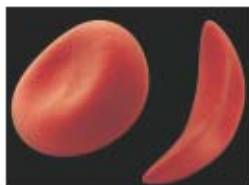


فهرست

فصل اول: مولکول‌های اطلاعاتی		فصل پنجم: از ماده به انرژی	
درس‌نامه	۷	درس‌نامه	۱۷۵
عبارت‌های مفهومی	۴۶	عبارت‌های مفهومی	۱۹۹
عبارت‌های کنکوری	۵۲	عبارت‌های کنکوری	۲۰۴
فصل دوم: جریان اطلاعات در یاخته		فصل ششم: از انرژی به ماده	
درس‌نامه	۵۳	درس‌نامه	۲۰۶
عبارت‌های مفهومی	۹۱	عبارت‌های مفهومی	۲۳۷
عبارت‌های کنکوری	۹۵	عبارت‌های کنکوری	۲۴۱
فصل سوم: انتقال اطلاعات در نسل‌ها		فصل هفتم: فناوری‌های نوین زیستی	
درس‌نامه	۹۷	درس‌نامه	۲۴۲
عبارت‌های مفهومی	۱۱۹	عبارت‌های مفهومی	۲۷۶
عبارت‌های کنکوری	۱۲۳	عبارت‌های کنکوری	۲۸۲
فصل چهارم: تغییر در اطلاعات وراثتی		فصل هشتم: رفتارهای جانوران	
درس‌نامه	۱۲۵	درس‌نامه	۲۸۴
عبارت‌های مفهومی	۱۶۸	عبارت‌های مفهومی	۳۰۹
عبارت‌های کنکوری	۱۷۳	عبارت‌های کنکوری	۳۱۴

پیش‌گفتار

■ گویچه قرمز زیر، متعلق به فردی است که دچار نوعی بیماری ارثی



به نام کم‌خونی داسی‌شکل شده است. این بیماری به علت نوعی تغییر ژن و سپس تغییر پروتئین هموگلوبین حاصل از آن ژن ایجاد می‌شود (نشانگر رابطه بین ژن و پروتئین) ← شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی‌شکل تغییر می‌یابد.

■ این تغییر ژنی (تغییر فقط یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید (DNA) در فرد بیمار، بسیار جزئی است.

■ بعضی از ژن‌ها فقط در یک نوع یاخته بروز می‌کنند؛ مانند ژن سازنده هموگلوبین که فقط در گویچه‌های قرمز بروز کرده و در یاخته‌های دیگر مانند بافت پوششی بروز نمی‌کند!

گفتار ۱ رونویسی

■ واحدهای سازنده مولکول‌های DNA و پلی‌پپتید (پروتئین) به ترتیب نوکلئوتید و آمینواسید هستند.

■ چون دستورالعمل ساخت پلی‌پپتیدها در مولکول DNA قرار دارد ← باید بین نوکلئوتیدهای ژن (DNA) و آمینواسیدهای پلی‌پپتید تولیدشده، ارتباطی برقرار باشد.

(+) زیست ۱۲، فصل ۴ ❶ از مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین سالم و تغییر شکل یافته دریافتند که تفاوت این دو پروتئین فقط در یک نوع آمینواسید است. ❷ از مقایسه ژن‌های هموگلوبین افراد سالم و بیمار درمی‌یابیم که در رمز مربوط به یک آمینواسید هموگلوبین، نوکلئوتید A دار به جای نوکلئوتید T دار قرار می‌گیرد. ❸ سبب بروز بیماری کم‌خونی داسی‌شکل شده است که به این نوع جهش، جهش جانشینی دگر معنا (از انواع جهش‌های کوچک) می‌گویند.

چگونگی تعیین نوع آمینواسیدهای پلی‌پپتید توسط DNA

- هر مولکول DNA، ۴ نوع نوکلئوتید دارد که فقط در نوع بازهای آلی‌شان متفاوت‌اند؛ در حالی که پلی‌پپتیدها ۲۰ نوع آمینواسید دارند.
- هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای DNA، تعیین‌کننده نوعی آمینواسید است. ❸ با ۴ نوع نوکلئوتید موجود در DNA، ۶۴ توالی سه‌نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود که می‌توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

یادمون باشه

از آن جایی که تعداد رمزها یا رمزها (۶۴ حالت) و تعداد آمینواسیدها (۲۰ نوع) است ❸ اغلب آمینواسیدها، بیش از یک رمز و یا رمز دارند؛ مانند آمینواسیدهای لوسین و سرین با ۶ رمز و آمینواسیدهای پرولین و آلانین با ۴ رمز.

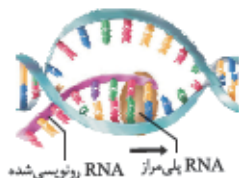
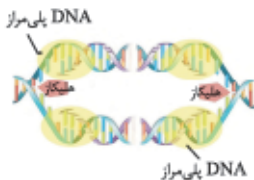
نقش مولکول RNA (رنا) به عنوان میانجی

- چون در یاخته‌های هسته‌دار، ریبوزوم‌ها درون هسته وجود ندارند ← فرایند ساخت پلی‌پپتید در هسته انجام نشده و براساس اطلاعات DNA هسته در سیتوپلاسم انجام می‌شود!
 - از آن جایی که DNA از جایگاه اصلی خود یعنی هسته، خارج نمی‌شود! دستورات DNA (ژن) برای ساخت پلی‌پپتید توسط مولکول RNA پیک به سیتوپلاسم منتقل می‌شود.
- تعریف رونویسی:** به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشته DNA توسط RNA پلی‌مراز، رونویسی می‌گویند.

نکته تفسیری

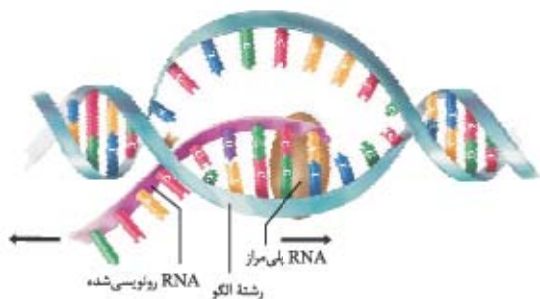
انواع RNAهای موجود در یاخته (RNA پیک، RNA ناقص، RNA ریبوزومی و RNAهای کوچک) که طی فرایند رونویسی از روی مولکول DNA ساخته شده‌اند، در پروتئین‌سازی یاخته نقش دارند.

- برخلاف همانندسازی (DNA هسته‌ای) که در هر چرخه یاخته‌ای، یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن (بخشی از DNA) می‌تواند بارها انجام شده و منجر به ساخت چندین رشته RNA یکسان شود.



مقایسه‌ی بین رونویسی و همانندسازی در یاخته‌های هوسته‌ای

همانندسازی	رونویسی	موارد قابل مقایسه در هر دو فرایند
هسته و اندامک‌های سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست)	هسته و اندامک‌های سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست)	محل انجام
مرحله S اینترفاز	مرحله‌های G ₁ و G ₂ اینترفاز	زمان انجام
ایجاد چند حباب و چند نقطه شروع	ایجاد یک حباب و یک نقطه شروع	تعداد حباب و نقطه شروع
تمام بخش‌های هر دو رشته DNA	فقط بخشی از یک رشته DNA	رشته الگوی مورد استفاده
انواعی از آنزیم‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هلیکاز و DNA پلی‌مراز	آنزیم‌هایی تحت نام کلی RNA پلی‌مراز	آنزیم‌های مؤثر
جایگاه آغاز همانندسازی به صورت دوجته	جایگاه آغاز رونویسی (در مجاورت راه‌انداز) به صورت یک‌جته	محل شروع فعالیت آنزیم‌های پلی‌مراز
DNA ای دورشته‌ای یکسان با DNA ی اولیه	RNA ای یک‌رشته‌ای مکمل با رشته الگوی DNA	فرآورده تولیدی



طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

نکات تصویری

۱ در هنگام رونویسی، پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای سازنده رشته RNA و رشته DNA الگو در جهت رونویسی تشکیل شده و در قسمت عقب مولکول DNA، در همان جهت نیز شکسته می‌شوند. ۲ در هنگام رونویسی پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته DNA، در جهت رونویسی شکسته شده و مجدداً در همان جهت نیز تشکیل می‌شوند. ۳ برای انجام فرایند رونویسی، حباب رونویسی نیز مانند حباب همانندسازی ایجاد می‌شود ولی برخلاف همانندسازی، فقط بخشی از یک رشته DNA به عنوان الگو استفاده می‌شوند.

۴ آنزیم‌های تسهیل‌کننده رونویسی

■ در یاخته، انواعی از RNA (RNA پیک، RNA ناقل و RNA ریبوزومی)، طی فرایند رونویسی و توسط آنزیم‌هایی با نام کلی RNA پلی‌مرز (رناپسپراز) ساخته می‌شوند.

■ در پیش‌هسته‌ای‌ها، فقط یک نوع RNA پلی‌مراز در ساخت انواع RNA نقش دارد؛ در حالی که در هوهسته‌ای‌ها، انواعی از پلی‌مراز، در ساخت RNAهای مختلف نقش دارند!

انواع و نقش RNA پلی‌مرازهای هوهسته‌ای

الف	RNA پلی‌مراز ۱	نقش	← ساخت RNA ریبوزومی (rRNA)
ب	RNA پلی‌مراز ۲	نقش	← ساخت RNA پیک (mRNA)
پ	RNA پلی‌مراز ۳	نقش	← ساخت RNA ناقل (tRNA)

مراحل رونویسی

■ اگرچه رونویسی همانند تقسیم‌های میتوز و میوز، فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله آغاز، طولی شدن و پایان تقسیم می‌کنند.

مرحله آغاز

■ اتصال آنزیم RNA پلی‌مراز به بخشی از مولکول DNA به نام راه‌انداز
 ← بازکردن دو رشته DNA از هم با شکستن پیوندهای هیدروژنی
 بین بازهای مکمل آن ← ساخته‌شدن رشته کوتاهی از RNA

تعریف راه‌انداز: به توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در مولکول DNA می‌گویند که به منظور شروع رونویسی ژن از محل صحیح خود، آنزیم RNA پلی‌مراز آن را شناسایی می‌کند.

