زیست دوازدهم

ویژه نهـــایی

ـــفصل دوم ـــ

زبرجـــد

فصل دوم

ویژه امتحانات نهایی

جریان اطلاعات در یاخته

بیماری کم خونی داسی شکل

- نوعی بیماری ارثی است.
- علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود.
- نتیجهٔ تغییر در پروتئین هموگلوبین، تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل است.
- تغییر ژنی در بیماری کم خونی داسی شکل، بسیار جزئی است.
- در تغییر ژنی بیماری کم خونی داسی شکل، تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است.
- این بیماری به نوعی، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می دهد.
- بعضی ژن ها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه های قرمز بروز می کنند.

فشار ۱ : رونویسی

- واحد سازندهٔ مولکول دنا، **نوکلئوتید** است.
- واحد سازندهٔ پلی پپتیدها، **آمینواسید** است.
- دستورالعمل ساخت پلی پپتیدها در مولکول **دنا** قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

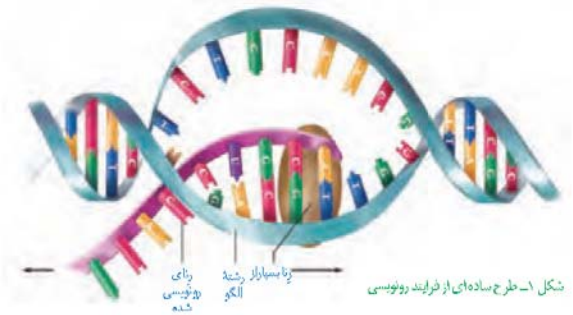
دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی پپتید را تعیین می کند؟

- در مولکول دنا، **٤ نوع نوکلئوتید** وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند.
- پلی پپتیدها از **۲۰ نوع آمینواسید** تشکیل شده اند.
- هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است.
- با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در دنا، **٦٤ توالی ۳ نوکلئوتیدی** مختلف ایجاد می شود.
- ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف می توانند رمز ساخت پلی پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

- پلی پپتید ها بر اساس اطلاعات دنا و توسط **رناتن ها (ریبوزوم ها)** در سیتوپلاسم ساخته می شوند.

- **در یاخته های دارای هسته(هو هسته ای ها)**، چون رناتَن ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلی پپتید در هسته انجام نمی شود.
- اطلاعات دنا برای ساخت پلی پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی شود.
- دستورات ساخت پلی پپتید توسط مولکول **رنا** به بیرون هسته منتقل می شود.
- **انواعی از رنا** در یاخته وجود دارند که در پروتئین سازی نقش دارند.
- **انواعی از رنا** ها از روی مولکول دنا ساخته می شوند.
- به ساخته شدن مولکول **رنا** از روی بخشی از یک رشته دنا، **رونویسی** گفته می شود.



شکل ۱ـ طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

- اساس رونویسی، شبیه همانندسازی است.
- در رونویسی نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشتهٔ دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره **رنا** قرار می گیرد و به هم متصل می شوند.
- در هر چرخهٔ یاخته ای،فرایند همانندسازی یک بار انجام می شود.
- در هر چرخهٔ یاخته ای، فرایند رونویسی از یک ژن می تواند بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود.

آنزیم های ویژه ای رونویسی را تسهیل می کنند

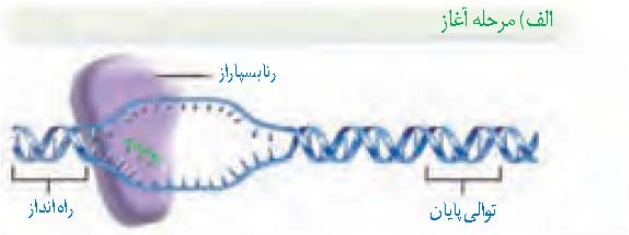
- در یاخته انواعی از **رنا** ساخته می شود.
- عمل رونویسی از **دنا** به کمک آنزیم ها انجام می شود.
- آنزیم هایی که رونویسی انجام می دهند را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز** نام گذاری می کنند.
- **در پیش هسته ای ها**، یک نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع **رنا** را بر عهده دارد.
- **در هو هسته ای ها**، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می دهند.
  - **رنای پیک**(mRNA) توسط **رنابسپاراز ۲** (RNAپلیمرازII) ساخته می شود.
  - **رنای ناقل**(tRNA) توسط **رنابسپاراز ۳**(RNAپلیمرازIII) ساخته می شود.
  - **رنای رناتَنی**(rRNA) توسط **رنابسپاراز ۱**(RNAپلیمرازI) ساخته می شود.

مراحل رونویسی

- رونویسی فرایندی پیوسته است.
- برای سادگی موضوع، رونویسی را به سه مرحلهٔ **آغاز**، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می کنند.
- آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می دهد.

