‌شود (شکل زیر). پیرایش‌های متفاوت از یک ژن منجر به ساخته شدن رناهای مختلف می‌شود که می‌تواند پلی‌پپتیدهای متفاوتی را ایجاد کند. در پیرایش حتی ممکن است بخش‌های بیانه یک رونوشت به بخش‌هایی از بیانه‌های رونوشت دیگر متصل شود و برگوناگونی محصول اضافه کند. نقش دیگری که برای میانه‌ها در نظر می‌گیرند، کاهش آسیب‌های مؤثر به دِنا است زیرا برخی آسیب‌ها ممکن است در محل میانه‌ها رخ دهند که با حذف آنها، آسیب‌ها اثری نخواهند داشت.



پیرایش‌های متفاوت یک ژن: با کنار هم قرار گیری متفاوت بیانه‌ها، ترکیب‌های متفاوتی حاصل می‌شود.

در سلول هایی ک فعالیت پروتئین سازی زیادی دارند
.مقدار رنا زیاد است ✓
.فعالیت آنزیم رنابسپاراز زیاد است ✓
شبکه آندوپلاسمی زبر و دستگاه گلژی گسترده تر است. مانند ✓
پلاسموسیت های تولید کننده ی پادتن ■
غده ها و سلول های ترشح کننده ی آنزیم های گوارشی ■
غده ها و سلول های تولید کننده هورمون ■
سلول های همراه آوندآبکش ■

۱ــ Exon
۲ــ Precursor mRNA (Pre-mRNA)
۳ــ Mature messenger RNA

تهیه کننده زهرا ضیاء

فرآورده ه های ژن

رنای ناقل و رنای ریبوزومی هم از فراورده های ژن ها هستند

فقط رنای پیک به پروتئین ترجمه می شود و رنای رناتنی و رنای ناقل ترجمه نمی شوند •

گفتار ۲ به سوی پروتئین

فرآورده های ژن

رشته پلی پپتید

رنای پیک

رنای ناقل

رنای رناتنی

پلی پپتیدها از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده‌اید. اینکه چگونه ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوهٔ تبدیل اطلاعات وراثتیِ رنا، به پروتئین می‌پردازیم.

تبدیل زبان نوکلئیک‌اسیدی رنا به زبان پلی پپتیدی

همانند سازی ،ساخته شدن دنا از روی مولکول دنا

رونویسی ،ساخته شدن رنا از روی دنا

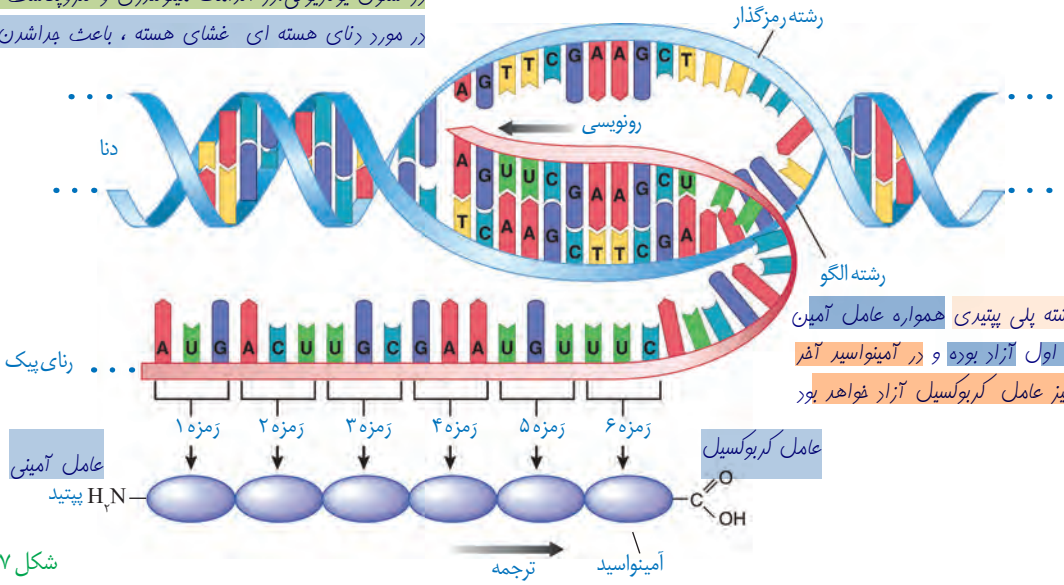
ترجمه،تبدیل پیام نوکلئیک اسید به زبان آمینواسید

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، **ترجمه**[1] می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).

در سلول پروکاریوتی،عدم انحصار دنا در غشا،رونویسی و ترجمه همزمان را میسر می کند

در سلول یوکاریوتی،در اندامک میتوکندری و کلروپلاست این وضعیت مشاهده می شود.

در مورد دنای هسته ای غشای هسته ، باعث جداشدن مکانی و زمانی ،رونویسی و،ترجمه می شود



در یک رشته پلی پپتیدی همواره عامل آمین آمینواسید اول آزاد بوده و در آمینواسید آخر زنجیره نیز عامل کربوکسیل آزاد خواهد بود.