نکته

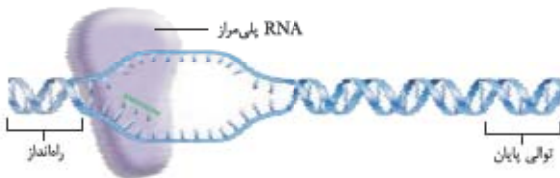
تصویری البته RNA پلی‌مراز نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام عوامل رونویسی هستند.

نقش راه‌انداز: باعث می‌شود RNA پلی‌مراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و رونویسی را از آنجا آغاز کند.

یادمون باشه

1 آنزیم RNA پلی‌مراز، با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی DNA، نوکلئوتید مکملش را در مقابل آن قرار داده و سپس این نوکلئوتید را با تشکیل پیوند فسفودی‌استر به نوکلئوتید قبلی رشته RNA متصل می‌کند. 2 در فرایند رونویسی، نوکلئوتید U دارای رشته RNA به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید A دار DNA قرار می‌گیرد.

الف) مرحله آغاز

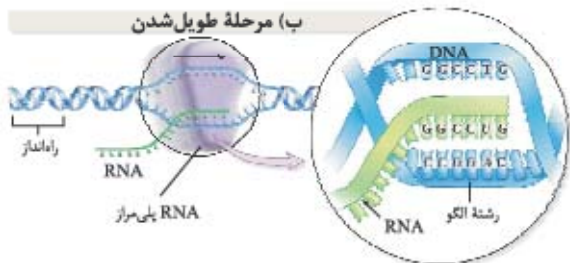


نکات تصویری

1 انواع پیوندهای شکسته یا تشکیل شده موجود در حباب رونویسی در مرحله آغاز: **الف** پیوندهای هیدروژنی بین جفت بازهای آلی دو رشته DNA شکسته شده و نیز بین بازهای آلی RNA در حال ساخت و بازهای آلی رشته DNA الگو تشکیل می‌شود. **ب** تعداد کمی پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای زنجیره کوتاه RNA تازه‌ساخت تشکیل می‌شود. 2 طبق این شکل رامانداز رونویسی نمی‌شود!

مرحله طول شدن

- در این مرحله، RNA پلی‌مراز در طول رشته DNA الگو حرکت می‌کند و ساخت زنجیره RNA را ادامه داده تا این که RNA طولی می‌شود.
- در این مرحله، ساختار حباب‌مانندی که ایجاد شده است به سمت انتهای ژن به پیش می‌رود ← در جلوی حباب رونویسی، ۲ رشته DNA به علت پیشروی RNA پلی‌مراز (و انجام فعالیت هلیکازی این آنزیم، پیوندهای هیدروژنی می‌شکنند) باز می‌شوند و رونویسی انجام می‌شود ← در عقب حباب، RNA ساخته‌شده (پس از شکسته‌شدن پیوندهای هیدروژنی) از DNA جدا می‌شود ← ۲ رشته DNA (با تشکیل پیوندهای هیدروژنی) مجدداً به هم می‌پیوندند.



نکات تصویری

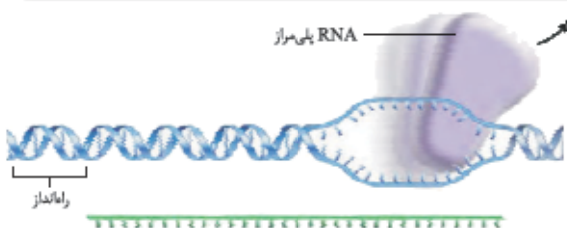
۱ براساس توالی نوکلئوتیدی، سه نوع رشته پلی‌نوکلئوتیدی متفاوت درون هر حباب رونویسی وجود دارد: **الف** رشته DNA الگو، **ب** رشته DNA رمزگذار (مکمل)، رشته‌ای است که از روی آن رونویسی انجام نمی‌شود و ترتیب بازهای آلی آن دقیقاً مانند رشته RNA تازه‌ساخت است با این تفاوت که به جای باز یوراسیل،

باز آلی تیمین دارد. **ب** رشته RNA ی در حال ساخت **۴** در حباب رونویسی و در محدوده قرارگیری RNA پلی‌مراز، هم رشته ریبونوکلوئوتیدی (RNA) و هم رشته دئوکسی‌ریبونوکلوئوتیدی (DNA) یافت می‌شود. **۵** آنزیم RNA پلی‌مراز، همانند هلیکاز و برخلاف آنزیم DNA پلی‌مراز، توانایی شکستن پیوند هیدروژنی را دارد. **۶** اگرچه شکستن پیوند هیدروژنی بین دو رشته DNA، توسط آنزیم RNA پلی‌مراز رخ می‌دهد، ولی تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای دو رشته DNA، به صورت خودبه‌خودی صورت می‌گیرد. **۷** پیوندهای هیدروژنی بین RNA و DNA در عقب RNA پلی‌مراز به علت سنگینی رشته RNA تشکیل شده، به صورت خودبه‌خودی شکسته می‌شوند.

« مرحله پایان

■ در انتهای ژن، توالی نوکلئوتیدی ویژه‌ای وجود دارد که وقتی RNA پلی‌مراز به آن می‌رسد، رونویسی پایان می‌یابد **۸** در این هنگام و در این محل، RNA پلی‌مراز از مولکول DNA و RNA تازه‌ساخت، جدا می‌شود **۹** رشته DNA مجدداً به هم متصل می‌شوند.

پ) مرحله پایان



RNA

زیست ۱۲، فصل ۱ **۱** RNA پلی‌مراز همانند آنزیم DNA پلی‌مراز، توانایی ایجاد پیوند فسفودی‌استر را دارد، ولی برخلاف آن، فعالیت نوکلئازی ندارد و نمی‌تواند عمل ویرایش را انجام دهد.

فقط یکی از دو رشته DNA در هر ژن، رونویسی می‌شود

■ اگرچه ژن، بخشی از یک مولکول دو رشته‌ای DNA است، ولی از روی هر دو رشته یک ژن، رونویسی صورت نمی‌گیرد! زیرا RNAها و پلی‌پپتیدهای ساخته‌شده از روی ۲ رشته مکمل DNA، بسیار متفاوت می‌شدند! ← برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته DNAی آن رونویسی می‌شود.

تعریف رشته الگو: به یکی از دو رشته مولکول DNA در یک ژن می‌گویند که برای رونویسی استفاده می‌شود و توالی آن مکمل رشته RNAی رونویسی‌شده است.

تعریف رشته رمزگذار: به رشته مکمل رشته الگو در مولکول DNA می‌گویند. توالی رشته رمزگذار، مشابه RNA و مکمل رشته الگو است؛ البته در توالی رشته رمزگذار، برخلاف RNAی تازه‌ساخت، به جای نوکلئوتید Uدار، نوکلئوتید Tدار وجود دارد.



RNAی در حال رونویسی

نکات تصویری

① در یک مولکول DNA، تعداد زیادی ژن‌های متوالی، برای ساخت انواع مختلف RNA وجود دارند که قبل یا بعد از هر ژن در باخته یوکاریوتی، یک راه‌انداز وجود دارد. ② یک DNA خطی همان‌طور که نقاط شروع همانندسازی متعددی دارد، قطعاً نقاط آغاز رونویسی متعددی نیز دارد. ③ اگرچه جهت رونویسی در ژن‌های مختلف، متفاوت است ولی در هر ژن، جهت رونویسی همواره یک‌طرفه است! مثلاً در شکل صفحه قبل، در ژن ۱ مشاهده می‌شود که از سمت چپ به راست و از رشته DNA بالایی رونویسی می‌شود، در حالی که در ژن ۲، از سمت راست به چپ و از روی رشته پایینی DNA، رونویسی می‌شود. ④ **حواستون باشه** در یک رشته DNA برای تمام ژن‌ها، جهت رونویسی یکسان است و در دیگر رشته DNA، اگرچه جهت رونویسی تمام ژن‌ها یکسان بوده ولی مخالف جهت رونویسی رشته قبلی DNA است ← جهت رونویسی ژن‌های دو رشته یک DNA، همواره برعکس یکدیگر است!

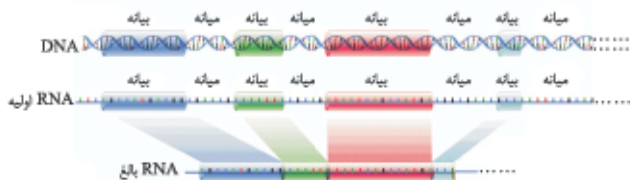
⑤ در هر ژن، فقط از یکی از دو رشته DNA، به عنوان رشته الگو استفاده می‌شود. ⑥ دانستیم که ژن، قسمتی از DNA است که قبل یا بعد از راه‌انداز قرار دارد و از روی آن رونویسی انجام می‌شود؛ در شکل صفحه قبل می‌بینیم که دو راه‌انداز متعلق به دو ژن متوالی ۲ و ۳ که جهت رونویسی متفاوتی دارند، در کنار هم قرار گرفته‌اند و یا دو ژن متوالی ۱ و ۲ را در مجاور هم می‌بینیم که بین آن‌ها راه‌اندازی وجود ندارد! که دلیل آن وجود جهت‌های مخالف برای رونویسی هر یک از آن‌ها است. ⑦ در قطعه‌ای از DNA خطی یوکاریوت‌ها که شامل چند ژن است، تعداد راه‌اندازها، RNA پلی‌مرازها و رشته‌های RNAی در حال رونویسی می‌تواند با همدیگر یکسان باشد.

تغییر یافتن RNA های ساخته شده

■ در یاخته‌های یوکاریوتی، RNA ساخته شده در رونویسی با RNA موجود در سیتوپلاسم تفاوت‌هایی دارد ← این تغییرات ایجاد شده در بسیاری از RNA ها، برای انجام کارهایشان لازم است.

تغییرات RNA پیک

■ RNA پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود ← یکی از تغییرات متداول که پس از رونویسی در یوکاریوت‌ها رخ می‌دهد، حذف بخش‌هایی از مولکول RNA پیک است. **تعریف پیرایش:** به فرایندی می‌گویند که در بعضی ژن‌ها، باعث جدا و حذف شدن توالی‌های معینی از RNA ساخته شده و اتصال سایر بخش‌ها به هم می‌شود و در نتیجه، یک RNA پیک یکپارچه می‌سازد. **تعریف میانه (اینترون):** به بخش‌هایی از مولکول DNA می‌گویند که رونوشت آن‌ها، در mRNA اولیه وجود دارد ولی طی فرایند پیرایش، این رونوشت‌ها از mRNA بالغ (یا سیتوپلاسمی) حذف شده است. **تعریف بیانه (اکزون):** به بخش‌هایی از مولکول DNA می‌گویند که رونوشت آن‌ها، علاوه بر mRNA اولیه، در mRNA بالغ نیز باقی می‌ماند.