۱- مرحلهٔ آغاز

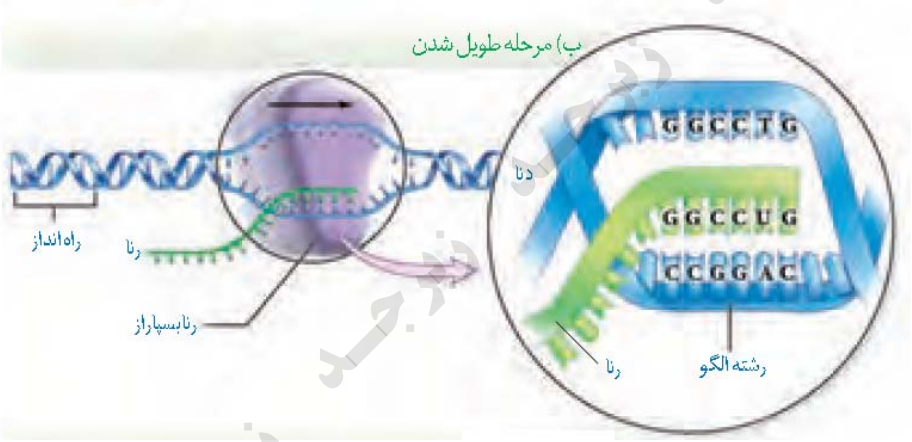
- در این مرحله، **رنابسپاراز** به مولکول **دنا** متصل می شود و دو رشتهٔ آن را از هم بازمی کند. (**پیوند هیدروژنی را می شکند**)



- **توالی راه انداز:**
  - توالی های نوکلئوتیدی ویژه ای هستند در **دنا**، که رنابسپاراز آن ها را شناسایی می کند.
  - توالی راه انداز موجب می شود تا رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود.
  - توالی راه انداز موجب می شود تا رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند.
- در این مرحله بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می شود.
- **نحوهٔ عمل رنابسپاراز:**
  - **ابتدا** آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتیدِ رشته الگوی **دنا**، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می دهد (**ایجاد پیوند هیدروژنی**)
  - **سپس** این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته **رنا** متصل می کند. (**ایجاد پیوند فسفودی استر**)
- در رونویسی، **نوکلئوتید یوراسیل دارِ رنا**، به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید **آدنین دارِ دنا** قرار می گیرد.

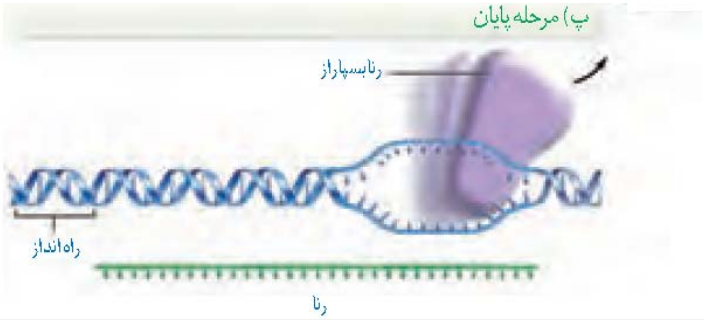
۲- مرحله طویل شدن

- رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می دهد که در نتیجهٔ آن، رنا طویل می شود.
- مولکول رنابسپاراز به پیش می رود.
- دو رشته دنا در جلوی رنابسپاراز، باز و در چندین نوکلئوتید عقب تر، رنا از دنا جدا می شود و دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می پیوندند.
- در محل رونویسی و نواحی مجاور آنها حالتی شبیه حباب ایجاد می شود که به سوی انتهای ژن پیش می رود.



۳- مرحله پایان

- در دنا **توالی های ویژه ای** وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می شوند.
- در محل توالی پایان رونویسی، آنزیم رنابسپاراز از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشتهٔ دنا به هم متصل می شوند.



فقط یکی از دو رشتهٔ دنا در هر ژن رونویسی می شود

- ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته ای است **ولی** رونویسی از روی هردو رشته یک ژن انجام نمی شود.

- اگر از روی دو رشتهٔ یک ژن رونویسی انجام می شد، **مسلماً** رنا و پلی پپتید ساخته شده از روی دو رشتهٔ مکمل دنا بسیار متفاوت می شدند.
- برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته رونویسی می شود.
- **رشته الگو :** به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است رشته الگو می گویند.
- **رشته رمزگذار:** به رشته مکملِ رشتهٔ الگو در مولکول دنا، رشته رمزگذار گفته می شود.
- توالی نوکلئوتیدی رشتهٔ رمزگذار، شبیه رشتهٔ رنایی است که از روی رشته الگوی ساخته می شود.
- تفاوت رشتهٔ رنا با رشتهٔ رمزگذار در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است.
- به جای نوکلئوتید تیمین دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل دار در رنا قرار دارد.

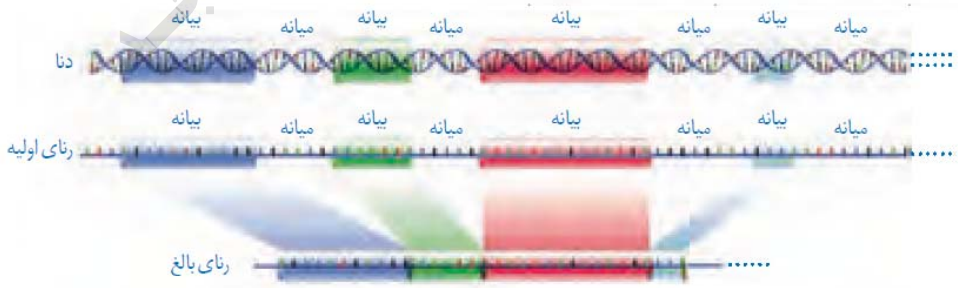
شکل ۳ــ همان طور که در شکل مشاهده می شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می شود.

رناهای ساخته شده دچار تغییر می شوند

- **در یاخته های یوکاریوتی،** رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت هایی دارد.
- این تغییرات در **بسیاری از** رناهای یوکاریوتی انجام می شود و این مولکول ها(**رنا ها**) برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می شوند.

