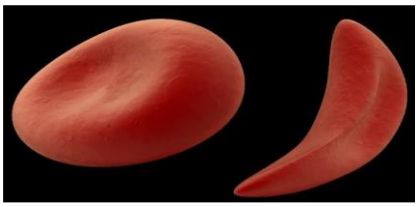
مقدمه



۱- **کم خونی داسی شکل نوعی بیماری ارثی است.**

- علت بیماری کم خونی داسی نوعی تغییر ژنی است ← که باعث می شود پروتئین هموگلوبین آن دچار تغییر شود ← در نتیجه شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل تغییر کند.

تغییر ژنی که منجر به کم خونی داسی شکل می شود، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید DNA در افراد بیمار تغییر یافته است. (در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار می گیرد.)

- این بیماری به نوعی، رابطه بین ژن و پروتئین را نشان می دهد.

گفتار ۱ : رونویسی

۲- **یادآوری:**

- واحد سازنده مولکول DNA ← نوکلئوتید
- واحد سازنده پلی پپتیدها ← آمینواسید

۳- چون دستورالعمل ساخت پلی پپتیدها در مولکول DNA قرار دارد← باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

۴- **چگونگی تعیین نوع آمینواسیدهای پلی پپتید، توسط DNA**

- مولکول DNA ← ۴ نوع نوکلئوتید دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند.
- پلی پپتیدها ← از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده اند.

پس از پژوهش‌هایی مشخص شد: هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای DNA، بیانگر نوعی آمینو اسید است← با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در DNA، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود که می‌توانند رمز ساخت پلی پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

۵- **نقش مولکول RNA به عنوان میانجی**

پلی پپتیدها بر اساس اطلاعات DNA و توسط ریبوزوم ها، در سیتوپلاسم ساخته می شوند.

علت نیاز به یک مولکول میانجی (رنا) هنگام پروتئین سازی

۱- در سلول‌های دارای هسته (یوکاریوت ها) ریبوزوم‌ها درون هسته حضور ندارند. ← فرایند ساخت پلی پپتید در هسته انجام نمی‌شود.

۲- اطلاعات DNA برای ساخت پلی پپتید ضروری است و DNA هم از هسته خارج نمی شود.

۶- **سوال:** دستورات ساخت پلی پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می شود؟

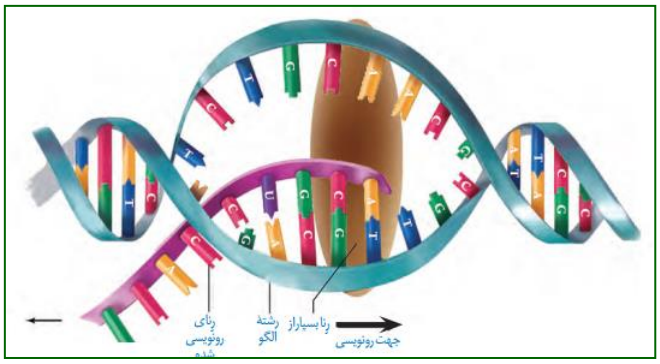
پاسخ: RNA رابطه بین DNA و پروتئین را برقرار می کند.

DNA→ RNA →پروتئین

۷- **یادآوری:** انواعی از RNA در سلول وجود دارند که در پروتئین سازی نقش دارند.

- **رنای پیک:** اطلاعات DNA را به ریبوزوم ها در سیتوپلاسم حمل می کند.
- **رنای ناقل:** آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین سازی به سمت ریبوزوم ها می برند.
- **رنای ریبوزومی:** در ساختار ریبوزوم ها شرکت دارد.

۸- **رونویسی:** ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشته DNA



۹- **شباهت همانند سازی و رونویسی**

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است ← در رونویسی مشابه با همانندسازی، با توجه به نوکلئوتیدهای رشته DNA، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره RNA قرار می گیرد و به هم متصل می شوند.

۱۰- **چند تفاوت بین همانند سازی و رونویسی**

۱) همانند سازی از رویِ تمامِ هر دو رشته DNA صورت می‌گیرد ولی رونویسی، از روی بخشی از یک رشته DNA صورت می‌گیرد.

۲) محصول همانندسازی مولکولی از جنس DNA است ولی محصول رونویسی مولکولی از جنس RNA است.

۳) همانندسازی در هر چرخه سلولی یک بار انجام می شود اما رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته RNA ساخته شود.

۴) همانندسازی ویرایش دارد اما رونویسی ندارد.

۱۱- **آنزیم های ویژه ای رونویسی را تسهیل می کنند.**

رونویسی با کمک آنزیم هایی به نام کلی **RNA پلی مراز (رِنابسپاراز)** صورت می گیرد.

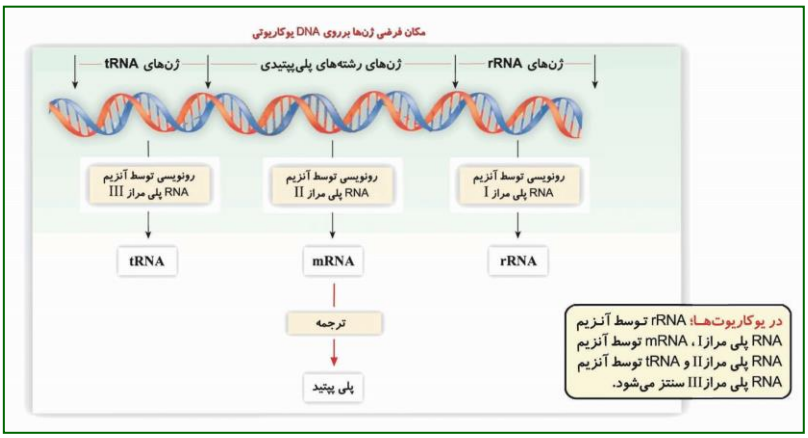
پروکاریوت ها: یک نوع RNA پلی مراز دارند ← ساخت انواع RNA را برعهده دارد.

یوکاریوت ها: انواعی از RNA پلی مراز دارند.

۱- RNA پلی‌مراز I: رونویسی از ژن‌های مربوط به rRNA (ساخت رنای رِناتَنی)

۲- RNA پلی‌مراز II: رونویسی از ژن‌های مربوط به mRNA (ساخت رنای پیک)

۳- RNA پلی‌مرازIII: رونویسی از ژن‌های مربوط به tRNA (ساخت رنای ناقل)



۱۲- **راه انداز:**

توالی های نوکلئوتیدی ویژه ای ازDNA است که، RNA پلی مراز آن را شناسایی می‌کند، تا رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود.