شکل ۷ــ طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی‌پپتید

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **رمزه** (کُدون)[2] گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رَمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رَمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

رَمزه‌های **UAA**، **UGA** و **UAG** هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رَمزهٔ پایان** می‌گویند، زیرا حضور این رَمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رَمزهٔ آغاز** یا **AUG** رَمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رَمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

وجود نیای مشترک- همسان بودن کرون ها در موجودات زنده

۱ــ Translation

۲ــ Codon

تهیه کننده زهرا ضیاء

بیشتر بدانید

انواع رَمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها

حرف اول	U	C	A	G	حرف سوم
U	UUU, UUC: فنیل آلانین	UCU, UCC, UCA, UCG: سرین	UAU, UAC: تیروزین	UGU, UGC: سیستئین	U
	UUA, UUG: لوسین		UAA, UAG: رَمزه پایان	UGA: رَمزه پایان	C
				UGG: تریپتوفان	A
					G
C	CUU, CUC, CUA, CUG: لوسین	CCU, CCC, CCA, CCG: پرولین	CAU, CAC: هیستیدین	CGU, CGC, CGA, CGG: آرژنین	U
			CAA, CAG: گلوتامین		C
					A
					G
A	AUU, AUC, AUA: ایزولوسین	ACU, ACC, ACA, ACG: ترئونین	AAU, AAC: آسپاراژین	AGU, AGC: سرین	U
	AUG: (متیونین) رَمزه آغاز		AAA, AAG: لیزین	AGA, AGG: آرژنین	C
					A
					G
G	GUU, GUC, GUA, GUG: والین	GCU, GCC, GCA, GCG: آلانین	GAU, GAC: آسپارتیک اسید	GGU, GGC, GGA, GGG: گلیسین	U
			GAA, GAG: گلوتامیک اسید		C
					A
					G

حرف دوم

طرح پرسش از این جدول در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

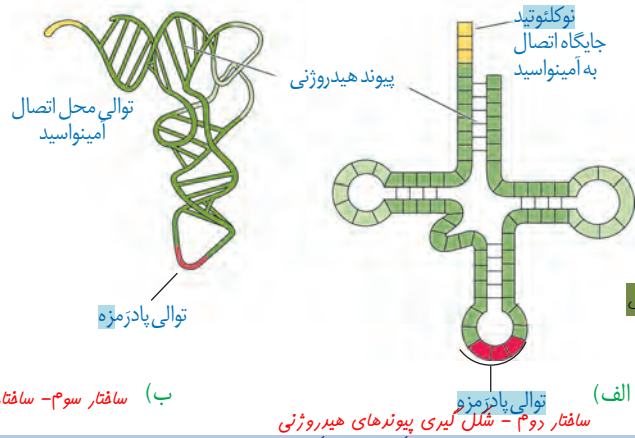
عوامل لازم در ترجمه

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

ساختار رنای ناقل

ساختار دوم - ساختار پیوندهای هیدروژنی رنای ناقل

رنای ناقل پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸ ـ الف). رنای ناقل تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی را



ب) ساختار سوم- ساختار فضایی

الف) ساختار دوم - شکل گیری پیوندهای هیدروژنی

شکل ۸ ـ رنای ناقل
الف) تاخوردگی اولیه ساختار برگ شبدری
ب) ساختار سه بعدی ساختار ال شکل

یون کووالانسی بین آخرین نوکلئوتید و آمینواسید حمل شده وجود دارد
یک مولکول تک رشته ای است که ابتدا توسط پیوند هیدروژنی بین
نوکلئوتیدهای مکمل آن، ساختار تاخورده اولیه را بوجود می آورد که شبیه
برگ شبدری است که دارای سه حلقه خاقر پیوند
هیدروژنی است که در یکی از حلقه ها توالی آنتی کدونی قرار گرفته است
و در سمت مقابل توالی آنتی کدونی
سه توالی جفت نشده نوکلئوتیدی وجود دارد که جایگاه اتصال به آمینواسید
است

رنای ناقل در ساختار اولیه فعال نیست و توانایی حمل آمینواسید را ندارد برای اینکه این مولکول فعال شود و وظیفه خود را انجام دهد تاخوردگی های مجددی پیدا می کند
و ساختار سه بعدی که شبیه حرف ال هست را بوجود می آورد

تهیه کننده زهرا ضیاء

رناهای ناقل بیز در ناحیه توالی آنتی کدون ، دارای یک توالی مشخص و مشابه هستند
تعداد رناهای ناقل از تعداد کدون ها کمتر هست
آمینواسید با پیوند کووالانسی به آخرین نوکلئوتید رنای ناقل متصل می شود

به‌وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه (آنتی کدون)**[۱] است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رَمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.