تغییرات رنای پیک

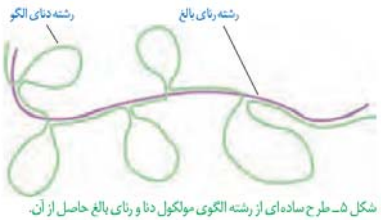
- رنای پیک **ممکن است** دستخوش تغییراتی در **حین رونویسی** و یا **پس از رونویسی** شود.
- **یکی از** تغییراتی که در یوکاریوت ها و **پس از رونویسی** متداول است، **حذف بخش هایی از مولکول رنای پیک است.**
- **فرایند پیرایش: در بعضی ژن ها،** توالی های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می شود و سایر بخش های رنا به هم متصل می شوند و یک رنای پیک یکپارچه می سازند.



شکل ۴ــ پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

- فرایند پیرایش، هنگامی آشکار شد که دانشمندان، یک **رنای پیک** درون سیتوپلاسم را با رشتهٔ الگوی ژن آن در **دنا** مجاورت دادند. دیدند:
  - ۱- بخش هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می دهند.
  - ۲- ولی بخش هایی نیز فاقد مکمل باقی می مانند.
- بخش هایی که فاقد مکمل باقی می مانند، (میانه یا اینترون) به صورت حلقه هایی بیرون از مولکول دو رشته ای قرار می گیرند.

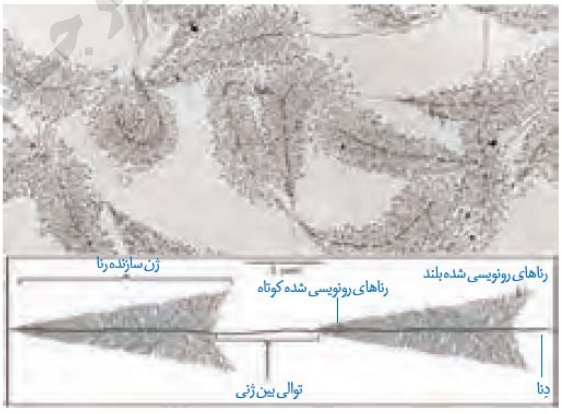
- **میانه (اینترون):** به نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده میانه(اینترون)می گویند.
- **بیانه (اگزون):** به بخش هایی از مولکول دنا، که رونوشت آنها در رنا حذف نمی شوند بیانه(اگزون)گفته می شود.
- **رنای نابالغ (رنای اولیه):** رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت های میانهٔ دنا است. به این رنا، رنای نابالغ گفته می شود.
- **رنای بالغ:** با حذف این رونوشت ها (میانه ها) از رنای اولیه و پیوستن بخش های باقی مانده به هم(بیانه ها)، رنای بالغ ساخته می شود.



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

شدت و میزان رونویسی

- **میزان رونویسی یک ژن** به مقدار نیاز یاخته به فراورده های آن ژن بستگی دارد.
- بعضی ژن ها، مانند **ژن های سازنده** رنای رِناتَنی(rRNA) در یاخته های تازه تقسیم شده بسیار فعال اند.
- در یاخته های تازه تقسیم شده باید تعداد زیادی رنای رِناتَنی(rRNA) ساخته شود.
- ژن هایی که به مقدار زیادی به فراوردی آن نیاز است، هم زمان(پشت سر هم) تعداد زیادی رنابسپاراز از روی همان ژن رونویسی می کنند.
- در زیر **میکروسکوپ الکترونی**، اندازه رناهای ساخته شده از یک ژن، متفاوت دیده می شود.
- **دلیل** تفاوت در اندازهٔ رناهای در حال ساخت از روی یک ژن: زیرا در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی از روی این ژن هستند.
- در تصاویر (تصویر های گرفته شده به کمک میکروسکوپ الکترونی)، رناها از اندازهٔ کوتاه به بلند دیده می شوند.
- رناهای بلند در حال ساخت از روی یک ژن، در انتهای مراحل رونویسی هستند. (رونویسی از روی ژن زود تر شروع شده است.)
- رناهای کوتاه در حال ساخت از روی یک ژن، در ابتدای مراحل رونویسی هستند. (رونویسی از روی ژن دیرتر شروع شده است.)



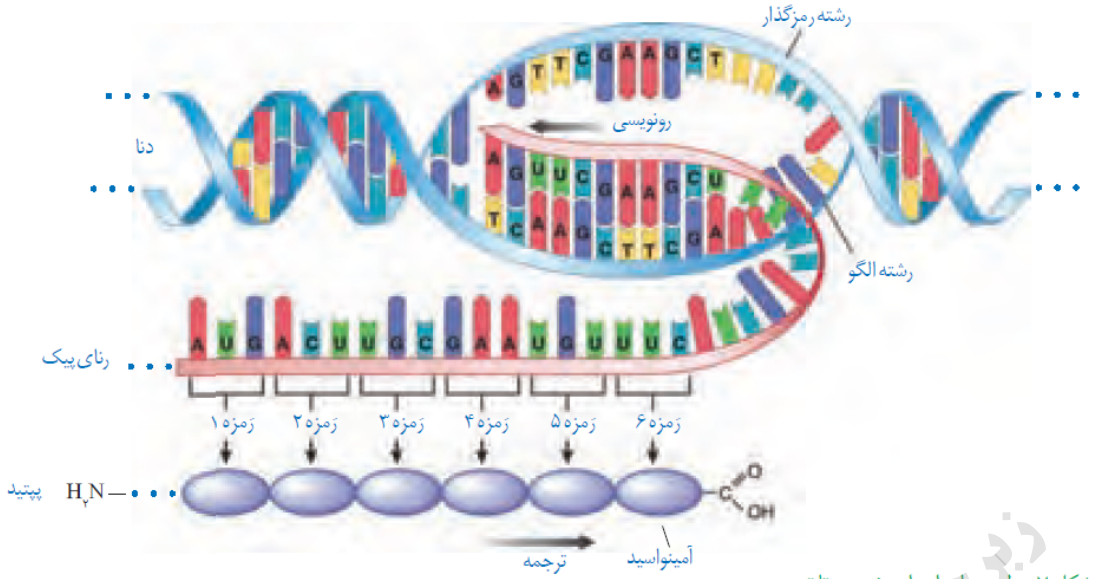
شکل ۶ ــ ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن

