

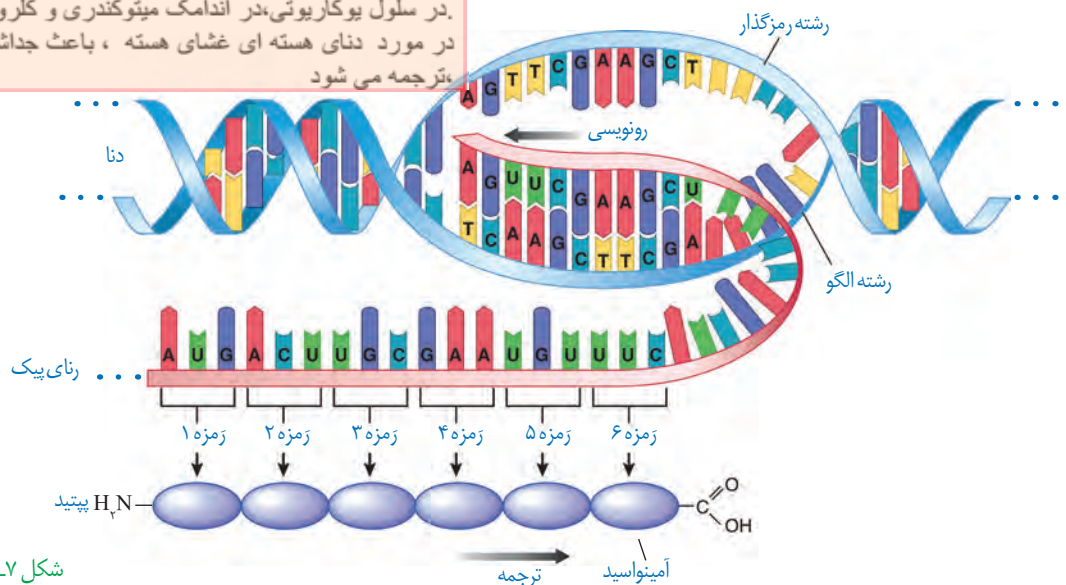
همانند سازی، ساخته شدن دنا از روی مولکول دنا
رونویسی، ساخته شدن رنا از روی دنا
ترجمه، تبدیل پیام نوکلئیک اسید به زبان آمینواسید

گفتار ۲ به سوی پروتئین

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

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به زبان پلی پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی، از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه^۱ می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



شکل ۷- طرح ساده‌ای از تشکیل شدن پلی پپتید

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **رمزه (کدون)**^۲ گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟
رمزه‌های UAA، UAG و UGA هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رمزه پایان** می‌گویند، زیرا حضور این رمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رمزه آغاز** یا AUG رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

۱- Translation

۲- Codon

بیشتر بدانید

انواع رمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها

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

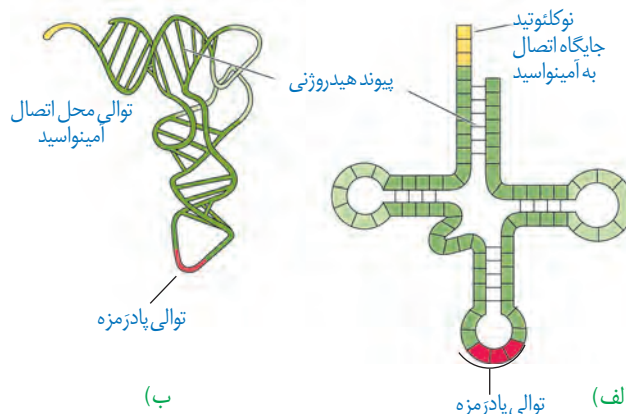
- ← **رنای پیک** : در ترجمه براساس رمزه های رنای پیک، پلی پپتید خاصی ساخته می شود.
- ← **آمینواسیدها**: مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند.
- ← **رنا تن ها**
- ← **رنا های ناقل**
- ← **ATP** : جهت تهیه انرژی لازم برای تهیه پلی پپتید

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می شود. در ترجمه هم براساس رمزه های رنای پیک، پلی پپتید خاصی ساخته می شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. رنا تن ها و رنا های ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی پپتید هم از مولکول های پر انرژی مانند ATP به دست می آید.

ساختار رنای ناقل

رنای ناقل پس از رونویسی دچار تغییراتی می شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته ای، روی خود تا می خورد (شکل ۸- الف). رنای ناقل تا خوردگی های مجددی پیدا می کند که ساختار سه بعدی را



شکل ۸- رنای ناقل
الف) تا خوردگی اولیه
ب) ساختار سه بعدی

به وجود می آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه (آنتی کدون)**^۱ است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رمز خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می کند.