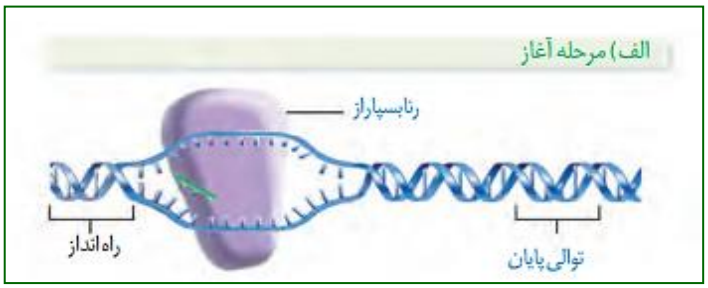
نقش راه انداز: راه انداز موجب می شود RNA پلی مراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و رونویسی را از آنجا آغاز کند.

۱۳- **مراحل رونویسی :** رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله تقسیم می کنند.

* توجه کنید: آنزیم RNA پلی مراز، رونویسی را از بخشی از یک رشته DNA انجام می دهد.

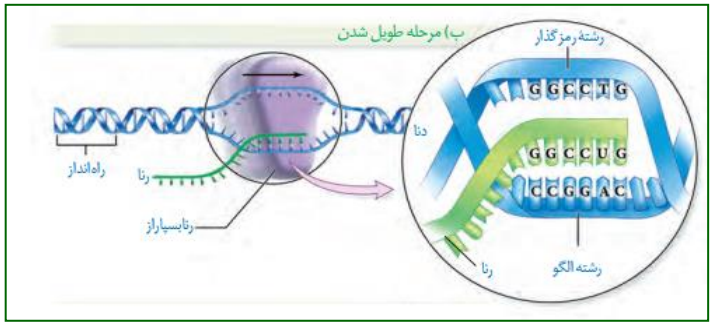
۱- مرحله آغاز رونویسی:

اتصال RNA پلی مراز به قسمتی از دنا به نام راه انداز ← شکستن پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مکمل ← باز شدن بخش کوچکی از دو رشته DNA از یکدیگر ← ساخته شدن زنجیره کوتاهی از RNA



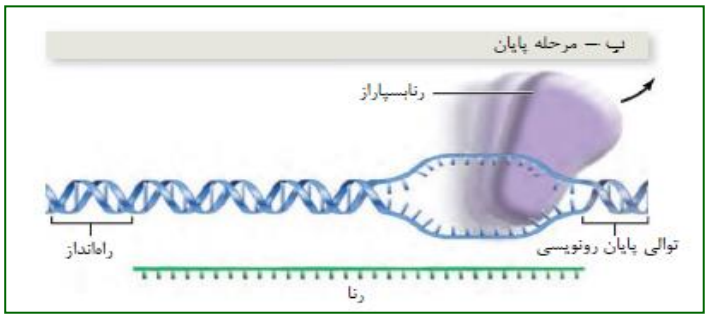
۲- مرحله طویل شدن رونویسی:

- در این مرحله RNA پلی مراز ساخت RNA را ادامه می دهد ← RNA طویل می شود.
- نحوهٔ عمل RNA پلی مراز در زمان رونویسی: با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی DNA، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرارمی‌دهد. (تشکیل پیوند هیدروژنی) و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته RNA متصل می‌کند. (تشکیل پیوند فسفودی استر)
- همچنان‌که مولکول RNA پلی‌مراز جلو می‌رود، دو رشته DNA در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، RNA از DNA جدا می شود و دو رشته DNA مجددا به هم می پیوندند.



۳- مرحله پایان رونویسی:

- توالی پایان رونویسی: در DNA توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی‌توسط آنزیم RNA پلی‌مراز می‌شوند.
- هنگامی که RNA پلی مراز به توالی پایان رونویسی می رسد، آنزیم از مولکول DNA و RNA تازه ساخته جدا می شود و دو رشته DNA به هم متصل می شوند.

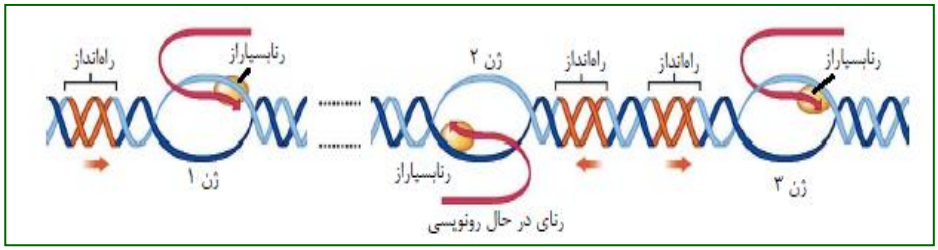


۱۴- فقط یکی از دو رشته DNA در هر ژن رونویسی می شود:

برای هر ژن خاص، فقط یکی از دو رشته رونویسی می‌شود. زیرا اگر رونویسی از روی هر دو رشته DNA صورت بگیرد ← دو نوع mRNA مختلف ساخته می شود ← دستور ساخت دو نوع پلی پپتید مختلف صادر می شود.

توضیح: چون نوکلئوتیدهای دو رشته DNA یکسان نیستند (مکمل هستند نه یکسان) ← RNA های ساخته شده بسیار متفاوت هستند. (دو RNA متفاوت ساخته می شود) ← محصولات (پلی پپتیدهای ساخته شده) از روی این دو رشته RNA قطعا متفاوت خواهند بود.

۱۵- رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن مجاور خود **یکسان** یا **متفاوت** باشد.

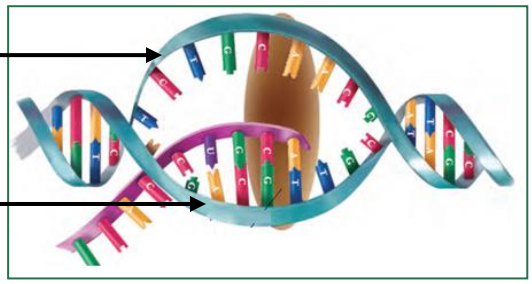


۱۶- **رشته الگو و رشته رمزگذار**

- **رشته الگو:** بخشی از رشته DNA، که مکملِ رشته RNA رونویسی شده است.
- **رشته رمزگذار:** به رشته مکملِ رشته الگو در مولکول DNA رشته رمزگذار گفته می شود. زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته RNAیی است که از روی رشته الگوی آن ساخته می شود.

۱۷- **تفاوت رشته RNA با رشته رمزگذار:**

تفاوت این دو، در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای T در DNA، نوکلئوتید U در RNA قرار دارد.