گفتار ۲ : به سوی پروتئین

- پلی پپتیدها از مهم ترین فراورده های ژن ها هستند.
- پروتئین ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می دهند.
- ژن ها و پروتئین های حاصل از آن، صفات را ایجاد می کنند.

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به پلی پپتیدی

- در فرایند رونویسی از روی توالی های دنا، رنا ساخته می شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده اند.
- در ساختار پلی پپتیدها، آمینواسید وجود دارد.
- **فرایند ترجمه:** به ساخته شدن پلی پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه گفته می شود.



شکل ۷ــ طرح ساده‌ای از رونویسی تا ترجمه

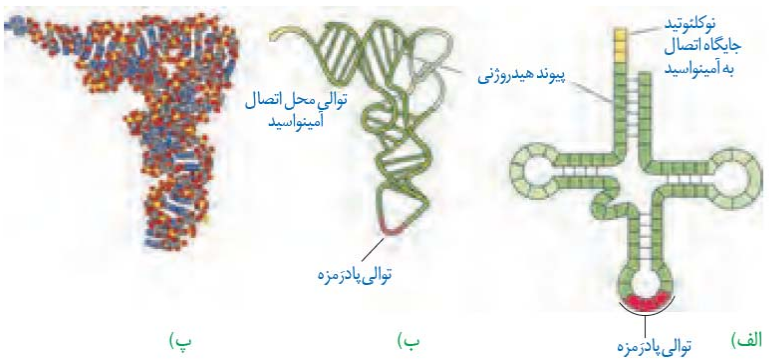
- **رمزه(کدون):** توالی های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک؛ که تعیین می کند کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی پپتید قرار بگیرد.
- در یاخته ۶۴ نوع رمزه(کدون) وجود دارد.
- رمزه آمینواسیدها در همهٔ جانداران یکسان اند.
- **رمزهٔ پایان:** رَمزه های **UAG ، UGA، UAA** هیچ نوع آمینواسیدی را رمز نمی کنند که به آنها رَمزهٔ پایان می گویند.
- حضور رَمزه های پایان در رنای پیک موجب **پایان یافتن عمل ترجمه** می شود.
- **رَمزهٔ آغاز:** توالی **AUG** است. رَمزه ای است که **ترجمه از آن آغاز می شود.** این رمزه، معرف **آمینواسید متیونین** نیز است.

عوامل لازم در ترجمه

- ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است.
- در ترجمه براساس رمزه های رنای پیک (کدون های mRNA)، پلی پپتید خاصی ساخته می شود.
- **مواد اولیه مصرفی** در ترجمه، **آمینواسیدها** هستند.
- **رِناتَن ها(ریبوزوم ها)** و **رناهای ناقل(tRNA)** از **دیگر عوامل لازم** در ترجمه هستند.
- انرژی لازم برای تهیه پلی پپتید هم از مولکول های پر انرژی مانند **ATP** به دست می آید.

ساختار رنای ناقل (tRNA)

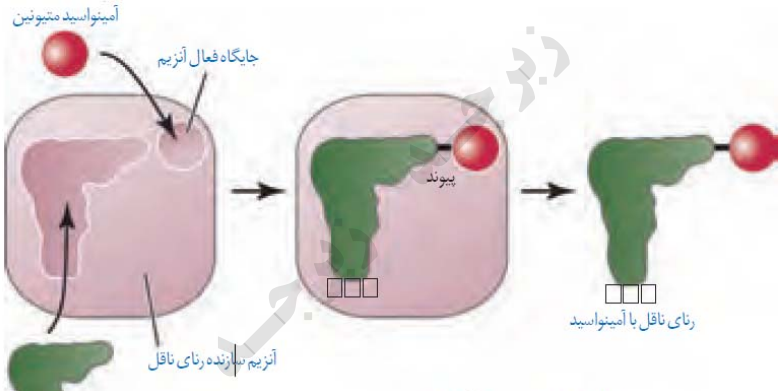
- رنای ناقل(tRNA) مانند سایر رناها پس از رونویسی دچار تغییراتی می شود.
- **در ساختار نهایی** رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل **می توانند** پیوند هیدروژنی ایجاد کنند.
- به دلیل ایجاد پیوند های هیدروژنی، رنای تک رشته ای، روی خود تا می خورد.
- **رنای ناقل در حالت فعال** : تاخوردگی های مجددی پیدا می کند که **ساختار سه بعدی** را به وجود می آورد.
- **در ساختار سه بعدی:**
  - یک بخش محل اتصال آمینواسید است.
  - بخش دیگر، توالی۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه (آنتی کدون)** است.
- **هنگام ترجمه،** این توالی(پادرمزه یا آنتی کدون) با توالی رمزهٔ مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می کند.
- رناهای ناقل(tRNA) به جز در ناحیه پاد رمزه ای، در همه انواع، توالی های مشابهی دارند.
- تعداد انواع پاد رمزه ها(آنتی کدون ها) کمتر از رمزه ها(کدون ها) است؛ **مثلاً** برای رمزه های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.