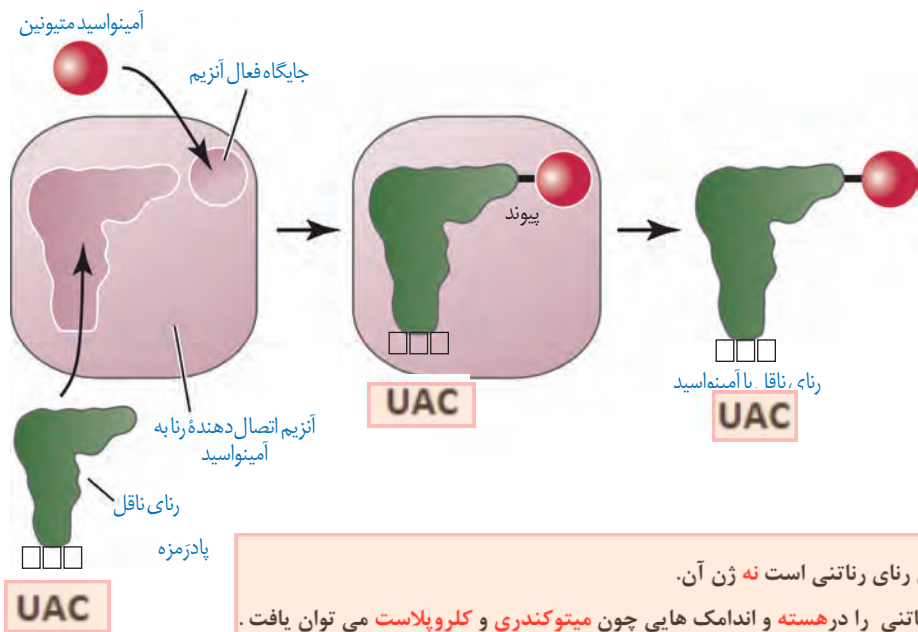
در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزه ای، انواع توالی های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزها، پادرمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزه ها کمتر از رمزها است؛ مثلاً برای رمزهای پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

نحوه عمل رنای ناقل: همان طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرمزه ای در این اتصال چیست؟

در واقع در ریخته ها، آنزیم های ویژه ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

حال بر اساس آنچه تاکنون در باره رمزها خوانده اید آیا می توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرمزه ای می تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

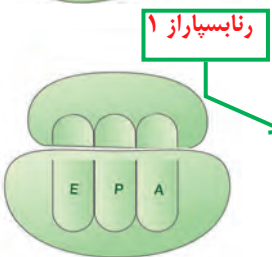
شکل ۹- نحوه پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن



- ✓ رناتن حاوی رنای رناتنی است نه ژن آن.
- ✓ ژن رنای رناتنی را در هسته و اندامک هایی چون میتوکندری و کلروپلاست می توان یافت.

ساختار رناتن

دانستید که رناتن در ساخت پلی پپتید نقش دارد. رناتن ها از دو زیر واحد تشکیل شده اند (شکل ۱۰). هر زیر واحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می آورید که رنای رناتنی به وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می شود؟ در ریخته، پروتئین های رناتنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رناتن را می سازد. رناتن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام P، A و E دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.



شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیر واحدهای رناتن

بدونیم که:

- ✓ رناتن ها ساختارهایی هستند که بخش اسید نوکلئیکی آن ها در هسته و بخش پروتئینی آنها بر روی رناتن سیتوسل ساخته می شود. که سپس پروتئین ساخته شده در سیتوپلاسم وارد هسته شده و با رنای رناتنی تشکیل رناتن می دهند (در یوکاریوت ها) و رناتن کامل از هسته خارج می شود.

← ریبوزوم ها در سنتز پروتئین ها (فرایند ترجمه) نقش مستقیم دارد. مثلا نقش مستقیم در ساخت آنزیم لیباز دارد.