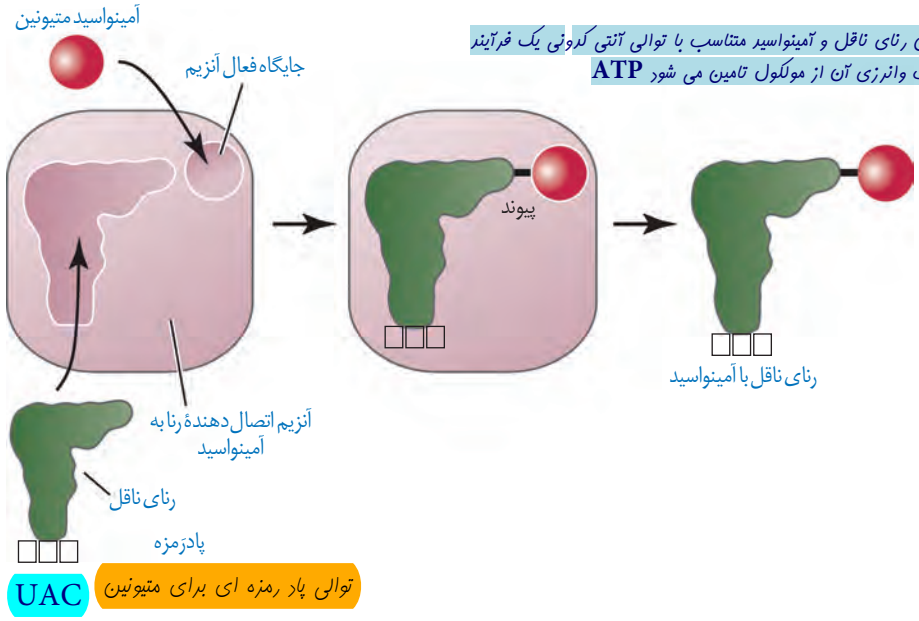
در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرَمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رَمزه‌ها، پادرَمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرَمزه‌ها کمتر از رَمزه‌ها است؛ مثلاً برای رَمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

نحوهٔ عمل رنای ناقل: همان‌طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می‌شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرَمزه‌ای در این اتصال چیست؟

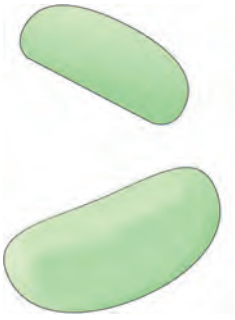
در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرَمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرَمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رَمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرَمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

برقراری پیوند بین رنای ناقل و آمینواسید متناسب با توالی آنتی کدونی یک فرآیند انرژی خواه است وانرژی آن از مولکول تامین می شود ATP



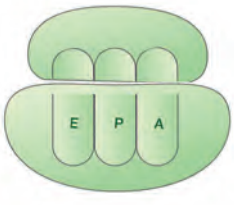
شکل ۹ــ نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن



ساختار رِناتَن

شکل گیری جایگاه های ریبوزوم پس از اتصال دو جز به هم صورت می گیرد

دانستید که رِناتَن در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد. رِناتَن‌ها از دو زیرواحد تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). هر زیرواحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رنای رِناتَنی به‌وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رِناتَنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیرواحد کوچک و بزرگ رِناتَن را می‌سازند. رِناتَن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام A، P و E دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.



شکل ۱۰ــ ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رِناتَن

۱ــ Anticodon

رنای ریبوزمی که در ساختار ریبوزم شرکت دارد نقش آنزیمی داشته و برخلاف آنزیمهای پروتئینی که از روی رنای پیک ساخته می شوند از روی دنا ساخته می شوند

تهیه کننده زهرا ضیاء

.ریبوزوم غشا ندارد ✓
رنای ریبوزومی نقش آنزیمی دارد و موجب تشکیل پیوند ✓
.پپتیدی طی واکنش سنتز آبدهی می شود
رونویسی رنای ریبوزومی در یوکاریوت ها در هسته انجام می ✓
.شود
در یوکاریوت ها ژن رنای ریبوزومی و ژن پروتئین های ✓
ریبوزم توسط دو آنزیم متفاوت، اما در پروکاریوت ها هر دو
.توسط یک آنزیم رونویسی می شوند
پروتئین هایی که وارد هسته می شوند توسط ریبوزوم های ✓
سیتوپلاسم ساخته می شوند مانند: آنزیم های همانندسازی و
... رونویسی، هیستون ها و

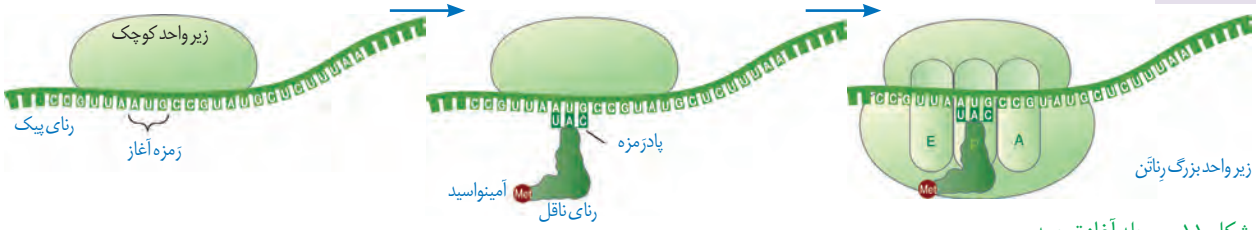
مراحل ترجمه

ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحلهٔ **آغاز**، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می کنند.

مرحله آغاز: در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، زیرواحد کوچک رِناتَن را به سوی رَمزهٔ آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رَمزه آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیرواحد بزرگ رِناتَن به این مجموعه، ساختار رِناتَن کامل می شود.

در این مرحله جایگاه P در رِناتَن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند (شکل ۱۱).