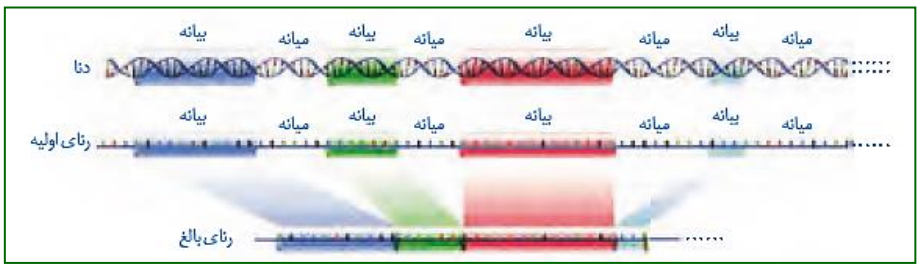
۱۸- **RNA های ساخته شده دچار تغییر می شوند:**

در سلول های یوکاریوتی، RNA ساخته شده در رونویسی با RNAیی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت هـایی دارد. (مولکـول هـای RNA برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می شوند.)

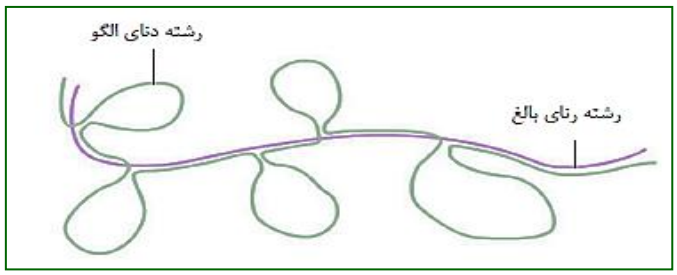
- تغییرات mRNA ممکن است درحین رونویسی و یا پس از رونویسی انجام شود.
- یکی از این تغییرات حذف بخش هایی از مولکول mRNA است.

۱۹- **پیرایش:**

فرآیندی است که در بعضی ژن ها صورت می گیرد. بدین ترتیب که: توالی های معینی از RNAی ساخته شده، جدا و حذف می شود ← سایر بخش ها به هم متصل می شوند ← یک mRNA یک پارچه ساخته می شود.



۲۰- فرایند پیرایش هنگامی آشکار شد که: دانشمندان یک mRNA درون سیتوپلاسم را با رشته الگوی ژن آن در DNA مجاور هم قرار دادند و مشاهده نمودند که بخش‌هایی از DNA الگو با RNA رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند ← این بخش ها به صورت حلقه هایی بیرون از مولکول دو رشته ای قرار می گیرند. (میانه ها)



۲۱- **میانه (اینترون) و بیانه (اگزون)**

میانه (اینترون) :
بخش هایی که درمولکول DNA وجود دارد ولی رونوشت آن ها در mRNA سیتوپلاسمی حذف می شود.

بیانه (اگزون) :
بخش هایی که درمولکول DNA وجود دارد و رونوشت آن ها در mRNA سیتوپلاسمی حذف نمی شود.

۲۲- **RNA نابالغ و RNA بالغ**

RNA اولیه = RNA نابالغ :
محصول مستقیم RNA پلی مراز است. یعنی RNA تازه رونویسی شده از رشته الگو، که دارای ونوشت های اینترون DNA است.

RNA بالغ :
RNA نابالغ پس از تغییراتی مثل حذف رونوشت‌های اینترون، به RNA بالغ تبدیل می شود و برای ترجمه به سیتوپلاسم فرستاده می شود.

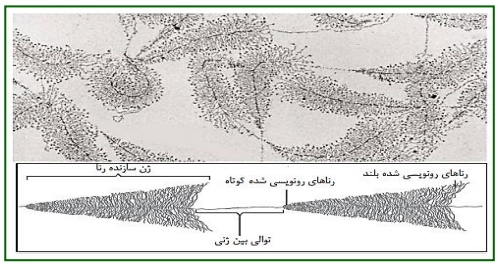
۲۳- **شدت و میزان رونویسی**

میزان رونویسی از روی یک ژن بستگی به ← مقدار نیاز سلول به فراورده های حاصل از آن ژن دارد.

بعضی ژن ها، مانند ژن های سازنده rRNA (رنای رِناتَنی) در سلول های تازه تقسیم شده بسیار فعال هستند. ← زیرا باید تعداد زیادی از این نوع RNA را بسازند. در این نوع ژن ها، هم زمان تعداد زیادی RNA پلی مراز از ژن رونویسی می کنند.

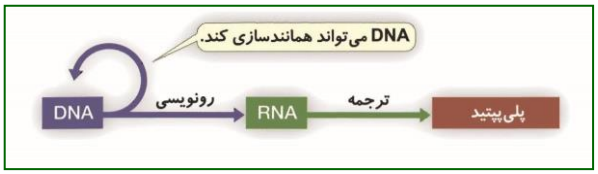
۲۴- **ساختار پرمانند:** هنگام ساخته‌شدن همزمان چند RNA از روی یک ژن در زیر میکروسکوپ، ساختار پرمانندی دیده می‌شود. به این دلیل که در هر زمان، RNA پلیمرازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند ← اندازه RNAهای ساخته شده، متفاوت است.

در ساختار پر مانندِ ایجاد شده در هنگام رونویسی:



- خط افقی میانی، DNA ای است که از روی آن رونویسی در حال انجام است.
- رشته های منشعب RNAهایی هستند که در حال ساخته شدن هستند.
- قسمتی که کوچکترین RNA را دارد، ابتدای رونویسی است.(رشته های بلند زودتر رونویسی شده اند) ← جهت رونویسی از سمت RNAهای کوتاهتر به سمت RNAهای بلندتر است.
- رشته های mRNA کوتاهتر به ناحیه راه انداز و رشته های بلندتر به جایگاه پایان رونویسی نزدیکتر هستند.

