

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
پاسخ‌نامه تشریحی		۳۱۶	

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 ① از مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین سالم و تغییر شکل یافته دریافتند که تفاوت این دو پروتئین فقط در یک نوع آمینواسید است. ② 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. ← 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. ← 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 رمزه‌ها (۶۴ حالت) و تعداد آمینواسیدها (۲۰ نوع) است ← اغلب آمینواسیدها، بیش از یک رمز و یا رمزه دارند؛ مانند آمینواسیدهای لوسین و سرین با ۶ رمزه و آمینواسیدهای پرولین و آلانین با ۴ رمزه.

جریان اطلاعات در یاخته : درس نامه

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!

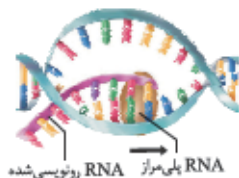
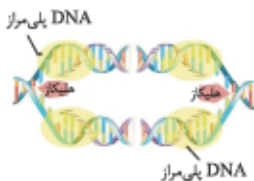
■ از آن جایی که DNA از جایگاه اصلی خود یعنی هسته، خارج نمی‌شود! دستورات DNA (ژن) برای ساخت پلی‌پپتید توسط مولکول RNA پیک به سیتوپلاسم منتقل می‌شود.

تعریف رونویسی: به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشته DNA توسط RNA پلی‌مراز، رونویسی می‌گویند.

نکته تئوری

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

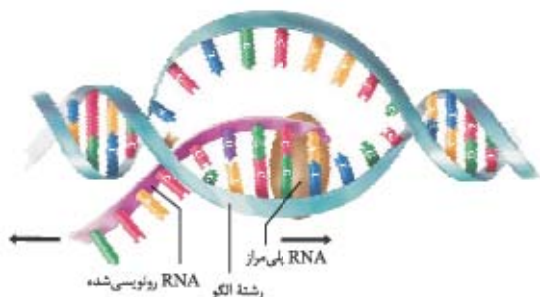
■ برخلاف همانندسازی (DNA هسته‌ای) که در هر چرخه یاخته‌ای، یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن (بخشی از DNA) می‌تواند بارها انجام شده و منجر به ساخت چندین رشته RNA یکسان شود.



مقایسه‌ای بین رونویسی و همانندسازی در یاخته‌های هویسته‌ای

مقایسه قابل مقایسه در هر دو فرایند	رونویسی	همانندسازی
محل انجام	هسته و اندامک‌های سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست)	هسته و اندامک‌های سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست)
زمان انجام	مرحله‌های G_1 و G_2 اینترفاز	مرحله S اینترفاز
تعداد حباب و نقطه شروع	ایجاد یک حباب و یک نقطه شروع	ایجاد چند حباب و چند نقطه شروع
رشته الگوی مورد استفاده	فقط بخشی از یک رشته DNA	تمام بخش‌های هر دو رشته DNA
آنزیم‌های مؤثر	آنزیم‌هایی تحت نام کلی RNA پلی‌مراز	انواعی از آنزیم‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هلیکاز و DNA پلی‌مراز
محل شروع فعالیت آنزیم‌های پلی‌مراز	جایگاه آغاز رونویسی (در مجاورت راه‌انداز) به صورت یک‌جهته	جایگاه آغاز همانندسازی به صورت دوجته
فرآورده تولیدی	RNA ای یک‌رشته‌ای مکمل با رشته الگوی DNA	DNA ای دورشته‌ای یکسان با DNA ی اولیه

جریان اطلاعات در یاخته : درسنامه



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 پلی‌مرارز (رناپسپاراز) 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 — ساخته شدن 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.

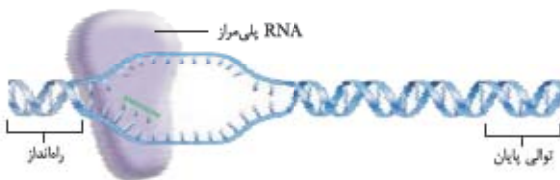
جریان اطلاعات در پاخته : درس نامه

نقش راه انداز: باعث می شود RNA پلی مرز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا کرده و رونویسی را از آن جا آغاز کند.

یادمون باشه

❶ آنزیم RNA پلی مرز، با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی DNA، نوکلئوتید مکملش را در مقابل آن قرار داده و سپس این نوکلئوتید را با تشکیل پیوند فسفودی استر به نوکلئوتید قبلی رشته RNA متصل می کند. ❷ در فرایند رونویسی، نوکلئوتید U دارای رشته RNA به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید A دار DNA قرار می گیرد.

الف) مرحله آغاز

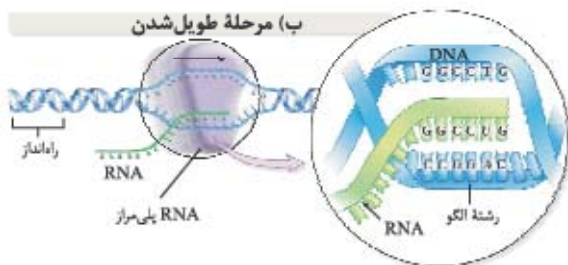


نکات تصویری

❶ 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 می شود. **ب** تعداد کمی پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدهای زنجیره کوتاه RNA تازه ساخت تشکیل می شود. ❷ طبق این شکل رمانداز رونویسی نمی شود!