مرحله آغاز
اتصال زیر واحد کوچک به رنای پیک به گونه ای که توالی آغاز را بپوشاند
اتصال رنای ناقل حاوی متیونین آغاز واتصال آن به کدون آغاز
اتصال ژن بزرگ ریبوزوم به ژن کوچک
خالی بودن جایگاه A برای ورود آمینواسید و جایگاه E برای خروج رنای ناقل بدون آمینو اسید



شکل ۱۱ــ مرحله آغاز ترجمه

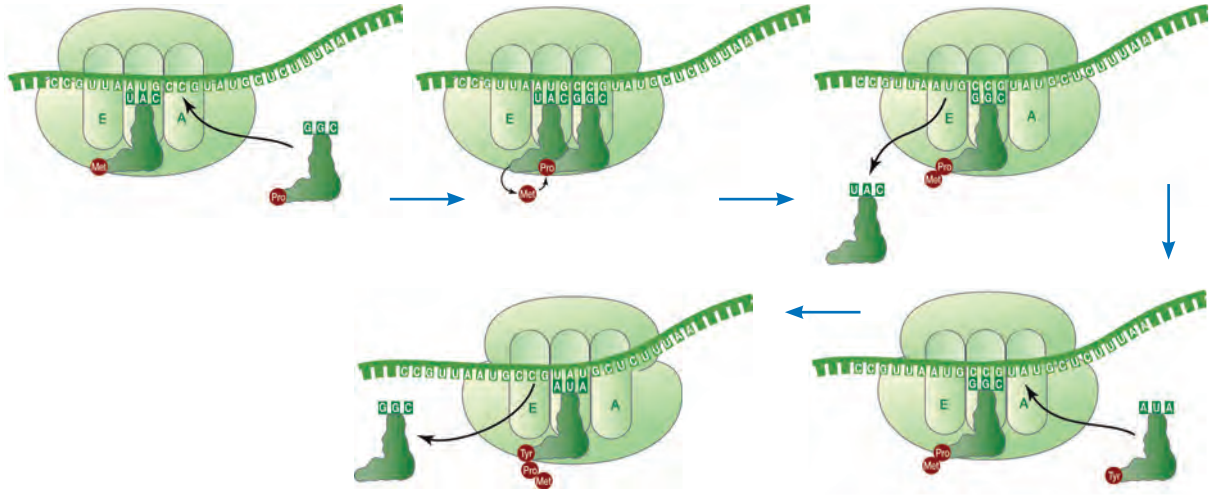
نکته: تشکیل پیوند پپتیدی در جایگاه A انجام خواهد شد که همراه با آزاد شدن مولکول آب خواهد بود.

نکته: تشکیل پیوند پپتیدی و وجود همزمان دو رنای ناقل در ریبوزوم فقط در مرحله طویل شدن دیده میشود

نکته: همزمانی وجود دو رنای ناقل در ریبوزوم یا در جایگاه خواهد بود A,P یا در جایگاه P و E.

مرحلهٔ طویل شدن: در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رِناتَن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رَمزهٔ جایگاه A است، استقرار پیدا می کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند. سپس آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند بر قرار می کند. آیا می دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رِناتَن به اندازهٔ یک رَمزه به سوی رَمزه پایان پیش می رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می گیرد (علت نام گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می گیرد و سپس از این جایگاه خارج می شود. این فرایند بارها تکرار می شود و طول زنجیرهٔ آمینواسیدی بیشتر می شود تا رِناتَن به یکی از رَمزه های پایان برسد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲ــ مرحله طویل شدن ترجمه



فرآیند تشکیل پیوند پپتیدی سنتز و انرژی خواه است و با آزاد شدن مولکول آب همراه است،انرژی لازم برای این فرآیند از شکسته شدن پیوند بین گروه کربوکسیل اسید آمینه و گروه هیدروکسیل نوکلئوتید آدنوزین متعلق به رنای ناقل (در انتهای رشته که سطح انرژی بالاتری دارد تامین شود

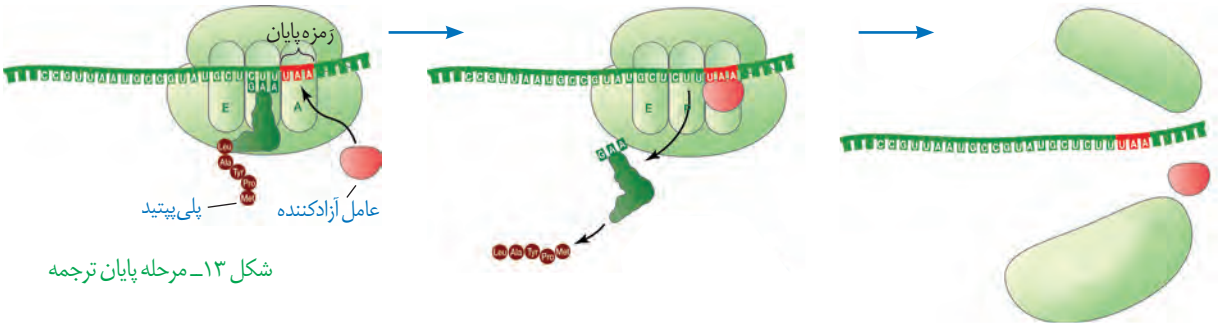
تهیه کننده زهرا ضیاء

عامل آزادکننده می تواند پیوند کووالانسی بین آخرین آمینواسید و نوکلئوتید را بشکند،در نتیجه زنجیره آمینواسید آزاد می شود

پیوند هیدروزنی بین اخرین آنتی کدون رنای ناقل و کدون رنای پیک را بشکند و رنای ناقل را آزاد کند

دو جز ریبوزوم را از هم و از رنای پیک جدا سازد

مرحلهٔ پایان: با ورود یکی از رَمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده[1] اشغال می‌شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رِناتَن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ــ مرحله پایان ترجمه