← ریبوزوم ها در سنتز سایر مولکولها مانند مولکول های لیپید ، پلی ساکارید ، tRNA نقش غیر مستقیم دارد. (با تولید آنزیم های مورد نیاز بر ای ساخت این مولکول ها)

مراحل ترجمه

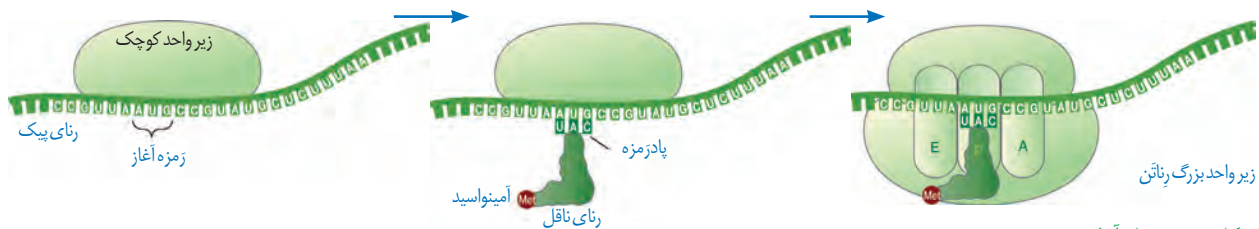
ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله آغاز، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می کنند.

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

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

مرحله آغاز

اتصال زیر واحد کوچک به رنای پیک
اتصال رنای ناقل حاوی متیونین آغاز و
اتصال آن به کدون آغاز
اتصال جز بزرگ ریبوزوم به جز کوچک
خالی بودن جایگاه A برای ورود آمینواسید
ها و جایگاه E برای خروج رنای ناقل
بدون آمینو اسید

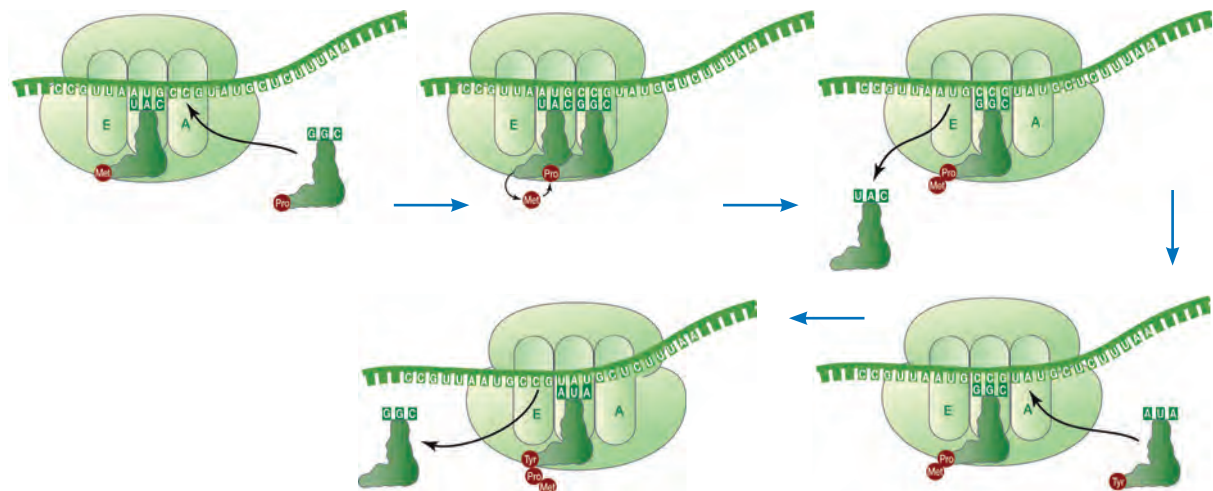


شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

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

مرحله طویل شدن

ورود آمینواسید ها از جایگاه A برقراری
پیوند هیدروژنی بین کدون و آنتی کدون
آمینو اسید متصل به رنای ناقل موجود در
جایگاه P به آمینواسید موجود در جایگاه A
متصل می شود
ریبوزوم به اندازه یک کدون جابجا می شود
برقراری پیوند پپتیدی در جایگاه A
با آزاد شدن یک مولکول آب
ورود رنای ناقل بدون آمینو اسید به جایگاه E



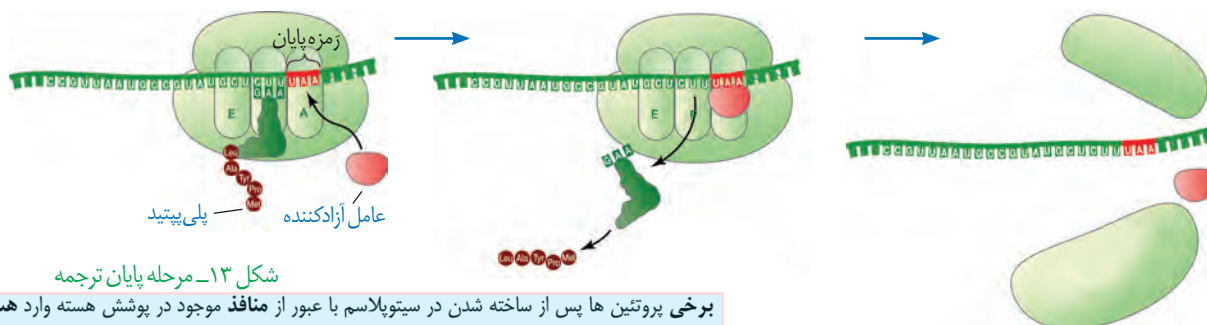
شکل ۱۲- مرحله طویل شدن ترجمه

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

✓ تنها رنای ناقل که با اسید آمینه خود ابتدا وارد جایگاه P می شود. رنای ناقل حامل متیونین و در مرحله آغاز ترجمه است.