مرحله طولی 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)، **ج** 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،

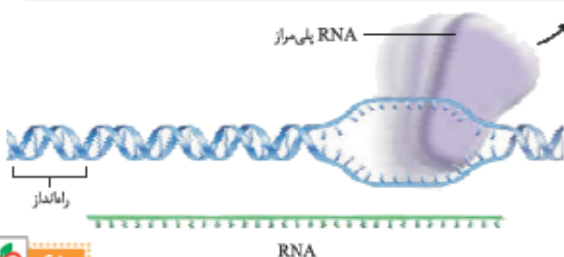
جریان اطلاعات در پاخته : درس نامه

باز آلی تیمین دارد. **پ** رشته RNA ی در حال ساخت **ف** در حباب رونویسی و در محدوده قرارگیری RNA پلی مراز، هم رشته ریبونوکلوئیدی (RNA) و هم رشته دئوکسی ریبونوکلوئیدی (DNA) یافت می شود. **ج** آنزیم RNA پلی مراز، همانند هلیکاز و برخلاف آنزیم DNA پلی مراز، توانایی شکستن پیوند هیدروژنی را دارد. **د** اگرچه شکستن پیوند هیدروژنی بین دو رشته DNA، توسط آنزیم RNA پلی مراز رخ می دهد، ولی تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای دو رشته DNA، به صورت خودبه خودی صورت می گیرد. **ه** پیوندهای هیدروژنی بین RNA و DNA در عقب RNA پلی مراز به علت سنگینی رشته RNA تشکیل شده، به صورت خودبه خودی شکسته می شوند.

مرحله پایان

■ در انتهای ژن، توالی نوکلئوتیدی ویژه ای وجود دارد که وقتی RNA پلی مراز به آن می رسد، رونویسی پایان می یابد **ب** در این هنگام و در این محل، RNA پلی مراز از مولکول DNA و RNA ی تازه ساخت، جدا می شود **ا** ۲ رشته DNA مجدداً به هم متصل می شوند.

پ) مرحله پایان



➕ زیست ۱۴، فصل ۱ ① 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 RNA ها و پلی‌پپتیدهای ساخته‌شده از روی ۲ رشته مکمل DNA بسیار متفاوت می‌شدند! ➡ برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته DNA ی 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 RNA ی 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 RNA ی تازه‌ساخت، به جای نوکلئوتید U دار، نوکلئوتید T دار وجود دارد.



نکات تصویری

❶ در یک مولکول DNA، تعداد زیادی ژن‌های متوالی، برای ساخت انواع مختلف RNA وجود دارند که قبل یا بعد از هر ژن در یاخته یوکاریوتی، یک راه‌انداز وجود دارد. ❷ یک DNA خطی همان‌طور که نقاط شروع همانندسازی متعددی دارد، قطعاً نقاط آغاز رونویسی متعددی نیز دارد. ❸ 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. ❹ **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. ❺ جهت رونویسی ژن‌های دو رشته یک DNA همواره برعکس یکدیگر است!

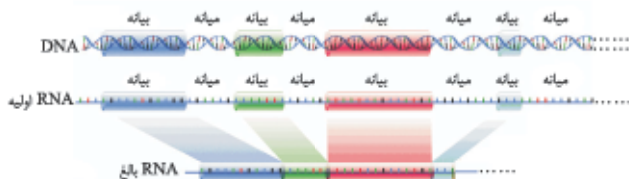
❻ در هر ژن، فقط از یکی از دو رشته DNA، به عنوان رشته الگو استفاده می‌شود. ❼ دانستیم که ژن، قسمتی از DNA است که قبل یا بعد از راه‌انداز قرار دارد و از روی آن رونویسی انجام می‌شود؛ در شکل صفحه قبل می‌بینیم که دو راه‌انداز متعلق به دو ژن متوالی ۲ و ۳ که جهت رونویسی متفاوتی دارند، در کنار هم قرار گرفته‌اند 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. ❻ در قطعه‌ای از DNA خطی یوکاریوت‌ها که شامل چند ژن است، تعداد راه‌اندازها، RNA پلی‌مرازها و رشته‌های RNA در حال رونویسی می‌تواند با همدیگر یکسان باشد.

تغییر یافتن RNA های ساخته شده

■ در یاخته های یوکاریوتی، RNA ساخته شده در رونویسی با RNA موجود در سیتوپلاسم تفاوت هایی 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 یوکاریوت ها رخ می دهد، حذف بخش هایی از مولکول RNA پیک است. **تعریف پیرایش:** به فرایندی می گویند که در بعضی ژن ها، باعث جدا و حذف شدن توالی های معینی از RNA ساخته شده و اتصال سایر بخش ها به هم می شود و در نتیجه، یک RNA پیک یکپارچه می سازد. **تعریف میانه (اینترون):** به بخش هایی از مولکول DNA می گویند که رونوشت آن ها، در mRNA اولیه وجود دارد ولی طی فرایند پیرایش، این رونوشت ها از mRNA بالغ (یا سیتوپلاسمی) حذف شده است. **تعریف بیان (اکزون):** به بخش هایی از مولکول DNA می گویند که رونوشت آن ها، علاوه بر mRNA اولیه، در mRNA بالغ نیز باقی می ماند.