شکل ۸ ــ رنای ناقل
الف) تاخوردگی اولیه
ب) ساختار سه بعدی
پ) مدل مولکولی رنای ناقل

نحوهٔ عمل رنای ناقل

- آمینواسید به رنای ناقل(tRNA) متصل می شود.
- در یاخته ها، **آنزیم های ویژه ای** وجود دارند که **براساس نوع توالی پادرمزه**(آنتی کدون)، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می کند.
- آنزیم های ویژه، با تشخیص پادرمزه(آنتی کدون) در رنای ناقل(tRNA)، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می کند.
- فرایناتصال آمینواسید به رنای ناقل(tRNA) نیازمند انرژی است.



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

ساختار رِناتَن

- **رِناتَن** در ساخت پلی پپتید نقش دارد.
- رِناتَن ها از **دو زیر واحد** تشکیل شده است.
- **هر زیر واحد** نیز از **رنا** و **پروتئین** تشکیل شده است.
- رنای رِناتَنی (rRNA)به وسیله **رنابسپاراز ۱** (RNAپلیمرازI) ساخته می شود.
- در یاخته، **پروتئین های رِناتَنی**(ریبوزومی) ساخته می شوند.
- رنای مربوط به رناتن ها(ریبوزوم ها) و پروتئین های رناتنی در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رِناتَن(ریبوزوم) را می سازند.

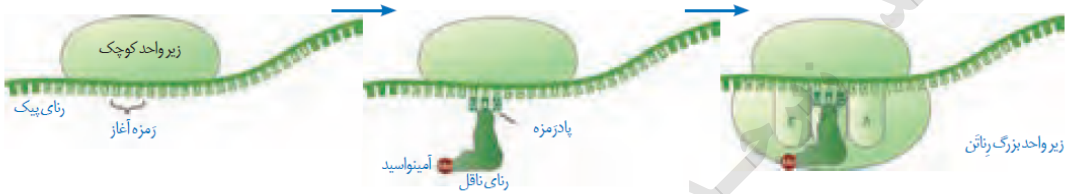
- رِناتَن(ریبوزوم) در ساختار کامل خود، **سه جایگاه** به نام **E و P، A** دارد.

مراحل ترجمه

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

۱- مرحله آغاز

- بخش هایی از رنای پیک(mRNA)، زیر واحد کوچک رِناتَن(ریبوزوم) را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می کند.
- رنای ناقلی(tRNA) که مکمل توالی رمزه آغاز (کدون آغاز) است به رمزهٔ آغاز (کدون آغاز) متصل می شود. (پیوند هیدروژنی)
- با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رِناتَن(ریبوزوم) به این مجموعه (زیر واحد کوچک و رنای پیک(mRNA))، ساختار رِناتَن(ریبوزوم) کامل می شود.
- **جایگاه P** در رِناتَن، محل قرارگیری رنای ناقل(tRNA) دارای آمینواسید است.
- **جایگاه P** در ابتدا توسط رنای ناقل (tRNA)متیونین اشغال می شود.
- **جایگاه A** محل قرارگیری رنای ناقل(tRNA) 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 **جایگاهP** پر می شود و **جایگاه A** و **جایگاه E** خالی می ماند.