گفتار ۲ : به سوی پروتئین



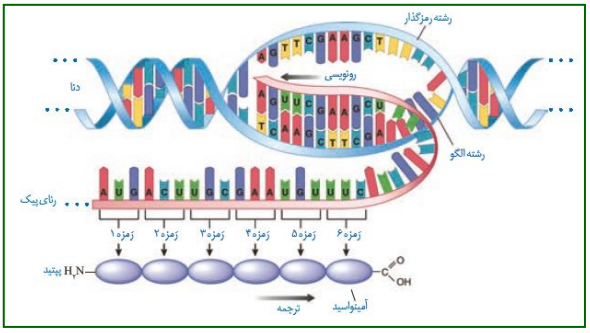
۲۵- **یادآوری :** همانندسازی ← ساخته شدن DNA از روی DNA

رونویسی ← ساخته شدن RNA از روی DNA

ترجمه ← ساخته شدن پلی پپتید از روی RNA

۲۶- **عوامل لازم در ترجمه**
- کدون های mRNA (رمزه های رنای پیک)
- انواع اسیدهای آمینه در سیتوپلاسم سلول
- tRNA حامل اسیدهای آمینه
- ریبوزوم ها (رِناتَن ها)
- ATP (انرژی لازم برای تهیه پلی پپتید)

۲۷- **رمزه (کُدون)**
- **تعریف:** توالی های ۳ نوکلئوتیدی روی mRNA که تعیین می کند کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی پپتید قرار بگیرد.
- در سلول ۶۴ نوع رمزه (کدون) وجود دارد.
- **کُدون های پایان** ← UAG - UAA - UGA
  - هیچ آمینواسیدی را رمز نمی کنند.
  - حضور این کدون ها در mRNA موجب پایان یافتن عمل ترجمه می شود.
- **کُدون آغاز** ← AUG
  - ترجمه با این کدون آغاز می شود.
  - AUG، معرف آمینو اسید متیونین است.

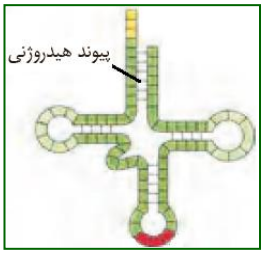


طرح ساده ای از تشکیل شدن پلی پپتید ←

۲۸- **ساختار tRNA (رنای ناقل):** tRNA پس از رونویسی دچار تغییراتی می شود.

ساختار tRNA (رنای ناقل)

دو بخش اصلی tRNA
- ۱- محل اتصال آمینواسید
- ۲- توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام پادرمزه (آنتی کدون)



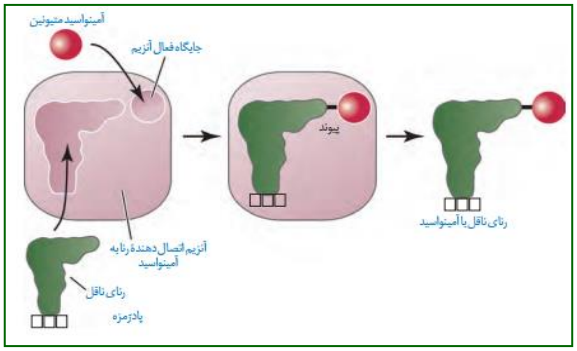
۱- در ساختار نهایی tRNA، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. ← RNA تک رشته ای، روی خود تا می خورد و ساختاری شبیه برگ شبدر را به وجود می‌آورد. ←معروف به ساختار برگ شبدری

۲- tRNA در حالت فعال تاخوردگی های مجددی پیدا می کند که ساختار سه بعدی شبیه حرف L را ایجاد می کند. ← معروف به ساختار L

۲۹- **دقت کنید:** توالی سه نوکلئوتیدی روی mRNA ← رمزه (کدون) و توالی سه نوکلئوتیدی روی tRNA ← پادرمزه (آنتی کدون)

*رمزه و پادرمزه (کدون و آنتی کدون) مکمل هم هستند.

*هنگام ترجمه، توالی کدون با توالی آنتی کدون پیوند هیدروژنی برقرار می کند.



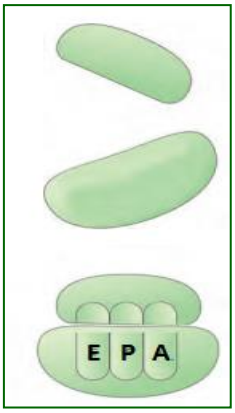
۳۰- **اتصال آمینواسید به رنای ناقل:**

نوع توالی آنتی کدون هر tRNA، تعیین کنندهٔ نوع آمینواسید متصل به آن است.

*در سلول ها، آنزیم های ویژه ای وجود دارند که بر اساس نوع توالی آنتی کدون، آمینواسید مناسب پیدا کرده و به RNA ناقل متصل می کنند. (این فرایند نیازمند انرژی است.)

۳۱- **ریبوزوم (رِناتَن)**

- ریبوزوم = rRNA + پروتئین
- ریبوزوم از ۲ زیر واحد (یکی کوچک و دیگری بزرگ) تشکیل شده است که هر زیر واحد نیز شامل RNA و پروتئین می باشد.
- RNA ریبوزومی توسط RNAپلیمراز ۱ ساخته می شود.
- در سلول پروتئین‌های ریبوزومی ساخته شده و RNAی مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ ریبوزوم را می سازد.
- ریبوزوم در ساختار کامل، سه جایگاه به نام A و P و E دارد.



ترتیب قرارگیری زیرواحدهای ریبوزوم

۳۲- **مراحل ترجمه**: ترجمه فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله تقسیم می کنند:

۱- مرحله آغاز ترجمه ۲- مرحله طویل شدن ترجمه ۳- مرحله پایان ترجمه

۳۳- **مرحله آغاز ترجمه**

۱- بخش هایی از mRNA، زیر واحد کوچک ریبوزوم را به سوی کدون آغاز(AUG) هدایت می کند. (اتصال بخش کوچک‌تر ریبوزوم در مجاورت کدون آغاز به mRNA)

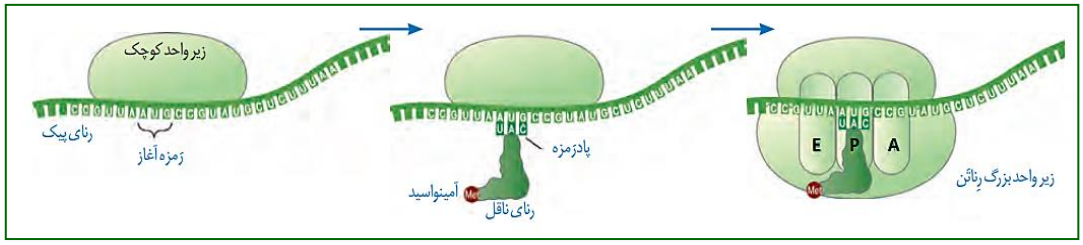
۲- در این محل tRNA ای که مکمل کدون آغاز است به آن متصل می شود.

(اولینtRNA = tRNA آغازگر= ناقل متیونین، در جایگاه کدون آغاز با AUG رابطه مکملی برقرار می کند.)

۳- با افزوده شدن زیر واحد بزرگ ریبوزوم به این مجموعه، ساختار ریبوزوم کامل می شود.

*در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود. جایگاه E و A خالی می ماند.

*در مرحله آغاز جایگاه P محل قرارگیری tRNA حامل آمینواسید متیونین است.



۳۴- مرحله طویل شدن ترجمه

۱- tRNA ای که مکمل کدون موجود در جایگاه A است، در جایگاه A مستقر می شود.