پیرایش در بخشی از RNA یک ژن

نکات تصویری

❶ میانها و بیانه‌ها، بخش‌هایی از مولکول DNA هستند و رونوشت آن‌ها (و نه خود آن‌ها!) در RNA پیک اولیه وجود دارد. ❷ رونویسی و ساخت mRNA نابالغ از روی این ژن، توسط RNA پلی‌راز ۲ و در هستهٔ یاختهٔ یوکاریوتی انجام گرفته است. ❸ الزاماً نباید بیانه‌ها و میانها اندازه‌های برابری داشته باشند و می‌تواند طول آن‌ها متفاوت باشد! ولی به طور معمول میانها کوتاه‌تر از بیانه‌ها هستند. ❹ در ازای حذف هر رونوشت میانه، ۲ پیوند فسفودی‌استر در نوکلئوتیدهای mRNA نابالغ تجزیه می‌شود، اما برای اتصال دو رونوشت بیانهٔ دیگر، ۱ پیوند فسفودی‌استر بین آن‌ها تشکیل می‌شود. ❺ میانها و بیانه، بخش‌هایی از مولکول DNAی دو رشته‌ای‌اند، در حالی که رونوشت‌های میانه و بیانه، بخش‌هایی از مولکول RNA تک‌رشته‌ای هستند.

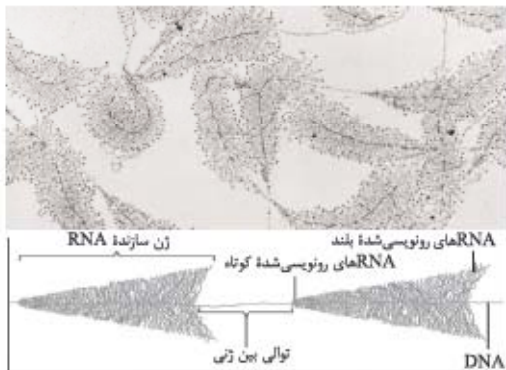
تعریف RNA نابالغ (اولیه): به RNA تازه رونویسی شده از روی رشتهٔ DNA الگو که هم رونوشت‌های میانه و هم رونوشت‌های بیانه را دارد، می‌گویند.

تعریف RNA بالغ: به مولکولی می‌گویند که طی فرایند پیرایش، رونوشت‌های میانه در آن حذف می‌شوند و بخش‌های باقی‌مانده (رونوشت‌های بیانه) به یکدیگر متصل می‌شوند.

شدت و میزان رونویسی

■ میزان رونویسی از یک ژن، به مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های حاصل از آن بستگی دارد.

- بعضی ژن‌ها مانند ژن‌های سازنده RNA ریویژومی در یاخته‌های تازه تقسیم‌شده، بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع RNA (و فرآورده‌های حاصل از فعالیت آن یعنی پروتئین‌های مورد نیاز یاخته) را بسازند ← در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی RNA پلی‌مراز از روی ژن، رونویسی می‌کنند.
- چون در هر زمانی، RNA پلی‌مرازها در مراحل مختلفی از رونویسی‌اند ← RNAهای ساخته‌شده بر روی مولکول DNA، در زیر میکروسکوپ الکترونی به اندازه‌های متفاوت دیده می‌شوند.



ساخته شدن هم‌زمان چندین RNA از روی ژن

نکات تصویری

- ۱ امکان رونویسی هم‌زمان چندین RNA پلی‌مراز از روی یک ژن وجود دارد. ۲ برای تعیین جهت رونویسی باید از سمت کوتاه‌ترین RNA در حال تشکیل به سمت بلندترین RNA پیش برویم

← قسمتی که کوتاه‌ترین RNA را دارد ابتدای رونویسی را نشان می‌دهد ← در شکل صفحه قبل، جهت رونویسی از چپ به راست است. Ⓜ دو ژن متوالی و متفاوت، در حال رونویسی اند ولی از روی هر ژن، چندین بار رونویسی در حال انجام است. Ⓝ رونویسی رشته‌های rRNA بلندتر، زودتر آغاز شده است. Ⓟ هنگامی که از روی یک ژن، چندین رونویسی هم‌زمان رخ می‌دهد ← چندین نوع RNA ی مختلف (از نظر تعداد نوکلئوتیدها) ایجاد می‌شود؛ زیرا نوع RNA، به تعداد و توالی نوکلئوتیدها بستگی دارد (البته توالی نوکلئوتیدهای حاصل از رونویسی از یک ژن و در نهایت پروتئین‌های ساخته‌شده از آن، یکسان خواهند بود).

گفتار ۲ به سوی پروتئین

- پلی‌پپتیدها از مهم‌ترین فرآورده‌های ژن‌ها هستند ← ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن صفات را ایجاد می‌کنند.

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی DNA به پلی‌پپتیدی

تعریف ترجمه: به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات RNA پیک، ترجمه می‌گویند.

تعریف رمز (کدون): به هر یک از توالی‌های سه‌نوکلئوتیدی RNA پیک، رمز (کدون) می‌گویند ← در یاخته‌ها، ۶۴ نوع رمز یافت می‌شود.

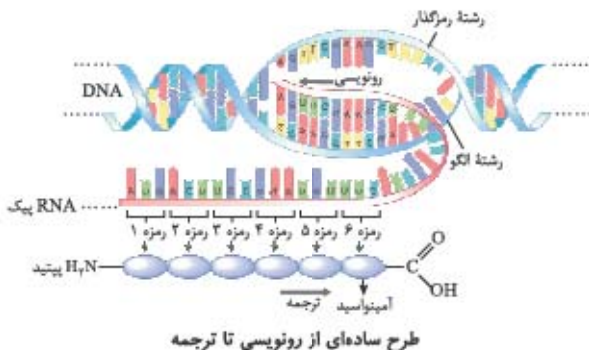
نکته

تفسیری

انواع رمز مربوط به آمینواسیدها، در جانداران مختلف یکسان‌اند! ← چگونگی ترکیب شدن آمینواسیدهای یکسان در جانداران مختلف، می‌تواند هم منجر به ساخت پلی‌پپتیدهای یکسان و هم پلی‌پپتیدهای متفاوت شود.

تعریف رمز پایانی: به رمزهای UAA، UAG و UGA که هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند، رمز پایانی می‌گویند؛ زیرا حضور آن‌ها در RNA پیک، موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود.

تعریف رمز آغاز: به رمز AUG می‌گویند که ترجمه از آن آغاز می‌شود. ← رمز AUG، معرف آمینواسید متیونین است.



نکات تصویری

۱ همواره در ابتدای زنجیره پلی‌پپتیدی، گروه آمین (NH_2) و در انتهای آن گروه کربوکسیل (COOH) وجود دارد. ۲ هر آمینواسید موجود در زنجیره پلی‌پپتیدی با آمینواسید بعدی از طریق گروه کربوکسیل خود، پیوند پپتیدی می‌دهد. ۳ توالی mRNA ساخته‌شده با توالی رشته رمزگذار DNA مشابه است با این تفاوت که در آن به جای باز آلی تیمین (T)، باز یوراسیل (U) وجود دارد! ۴ در مولکول RNA پیک، رمزه‌های سحرفی وجود دارند که معادل یک آمینواسید هستند ← ریبوزوم از این رمزه‌ها برای تعیین نوع و ترتیب آمینواسیدها جهت ساخت پلی‌پپتید استفاده می‌کند. ۵ جهت ترجمه از سمت ابتدای RNA پیک به سمت انتهای آن است؛ البته بخش‌های ابتدایی RNA پیک ترجمه نمی‌شوند. ۶ امکان شروع فرایند ترجمه، قبل از پایان رونویسی RNA پیک وجود دارد.

نکته

تفسیری

1 همواره زمره آغاز، AUG است؛ ولی هر AUG الزاماً زمره آغاز نیست! زیرا می‌تواند جزء زمره‌های میانی رشته RNA پیک باشد.

2 هیچ زمره پایانی نوکلئوتید C ندارد؛ در حالی که در تمام زمره‌های پایان، نوکلئوتیدهای U و A وجود دارند، به طوری که همواره U، اولین نوکلئوتید است.

عوامل لازم برای ترجمه

■ در فرایند ترجمه، براساس زمره‌های RNA پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود که مواد اولیه مصرفی آن، آمینواسیدها هستند و ریبوزوم‌ها و RNAهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه‌اند ← انرژی لازم برای ساخت پلی‌پپتید نیز از مولکول‌های پرانرژی مانند ATP فراهم می‌شود.

← ساختار RNA ناقل

■ RNA ناقل یکی از سه نوع اصلی RNAها است که توسط آنزیم RNA پلی‌مراز پروکاریوتی یا RNA پلی‌مراز ۳ یوکاریوتی ساخته می‌شود و وظیفه آن انتقال آمینواسیدها به ریبوزوم است.

■ RNA ناقل (tRNA)، پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی RNA ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی دارند ← tRNA تک‌رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد ← RNA ناقل در حالت فعال، تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی را ایجاد می‌کند.

بخش‌های مهم در ساختار سه‌بعدی RNA ناقل

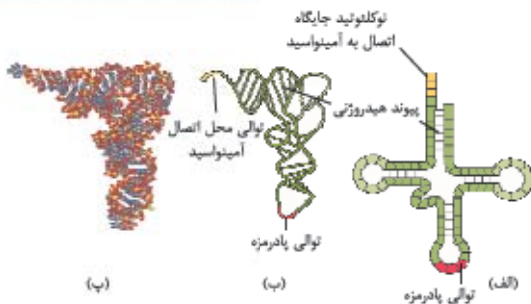
① محل اتصال آمینواسید

② توالی سه‌نوکلئوتیدی خاص به نام پادرمزه

تعریف پادرمزه (پادرمزه): به توالی سه‌نوکلئوتیدی RNA ناقل که می‌تواند با توالی رَمزه RNA پیک، مکمل شود و پیوند هیدروژنی برقرار کند، پادرمزه می‌گویند.