پیرایش در بخشی از RNA یک ژن

نکات تصویری

❶ میانه‌ها 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 پلی‌مراز ۲ و در هستهٔ یوکاریوتی انجام گرفته است. ❸ الزاماً نباید بیانه‌ها و میانه‌ها اندازه‌های برابری داشته باشند و می‌تواند طول آن‌ها متفاوت باشد! ولی به طور معمول میانه‌ها 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 میانه و بیانه، بخش‌هایی از مولکول DNA ی دو رشته‌ای‌اند، در حالی که رونوشت‌های میانه و بیانه، بخش‌هایی از مولکول RNA تک‌رشته‌ای هستند.

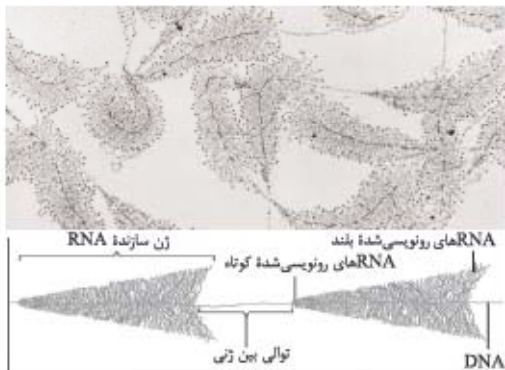
تعریف RNA نابالغ (اولیه): به RNA تازه رونویسی شده از روی رشته DNA الگو که هم رونوشت‌های میانه و هم رونوشت‌های بیانه را دارد، می‌گویند.

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 فراورده‌های 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.



ساخته‌شدن هم‌زمان چندین RNA از روی ژن

نکات تصویری

① امکان رونویسی هم‌زمان چندین RNA پلی‌مراز از روی یک ژن وجود دارد. ② برای تعیین جهت رونویسی باید از سمت کوتاه‌ترین RNAی 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 RNA ی 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 فراورده‌های 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 رمزه (کدون): به هر یک از توالی‌های سه‌نوکلئوتیدی RNA پیک، رمزه (کدون) می‌گویند → در یاخته‌ها، ۶۴ نوع رمزه یافت می‌شود.

نکته

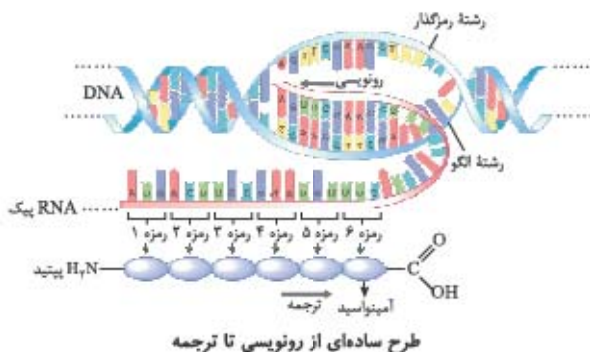
تئوری

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

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

جریان اطلاعات در یاخته : درسنامه



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 سه‌حرفی وجود دارند که معادل یک آمینواسید هستند. ۵ ریبوزوم از این رمزه‌ها برای تعیین نوع و ترتیب آمینواسیدها جهت ساخت پلی‌پپتید استفاده می‌کند. ۶ جهت ترجمه از سمت ابتدای RNA پیک به سمت انتهای آن است؛ البته بخش‌های ابتدایی RNA پیک ترجمه نمی‌شوند. ۷ امکان شروع فرایند ترجمه، قبل از پایان رونویسی RNA پیک وجود دارد.

نکته تفسیری

- ① همواره رمزۀ آغاز، AUG است؛ ولی هر AUG الزاماً رمزۀ آغاز نیست! زیرا می‌تواند جزء رمزہ‌های میانی رشته RNA پیک باشد.
- ② هیچ رمزۀ پایانی نوکلئوتید C ندارد؛ در حالی که در تمام رمزہ‌های پایان، نوکلئوتیدهای U و A وجود دارند، به طوری که همواره U، اولین نوکلئوتید است.

عوامل لازم برای ترجمه

- در فرایند ترجمه، براساس رمزہ‌های 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.