*در این مرحله ممکن است tRNA های مختلفی وارد جایگاه A ریبوزوم شوند ولی فقط tRNA ای که مکمل کدون جایگاه A است، استقرار پیدا می کند. اگر tRNA ورودی مکمل کدون نباشد، جایگاه را ترک می کند.

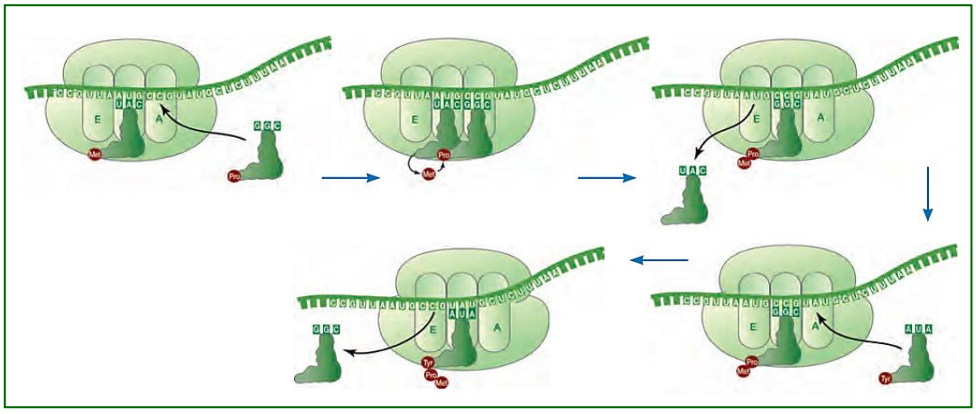
۲- آمینواسیدِ جایگاه P از tRNA خود جدا می‌شود (شکست پیوند کووالان) و با آمینواسید جایگاه A پیوند برقرار می‌کند. (پیوند پپتیدی)

۳- پس از آن ریبوزوم به اندازهٔ یک کدون به سوی کدون پایان پیش می رود.

۴- در این موقع tRNA ای که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرارمی گیرد و جایگاه A خالی می شود تا tRNAی بعدی که حامل آمینواسید جدید است، وارد شود.

۵- tRNA بدون آمینواسید در جایگاه E وارد شده و سپس از این جایگاه خارج می شود.

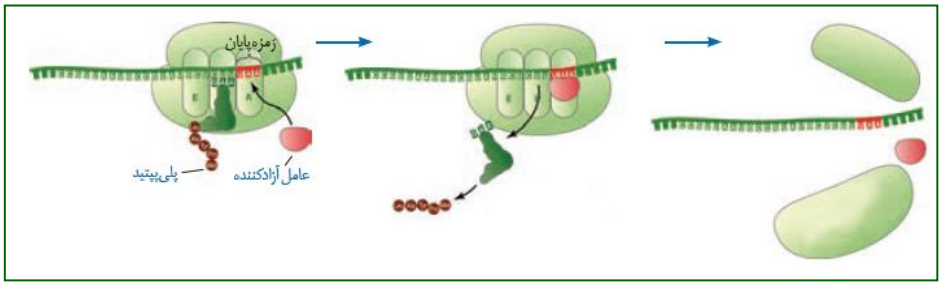
۶- این فرایند بارها تکرار می شود و طول زنجیرهٔ آمینو اسیدی بیشتر می شود تا ریبوزوم به یکی از کدون های پایان برسد.



۳۵- مرحله پایان ترجمه

یکی از کدون های پایان ترجمه به جایگاه A ریبوزوم وارد می شود. ← از آنجایی که برای هیچکدام از۳ کدون پایان، tRNA مکملی وجود ندارد.← به جای tRNA حامل آمینواسید، پروتئینی به نام عامل آزاد کننده وارد جایگاه A می شود.

عامل آزاد کننده باعث:
- ۱- جدا شدن پلی پپتید از آخرین tRNA موجود در جایگاه P می شود.
- ۲- باعث جدا شدن زیر واحدهای ریبوزوم از همدیگر و آزاد شدن mRNA از ریبوزوم می شود.



۳۶- محل پروتئین سازی

پروتئین سازی در هر بخشی از سلول که ریبوزوم ها حضور داشته باشند می تواند انجام شود.

- محل ریبوزوم در سلول‌های پروکاریوتی ← سیتوپلاسم
- محل ریبوزوم در سلول‌های یوکاریوتی ← سیتوپلاسم- روی غشای خارجی هسته - روی شبکه آندوپلاسمی زبر- در ماده زمینه‌ای میتوکندری – در ماده زمینه ای کلروپلاست

۳۷- سرنوشت پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم

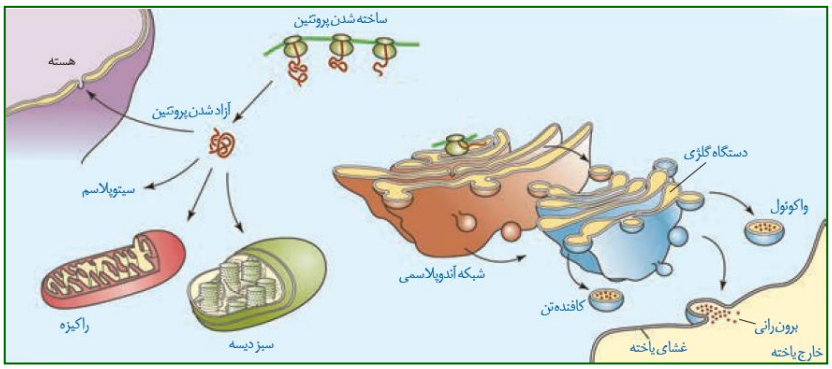
۱- بعضی پروتئین ها درسیتوپلاسم می مانند.

۲- ورود به شبکهٔ آندوپلاسمی← سپس دستگاه گلژی ←
- ۱- ترشح به خارج از سلول (اگزوسیتوز)
- ۲- ورود به واکوئل
- ۳- ورود به لیزوزوم (کافنده تن)

۳- ورود به درون میتوکندری

۴- ورود به درون کلروپلاست

۵- ورود به درون هسته



۳۸- چگونگی تعیین مسیر توسط پروتئین ها:

در هر یک از پروتئین های ساخته شده، توالی های آمینواسیدی وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می کند.

۳۹- سرعت و مقدار پروتئین سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین سازی در یاخته ها بسته به نیاز تنظیم می شود.