نکته تفسیری

① همه انواع RNAهای ناقل، به‌جز در ناحیه پادرمزه خود، دارای توالی‌های مشابهی هستند. ② انتظار داریم که به تعداد انواع رَمزه‌ها، پادرمزه داشته باشیم؛ ولی همواره تعداد انواع پادرمزه‌ها کمتر از رَمزه‌ها است؛ چون برای ۳ رَمزه پایان، هیچ RNA ناقلی وجود ندارد!



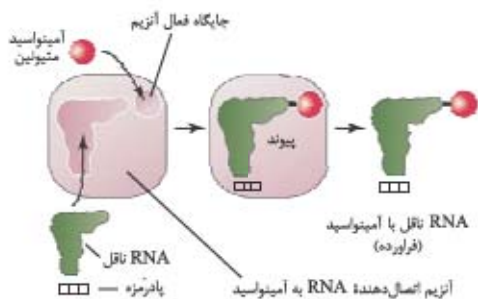
الف) تاخوردگی اولیه (ب) ساختار سه‌بعدی (ب) مدل مولکولی RNA ناقل

نکات تصویری

۱ در ساختار غیرفعال tRNA، ۴ بازو و ۳ حلقه مشاهده می‌شود که در هر بازو، بین تعدادی از نوکلئوتیدها، پیوند هیدروژنی برقرار است، ولی بین نوکلئوتیدهای مستقر در حلقه‌ها، هیچ پیوند هیدروژنی وجود ندارد. ۲ در ساختار tRNA، هم بخش‌های تکرار شده‌ای (حلقه‌ها) و هم بخش‌های دو رشته‌ای (بازوها) دیده می‌شود. ۳ حد فاصل بین بازوی چپ (سمت جایگاه اتصال آمینواسید) و بازوی پایینی، یک برآمدگی در توالی نوکلئوتیدی به وجود آمده است. ۴ در بازوی بالایی، ابتدای زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی tRNA، با ناحیه نزدیک به انتهای زنجیره آن موازی بوده و بین آن‌ها پیوند هیدروژنی وجود دارد؛ هم‌چنین در رأس انتهای زنجیره، ۳ نوکلئوتیدی قرار گرفته که با هیچ نوکلئوتیدی پیوند هیدروژنی ندارد و محل اتصال آمینواسیدهای انتقالی است. ۵ tRNA فعال [قسمت (ب) شکل] نسبت به tRNA غیرفعال (قسمت (الف) شکل)، تاخوردگی‌های بیشتری دارد \Leftarrow مدل مولکولی tRNA (قسمت (پ) شکل)، مشابه ساختار tRNA فعال است.

نحوه عمل RNA ناقل

- در تمام یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که پس از تشخیص و شناسایی ترتیب سه‌نوکلئوتیدی پادزمره در tRNA، آمینواسید مناسب و مرتبط با آن را یافته و به آن متصل می‌کنند. البته این فرایند نیازمند صرف انرژی است.
- چون AUG توالی زمره آغاز بر روی RNA پیک است \Leftarrow UAC باید توالی پادزمره RNA ناقلی باشد که می‌خواهد آمینواسید متیونین را با خود حمل و نقل کند تا به عنوان اولین آمینواسید در ساخت زنجیره پلی‌پپتیدی به کار رود.



نحوه پیوستن آمینواسید به RNA ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن

نکات تصویری

شکل سه‌بعدی هر آنزیم ویژه به گونه‌ای است که هم با ساختار سه‌بعدی (فعال) tRNA و هم با ساختار آمینواسید مرتبط با پادزمره همان tRNA مکمل باشد. آمینواسید مرتبط با پادزمره (متیونین) می‌تواند با آخرین ریبونوکلوئتید جایگاه اتصال tRNA پیوند داده و به آن متصل شود.

ساختار ریبوزوم

- ریبوزوم‌ها (رِئان‌ها)، شامل دو زیرواحدند که هر زیرواحد از RNA ریبوزومی و پروتئین تشکیل می‌شود.
- RNA ریبوزومی (rRNA) توسط RNA پلی‌مراز ۱ ساخته می‌شود ← از کنار هم قرار گرفتن پروتئین‌های ریبوزومی و RNAی مربوط به آن‌ها، دو زیرواحد کوچک و بزرگ ریبوزوم ساخته می‌شود ← ریبوزوم‌ها در ساختار کامل خود، دارای سه جایگاه A، P و E هستند و در ساخت پلی‌پپتیدها نقش دارند.

نکته

تفسیری

در یاخته‌های هومستهای، RNAهای ریبوزومی در هسته و پروتئین‌های ریبوزومی در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند!

مراحل ترجمه

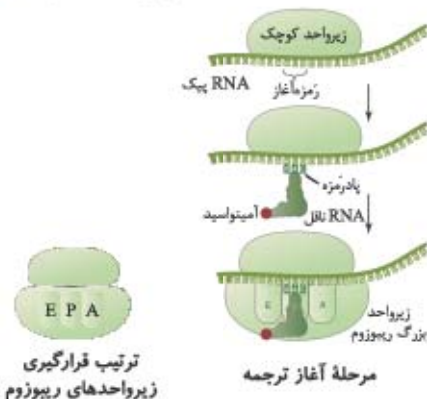
مرحله آغاز

رویدادها

- الف شناسایی زمزه آغاز: هدایت‌شدن زیرواحد کوچک ریبوزوم به سوی زمزه آغاز (AUG) توسط بخش‌هایی از mRNA
- ب اتصال tRNA به mRNA: یک tRNA حامل پادزمزه UAC به زمزه AUG در RNA پیک متصل می‌شود.
- پ کامل‌شدن ساختار ریبوزوم: سپس زیرواحد بزرگ ریبوزوم به این مجموعه اضافه شده و ساختار ریبوزوم کامل می‌شود.

توصیف ساختار کامل ریبوزوم

- 1 در این مرحله جایگاه P در ریبوزوم، محل قرارگیری tRNA دارای آمینواسید متیونین است.
- 2 جایگاه A در ریبوزوم محل قرارگیری tRNA بعدی و آمینواسید متصل به آن و نیز محل تشکیل پیوند پپتیدی است.
- 3 جایگاه E در ریبوزوم، محل خروج tRNA بدون آمینواسید است.
- 4 در این مرحله، فقط جایگاه P پر می‌شود؛ در حالی که جایگاه‌های A و E خالی باقی می‌مانند.



ترتیب قرارگیری
زیرواحدهای ریبوزوم

مرحله آغاز ترجمه

نکات تصویری

- 1 بخش‌های قبل از زمره آغاز در RNA پیک ترجمه نمی‌شوند!
- 2 زیرواحد کوچک ریبوزوم بزرگ‌تر از طول یک زمره است
- 3 بیش از 3 زمره در ناحیه اتصال آن به mRNA دیده می‌شود.
- 4 الزاماً زمره AUG و پادزمره UAC مرتبط با آن در ابتدای محل قرارگیری زیرواحد کوچک ریبوزوم قرار نمی‌گیرند.
- 5 سه جایگاه E، P، A در زیرواحد بزرگ ریبوزوم قرار دارند.
- 6 پس از اتصال بخش بزرگ ریبوزوم به mRNA و بخش کوچک آن، جایگاه E توالی نوکلئوتیدی را اشغال می‌کند که قبل از AUG قرار دارد و ترجمه نمی‌شود! در حالی که در مراحل بعد، زمره‌های قرار گرفته در E قبلاً ترجمه شده‌اند.
- 7 اولین tRNA حامل متیونین، هیچ‌گاه به جایگاه A وارد نمی‌شود! در حالی که طوری در جایگاه P قرار می‌گیرد که آمینواسید متصل به آن به جایگاه E نزدیک‌تر باشد.

مرحله طولی شدن

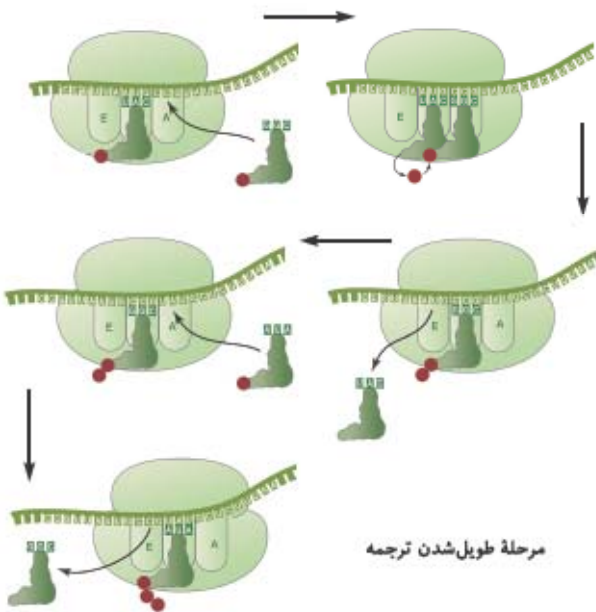
رویدادها

- الف** از میان tRNAهای مختلف ورودی به جایگاه A، فقط tRNA مکمل زمره جایگاه A استقرار می‌یابد و دیگران جایگاه A را ترک می‌کنند.
- ب** آمینواسید (یا پلی‌پپتید در حال ساخت) موجود در جایگاه P از tRNAی خود جدا شده (یعنی پیوند اشتراکی می‌شکند!) و با آمینواسید جایگاه A، پیوند پپتیدی می‌دهد.
- پ** ریبوزوم به اندازه یک زمره به جلوتر و به سمت زمره پایان پیش می‌رود.
- ت** tRNAی حامل رشته پلی‌پپتیدی در حال ساخت به جایگاه P می‌رود و جایگاه A خالی شده تا پذیرای tRNA جدید باشد.
- ث** tRNAی بدون آمینواسید به جایگاه E رفته و سپس از این جایگاه خارج می‌شود.
- ج** فرایندهای بالا بارها تکرار شده و طول رشته پلی‌پپتیدی بیشتر می‌شود تا ریبوزوم به یکی از زمره‌های پایان برسد.