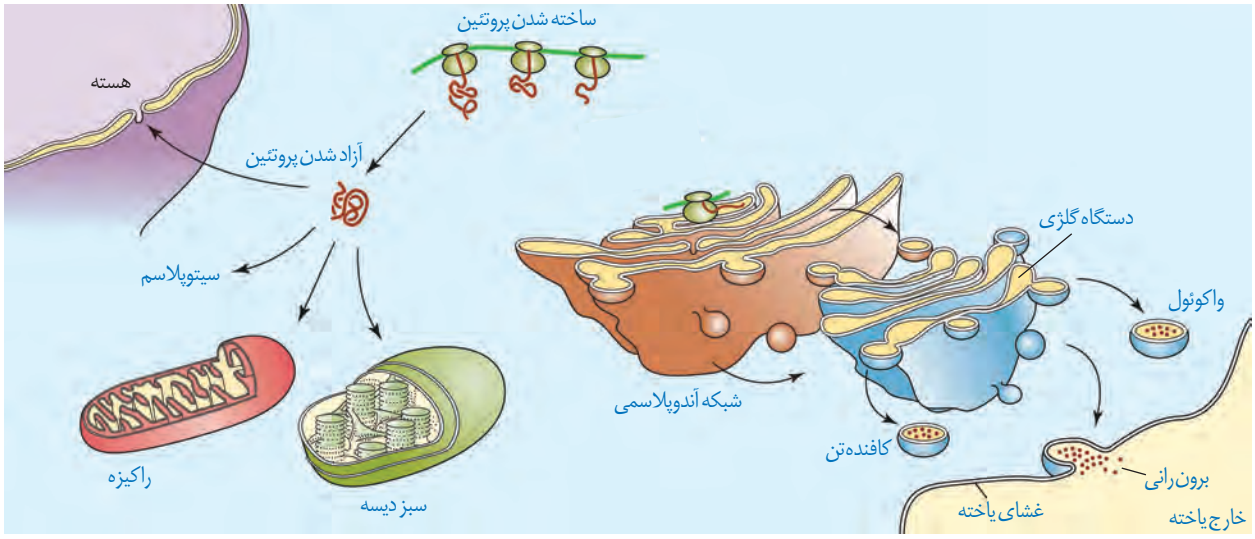
محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به‌طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رِناتَن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کُریچه) و کافنده‌تن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها، هسته و یا دیسه‌ها 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 (شکل ۱۴).

طرح سؤال از توالی‌های رمزه، پادرمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

شکل ۱۴ــ سرنوشت پروتئین‌های ساخته‌شده در سیتوپلاسم



۱ــ Release Factors

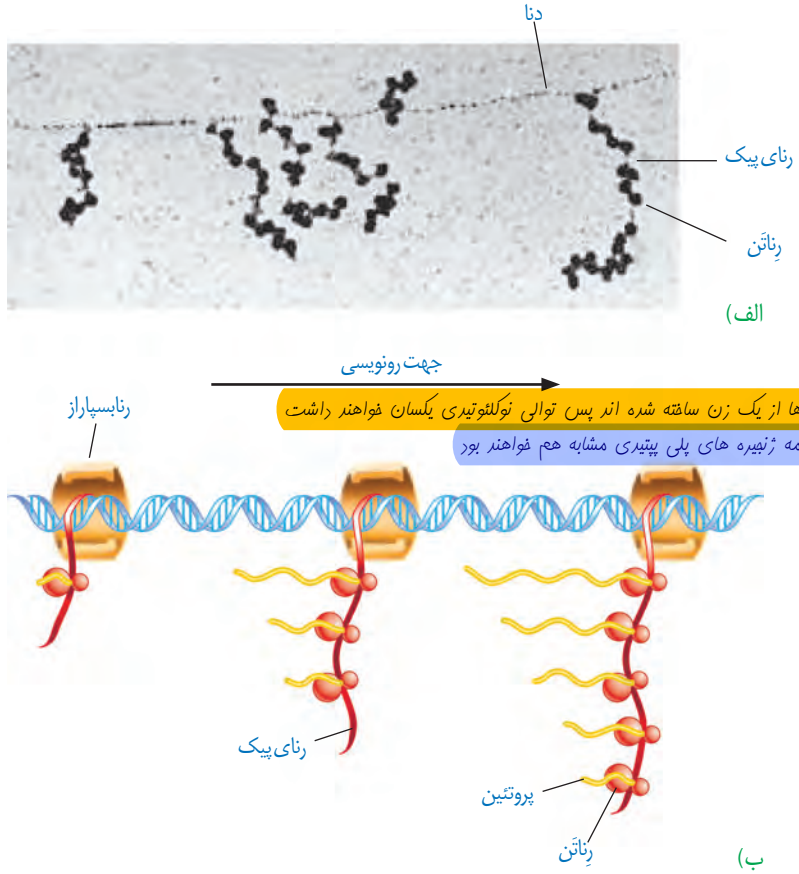
پروتئین سازی در مناطقی صورت می گیردکه ریبوزومبه صورت عملکردی،دو جز متصل به هم حضور دارند صورت می گیررر سیتوپلاسم - درون اندامک(میتوکندری- پلاست)می تواند صورت گیرد

تهیه کننده زهرا ضیاء

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به‌طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به‌طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رِناتَن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته‌شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رِناتَن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی رِناتَن‌ها به پروتئین‌سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

تجمع رِناتَن‌ها در یاخته‌های یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.