جریان اطلاعات دریاخته : درس نامه

بخش‌های مهم در ساختار سه‌بعدی RNA ناقل

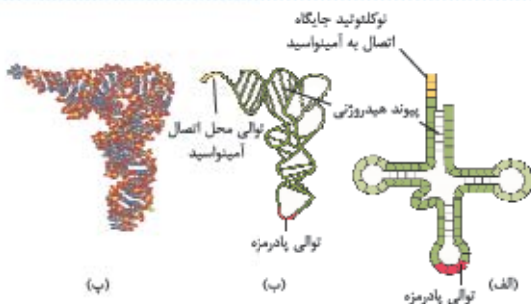
① محل اتصال آمینواسید

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 (پ) مدل مولکولی RNA ناقل

نکات تصویری

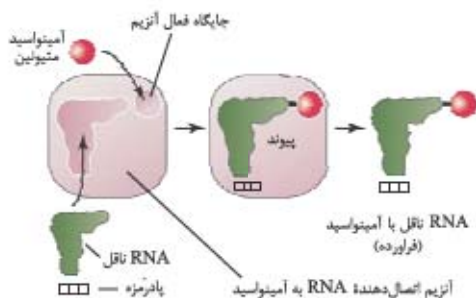
۱ در ساختار غیرفعال tRNA، ۴ بازو و ۳ حلقه مشاهده می‌شود که در هر بازو، بین تعدادی از نوکلئوتیدها، پیوند هیدروژنی برقرار است، ولی بین نوکلئوتیدهای مستقر در حلقه‌ها، هیچ پیوند هیدروژنی وجود ندارد. ۲ در ساختار tRNA، هم بخش‌های تکرار شونده (حلقه‌ها) و هم بخش‌های دورشته‌ای (بازوها) دیده می‌شود. ۳ حد فاصل 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 ⇐ 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 پادرمزه 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 رمزه آغاز بر روی RNA پیک است ⇐ UAC باید توالی پادرمزه 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.

جریان اطلاعات دریاخته : درسنامه



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 پادرمزه همان tRNA مکمل باشد. آمینواسید مرتبط با پادرمزه (متیونین) می‌تواند با آخرین ریبونوکلوئتید جایگاه اتصال tRNA پیوند داده و به آن متصل شود.

ساختر ریبوزوم

- ریبوزوم‌ها (رِئانت‌ها)، شامل دو زیرواحدند که هر زیرواحد از RNA ریبوزومی و پروتئین تشکیل می‌شود.
- RNA ریبوزومی (rRNA) توسط 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 هویسته‌ای، RNAهای ریبوزومی در هسته و پروتئین‌های ریبوزومی در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند!

مراحل ترجمه

مرحله آغاز

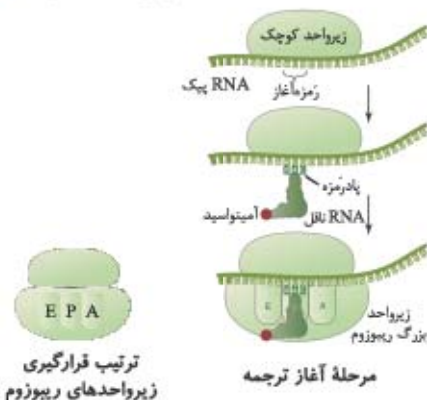
رویدادها

- 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.

جریان اطلاعات دریاخته : درسنامه



نکات تصویری

۱ بخش‌های قبل از ریمزه آغاز در RNA پیک ترجمه نمی‌شوند! ۲ زیر واحد کوچک ریبوزوم بزرگ‌تر از طول یک ریمزه است ۳ بیش از ۳ ریمزه در ناحیه اتصال آن به mRNA دیده می‌شود. الزاماً ریمزه AUG و پاد ریمزه UAC مرتبط با آن در ابتدای محل قرارگیری زیر واحد کوچک ریبوزوم قرار نمی‌گیرند. ۴ tRNA از قسمت پاد ریمزه خود به ریمزه آغاز از طریق پیوندهای هیدروژنی متصل می‌شود. ۵ سه جایگاه E، P، A در زیر واحد بزرگ ریبوزوم قرار دارند. پس از اتصال بخش بزرگ ریبوزوم به mRNA و بخش کوچک آن، جایگاه E توانی نوکلئوتیدی را اشغال می‌کند که قبل از AUG قرار دارد و ترجمه نمی‌شود! در حالی که در مراحل بعد، ریمزه‌های قرار گرفته در E قبلاً ترجمه شده‌اند. ۶ اولین tRNA حامل متیونین، هیچ‌گاه به جایگاه A وارد نمی‌شود! در حالی که طوری در جایگاه P قرار می‌گیرد که آمینو اسید متصل به آن به جایگاه E نزدیک‌تر باشد.