نکات تصویری

- ۱ برخلاف اولین tRNA که حامل آمینواسید متیونین بود و به جایگاه P وارد می‌شده دومین tRNA و tRNAهای بعدی ابتدا به جایگاه A وارد می‌شوند. ۲ پیوند پپتیدی، همواره در جایگاه A ایجاد می‌شود. ۳ زمره آغاز و tRNAی آغازگر، هم در جایگاه P و هم در جایگاه E حضور می‌یابند ولی سایر tRNAها (به جز آخرین زمره و tRNAی مربوط به آن)، همواره در هر سه جایگاه A، P و E وارد می‌شوند. ۴ پلی‌پپتید در حال طولی شدن همواره از جایگاه P خارج می‌شود.

5 جابه‌جایی mRNA ریبوزوم و حرکت به سوی زمزه پایانی mRNA. حتماً پس از تشکیل پیوند پپتیدی mRNA در جایگاه A اتفاق می‌افتد. در جایگاه A، فقط پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود، در حالی که در جایگاه P، پیوند هیدروژنی هم تشکیل و هم شکسته می‌شود، ولی در جایگاه E، اصلاً پیوند هیدروژنی به وجود نمی‌آید!



مرحله پایانی

رویدادها

الف با ورود یکی از سه رمزۀ پایان به جایگاه A، مرحله پایانی ترجمه انجام می‌شود. ← چون برای رمزهای پایان، tRNA تکمیل وجود ندارد! ← به جای tRNA، پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده در مقابل رمزۀ پایان قرار می‌گیرد.

ب عوامل آزادکننده باعث جداسازی پلی‌پپتید از آخرین tRNA ورودی به جایگاه P و خروج آن‌ها از این جایگاه می‌شود.

پ عامل آزادکننده، هم‌چنین باعث جداسازی زیرواحدهای ریبوزومی از یکدیگر و نیز آزاد شدن mRNA می‌شود.

نکته

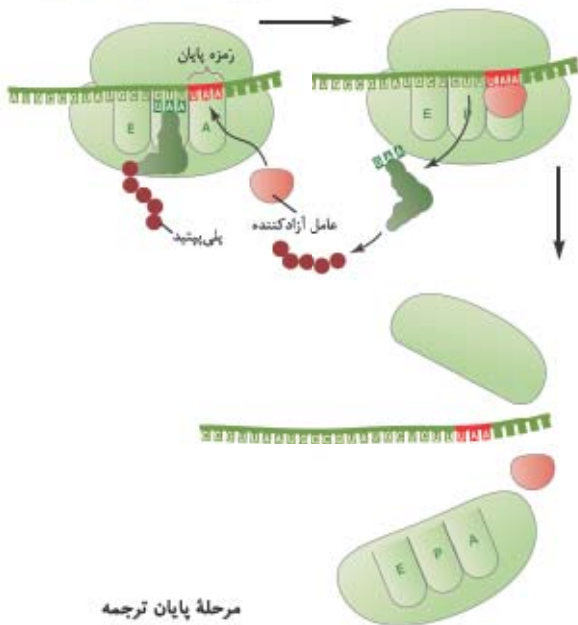
تفسیری

زیرواحدهای ریبوزوم‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا از روی یک mRNA چندین نسخه از یک نوع پلی‌پپتید ساخته شود.

نکات

تصویری

1 در مرحله پایانی، هیچ tRNA ای وارد جایگاه E نمی‌شود و آخرین tRNA نیز از جایگاه P از ساختار ریبوزوم خارج می‌شود. 2 در مرحله پایانی و با ورود عامل آزادکننده به جایگاه A، جایگاه P حاوی یک tRNA متصل به زنجیره پلی‌پپتیدی با تمام آمینواسیدهای به کار رفته طی فرایند ترجمه است؛ در حالی که جایگاه E خالی مانده است. 3 رمزهای پایان فقط به جایگاه A وارد می‌شوند. 4 سه رمزۀ از مجموع 64 رمزۀ (3 تا رمزۀ پایان)، هیچ‌گاه به جایگاه‌های P و E وارد نمی‌شوند.



مرحله پایان ترجمه

بهدمون باشه

1 به جز tRNA آغازگر فرایند ترجمه (ناقل آمینواسید متیونین)، که در جایگاه P قرار می‌گیرد؛ تمام tRNA هایی که در جایگاه P دیده می‌شوند بیش از یک آمینواسید متصل به خود دارند. 2 هم در مرحله آغاز و هم در مرحله پایان، هیچ tRNA و زمره‌ای وارد جایگاه E نمی‌شود! در مرحله طول‌شدن نیز تمام tRNA هایی که به جایگاه E وارد می‌شوند، فاقد آمینواسید هستند.

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که ریبوزوم‌های فعال حضور دارند می‌تواند انجام شود.

مقصد (سرنوشت) پروتئین‌های ساخته‌شده در یاخته

- ۱ رقتن به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی
- الف برای ترشح شدن به خارج از یاخته (به روش برون‌رانی)
- ب برای ورود به اندامک‌های درون‌یاخته‌ای مانند کریچه و لیزوزوم
- ۲ باقی‌ماندن در سیتوپلاسم یاخته (داخل ماده زمینه‌ای آن)
- ۳ ورود به درون راکیزه (میتوکندری)
- ۴ ورود به درون دیسه‌ها (پلاست‌ها)
- ۵ ورود به درون هسته

یادمون باشه

توالی‌های آمینواسیدی خاص متصل به پروتئین‌های ساخته‌شده، مقصد نهایی آن را تعیین می‌کند.

نکته تئوری

پروتئین‌های موجود در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم و برخی پروتئین‌های درون راکیزه‌ها و دیسه‌ها توسط ریبوزوم‌های آزاد در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. تولید پروتئین‌های درون کریچه و لیزوزوم و پروتئین‌هایی که به خارج از یاخته برون‌رانی می‌شوند، توسط ریبوزوم‌های آزاد سیتوپلاسمی شروع شده و در نهایت توسط ریبوزوم‌های متصل به شبکه آندوپلاسمی به پایان می‌رسد.

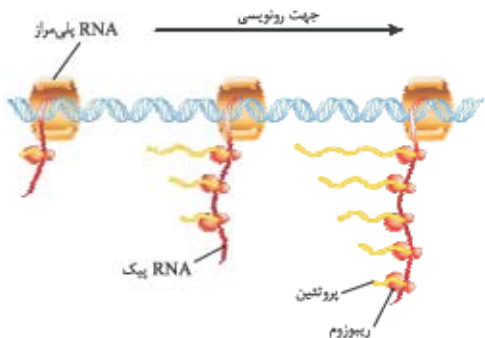
سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

درپیش‌هسته‌ای‌ها:

● پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی mRNA شروع شود، چون طول عمر mRNA در پیش‌هسته‌ای‌ها کم است ← برای پروتئین‌هایی که به مقدار زیاد مورد نیاز می‌شوند، ساخت پروتئین‌ها به طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از ریبوزوم‌ها انجام می‌شود ← بنابراین همکاری گروهی ریبوزوم‌ها، موجب افزایش سرعت پروتئین‌سازی می‌شود.

در هوهسته‌ای‌ها

■ در این یاخته‌ها، تجمع (همکاری گروهی) ریبوزوم‌ها نیز وجود دارد ← چون در هوهسته‌ای‌ها، سازوکارهایی برای حفاظت RNA پیک در برابر تخریب وجود دارد ← فرصت بیشتری برای پروتئین‌سازی وجود دارد؛ بنابراین این سازوکارها موجب طولانی‌تر شدن عمر RNA پیک، پیش از تجزیه می‌شوند.



طرحی ساده از ریبوزوم‌هایی که چند RNA در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

نکات
تصویری

۱ چند ریبوزوم می‌توانند به طور هم‌زمان یک mRNA ی در حال رونویسی را ترجمه کنند همان‌طور که به طور هم‌زمان از روی یک ژن، چند RNA پلی‌مراز می‌توانند رونویسی کنند ← دو فرایند رونویسی و ترجمه می‌توانند به صورت هم‌زمان با یکدیگر انجام شوند. ۲ بر روی یک mRNA هر ریبوزومی که به مولکول DNA (ژن) و آنزیم RNA پلی‌مراز نزدیک‌تر باشد، طول زنجیره پلی‌پپتید متصل بلندتری دارد ← فرایند ترجمه mRNA را زودتر آغاز کرده است. ۳ جهت رونویسی از مولکول DNA از سمتی با mRNA ی کوتاه‌تر به سوی mRNA ی بلندتر است و یا جهت رونویسی از سمتی با تعداد ریبوزوم کمتر به سوی محلی با ریبوزوم بیشتر است. هم‌چنین جهت ترجمه نیز از سمتی از mRNA با پلی‌پپتید کوتاه‌تر به سمت محلی با پلی‌پپتید بلندتر است (یعنی به سمت مولکول DNA است!). ۴ هر چه در جهت رونویسی بر روی مولکول DNA جلوتر برویم طول و تعداد زنجیره‌های پلی‌پپتید زیادتری را مشاهده می‌کنیم.

کفزار ۲ تنظیم بیان ژن

۱ ژن‌های روشن و خاموش

- یاخته‌های مختلف (مثلاً عصبی و ماهیچه‌ای) بدن یک فرد با وجودی که ژن‌های یکسانی دارند، ولی شکل و عملکرد متفاوتی دارند.
- در هر یاخته، تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال هستند ← علت وجود یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان ولی با شکل و عملکرد متفاوت!
- **تعریف ژن روشن:** هرگاه از اطلاعات یک ژن در یک یاخته استفاده شود ← آن ژن، بیان‌شده و یا روشن است!
- **تعریف ژن خاموش:** هرگاه از اطلاعات یک ژن در یک یاخته استفاده نشود ← آن ژن بیان‌نشده و یا خاموش است!

۲ یادمون باشه

مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است متفاوت باشد و حتی در یک یاخته نیز بسته به نیاز آن فرق کند!

- **تعریف تنظیم بیان ژن:** به فرایندهایی می‌گویند که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند!
- تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً عامل نور می‌تواند در یک گیاه باعث فعال‌شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنتز استفاده می‌شود، اما در حالت عدم وجود نور (تاریکی) این ژن، بیان نمی‌شود و خاموش است.
- تنظیم بیان ژن می‌تواند باعث ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک نوع یاخته شود؛ مثلاً ایجاد یاخته‌های متفاوت گویچه‌های قرمز و سفید از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان!