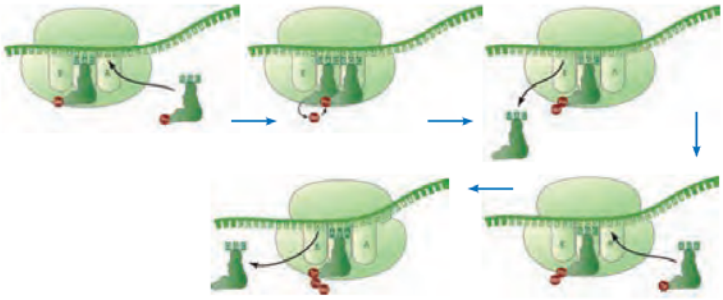


شکل ۱۱ــ مرحله آغاز ترجمه

۲- مرحلهٔ طویل شدن

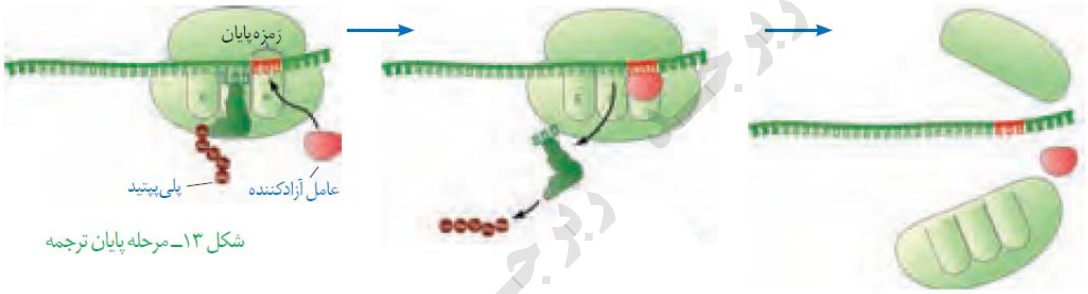
- در این مرحله ممکن است رناهای ناقل(tRNA) مختلفی وارد **جایگاه A** رِناتَن شوند.
- **البته فقط** رنایی که مکمل رمزهٔ(کدون) **جایگاه A** است، استقرار پیدا می کند.
- رنایی که مکمل رمزهٔ(کدون) **جایگاه A** است، استقرار پیدا می کند.
- **سپس** آمینواسیدِ **جایگاه P** از رنای ناقل(tRNA) خود جدا می شود و با آمینواسید **جایگاه A** پیوند برقرار می کند. (**پیوند پپتیدی**)
- پس از آن رِناتَن(ریبوزوم) **به اندازهٔ یک رمزه(کدون)** به سوی رمزه پایان(کدون پایان) پیش می رود.
- رنای ناقل که حامل رشتهٔ پپتیدی در حال ساخت است در **جایگاه P** قرار می گیرد(علت نام گذاری جایگاه P) و **جایگاه A** خالی می شود.
- وقتی **جایگاه A** خالی شود، پذیرای رنای ناقل(tRNA) بعدی خواهد شد.
- رنای ناقل(tRNA) بدون آمینواسید نیز در **جایگاهE** 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 رمزه های پایان (کدون های پایان) برسد.

شکل ۱۲ـ مرحله طویل شدن ترجمه



۳- مرحلهٔ پایان

- با ورود یکی از رمزه های پایان ترجمه در **جایگاه A**، این جایگاه توسط پروتئین هایی به نام **عوامل آزادکننده** اشغال می شود.
- برای رمز های پایان(کدون های پایان)، رنای ناقل مکمل وجود ندارد. (رمز های پایان، پادرمزهٔ(آنتی کدون) مکمل ندارند.)
- **عوامل آزادکننده** باعث جا شدن پلی پپتید از آخرین رنای ناقل(tRNA) می شوند.
- **عوامل آزادکننده** باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن(ریبوزوم) از هم و آزاد شدن رنای پیک(mRNA) می شوند.
- زیرواحدهای رِناتَن ها(ریبوزوم) می توانند مجددًا این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی پپتید ساخته شود.

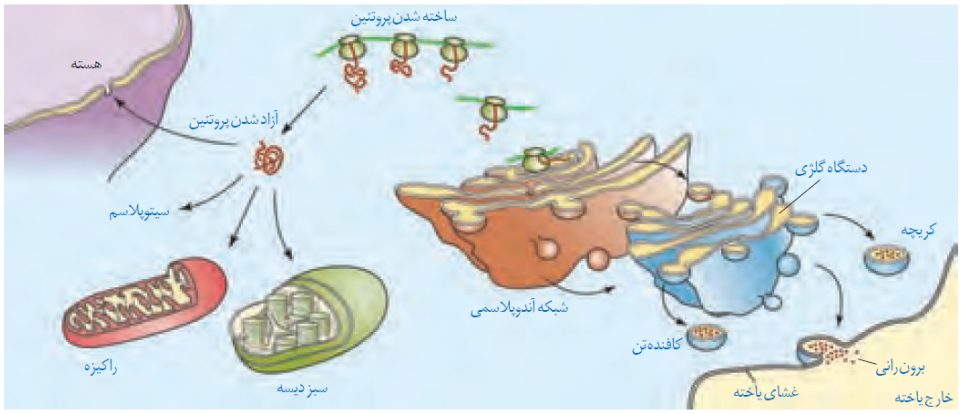


شکل ۱۳ـ مرحله پایان ترجمه

محل پروتئین سازی و سرنوشت آنها

- **ممکن است** پروتئین ها در بخش های مختلفی از یک یاخته ساخته شوند.
- به طور کلی پروتئین سازی در هر بخشی از یاخته که رِناتَن ها(ریبوزوم ها) حضور داشته باشند می تواند انجام شود.
- پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت های مختلفی پیدا می کنند.
- **بعضی از پروتئین ها** به شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می روند و **ممکن است:**
  - **برای ترشح، به خارج از سلول بروند.**
  - **به بخش هایی مثل کُریچه (واکوئل) وکافنده‌تن(لیزوزوم) بروند.**
- **بعضی از پروتئین ها** در سیتوپلاسم می مانند.
- **بعضی از پروتئین ها** به راکیزه(میوکندری)، هسته و یا دیسه ها (پلاست ها) می روند.
- **براساس مقصدی که پروتئین باید برود،** توالی های آمینواسیدی در آن پروتئین خاص وجود دارد که آن پروتئین را به مقصد خود هدایت

شکل ۱۴ــ سرنوشت پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم



سرعت و مقدار پروتئین سازی

- به طور کلی **سرعت و مقدار پروتئین سازی** در یاخته ها بسته به نیاز یاخته، تنظیم می شود.
- **در پیش هسته ای ها** پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک (mRNA) آغاز شود.
- **طول عمر رنای پیک** (mRNA) در یاخته های پیش هسته ای(پروکاریوت) کم است.
- **برای پروتئین هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند،** ساخت پروتئین ها، به طور هم زمان و پشت سر هم توسط مجموعه ای از رِناتَن ها انجام می شود. اگر پروتئینی به مقدار بیشتری مورد نیاز باشد، مجموعه ای از رِناتَن ها تعداد بیشتری از آن پروتئین را در واحد زمان می سازند.
- **در این مجموعه(مجموعه ای از رناتن ها)** ، رِناتَن ها مانند دانه های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه ها می گذرد.
- همکاری جمعی رِناتَن ها به پروتئین سازی **سرعت بیشتری** می دهد.
- **در یاخته های هوهسته ای ها(یوکاریوت)،** تجمع رِناتَن ها نیز دیده می شوند.
- **در یاخته های هوهسته ای ها،** ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد.
- ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب، موجب فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست.
- در مجموع، این عوامل(ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب) موجب طولانی تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می شود