شکل ۱۵ــ الف) تصویر میکروسکوپی مجموعهٔ رِناتَن‌ها
ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

فعالیت ۱

الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین‌سازی آنها برقرار است؟
ب) رونویسی و ترجمه در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

پروتئین های ساخته شده توسط ریبوزوم های متصل به شبکه آندوپلاسمی
پروتئین و آنزیم هایی که به خارج از سلول ترشح می شوند:آنزیم های گوارشی-پادتن-پرفورین-اینترفرون-اینترلوکین
آنزیم های موجود در لیزوزوم البته آنزیم توسط ریبوزوم سیتوزولی ساخته می شود،اما غشای لیزوزوم توسط ،چون توسط شبک♣ آندوپلاسمی زبر تولید می شود
پروتئین هایی که توسط ریبوزوم های سیتوزولی سنتزمی شوند
پروتئین های درون سلولی مثل کاتالاز- هیستون- هلیکاز-آنزیم های دنا پلیمراز- رنا پلیمراز وپروتئین های ریبوزومی

نکته: ریبوزوم ها در سلول در سیتوپلاسم به شکل آزاد، در درون اندامک هایی مانند میتوکندری وپلاست ها وهمچنین بر روی شبکه آندوپلاسمی حضور دارند و با توجه به موقعیت خود تولید پروتئین های خاصی را برعهده دارند.

- پروتئین های تولید شده توسط ریبوزوم های آزاد در سیتو پلاسم:
- پروتئین هایی که در سیتوپلاسم می مانند و در آنجا فعالیت می کنند
- پروتئین هایی که وارد هسته شده و آنجا فعالیت می کنند.مانند آنزیم های دنا بسپاراز و رنا بسپاراز
- پروتئین هایی که وارد میتوکندری شده و در فرایندهای تنفس سلولی شرکت می کنند.
- پروتئین هایی که به پلاست ها از جمله کلروپلاست وارد شده و در فرایندهای فتوسنتز شرکت می کنند

- پروتئین های تولید شده توسط ریبوزوم های متصل به شبکه آندوپلاسمی و جسم گلژی ساماندهی می شوند:
- پروتئین هایی که به غشای سلول رفته و پرتئین های غشای سلول را می سازند. از جمله پروتئین های سطحی و سرتاسری موجود در غشامانند کانال های دریچه دار و همیشه باز و پمپ های موجود در غشای سلولی
- پروتئین هایی که بوسیله اگزوسیتوز از سلول به بیرون ترشح می شوند.مانند پادتن های ترشحی در لنفوسیت ها
- پروتئین هایی که به لیزوزوم ها یا واکوئل ها ملحق می شوند. برای مصرف درون سلولی یا برون سلولی

تهیه کننده زهرا ضیاء

گفتار ۳ تنظیم بیان ژن

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رِشتمان (میتوز) یاخته تخم منشأ می‌گیرند. یاخته‌های حاصل، از نظر فام‌تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامهٔ 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 سؤال 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 فعال و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند. هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به‌اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش و به‌اصطلاح بیان نشده است. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای **تنظیم بیان ژن**[۱] می‌گویند. تنظیم بیان ژن فرایندی 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 سازندهٔ آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی 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 حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

تنظیم بیان ژن
ژن فعال:مورد استفاده
ژن خاموش:ژنیکه استفاده نمی شود
بازه زمانی بیان ژن :مانند تولید شیر،درزمان شیردهی در مادران
مقدار استفاده از ژن :تولید آنزیم های گوارشی ،پس از صرف غذا
زمان بیان ژن: افزایش سنتز سلول های استفوانی پس از افزایش هورمون رشد در سن بلوغ

سلول بنیادی مغز استخوان
سلول بنیادی لنفوئیدی
لنفوسیت B
لنفوسیت T
سلول بنیادی میلوئیدی
ائوزینوفیل
بازوفیل
نوتروفیل
مونوسیت
ماکاریوسیت
پلاکت
اریتروسیت

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

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

تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه‌انداز کمک و یا مانع حرکت رنا بسپاراز می‌شوند. در نتیجه، رونویسی ژن تسهیل یا ممانعت می‌شود؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنابسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونهٔ این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام **اشرشیا کلای**[۲] شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است.

بیشتر بدانید

در باکتری‌ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرایند مرتبط به هم را اداره می‌کند در واحدهایی به نام اُپران[۱] 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 سازندهٔ آنها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی اداره می‌شوند. به مجموعهٔ این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن اُپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریپتوفان است. ۵ ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک اُپران قرار دارند.