زیست، فصل ۶ بیان ژن در هسته یوکاریوت‌ها که با انجام دو فرایند رونویسی و ترجمه مطابقت دارد در مراحل G_1 و G_2 اینترفاز صورت می‌گیرد، ولی ساخت ژن که طی فرایند همانندسازی DNA صورت می‌گیرد در مرحله S اینترفاز اتفاق می‌افتد.

تنظیم بیان ژن در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها)

تنظیم بیان ژن در پیش‌هسته‌ای‌ها می‌تواند بر هر یک از مراحل ساخت RNA و پروتئین اثر بگذارد؛ ولی معمولاً تنظیم بیان ژن، در مرحله رونویسی RNA انجام می‌شود. البته گاهی یاخته با تغییر در طول عمر RNA یا پروتئین ساخته‌شده، فعالیت آن‌ها را تنظیم می‌کند.

تنظیم رونویسی در پیش‌هسته‌ای‌ها

چگونگی تنظیم در اثر وجود عواملی، از پیوستن RNA پلی‌مراز به توالی راه‌انداز و در ادامه، از فعالیت آن جلوگیری شده و یا به پیوستن آن و انجام فعالیتش کمک می‌شود. در حالت اول، از رونویسی ژن ممانعت می‌شود و در حالت دوم، فرایند رونویسی تسهیل می‌گردد؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از DNA که سر راه RNA پلی‌مراز است از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود.

دو مثال: در نوعی باکتری به نام اشرشیا گلای (E. coli) که قند مصرفی ترجیحی آن گلوکز است این نوع تنظیم دیده می‌شود.

- اگر قند گلوکز در محیط باکتری نباشد و قند دیگری به نام لاکتوز موجود باشد، باکتری E. coli از قند لاکتوز استفاده می‌کند.
- چون قند لاکتوز از گلوکز متفاوت است، آنزیم‌های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت هستند. وقتی لاکتوز در محیط است (و گلوکز در محیط نیست)، باکتری E. coli آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را می‌سازد، ولی در

جریان اطلاعات دریاخته : درس‌نامه

صورت نبود یا کاهش لاکتوز در محیط، ساخت آنزیم‌های تجزیه‌کننده متوقف شده و یا کاهش می‌یابد.

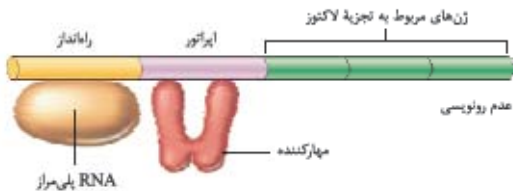
تنظیم منفی رونویسی

تعریف: هرگاه مانعی بر سر راه RNA پلی‌مراز وجود داشته باشد \Leftarrow رونویسی

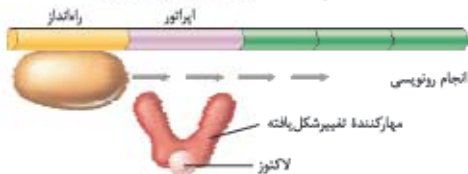
انجام نمی‌شود که به این روش، تنظیم منفی رونویسی می‌گویند.

الف) در هنگام عدم حضور لاکتوز: نوعی پروتئین به نام مهارکننده به توالی خاصی از DNA به نام آپراتور متصل می‌شود و جلوی حرکت RNA پلی‌مراز را می‌گیرد \Leftarrow عدم انجام رونویسی از ژن‌ها

ب) در هنگام حضور لاکتوز: پروتئین مهارکننده در اثر اتصال لاکتوز موجود در محیط، تغییر شکل یافته و از آپراتور جدا می‌شود و نیز از اتصالش جلوگیری می‌شود \Leftarrow RNA پلی‌مراز رونویسی ژن‌ها را انجام می‌دهد که محصولات این ژن‌ها یعنی آنزیم‌ها، موجب تجزیه لاکتوز می‌شوند.



الف) عدم رونویسی ژن‌ها در غیاب لاکتوز



ب) رونویسی ژن‌ها در حضور لاکتوز

نکات تصویری

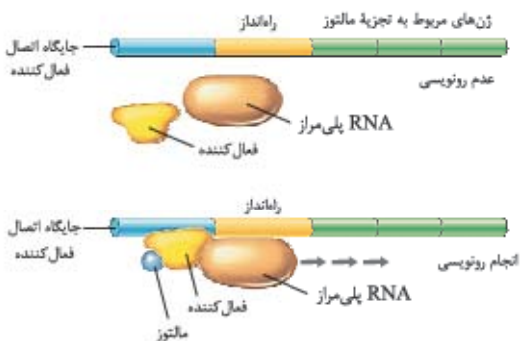
۱) آپراتور حد فاصل بین راهانداز و محل آغاز رونویسی است و در مجاورت محل آغاز قرار دارد. ۲) وجود مهارکننده در محیط و حتی اتصال آن به آپراتور، مانع از اتصال RNA پلی‌مراز به ژن (راهانداز) نمی‌شود! ۳) دو توالی تنظیمی یعنی راهانداز و آپراتور، بیان هم‌زمان ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز را تنظیم می‌کنند. ۴) یک mRNA می‌سه‌زنی، اطلاعات لازم برای تولید پروتئین‌های تجزیه‌کننده لاکتوز را دارد. ۵) هیچ‌گاه، مهارکننده به راهانداز متصل نمی‌شود. ۶) مهارکننده قبل از ورود لاکتوز از محیط به یاخته، ساخته شده است. ۷) RNA پلی‌مراز برای رونویسی از ژن‌ها حتماً باید از آپراتور عبور کند.

۴ تنظیم مثبت رونویسی

تعریف: هنگامی رخ می‌دهد که پروتئین‌های خاصی به RNA پلی‌مراز کمک کرده تا به توالی راهانداز متصل شود و رونویسی از ژن‌ها را آغاز کند. الف) در هنگام عدم حضور مالتوز؛ در نبود مالتوز، رونویسی از ژن‌ها توسط RNA پلی‌مراز انجام نمی‌شود! ← آنزیم‌های تجزیه‌کننده مالتوز ساخته نمی‌شوند؛ زیرا باکتری! . کلای به آن‌ها نیازی ندارد!!
ب) در هنگام حضور مالتوز؛ در زمان وجود مالتوز، رونویسی از ژن‌ها توسط RNA پلی‌مراز انجام می‌شود ← درون باکتری! . کلای، آنزیم‌های تجزیه‌کننده مالتوز، ساخته می‌شوند؛ زیرا تنظیم رونویسی آن‌ها مثبت است ← یعنی در حضور مالتوز، پروتئین‌های فعال‌کننده، به توالی‌های خاصی از DNA به نام جایگاه اتصال فعال‌کننده متصل شده و به RNA پلی‌مراز کمک می‌کنند تا به راهانداز متصل شود و رونویسی از ژن‌ها را آغاز کند.

نکته تصویری

حضور و اتصال مالتوز به پروتئین فعال‌کننده موجب پیوستن آن به جایگاه اتصال فعال‌کننده شده و پس از اتصال به RNA پلی‌مراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شده و رونویسی از ژن را آغاز می‌کند.



تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

نکات تصویری

- 1 دو توالی تنظیمی راه‌انداز و جایگاه اتصال فعال‌کننده، بیان هم‌زمان ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز را تنظیم می‌کنند.
- 2 فعال‌کننده پیش از ورود مالتوز به یاخته باکتری، ساخته شده است.
- 3 پروتئین فعال‌کننده، از لحاظ اندازه از قند دی‌ساکارییدی مالتوز بزرگ‌تر است.

- ۴ اتصال مالتوز به فعال کننده باعث می شود تا فعال کننده بتواند به جایگاه اتصال خود بر روی DNA متصل شود.
- ۵ RNA پلیمراز فقط پس از ورود مالتوز به باکتری و اتصال آن به فعال کننده، می تواند به راه انداز متصل شده و رونویسی از ژن ها را آغاز کند.

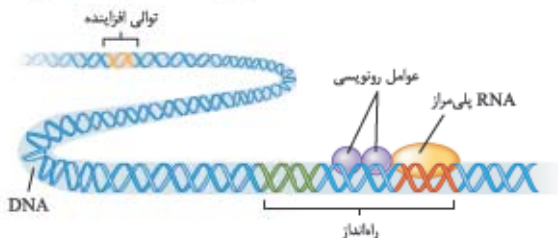
تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها

- غشاهای درون یاخته‌های هوسته‌ای را به بخش‌های مختلفی تقسیم کرده‌اند و عوامل مؤثر بر یاخته باید به طریقی از غشاهای عبور کنند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند ➡ به همین دلیل تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها پیچیده‌تر است.
- در هوسته‌ای‌ها، بیشتر ژن‌ها در هسته و برخی دیگر از ژن‌ها، در راکیزه و دیسه‌ها (پلاست‌ها) قرار دارند ➡ در هر یک از این محل‌ها، یاخته بر بیان ژن نظارت می کند ➡ تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها در مراحل متعددی انجام می شود.

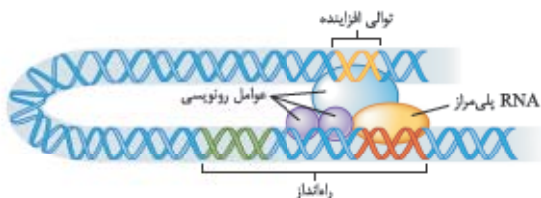
تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی

- فرایند رونویسی در هوسته‌ای‌ها مانند پیش‌هسته‌ای‌ها با اتصال و پیوستن RNA پلیمراز به راه انداز شروع می شود.
- برای آغاز فرایند رونویسی، RNA پلیمراز نمی تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام عوامل رونویسی است؛ زیرا گروهی از عوامل رونویسی با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، RNA پلیمراز را به محل راه انداز هدایت می کنند.
- در اثر تغییر مقدار تمایل پیوستن عوامل رونویسی به جایگاه راه انداز، مقدار رونویسی از ژن آن راه انداز نیز تغییر می کند.