فصل ۳ : تنظیم بیان ژن

- همه یاخته های پیکری بدن از تقسیم رشتمان(تقسیم میتوز) یاخته تخم ایجاد می شوند.
- یاخته های حاصل از یک تخم، از نظر فام تنی (کروموزومی) و ژن ها یکسان اند.
- در ادامهٔ تقسیمات و رشد جنین، یاخته های متفاوتی ایجاد می شوند که اعمال مختلفی انجام می دهند.
- یاخته های عصبی و ماهیچه ای بدن یک فرد، ژن های یکسانی دارند **ولی** دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند.
- **دلیل تفاوت در یاخته های حاصل از یک تخم:** در هر یاخته تنها تعدادی از ژن ها فعال و سایر ژن ها غیر فعال هستند.
- **بیان ژن (روشن شدن ژن):** هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است.
- **بیان نشدن ژن (خاموش شدن ژن):** ژنی که مورد استفاده قرار نمی گیرد خاموش است و به اصطلاح بیان نشده.
- مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن **در یاخته های مختلف یک جاندار** ممکن است فرق داشته باشد .
- مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن **در یک یاخته** از یک جاندار هم نیز بسته به نیاز متفاوت است.
- **فرایندهای تنظیم بیان ژن:**
  - **تعریف:** به فرایندهایی که تعیین می کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن ها بیان شوند و یا بیان نشوند.
  - **تنظیم بیان ژن** فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند.
  - **تنظیم بیان ژن** موجب می شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد.
    - **مثال:** در گیاه، نور می تواند باعث فعال شدن ژن سازندهٔ آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی شود .
  - **تنظیم بیان ژن** می تواند موجب ایجاد یاخته های مختلفی از یک یاخته شود.
    - **مثال:** یاخته های متفاوتی که از یاخته های بنیادی مغز استخوان ایجاد می شوند.

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت ها

- **محصول ژن**، رنا و پروتئین است.
- تغییر در فعالیت ژن ها، بر ساخت رنا و پروتئین نیز اثر می گذارد.
- تنظیم بیان ژن در پروکاریوت ها می تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد.
- ولی **به طور معمول** تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ **رونویسی** انجام می شود.
- در مواردی هم **ممکن است** یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

تنظیم رونویسی در پروکاریوت ها

- **عواملی** به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز کمک می کنند و یا از این کار جلوگیری می کنند.
- کمک **عواملی** به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز، رونویسی از ژن را تسهیل می کند.
- جلوگیری **عواملی** از پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز، رونویسی از ژن را ممانعت می کند.
- **مثال:** با اتصال پروتئین های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنابسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می شود.
- نمونهٔ این نوع تنظیم، در نوعی **باکتری به نام اشرشیا کلای** شناخته شده است.
- قند مصرفی ترجیحی باکتری اشر شیا کلای **گلوکز** است.

- اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند **لاکتوز** وجود داشته باشد، باکتری می تواند از این قند استفاده کند.
- لاکتوز متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم های لازم برای مصرف لاکتوز نیز متفاوت است.
- **وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد:** تولید آنزیم های تجزیه کننده لاکتوز
- **وقتی لاکتوز در محیط وجود ندارد یا کاهش یافته است:** توقف یا کاهش تولید آنزیم های تجزیه کننده لاکتوز
- در پیش هسته ای ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می شود.

تنظیم منفی رونویسی

- **در تنظیم منفی رونویسی**
  - رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه اندازِ ژن شروع می شود.
  - اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی شود.
- **پروتئین مهار کننده:** مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده است.
- **پروتئین مهارکننده** به توالی خاصی از دنا به نام **اپراتور** متصل می شود و **جلوی حرکت رنابسپاراز را می گیرد.**
- **لاکتوز** موجود در محیط، به باکتری وارد می شود و با **اتصال به مهارکننده**، شکل آن را تغییر می دهد.
- **تغییر شکل مهارکننده،** آن را از اپراتور جدا می کند و نیز مانع از اتصال مهارکننده به اپراتور می شود.
- با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می تواند رونویسی ژن ها را انجام دهد.
- محصولات این ژن ها تجزیه لاکتوز را ممکن می کند.