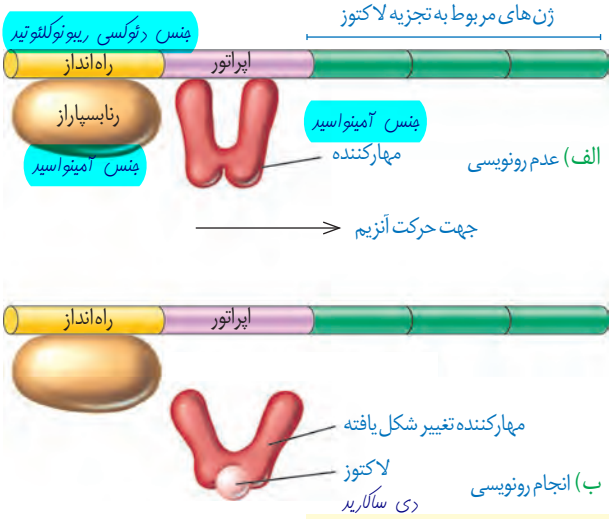
۱- Regulation of gene expression
۲- *Escherichia coli*
۱- Operons

یادآوری: لاکتوز قند شیر و نوعی دی ساکارید است که از اتصال گلوکز و گالاکتوز ایجاد می شود و مالتوز قند جو است و از اتصال دو مولکول گلوکز به یکدیگر بوجود می آید

تهیه کننده زهرا ضیاء

از روی ژن های تجزیه کننده الکتوز فقط یک مولکول رنای پیک ساخته می شود اما بر روی رونوشت هر ژن یک کدون آغاز و یک کدون پایان وجود دارد بنابراین سه رشته پلی پپتیدی جداگانه ساخته خواهد شد .

مراحل تجزیهٔ قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام **لاکتوز**[1] در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و 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 یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده آن متوقف 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.



شکل ۱۶ــ الف) عدم رونویسی ژن‌ها در غیاب لاکتوز ب) رونویسی ژن‌ها در حضور لاکتوز

تنظیم منفی رونویسی: در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه‌انداز مربوط به 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**[2] است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به‌نام **اپراتور**[3] متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد (شکل ۱۶ــ الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می‌شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد (شکل ۱۶ــ ب). محصولات این ژن‌ها تجزیه لاکتوز را ممکن می‌کند.

تنظیم مثبت رونویسی: در این نوع تنظیم، پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز 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**[4] وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیهٔ آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم‌ها ساخته نمی‌شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن‌ها به‌صورت مثبت انجام می‌شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام **فعال کننده**[5] وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها **جایگاه اتصال فعال کننده**[6] گفته می‌شود. (شکل ۱۷ــ الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل

۱ــ Lactose
۲ــ Repressor
۳ــ Operator
۴ــ Maltors
۵ــ Activator
۶ــ Activator Binding Site

بیشتر بدانید

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت **القایی**[1] و **مهاری**[2] 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 می‌شود. 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 سازندهٔ تریپتوفان ساخته شوند.

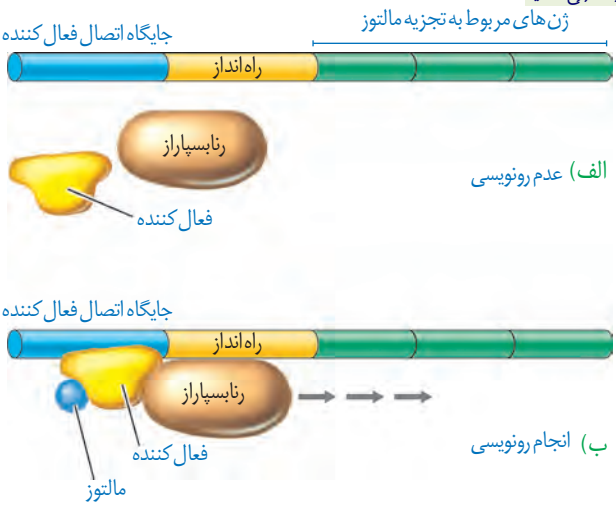
۱ــ Inducer
۲ــ Repressor

نکته: تنظیم بیان ژن مثبت در پروکاریوت ها در ژن هایی صورت می گیرد که فاقد اپراتور و پروتئین مهار کننده است

تهیه کننده زهرا ضیاء

قند ترجیحی گلوکز، در صورت وجود لاکتوز و مالتوز در سلول ،ابتدا لاکتوز و سپس مالتوز را مصرف می نماید
در تنظیم منفی لاکتوز،رنابسپاراز بر روی راه انداز متصل هست و با وجود لاکتوز ،مهارکنندهبرداشته می شود .
درتنظیم مثبت با وجود مالتوز،با اتصال فعال کننده به راه انداز،رنابسپاراز می تواند شناسایی را آغاز و رونویسی را شروع نماید

شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می‌شود 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 (شکل ۱۷ــ ب).