مرحله طویل شدن

رویدادها

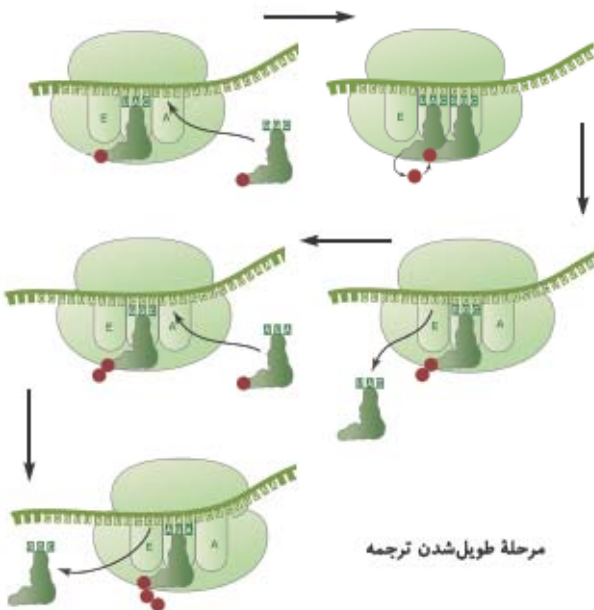
- الف:** از میان tRNAهای مختلف ورودی به جایگاه A، فقط tRNA مکمل زمره جایگاه A استقرار می‌یابد و دیگران جایگاه A را ترک می‌کنند.
- ب:** آمینواسید (یا پلی‌پپتید در حال ساخت) موجود در جایگاه P از tRNAی خود جدا شده (یعنی پیوند اشتراکی می‌شکند!) و با آمینواسید جایگاه A، پیوند پپتیدی می‌دهد.
- پ:** ریبوزوم به اندازه یک زمره به جلو تر 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

- ❶ 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. ❷ پیوند پپتیدی، همواره در جایگاه A ایجاد می‌شود. ❸ 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. ❹ پلی‌پپتید در حال طویل شدن همواره از جایگاه P خارج می‌شود.

جریان اطلاعات دریاخته : درسنامه

۵ جابه‌جایی mRNA ریبوزوم و حرکت به سوی رمزه پایانی mRNA
 حتماً پس از تشکیل پیوند پپتیدی mRNA در جایگاه A اتفاق می‌افتد.
 ۶ 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 طولیل شدن ترجمه

مرحله پایان

رویدادها

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

ب عوامل آزادکننده باعث جداشدن پلی‌پپتید از آخرین tRNA ورودی به جایگاه P و خروج آن‌ها از این جایگاه می‌شود.
پ عامل آزادکننده، هم‌چنین باعث جداشدن زیرواحدهای ریبوزومی از یکدیگر و نیز آزادشدن mRNA می‌شود.

نکته

تفسیری

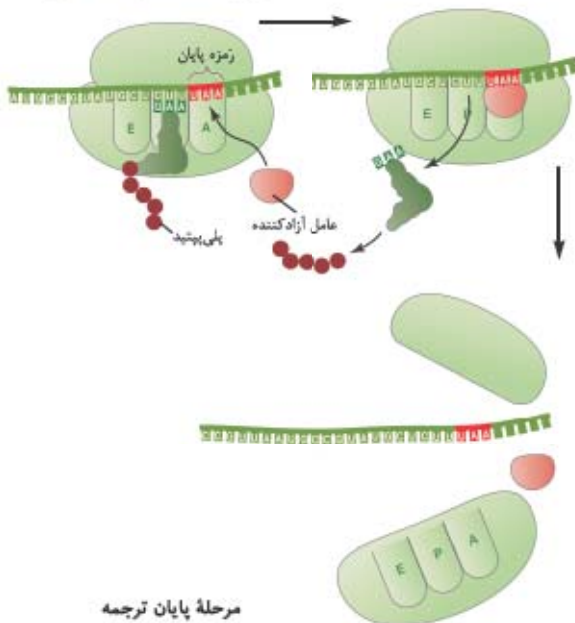
زیرواحدهای ریبوزوم‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا از روی یک mRNA چندین نسخه از یک نوع پلی‌پپتید ساخته شود.

نکات

تصویری

① در مرحله پایان، هیچ tRNA‌ای وارد جایگاه E نمی‌شود و آخرین tRNA نیز از جایگاه P از ساختار ریبوزوم خارج می‌شود. ② در مرحله پایان 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 رَمَزَه‌های پایان فقط به جایگاه A وارد می‌شوند. ④ سه رَمَزَه از مجموع ۶۴ رَمَزَه (۳ تا رَمَزَه پایان)، هیچ‌گاه به جایگاه‌های P و E وارد نمی‌شوند.

جریان اطلاعات دریاخته : درسنامه



یادمون باشه ❶ به جز tRNA آغازگر فرایند ترجمه (نقل آمینواسید متیونین)، که در جایگاه P قرار می گیرد؛ تمام tRNA هایی که در جایگاه P دیده می شوند بیش از یک آمینواسید متصل به خود دارند. ❷ هم در مرحله آغاز و هم در مرحله پایان، هیچ tRNA و رمزه ای وارد جایگاه E نمی شود! در مرحله طولی شدن نیز تمام tRNA هایی که به جایگاه E وارد می شوند، فاقد آمینواسید هستند.

محل پروتئین سازی و سرنوشت آن ها

■ پروتئین سازی در هر بخشی از یاخته که ریبوزوم های فعال حضور دارند می تواند انجام شود.