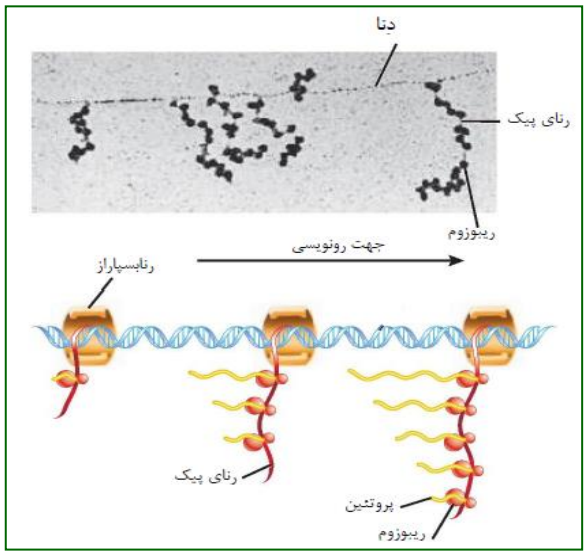
- **سرعت و مقدار پروتئین سازی در پروکاریوت ها:**

۱- پروتئین سازی ممکن است، پیش از پایان رونویسی RNA پیک آغاز شود. زیرا طول عمر RNA پیک در پروکاریوت ها کم است.

۲- همکاری جمعی ریبوزوم ها به پروتئین سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

*در پروکاریوت‌ها ساخت پروتئین‌ها، برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیاز هستند، به طور هم زمان و پشت سرِ هم توسط مجموعه‌ای از ریبوزوم ها (پلی ریبوزوم) انجام می شود ← تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود.

* در این مجموعه (پلی ریبوزوم)، ریبوزوم‌ها مانند دانه‌های تسبیح و RNAپیک شبیه نخی است که از درون این دانه ها می‌گذرد.



- **سرعت و مقدار پروتئین سازی در یوکاریوت ها**

تجمع ریبوزوم‌ها در سلول‌های یوکاریوتی نیز به پروتئین‌سازی سرعت بیشتری می دهد.

*در سلول های یوکاریوتی، ساز و کارهایی برای حفاظت mRNA در برابر تخریب وجود دارد. ← بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست. وجود ساز و کارهای حفاظتی، موجب طولانی‌تر شدن عمر mRNA پیش از تجزیه می‌شود.

فعالیت ۱ :

الف)چه رابطه ای بین طول عمر رنای پیک یاخته ها با میزان پروتئین سازی آنها برقرار است؟

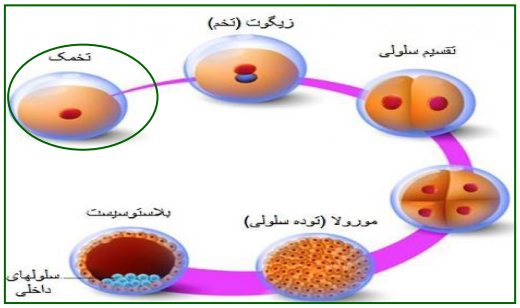
ب) رونویسی و ترجمه در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها را با هم مقایسه کنید.

الف) هر چه میانگین عمر رنای پیک بیشتر باشد میزان محصول یا تعداد پلی پپتیدهای حاصل از ترجمه آن، بیشتر خواهد بود.

مقایسه رونویسی و ترجمه در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها

	رونویسی		ترجمه	
	پروکاریوت	یوکاریوت	پروکاریوت	یوکاریوت
محل انجام	سیتوپلاسم	هسته میتوکندری کلروپلاست	سیتوپلاسم	سیتوپلاسم میتوکندری کلروپلاست
واحد سازنده	ریبونوکلئوتیدها	ریبونوکلئوتیدها	آمینواسیدها	آمینواسیدها
نوع محصول	رنا	رنا	پلی پپتید	پلی پپتید

گفتار ۳ : تنظیم بیان ژن



۴۰- همه سلول‌های پیکری بدن از تقسیم میتوز سلول تخم ایجاد می‌شوند. ← یاخته‌های حاصل، از نظر کروموزومی و ژن ها یکسان هستند. با این حال ← در ادامه تقسیمات و رشد جنین، سلول های متفاوتی ایجاد می شوند که اعمال مختلفی انجام می دهند.

مثلاً : یاخته های عصبی و ماهیچه ای بدن یک فرد، ژن های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند.

۴۱- علت آن که سلول‌هایی با ژن‌های یکسان، می توانند عملکرد و شکل متفاوتی داشته باشند، این است که ← در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن ها غیر فعال هستند.

۴۲- **ژن روشن و ژن خاموش**

ژن روشن← هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است.

ژن خاموش← هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار نگیرد، می گوییم آن ژن بیان نشده و به اصطلاح خاموش است.

۴۳- در سلول‌های مختلف یک جاندار ممکن است: ۱- مقدار ۲- مدت ۳- زمان استفاده از ژن‌ها فرق داشته باشد و حتی در یک سلول هم ۴- بسته به نیاز متفاوت باشد.

مثلا: در سلول های درحال تقسیم، میزان بیان ژن های رمزکننده پروتئین های ریبوزومی زیاد است.

۴۴- **تنظیم بیان ژن**: 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.

۴۵- **نقش تنظیم بیان ژن**

۱- **پاسخ به تغییرات محیطی** ← موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ مناسبی دهد.

مثال: تابش نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازندهٔ آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- **ایجاد تمایز** ← می‌تواند موجب ایجاد سلول‌های مختلفی از یک سلول شود.

مثال: ساختار های متفاوتی که از یاخته های بنیادی مغز استخوان ایجاد می شوند. (انواع گلبول های سفید، گلبول های قرمز و گرده ها)

۴۶- **محصول نهایی گروهی از ژن ها RNA است.** ← مانند ژن رمزکننده rRNA و tRNA

- بیان این ژن ها طی یک مرحله یعنی رونویسی انجام می شود.

محصول نهایی گروهی از ژن ها پروتئین است. ← در این ژن ها ابتدا mRNA و سپس پلی پپتید ساخته می‌شود.

- بیان این ژن ها طی دو مرحله یعنی رونویسی و ترجمه انجام می‌شود.

توجه کنید: اگر در ژنی که محصول نهایی آن پروتئین است، فقط رونویسی انجام شود، نمی‌توانیم بگوییم که این ژن بیان شده است.← زیرا محصول نهایی آن تولید نشده است.

۴۷- تغییر در فعالیت ژن ها، بر ساخت محصولات آن (RNA و پروتئین) اثر می‌گذارد.

۴۸- تنظیم بیان ژن می تواند در هر یک از مراحل ساخت RNA (رونویسی) و پروتئین (ترجمه) صورت بگیرد.

۴۹- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها و پروکاریوت ها دیده می‌شود.