جریان اطلاعات در باخته : درسنامه



تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها



توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

نکات تصویری

- ۱ بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها توسط بیش از یک توالی تنظیمی کنترل می‌شود: ۱) رمانداز و ۲) توالی افزاینده (البته توالی‌های افزاینده خیلی متنوع‌اند ولی ما در این شکل فقط یک نوع آن را می‌بینیم)؛ ۳) توالی رمانداز نسبت به توالی افزاینده (در این شکل)، طولی‌تر است. ۴) اندازه رمانداز نسبت به عوامل رونویسی و آنزیم RNA پلی‌مراز بزرگ‌تر است. ۵) بیش از یک عامل رونویسی می‌توانند به‌طور هم‌زمان به رمانداز متصل شوند. ۶) رمانداز و توالی افزاینده از جنس نوکلئیک اسید بوده؛ زیرا بخشی از یک مولکول DNA هستند. ۷) RNA پلی‌مراز فقط در حضور عوامل رونویسی متصل به رمانداز

می‌تواند به راه‌انداز متصل شود. ۷ ابتدا عوامل رونویسی به راه‌انداز متصل شده و سپس عوامل رونویسی دیگری به توالی افزاینده وصل می‌شوند. ۸ عوامل رونویسی، اندازه‌های یکسانی ندارند!

■ در هوهسته‌ای‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به توالی افزاینده متصل شوند ← در این حالت، با ایجاد خمیدگی در DNA، مجموع عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند ← اجتماع این عوامل، سرعت و مقدار رونویسی ژن را افزایش می‌دهد.

یادمون باشه

توالی‌های افزاینده، متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند.

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

■ تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها، می‌تواند پیش از رونویسی و یا پس از رونویسی نیز اتفاق بیفتد!

روش‌های تنظیم بیان ژن

- الف اتصال بعضی RNAهای کوچک مکمل به RNA پیک ← جلوگیری از انجام کار (ترجمه) توسط ریبوزوم ← توقف ترجمه RNA پیک و تجزیه‌شدن آن پس از مدتی (مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی).
- ب تنظیم در سطح کروموزومی ← با تغییر (افزایش یا کاهش) در میزان فشردگی کروموزوم در بخش‌های خاص، دسترسی RNA پلی‌مراز را به ژن موردنظر تنظیم می‌کند.
- پ طول عمر RNA پیک ← با افزایش طول عمر mRNA، میزان محصول افزایش می‌یابد ← در میزان پروتئین‌سازی مؤثرند.

عبارت‌های مفهومی

- « درستی یا نادرستی عبارات زیر را مشخص کنید.
- ۶۸- مولکول RNA حمل‌کننده آمینواسید در فضای سیتوپلاسم نورون، قطعاً توسط یک نوع RNA پلی‌مراز تولید می‌شود.
- ۶۹- مکمل رمز TGA موجود در رشته رمزگذار در رمزکردن هیچ آمینواسیدی نقش ندارد.
- ۷۰- در یاخته‌های توپروهاش شکستن پیوند بین آمینواسید با tRNA متصل به آن و تشکیل پیوند بین مونومرهای سازنده هر mRNA در محلی یکسان رخ می‌دهد.
- ۷۱- در هر یاخته‌ای که دارای دیواره یاخته‌ای است، قطعاً ترجمه mRNA و پروتئین‌سازی به کمک ریبوزوم صورت می‌گیرد.
- ۷۲- تبدیل پروترومبین به ترومبین برخلاف فعال شدن پروتئین‌های مکمل پس از برخورد به عامل بیگانه، نوعی تنظیم بیان ژن است.
- ۷۳- در مراحل رونویسی در پلاناریا طول عمر RNA پیک با تعداد اینترون‌های آن رابطه مستقیم دارد.
- ۷۴- امکان ندارد در فرایند تولید پمپ سدیم - پتاسیم در نورون برخلاف یاخته‌های پوششی روده تنظیم بیان ژن صورت نگیرد.
- ۷۵- در حباب رونویسی از مولکول DNA، در محل شکسته شدن پیوند هیدروژنی، پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌شود.
- ۷۶- هر پروتئینی که بتواند به توالی خاصی در RNA پیک، متصل شود، سرعت رونویسی را افزایش نمی‌دهد.

- ۷۷- طی فرایند ترجمه RNA پیک میوزین، اولین RNA ناقل وارد شده به ریبوزوم در هیچ جایگاهی تخریب پیوند هیدروژنی ندارد.
- ۷۸- در فرآورده حاصل از رونویسی توالی مجاور آپراتور DNA، در یاخته کناری معده، قطعاً پیوند فسفودی استر وجود دارد.
- ۷۹- در فرایند رونویسی از روی DNA خطی دومین نوکلئوتید اولین زمزه رونویسی شده لزوماً در ساختار خود بیش از ۲ حلقه دارد.
- ۸۰- هرگاه زمزه UGA به جایگاه A ریبوزوم وارد شود، قطعاً جایگاه‌های E و A خالی از RNA ناقل هستند.
- ۸۱- برای تشکیل رشته پلی‌پپتیدی ۱۲ آمینواسیدی، ۱۱ مولکول آب در جایگاه A، آزاد و ۱۱ بار جابه‌جایی ریبوزوم رخ می‌دهد.
- ۸۲- در ساختار تاخوردگی اول RNA ناقل مؤثر در ساخت فیبرینوژن همانند ساختار سه‌بعدی آن پیوند هیدروژنی وجود دارد.
- ۸۳- در تنظیم بیان ژن یاخته‌های میلوئیدی، عوامل ایجاد خمیدگی در DNA با اتصال به راه‌انداز باعث تشدید سرعت رونویسی می‌شوند.
- ۸۴- در نوعی جاندار که محل ساخت اجزای ریبوزوم در آن یکسان است، رونویسی از تمامی ژن‌ها توسط یک نوع آنزیم رخ می‌دهد.
- ۸۵- همیشه در RNAی موجود در سیتوپلاسم نوتروفیل، تعداد میانه‌های آن از بیانها کم‌تر است.
- ۸۶- در یک یاخته تار کشنده هر مولکول RNA توسط یک سری آنزیم بالغ می‌شود.
- ۸۷- در مرحله پایان رونویسی از ژن انسولین برخلاف مرحله طویل شدن ترجمه، بین ریبونوکلئوتیدها پیوند شیمیایی برقرار است.

۸۸- طی فرایند ترجمه، اولین زمره که در جایگاه P ریبوزوم قرار می‌گیرد، قطعاً با اولین زمره رونویسی شده یکسان است.

۸۹- در تنظیم بیان ژن آنزیم تجزیه‌کننده لاکتوز در پی متصل شدن مهارکننده به DNA، تولید آب در سیتوپلاسم افزایش می‌یابد.

۹۰- تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین توالی‌های میانه و بیانیه برخلاف تشکیل آن بین رونوشت بیانیه‌ها توسط RNA پلی‌مراز صورت می‌گیرد.

۹۱- پس از عمل ترجمه در یاخته کرک گیاه خرزهره، پروتئین ساخته‌شده می‌تواند به راکیزه ارسال شود.

۹۲- آنزیم ATP ساز ساخته‌شده توسط RNA پلی‌مراز ۲ در اوگلنا می‌تواند قبل از ورود به سیتوپلاسم یاخته تغییر کند.

۹۳- طول عمر RNA پیک در یاخته میلوئیدی بیشتر از RNA پیک باکتری است.

۹۴- توالی UAA قطعاً به جایگاه تشکیل پیوند پپتیدی در ریبوزوم وارد نشده ولی توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را دارد.

۹۵- با ورود زمره UAG به جایگاه A، tRNA حامل پلی‌پپتید بدون ورود به جایگاه E، از ریبوزوم جدا می‌شود.

۹۶- همه مولکول‌های RNA که دارای پادزمره هستند، قطعاً محل ساخت و عملکرد آنها نمی‌تواند یکسان باشد.

۹۷- تعداد آمینواسیدهای موجود در رشته پلی‌پپتیدی از مجموع زمره‌های قرارگرفته در جایگاه P و A کم‌تر است.

۹۸- زمانی که ریبوزوم بر روی RNA، ۵ بار حرکت می‌کند به طور حتم زمره شماره ۷ در جایگاه A قرار می‌گیرد.

- ۹۶- در فرایند تولید RNA بالغ همواره تعداد مولکول‌های آب آزاد شده از هنگام رونویسی RNA اولیه، کم‌تر است.
- ۱۰۰- در هر RNA تولید شده در یاخته فقط نوکلئوتیدهای یوراسیل‌دار در آن با نوکلئوتیدهای سازنده DNA، متفاوت است.
- ۱۰۱- در صورتی که هر توالی دو نوکلئوتیدی هر یک از زم‌های DNA میتوکندری باشد، امکان ندارد آمینواسیدی دارای چند رمز نباشد.
- ۱۰۲- هر حباب رونویسی در مرحله طولیل‌شدن RNA، دارای حداقل ۳ و حداکثر ۵ نوع نوکلئوتید است.
- ۱۰۳- در یاخته پارامسی، هیستون‌ها برخلاف آنزیم‌های گوارشی و کانال‌های غشایی پس از تولید، از اجسام گلژی عبور نمی‌کنند.
- ۱۰۴- در هر جاندار فتوسنتزکننده اکسیژن‌زا، RNA پلی‌مراز آن قطعاً توانایی تولید هر نوع RNA را دارد.
- ۱۰۵- در رونویسی از ژن‌های یاخته ماهیچه، تعداد حلقه‌های آلی در رشته رمزگذار با RNA ساخته شده از رشته الگو متفاوت است.
- ۱۰۶- در یاخته تولیدکننده سلولاز در معده گاو، هر یک از مولکول‌های سازنده ریبوزوم در محل‌های متفاوتی از یاخته معده ساخته می‌شود.
- ۱۰۷- جایگاهی از ریبوزوم که پلی‌پپتید از tRNA جدا می‌شود، همان جایگاه ورود همه tRNAهای لازم برای ترجمه است.
- ۱۰۸- در یاخته‌های روده کرم خاکی در مرحله پایان رونویسی نوکلئوتید رشته رمزگذار در توالی پایان رونویسی می‌شود.
- ۱۰۹- در مرحله آغاز رونویسی آنزیم هلیکاز فقط روی رشته‌ای از راه‌انداز ژن الگو قرار می‌گیرد که قرار است رونویسی شود.

جریان اطلاعات در یاخته : پرسش‌نامه

۱۱۰- در مرحله‌ای از ترجمه در جایگاه A ریبوزوم، پس از خروج یک نوع نوکلئیک‌اسید حامل پلی‌پپتید، یک نوع پروتئین وارد آن می‌شود.