مقصد (سرنوشت) پروتئین های ساخته شده در یاخته

- ① رفتن به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی
- الف برای ترشح شدن به خارج از یاخته (به روش برون رانی)
- ب برای ورود به اندامک های درون یاخته ای مانند گریچه و لیزوزوم
- ② باقی ماندن در سیتوپلاسم یاخته (داخل ماده زمینه ای آن)
- ③ ورود به درون راکیزه (میتوکندری)
- ④ ورود به درون دیسه ها (پلاست ها)
- ⑤ ورود به درون هسته

یادمون

باشه

توالی های آمینواسیدی خاص متصل به پروتئین های ساخته شده، مقصد نهایی آن را تعیین می کند.

نکته

تئوری

① پروتئین های موجود در ماده زمینه ای سیتوپلاسم و برخی پروتئین های درون راکیزه ها و دیسه ها توسط ریبوزوم های آزاد در سیتوپلاسم ساخته می شوند. ② تولید پروتئین های درون گریچه و لیزوزوم و پروتئین هایی که به خارج از یاخته برون رانی می شوند، توسط ریبوزوم های آزاد سیتوپلاسمی شروع شده و در نهایت توسط ریبوزوم های متصل به شبکه آندوپلاسمی به پایان می رسد.

جریان اطلاعات در یاخته : درسنامه

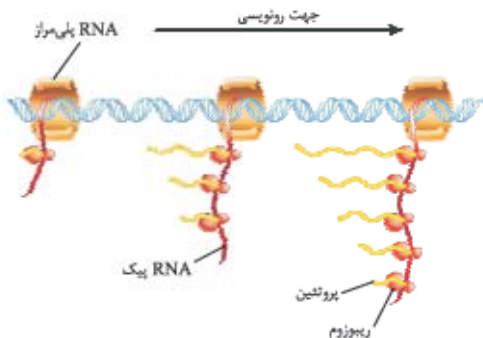
سرعت و مقدار پروتئین سازی

در پیش هسته‌ای‌ها:

● پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی mRNA شروع شود، چون طول عمر mRNA در پیش هسته‌ای‌ها 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 پروتئین سازی 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 پروتئین سازی 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 می‌کوتاه‌تر به سوی mRNA می‌بلندتر 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.

گفتار ۳ 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.

مثال ۲۲: در نوعی باکتری به نام اشرشیاکلی (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

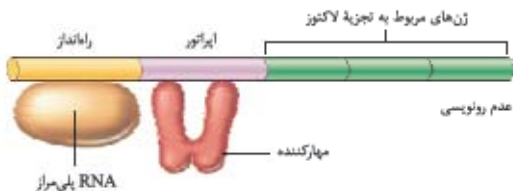
صورت نبود یا کاهش لاکتوز در محیط، ساخت آنزیمهای تجزیه کننده متوقف شده و یا کاهش می یابد.

تنظیم منفی رونویسی

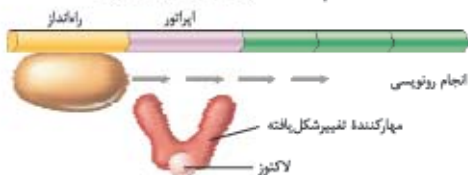
تعریف: هرگاه مانعی بر سر راه RNA پلی مراز وجود داشته باشد $\Rightarrow$ رونویسی انجام نمی شود که به این روش، تنظیم منفی رونویسی می گویند.

الف) در هنگام عدم حضور لاکتوز: نوعی پروتئین به نام مهارکننده به توالی خاصی از DNA به نام آپراتور متصل می شود و جلوی حرکت RNA پلی مراز را می گیرد $\Rightarrow$ عدم انجام رونویسی از ژن ها

ب) در هنگام حضور لاکتوز: پروتئین مهارکننده در اثر اتصال لاکتوز موجود در محیط، تغییر شکل یافته و از آپراتور جدا می شود و نیز از اتصال جلوگیری می شود $\Rightarrow$ RNA پلی مراز رونویسی ژن ها را انجام می دهد که محصولات این ژن ها یعنی آنزیم ها، موجب تجزیه لاکتوز می شوند.



الف) عدم رونویسی ژن ها در غیاب لاکتوز



ب) رونویسی ژن ها 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 می‌سازد، 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.

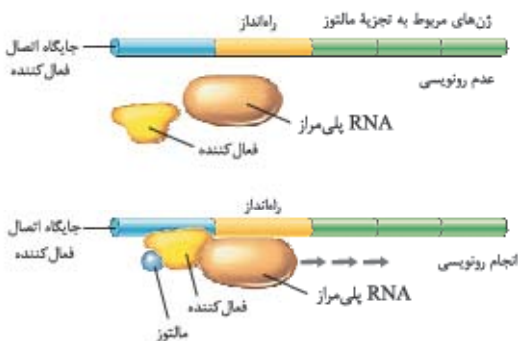
تنظیم مثبت رونویسی

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 فعال کننده موجب پیوستن آن به جایگاه اتصال فعال کننده شده و پس از اتصال به RNA پلی مراز کمک می کند تا به راه انداز متصل شده و رونویسی از ژن را آغاز می کند.