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت ها

۵۰- تنظیم بیان ژن در پروکاریوت ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت RNA و پروتئین تأثیر بگذارد. ولی به طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می شود. در مواردی هم ممکن است سلول با تغییر در پایداری (طول عمر) RNA یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

۵۱- در **تنظیم رونویسی پروکاریوت ها:**

- یک سری عوامل به اتصال RNA پلیمراز به راه انداز ژن و فعالیت آن کمک می کنند ← موجب تسهیل در رونویسی می‌شوند.
- یک سری عوامل مانع حرکت RNA پلیمراز می‌شوند ← موجب ممانعت در رونویسی می‌شوند.

مثال: با اتصال پروتئین های خاصی به بخشی از DNA که سر راه RNA پلیمراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود.

۵۲- **نمونه بارز تنظیم رونویسی پروکاریوت ها،** در باکتری اشرشیاکلای دیده می‌شود که قند مصرفی ترجیحی آن **گلوکز** است.

۵۳- اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز در اختیار باکتری قرار بگیرد ← باکتری می‌تواند از قند لاکتوز استفاده کند.

۵۴- آنزیم های لازم برای مصرف گلوکز با آنزیم های لازم برای مصرف لاکتوز فرق دارد.

- **وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد:**

باکتری باید آنزیم های تجزیه کننده لاکتوز را بسازد. ← ژن های مربوط به آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز (۳ ژن) روشن می‌شود.

- **وقتی لاکتوز در محیط کاهش می یابد:**

باکتری باید ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز را کاهش دهد.← فعالیت ژن‌های مربوط به آنزیم‌های تجزیه‌کننده لاکتوز،کاهش می‌یابد.

- **وقتی لاکتوز درمحیط وجود ندارد:**

باکتری باید ساخت آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز را متوقف کند. ← ژن های مربوط به آنزیم‌های تجزیه کننده لاکتوز خاموش می‌شود.

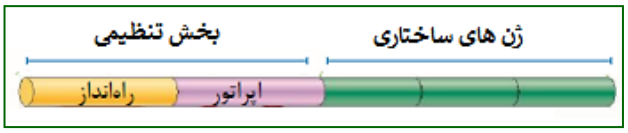
تنظیم رونویسی در پروکاریوت ها به دو صورت انجام می‌شود.

تنظیم منفی رونویسی ← تنظیم مثبت رونویسی

۵۵- تنظیم منفی رونویسی در پروکاریوت ها

- رونویسی با چسبیدن RNA پلیمراز به راه انداز ژن شروع می شود. حال اگر مانعی بر سر راه RNA پلیمراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی شود. ← این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می شود.
- مثال برای تنظیم منفی رونویسی: این نوع تنظیم در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد.

۵۶- ساختار ژن پروکاریوت هایی که تنظیم رونویسی منفی دارند
- یک یا چند ژن
- بخش تنظیمی ژن
  - راه انداز
  - اپراتور

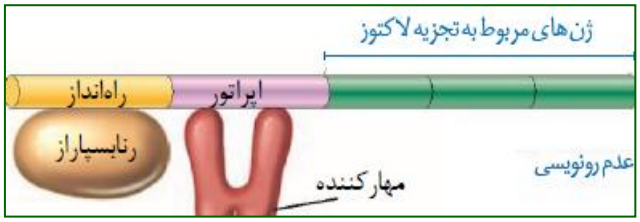


۵۷- **پروتئین مهارکننده :** پروتئین های بزرگی که می توانند به توالی های مخصوصی از DNA به نام اپراتور متصل می شوند.

* چون اپراتور جلوی راه انداز قرار دارد ← اتصال پروتئین مهارکننده به اپراتور سدی پدید می‌آورد که جلوی حرکتRNA پلی‌مراز را می‌گیرد ← رونویسی از ژن انجام نمی گیرد.

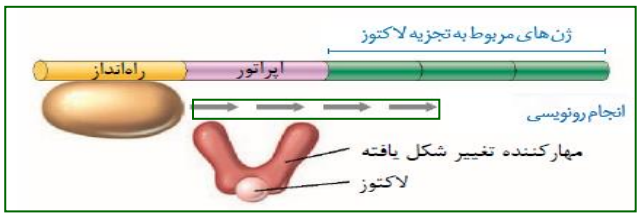
۵۸- مکانیسم خاموش ماندن ژن های تولید کننده آنزیم های لاکتوز در اشرشیاکلی (E.Coli)

وقتی که لاکتوز در محیط حضور ندارد: اتصال پروتئین مهارکننده به اپراتور← ممانعت از حرکت RNA پلی مراز ← عدم رونویسی← عدم تولید mRNA ← عدم تولید آنزیم های لازم برای تجزیه لاکتوز



۵۹- مکانیسم روشن شدن ژن های تولید کننده آنزیم های لاکتوز در اشرشیاکلی

وقتی که لاکتوز در محیط حضور دارد: جذب لاکتوز توسط باکتری← اتصال لاکتوز به پروتئین مهارکننده ← تغییرشکل فضایی مهارکننده ← جدا شدن مهارکننده از اپراتور و ممانعت از اتصال مجدد آن به اپراتور← برداشته شدن مانع از سر راه RNA پلی‌مراز ← انجام رونویسی از روی ۳ ژن ← تولید mRNA ۳ ژنی ←ساخته شدن آنزیم‌های لازم برای تجزیه لاکتوز



۶۰- دقت کنید:

- نبودِ لاکتوز: پروتئین مهارکننده به اپراتور متصل می شود ← عدم رونویسی
- وجود لاکتوز: پروتئین مهارکننده از اپراتور جدا می شود ← انجام رونویسی

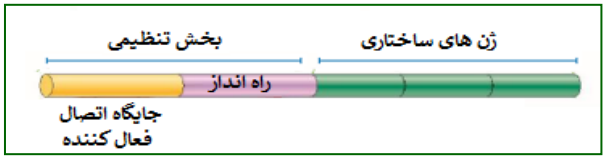
۶۱- تنظیم مثبت رونویسی در پروکاریوت ها

- در نوعی از تنظیم رونویسی، پروتئین های خاصی به RNA پلی مراز کمک می کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.← به این نوع تنظیم، تنظیم مثبت رونویسی گفته می شود.
- مثال برای تنظیم مثبت رونویسی: این نوع تنظیم در باکتری اشرشیاکلای، در ژن‌های مربوط به آنزیم هایِ تجزیه کننده مالتوز، وجود دارد.

۶۲- اگر در محیط باکتری، قند مالتوز وجود نداشته باشد، رونویسی از ژن ها توسط RNA پلیمراز انجام نمی شود ← آنزیم های تجزیه کننده مالتوز ساخته نمی شوند چون باکتری نیازی به آن ها ندارد.