۱۱۱- همهٔ گروه‌های فسفات موجود در RNA ناقل در رونویسی در تشکیل پیوند فسفودی‌استر با قند نقش دارند.

۱۱۲- ژن الگوی ساخت آنزیم تجزیه‌کنندهٔ تری‌گلیسرید موجود در کیسهٔ معدۀ ملخ می‌تواند دارای رونوشت میانه باشد.

۱۱۳- در یاختهٔ کامبیوم آوندساز، رونویسی ژن پروتئین‌های ریبوزومی همانند ژن ساخت هلیکاز بر عهدهٔ RNA پلی‌مراز است.

عبارت‌های کنکوری

۱۱۴- در فرایند ترجمهٔ ژن اکتین در یاختهٔ عضلاتی پس از جابه‌جایی ریبوزوم بر روی mRNA جایگاه A همواره پذیرای tRNA حامل آمینواسید است. (سراسری ۸۹- با تغییر)

۱۱۵- در فرایند ترجمه، آزاد شدن زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی از آخرین tRNA نسبت به سایرین در جایگاه متفاوتی از ریبوزوم رخ می‌دهد. (خارج از کشور ۹۰)

۱۱۶- با توجه به ژن‌های مورد نیاز تجزیهٔ لاکتوز در اشرشیاکلاهی پس از اتصال پروتئین متصل‌شونده به اپراتور، RNA پلی‌مراز در بخش تنظیم‌کنندهٔ ژن قرار می‌گیرد. (خارج از کشور ۹۳)

۱۱۷- در مورد باکتری در مرحلهٔ دوم رونویسی، پیوند بین بازهای آلی دو رشتهٔ الگو و غیرالگوی DNA گسسته می‌شود. (سراسری ۹۳- با تغییر)

۱۱۸- در همهٔ باکتری‌های بی‌ماری‌زا، هر ژن در مجاورت بخش سازندهٔ پروتئین تنظیم‌کنندهٔ خود قرار می‌گیرد. (خارج از کشور ۹۳)

۱۱۹- در یک یاخته فعال بخش بیرون ریز پانکراس، تنوع آمینواسیدها کم تر از تنوع tRNAها است. (سراسری ۹۴- با تفسیر)

۱۲۰- در یک جاندار پیش هسته‌ای پس از عبور از اولین نقطه واریسی، ژن‌های هر RNA توسط یک RNA پلی‌مراز شناسایی می‌شود. (خارج از کشور ۹۴- با کمی تفسیر)

۱۲۱- همه RNAهایی که در مرکز تنظیم ژنتیک یک یاخته گرم خاکی قرار دارند در یک انتهای خود، توالی نوکلئوتیدی یکسانی دارند. (سراسری ۹۵)

۱۲۲- در تنظیم بیان ژن‌های مورد نیاز تجزیه لاکتوز در اشرشیاکلاسی توالی واحدهای سازنده عامل تنظیم‌کننده محیطی توسط ژن تولید مهارکننده تعیین می‌شود. (سراسری ۹۵)

۱۲۳- هر یاخته‌ای که سانتیریول آن مضاعف می‌شود، بیان هر ژن آن مستلزم استفاده از آنزیم‌های درون‌یاخته‌ای متفاوت است. (سراسری ۹۵)

۱۲۴- در هر یاخته یوکاریوت محصول نهایی هر ژن آن یک زنجیره پلی‌پپتیدی است. (سراسری ۹۵)

۱۲۵- در یاخته‌ای گیاهی، توالی اجزای سازنده مولکول‌های حاصل از رونویسی با رشته‌های رمزگذار، مکمل است. (خارج از کشور ۹۵- با تفسیر)

۱۲۶- در یاخته زنده قورباغه همه RNAها پس از کوتاه‌شدن به سیتوپلاسم وارد می‌شوند. (سراسری ۹۶)

۱۲۷- در یک یاخته پرند کاکایی هر آمینواسید فقط می‌تواند به یک نوع tRNA متصل شود. (خارج از کشور ۹۶)

۶۸- درست

۶۹- درست

۷۰- **نادرست:** شکستن پیوند بین آمینواسید اتصالی و tRNA در سیتوپلاسم یاخته و عمل رونویسی و تشکیل mRNA، در هسته یاخته انجام می‌شود. توپروه‌اش نوعی گیاه و جاننداری یوکاریوت است.

۷۱- **نادرست:** یاخته‌های تراکتید و عناصر آوندی دیواره دارند؛ ولی زنده نیستند و پروتئین‌سازی نمی‌کنند.

۷۲- **نادرست:** در هر دو نوع تغییر و تبدیل، تنظیم بیان ژن پس از ترجمه اتفاق می‌افتد.

۷۳- درست

۷۴- **نادرست:** در هر دو تنظیم بیان ژن صورت می‌گیرد.

۷۵- **نادرست:** پیوند هیدروژنی شکسته و دوباره تشکیل می‌شود.

۷۶- **درست:** مانند پروتئین مهارکننده که رونویسی را مهار می‌کند.

۷۷- **نادرست:** در جایگاه E پیوند هیدروژنی شکسته می‌شود.

۷۸- **نادرست:** یاخته کناری معده هوسته‌ای است و اپراتور ندارد.

۷۹- **نادرست:** در زمزه اول (AUG) دومین نوکلئوتید U است که دارای یک حلقه در باز آلی و یک حلقه در قند است.

۸۰- **درست:** پس از ورود یکی از زمره‌های پایان به جایگاه A، هیچ tRNAی در جایگاه A و E حضور نمی‌یابد.

۸۱- **نادرست:** برای انجام این عمل، ۱۰ بار جابه‌جایی ریبوزوم رخ می‌دهد.

۸۲- **درست**

۸۳- **نادرست:** عوامل متصل به افزاینده باعث خمیدگی می‌شود.

۸۴- **درست:** مثل باکتری‌ها

۸۵- **نادرست:** هر RNA دارای میانه و بیانه نیست.

۸۶- **نادرست:** برخی از RNAهای پیک، بالغ می‌شوند.

۸۷- **درست**

۸۸- **نادرست:** می‌تواند یکسان نباشد! چون ممکن است زمره‌های دیگری قبل از زمره آغاز (AUG) نیز رونویسی شود.

۸۹- **نادرست:** کاهش می‌یابد؛ چون رونویسی مهار می‌شود.

۹۰- **نادرست:** توالی بیانه و میانه در DNA وجود دارد و تشکیل پیوند بین آن‌ها توسط DNA پلی‌مرز انجام می‌شود.

۹۱- **درست**

۹۲- **نادرست:** آنزیم رونویسی نمی‌شود؛ بلکه ژن آن رونویسی می‌شود.

۹۳- **درست:** طول عمر RNA پیک یوکاریوت بیشتر از پروکاریوت است.

۹۴- **نادرست:** UAA زمره پایان به جایگاه A وارد می‌شود.

۹۵- **درست**

۹۶- **نادرست:** tRNA می‌تواند در پروکاریوت در یک مکان فعالیت کند.

۹۷- **درست:** به غیر از اولین زمره و tRNA مربوطه (حامل آمینواسید متیونین) که مستقیماً به جایگاه P می‌رود، برای اتصال هر آمینواسید بعدی

به رشته پلی‌پپتید باید ۱ زمره و tRNA مربوطه، ۲ بار (یکی در جایگاه A و یکی هم در جایگاه P) قرار گیرد \Rightarrow تعداد آمینواسیدهای پلی‌پپتید معادل

است با نصف مجموع تعداد زمره‌های قرار گرفته در $A + P + 1$

۹۸- درست

۹۹- درست

۱۰۰- نادرست: در کل نوکلئوتیدهای RNA با DNA متفاوت است.

۱۰۱- نادرست: زمرهٔ دونوکلئوتیدی فقط جوابگوی ۱۶ آمینواسید است.

۱۰۲- نادرست: زیرا حداقل ۲ نوع (مثل C و G) و حداکثر ۵ نوع (مثل T, A, G, C) دارد. (U)

۱۰۳- درست

۱۰۴- درست: در جانداران فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا مانند هم باکتری‌ها و هم گیاهان (در راکیزه و سبزیسهٔ آن‌ها) RNA پلی‌مراز موجود در آن‌ها، هر سه نوع RNA را می‌سازد.

۱۰۵- نادرست: برابر است.

۱۰۶- نادرست: یاختهٔ تولیدکنندهٔ سلولاز باکتری است.

۱۰۷- درست

۱۰۸- نادرست: رشتهٔ رمزگذار رونویسی نمی‌شود.

۱۰۹- نادرست: در رونویسی آنزیم هلیکاز نقشی ندارد.

۱۱۰- درست: جایگزینی عامل پروتئینی آزادکننده با آخرین tRNA حامل پلی‌پپتید.

۱۱۱- نادرست: گروه فسفات یک انتهای رشتهٔ مولکول tRNA، آزاد است و در تشکیل پیوند فسفودی‌استر شرکت نمی‌کند.

۱۱۲- نادرست: رونوشت در RNA پیک است نه DNA.

۱۱۳- درست

۱۱۴- نادرست: زمره‌های پایان، پادزمره و tRNA ندارد.

۱۱۵- نادرست: در جایگاه P رخ می‌دهد.

۱۱۶- نادرست: RNA پلی‌مراز قبل از اتصال مهارکننده به اپراتور متصل است.

۱۱۷- درست

۱۱۸- درست: چون هسته در باکتری وجود ندارد.

۱۱۹- درست

۱۲۰- نادرست: وجود نقاط واریسی در چرخهٔ یاخته‌ای برای هوستهای‌ها است.

۱۲۱- نادرست: این موضوع، فقط در مورد tRNA درست است.

۱۲۲- نادرست: عامل تنظیم‌کنندهٔ محیطی در این نوع تنظیم لاکتوز است که پروتئین نیست.

۱۲۳- درست: منظور یاختهٔ یوکاریوت است که RNA پلی‌مرزهای مختلفی دارد.

۱۲۴- نادرست: ممکن است RNA ناقل و یا RNA ریبوزومی ساخته شود و یک زنجیرهٔ پلی‌نوکلئوتیدی به وجود آید.

۱۲۵- درست

۱۲۶- نادرست: برخی از mRNAها بالغ می‌شوند.

۱۲۷- نادرست: برخی آمینواسیدها چندین پادزمره دارند.