تنظیم مثبت رونویسی ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز

نکات تصویری

- 1 دو توالی تنظیمی راه انداز و جایگاه اتصال فعال کننده، بیان همزمان ژن های مربوط به تجزیه مالتوز را تنظیم می کنند.
- 2 فعال کننده پیش از ورود مالتوز به یاخته باکتری، ساخته شده است.
- 3 پروتئین فعال کننده، از لحاظ اندازه از قند دی ساکاریدی 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 پلی مراز 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.

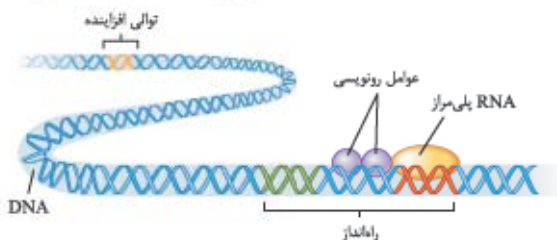
تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها

- غشاها، درون یاخسته‌های هوسته‌ای را به بخش‌های مختلفی تقسیم کرده‌اند و عوامل مؤثر بر یاخته باید به طریقی از غشاها 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.

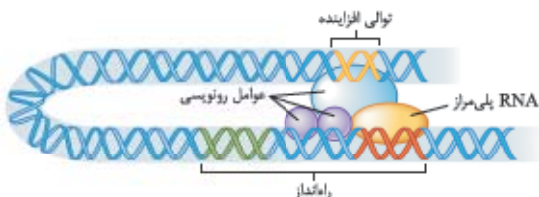
تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی

- فرایند رونویسی در هوسته‌ای‌ها مانند پیش‌هسته‌ای‌ها با اتصال و پیوستن RNA پلی مراز به راه انداز شروع می شود.
- برای آغاز فرایند رونویسی، RNA پلی مراز 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 پلی مراز 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 یاخته : درسنامه



تنظیم بیان ژن در هوسته‌ای‌ها



توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

نکات تصویری

- بیان ژن در هوسته‌ای‌ها 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 تجزیه شدن 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.

جریان اطلاعات در یاخته : پرسش نامه

عبارات های مفهومی

« درستی یا نادرستی عبارات زیر را مشخص کنید.

۶۸- مولکول RNA حمل کننده آمینواسید در فضای سیتوپلاسم نورون، قطعاً توسط یک نوع RNA پلی مرز تولید می شود.

۶۹- مکمل رمز TGA موجود در رشته رمزگذار در رمزکردن هیچ آمینواسیدی نقش ندارد.

۷۰- در یاخته های توپرواش شکستن پیوند بین آمینواسید با tRNA متصل به آن و تشکیل پیوند بین مونومرهای سازنده هر mRNA در محلی یکسان رخ می دهد.

۷۱- در هر یاخته ای که دارای دیواره یاخته ای است، قطعاً ترجمه mRNA و پروتئین سازی به کمک ریبوزوم صورت می گیرد.

۷۲- تبدیل پروترومبین به ترومبین برخلاف فعال شدن پروتئین های مکمل پس از برخورد به عامل بیگانه، نوعی تنظیم بیان ژن است.

۷۳- در مراحل رونویسی در پلاناریا طول عمر RNA پیک با تعداد اینترون های آن رابطه مستقیم دارد.

۷۴- امکان ندارد در فرایند تولید پمپ سدیم - پتاسیم در نورون برخلاف یاخته های پوششی روده تنظیم بیان ژن صورت نگیرد.

۷۵- در حباب رونویسی از مولکول DNA، در محل شکسته شدن پیوند هیدروژنی، پیوند هیدروژنی ایجاد نمی شود.

۷۶- هر پروتئینی که بتواند به توالی خاصی در RNA پیک، متصل شود، سرعت رونویسی را افزایش نمی دهد.



- ۷۷- طی فرایند ترجمه RNA پیک میوزین، اولین RNA ناقل وارد شده به ریبوزوم در هیچ جایگاهی تخریب پیوند هیدروژنی ندارد.
- ۷۸- در فراورده 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 بیانه‌ها 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.

جریان اطلاعات در یاخته : پرسشنامه

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

۸۹- در تنظیم بیان ژن آنزیم تجزیه کننده لاکتوز در پی متصل شدن مهار کننده به DNA، تولید آب در سیتوپلاسم افزایش می یابد.

۹۰- تشکیل پیوند فسفودی استر بین توالی های میانه و بیانه برخلاف تشکیل آن بین رونوشت بیانه ها توسط RNA پلی مرز صورت می گیرد.

۹۱- پس از عمل ترجمه در یاخته کرک گیاه خرزهره، پروتئین ساخته شده می تواند به راکیزه ارسال شود.

۹۲- آنزیم ATP ساز ساخته شده توسط RNA پلی مرز ۲ در اوگلا می تواند قبل از ورود به سیتوپلاسم یاخته تغییر کند.

۹۳- طول عمر RNA پیک در یاخته میلونیدی 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 پلی پپتید بدون ورود به جایگاه E، از ریبوزوم جدا می شود.

۹۶- همه مولکول های RNA که دارای پادزمره هستند، قطعاً محل ساخت و عملکرد آنها نمی تواند یکسان باشد.