۶۳- ژن های پروکاریوت هایی که تنظیم رونویسی مثبت دارند از ۳ بخش تشکیل شده است:

۱) یک یا چند ژن ساختاری
۲) جایگاه اتصال فعال کننده
۳) راه انداز



- توجه: جایگاه اتصال فعال کننده، قبل از راه انداز قرار دارد.

۶۴- پروتئین فعال کننده: انواعی از پروتئین به نام فعال کننده وجود دارند که به توالی های خاصی از DNA به نام جایگاه اتصال فعال کننده متصل می شوند.

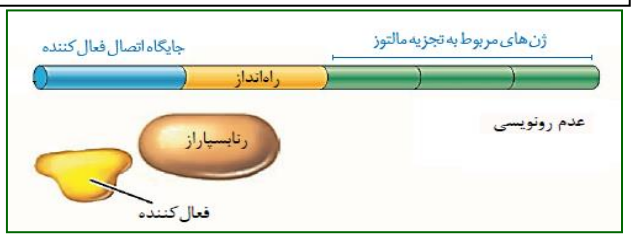
- اتصال فعال کننده به جایگاه اتصال فعال کننده، به RNA پلیمراز کمک می کند تا به راه انداز متصل شود. ← رونویسی از ژن شروع شود.

۶۵- **سوال:** چه عاملی سبب می شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟

پاسخ: وجود قند مالتوز در محیط. (اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال می شود.)

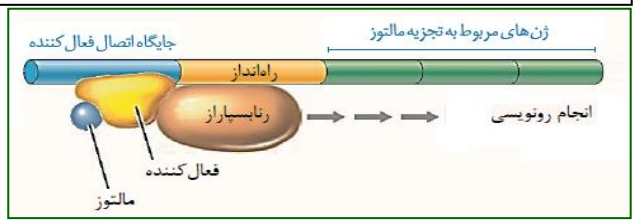
۶۶- **اگر در محیط باکتری اشرشیا کلی، قند مالتوز وجود نداشته باشد:**

عدم اتصال پروتئین فعال کننده به جایگاه اتصال فعال کننده ← عدم اتصال RNA پلی مراز به راه انداز ← عدم رونویسی← عدم تولید mRNA ← عدم تولید آنزیم های لازم برای تجزیه مالتوز



۶۷- **اگر در محیط باکتری اشرشیاکلی، قند مالتوز وجود داشته باشد:**

جذب مالتوز توسط باکتری← اتصال مالتوز به پروتئین فعال کننده ← اتصال مجموعه فعال کننده و مالتوز به جایگاه اتصال فعال کننده ← قرار گرفتن RNA پلی مراز روی راه انداز ← رونویسی از روی ۳ ژن← تولید ۳ mRNA ژنی ← ساخته شدن آنزیم های لازم برای تجزیه مالتوز



۶۸- **دقت کنید:**

- نبودِ مالتوز: پروتئین فعال کننده به جایگاه اتصال فعال کننده متصل نیست ← عدم رونویسی
- وجودِ مالتوز: پروتئین فعال کننده به جایگاه اتصال فعال کننده متصل است ← انجام رونویسی

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها

۶۹- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها پیچیده‌تر از پروکاریوت ها است و می تواند در مراحل بیشتری انجام شود.

- سلول های یوکاریوتی به وسیله غشاها به بخش های مختلفی تقسیم شده اند. ← اگر سلول بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کنند و ژن ها را تحت تأثیر قرار دهند.
- در سلول های یوکاریوتی، بیشتر ژن ها در هسته و برخی در میتوکندری و پلاست ها قرار دارند. ← در هر یک از این محل ها، سلول می تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. ← بنابراین تنظیم بیان ژن می تواند در مراحل متعددی انجام شود.

۷۰- **عوامل رونویسی:**

در یوکاریوت‌ها RNA پلیمراز نمی‌تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند. ← برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام عوامل رونویسی هستند.

۷۱- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها هم در **مراحل رونویسی** و هم در **مراحل غیر رونویسی** انجام می گیرد.

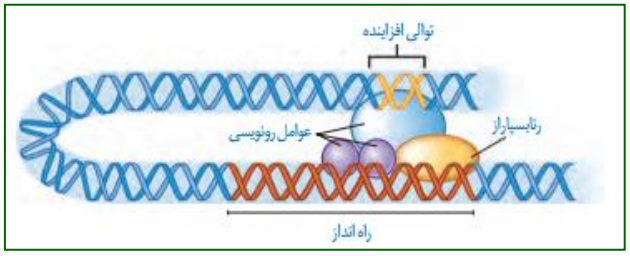
۷۲- **تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی در یوکاریوت ها**

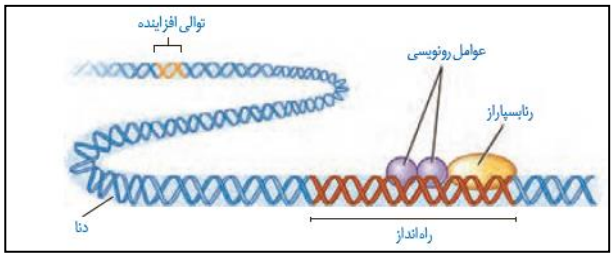
۱- گروهی از عوامل رونویسی به نواحی خاصی از راه انداز متصل می شوند و RNA پلی مراز را به محل راه انداز هدایت می کنند.

*چون تمایل پیوستن این پروتئین ها به راه انداز در اثرعواملی تغییر می کنند ← مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می کند.

۲- عوامل رونویسی دیگری به بخش های خاصی از DNA به نام توالی افزاینده متصل شوند.

۳- با پیوستن عوامل رونویسی به توالی افزاینده در DNA خمیدگی ایجاد می‌شود. ← عوامل رونویسی متصل به راه انداز و عوامل رونویسی متصل به افزاینده در کنار هم قرار می گیرند. ← کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند.





۷۳- در یوکاریوت ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از رونویسی هم انجام شود.

۷۴- **تنظیم بیان ژن در مراحل غیر رونویسی در یوکاریوت ها**

۱- اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک: (تنظیم بیان ژن پس از رونویسی)

با اتصال این رناها، از کار ریبوزوم جلوگیری می‌شود ← عمل ترجمه متوقف می شود ← رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می شود.

۲- تنظیم در سطح کروموزومی: (تنظیم بیان ژن قبل از رونویسی)

معمولا بخش های فشرده کروموزوم،کمتر در دسترس رنابسپاراز قرار می‌گیرند← سلول می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی کروموزوم در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز به ژن مورد نظر را تنظیم کند.

۳- طول عمر رنای پیک:

افزایش طول عمررنای پیک موجب افزایش محصول می شود.