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

تنظیم مثبت رونویسی

- در این نوع تنظیم، **پروتئین های خاصی** به رنابسپاراز کمک می کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.
- مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد.
- اگر در محیط باکتری، **قند مالتوز** وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم هایی ساخته می شوند که در تجزیهٔ مالتوز دخالت دارند.
- **در عدم حضور مالتوز** این آنزیم ها ساخته نمی شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.
- تنظیم رونویسی در مورد ژن هایی که منجر به تولید آنزیم های تجزیه کنندهٔ مالتوز می شوند، **به صورت مثبت** انجام می شود.
- **در حضور قند مالتوز،** انواعی از پروتئین به نام **فعال کننده** وجود دارند که به توالی های خاصی از دنا متصل می شوند.
- توالی هایی خاصی از دنا که پروتئین **فعال کننده** به آن متصل می شود، **جایگاه اتصال فعال کننده** گفته می شود.
- **در حضور مالتوز در محیط،** پروتئین فعال کننده به جایگاه خود(**جایگاه اتصال فعال کننده**) متصل می شود.
- **پس از اتصال،** پروتئین فعال کننده به رنابسپاراز کمک می کند تا به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.

- عاملی که سبب می شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد، **مالتوز** است.
- **اتصال مالتوز به فعال کننده** باعث پیوستن فعال کننده به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می شود.

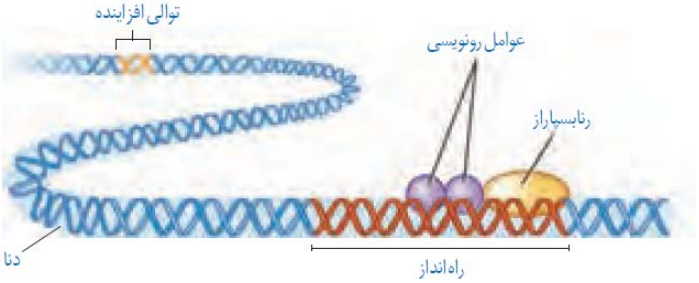
شکل ۱۷ــ تنظیم مثبت رونویسی ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز

تنظیم بیان ژن در هو هسته ای ها

- تنظیم بیان ژن در هو هسته ای(یوکاریوت) ها پیچیده تر از پیش هسته ای(پروکاریوت) هاست.
- تنظیم بیان ژن در هو هسته ای ها می تواند در مراحل بیشتری انجام شود.
- یاخته های هو هسته ای به وسیلهٔ غشاها به بخش های مختلفی تقسیم شده اند.
- اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید عوامل به طریقی از غشاها عبورکنند و ژن ها را تحت تأثیر قرار دهند.
- در یاخته های هو هسته ای، **بیشتر** ژن ها درهسته و **برخی** در راکیزه و دیسه ها قرار دارند.
- در هر یک از این محل ها (هسته، راکیزه، دیسه)، یاخته می تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد.
- تنظیم بیان ژن در هو هسته ای ها می تواند در مراحل متعددی انجام شود.

تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ رونویسی

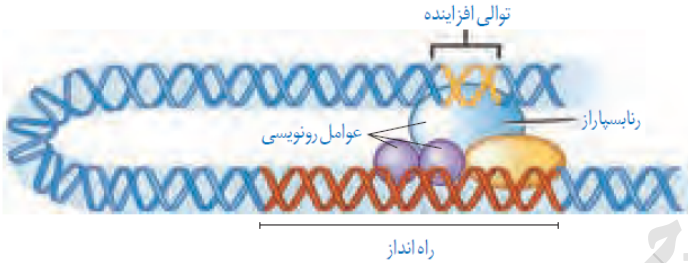
- در هو هسته ای ها نیز مانند پیش هسته ای ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه انداز آغاز می شود.
- **عوامل رونویسی:**
  - در هو هسته ای ها رنابسپاراز نمی تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند.
  - در هو هسته ای ها رنابسپاراز برای پیوستن به راه انداز نیازمند پروتئین هایی به نام عوامل رونویسی هستند.
  - گروهی از عوامل رونویسی با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه انداز هدایت می کنند.
  - چون تمایل پیوستن عوامل رونویسی به راه انداز در اثر عواملی تغییر می کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می کند.



شکل ۱۸ــ تنظیم بیان ژن در هو هسته ای ها

- **توالی افزاینده :**

- در هو هسته ای ها ممکن است **عوامل رونویسی دیگری!** به بخش های خاصی از دنا به نام توالی افزاینده متصل شوند.
- با پیوستن **عوامل رونویسی دیگر!** به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می گیرند.
- کنار هم قرارگیری این عوامل (عوامل رونویسی و عوامل رونویسی دیگر!)، سرعت رونویسی را افزایش می دهند.
- توالی های افزاینده متفاوت از راه انداز هستند و **ممکن است** در فاصلهٔ دوری از ژن قرار داشته باشند.
- اتصال این پروتئین ها(عوامل رونویسی) بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است.



شکل ۱۹ــ توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به ان

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

- در هو هسته ای ها تنظیم بیان ژن می تواند پیش از رونویسی یا پس از رونویسی انجام شود.
- **مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی:**
  - اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک
  - با این اتصال، از کار رِناتَن(ریبوزوم) جلوگیری می شود.
  - در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می شود.
- **مثالی از تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی:**
  - این روش در سطح فام تنی(کروموزومی) است.
  - به طور معمول بخش های فشرده فام تن کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می گیرند.
  - یاخته ها می تواند با تغییر در میزان فشردگی فام تن در بخش های خاصی، دسترسی رنا بسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند.
- **روش های دیگر تنظیم بیان ژن :**
  - ارتباط به طول عمر رنای پیک دارد.
  - افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می شود.
  - این فرایندها (افزایش طول عمر رنای پیک) در میزان پروتئین سازی مؤثر خواهند بود.
- **شیوه های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آنها ناشناخته است.**

۰۹۱۱ ۲۷۶ ۲۷۵ ۱