۹۷- تعداد آمینواسیدهای موجود در رشته پلی پپتیدی از مجموع زمره های قرار گرفته در جایگاه P و A کم تر است.

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



- ۹۹- در فرایند تولید RNA بالغ همواره تعداد مولکول‌های آب آزادشده از هنگام رونویسی RNA اولیه، کم‌تر است.
- ۱۰۰- در هر RNA تولیدشده 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 مرحلهٔ طولیل‌شدن RNA دارای حداقل ۳ و حداکثر ۵ نوع نوکلئوتید است.
- ۱۰۳- در یاختهٔ پارامسی، هیستون‌ها برخلاف آنزیم‌های گوارشی و کانال‌های غشایی پس از تولید، از اجسام گلژی عبور نمی‌کنند.
- ۱۰۴- در هر جاندار فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا، RNA پلی‌مراز آن قطعاً توانایی تولید هر نوع RNA را دارد.
- ۱۰۵- در رونویسی از ژن‌های یاختهٔ ماهیچه، تعداد حلقه‌های آلی در رشتهٔ رمزگذار با RNA ساخته‌شده از رشتهٔ الگو متفاوت است.
- ۱۰۶- در یاختهٔ تولیدکنندهٔ سلولاز در معدهٔ گاو، هر یک از مولکول‌های سازندهٔ ریبوزوم در محل‌های متفاوتی از یاختهٔ معده ساخته می‌شود.
- ۱۰۷- جایگاهی از ریبوزوم که پلی‌پپتیداز tRNA جدا می‌شود، همان جایگاه ورود همهٔ tRNAهای لازم برای ترجمه است.
- ۱۰۸- در یاخته‌های رودهٔ کرم خاکی در مرحلهٔ پایان رونویسی نوکلئوتید رشتهٔ رمزگذار در توالی پایان رونویسی می‌شود.
- ۱۰۹- در مرحلهٔ آغاز رونویسی آنزیم هلیکاز فقط روی رشته‌ای از راه‌انداز ژن الگو قرار می‌گیرد که قرار است رونویسی شود.

جریان اطلاعات در یاخته : پرسش نامه

۱۱۰- در مرحله‌ای از ترجمه در جایگاه A ریبوزوم، پس از خروج یک نوع نوکلئیک اسید 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 معدهٔ 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 tRNAی 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 برون ریز پانکراس، تنوع آمینواسیدها کم تر از تنوع tRNA ها است. (سراسری ۹۴- با تغییر)

۱۲۰- در یک جاندار پیش هسته‌ای پس از عبور از اولین نقطه واریسی، ژن های هر RNA توسط یک RNA پلی مراز شناسایی می شود. (خارج از کشور ۹۴- با کمی تغییر)

۱۲۱- همه RNA های 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 ژن های مورد نیاز تجزیه لاکتوز در اشرشیا کلاهی توالی واحدهای سازنده عامل تنظیم کننده محیطی توسط ژن تولید مهار کننده تعیین می شود. (سراسری ۹۵)

۱۲۳- هر یاخته ای که سانتیول آن مضاعف می شود، بیان هر ژن آن مستلزم استفاده از آنزیم های درون یاخته ای متفاوت است. (سراسری ۹۵)

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

۱۲۵- در یاخته ای گیاهی، توالی اجزای سازنده مولکول های حاصل از رونویسی با رشته های رمزگذار، مکمل است. (خارج از کشور ۹۵- با تغییر)

۱۲۶- در یاخته زنده قورباغه همه RNA ها پس از کوتاه شدن به سیتوپلاسم وارد می شوند. (سراسری ۹۶)

۱۲۷- در یک یاخته پرنده کاکایی هر آمینواسید فقط می تواند 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 هستهٔ یاخته انجام می‌شود. توپرمواش نوعی گیاه و جاندار 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:** یاختهٔ کناری معده هوسته‌ای است و اپراتور ندارد.

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

پاسخ‌نامه تشریحی

۸۰- **درست:** پس از ورود یکی از رزمه‌های 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 رزمه‌های دیگری قبل از رزمه 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 پلی‌مراز 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 رزمه 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 رزمه و tRNA مربوطه (حامل آمینواسید متیونین) که مستقیماً به جایگاه P می‌رود، برای اتصال هر آمینواسید بعدی

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

است با نصف مجموع تعداد رزمه‌های قرار گرفته در A و P + ۱



۹۸- درست

۹۹- درست

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

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

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

۱۰۳- درست

۱۰۴- درست: در جانداران فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا مانند هم باکتری‌ها و هم گیاهان (در راکیزه و سبزدیسهٔ 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: ژمزه‌های پایان، پادژمزه 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 چرخه یاخته‌ای برای هوستهای‌ها است.

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

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

۱۲۳- درست منظور یاخته یوکاریوت است که RNA پلی‌مرازهای مختلفی دارد.

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

۱۲۵- درست

۱۲۶- نادرست برخی از mRNAها بالغ می‌شوند.

۱۲۷- نادرست برخی آمینواسیدها چندین پادزمره دارند.