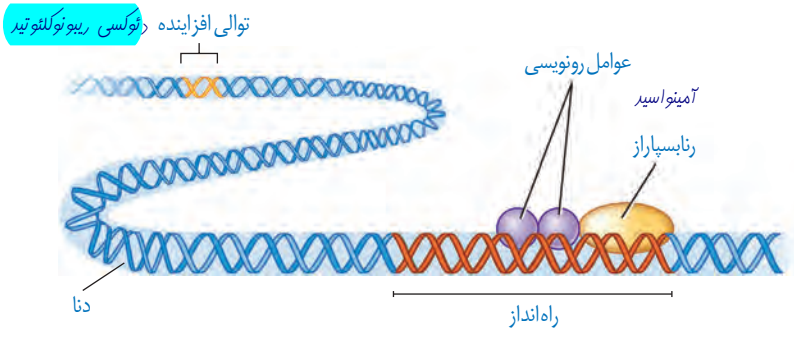


شکل ۱۷ــ تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

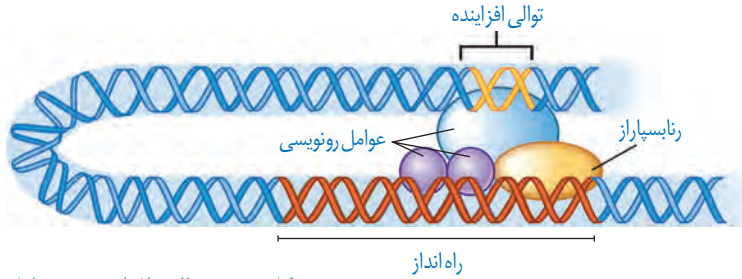
تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته‌های یوکاریوتی به‌وسیلهٔ غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، برای آنکه یاخته نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد، آن ماده باید به طریقی از غشاها عبور کند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. در یاخته‌های یوکاریوتی، بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه‌ها و دیسه‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. بنابراین تنظیم بیان ژن می‌تواند در مراحل متعددی انجام شود.

تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ 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 به‌نام **عوامل رونویسی**[1] هستند. گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، 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 (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ــ تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

در یوکاریوت‌ها ممکن است عامل 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 دنا، 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 فاصلهٔ دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین‌ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ــ توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

راه انداز ،دئوکسی ریبونوکلئوتید هست . معمولا رونویسی نمی شود– نقطه صحیح شروع را نشان می دهد

۱ــ Transcription Factors
۲ــ Enhancer

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی: در یوکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها، از کار رِناتَن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

روش تنظیم دیگر در سطح فام‌تنی است. به‌طور معمول بخش‌های فشرده فام‌تن کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند. به نظر شما این تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی است یا پس از آن؟

از روش‌های دیگر تنظیم بیان ژن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پروتئین‌سازی مؤثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آنها ناشناخته است.

بیشتر بدانید

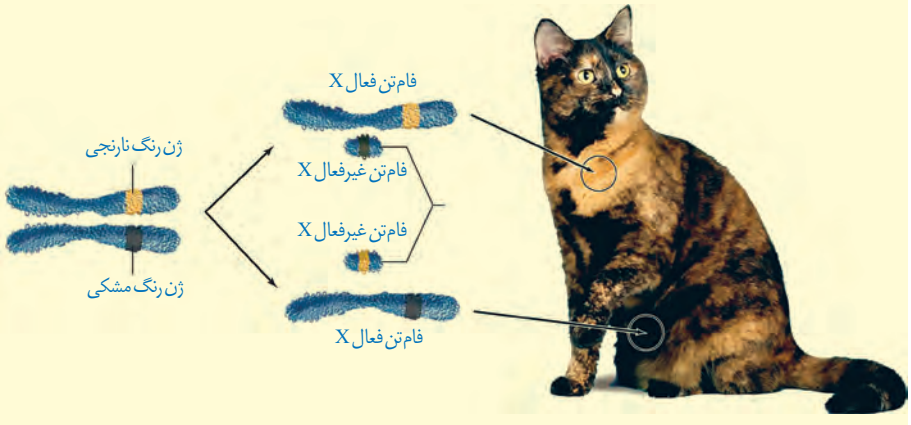
بعضی ژن‌ها در یاخته‌ها به‌طور دائم بیان می‌شوند. ژن‌های سازنده اجزای رِناتَن از این جمله‌اند. این ژن‌ها رنای رِناتَن و پروتئین‌های آن را می‌سازند. با توجه به نیاز یاخته‌های درحال تقسیم به تعداد زیادی رِناتَن، این ژن‌ها به‌طور دائم روشن هستند.

تنظیم بیان ژن یوکاریوت ها در مرحله
پیش از رونویسی
در سطح کروموزوم،با تغییر فشردگی کروموزوم ها
بعد از رونویسی
تغییر طول عمر رنای پیک
اتصال رناهای کوچک به رنای پیک که مانع رونویسی می شوند

بیشتر بدانید

بیان ژن به روش‌های مختلفی ممکن است کاهش یا افزایش یابد. یکی از این روش‌ها 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. نمونهٔ این ژن‌ها، ژن‌های سازندهٔ رنای رِناتَنی است. نوعی از این رنای رِناتَنی هزاران ژن در یک یاخته دوزیست دارد.

روش دیگر فعال یا غیرفعال کردن برخی فام‌تن‌ها مانند فام‌تن X در انسان است. چون در یاخته‌های پیکری زن، دو نسخه از فام‌تن X و در مرد یک نسخه وجود دارد، برای بیان متعادل در دو جنس، یکی از فام‌تن‌های X در یاخته‌های زن غیرفعال می‌شود تا ژن‌های آن بیان نشوند. در اثر این فرایند ژن‌های فام‌تن X در زن و مرد، به یک نسبت بیان می‌شود. مثالی از بیان ژن‌های روی فام‌تن X و اثرات آن بر صفات را در تصویر زیر مشاهده می‌کنید. در یاخته‌ها، یکی از فام‌تن‌های X به‌صورت تصادفی غیرفعال می‌شوند.



تنظیم بیان ژن در یوکاریوت
قبل از رونویسی: تنظیم میزان فشردگی دنا به کمک پروتین های متصل به آن
در سطح رونویسی هنگام و بعد ،ویرایش رنا،سطح ترجمه ،سطح پروتئین و شکل فضایی آن

تهیه کننده زهرا ضیاء