✓ در حین ترجمه، پیوند های هیدروژنی بین ترجمه هم در A و هم در جایگاه P جایگاه بین کدون ها و آنتی کدون ها تشکیل می شود.

مرحله پایان: با ورود یکی از زمزه های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین هایی به نام **عوامل آزادکننده** اشغال می شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی پپتید از آخرین رنای ناقل می شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می شوند. زیرواحدهای رناتن ها می توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).



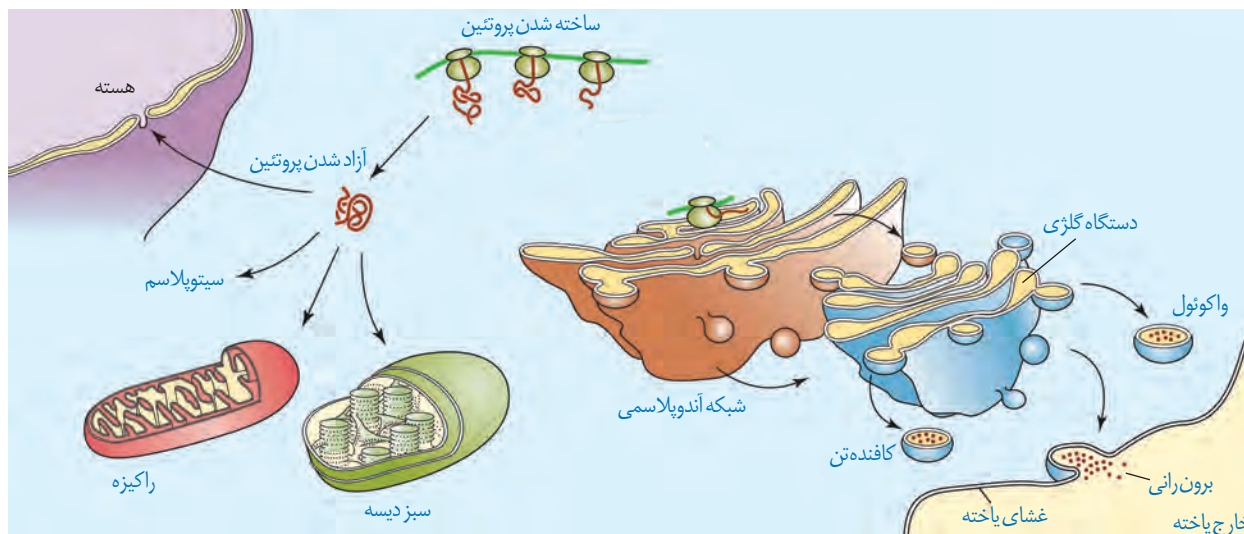
برخی پروتئین ها پس از ساخته شدن در سیتوپلاسم با عبور از منافذ موجود در پوشش هسته وارد هسته می شود زیرا در آنجا به آنها نیاز است. مانند دنا بسیار از های یوکاریوتی و رنا پلیمراز های یک، دو و سه و هیستون ها. همچنین پروتئین های ریبوزومی که در سیتوپلاسم ساخته شده و سرانجام وارد هسته می شوند تا در ساخت ریبوزوم ها به کار روند.

محل پروتئین سازی و سرنوشت آنها

پروتئین ها در بخش های مختلفی از یاخته ساخته می شوند. به طور کلی پروتئین سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن ها حضور داشته باشند می تواند انجام شود.

همان طور که در شکل ۱۴ می بینید، پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت های مختلفی پیدا می کنند. بعضی از این پروتئین ها به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش هایی مثل واکوئول (گریچه) و کافنده تن بروند. بعضی پروتئین ها نیز در سیتوپلاسم می مانند و یا اینکه به راکیزه ها، هسته و یا دیسه ها می روند. در هر یک از این موارد پراساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می کند (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- سرنوشت پروتئین های ساخته شده در سیتوپلاسم

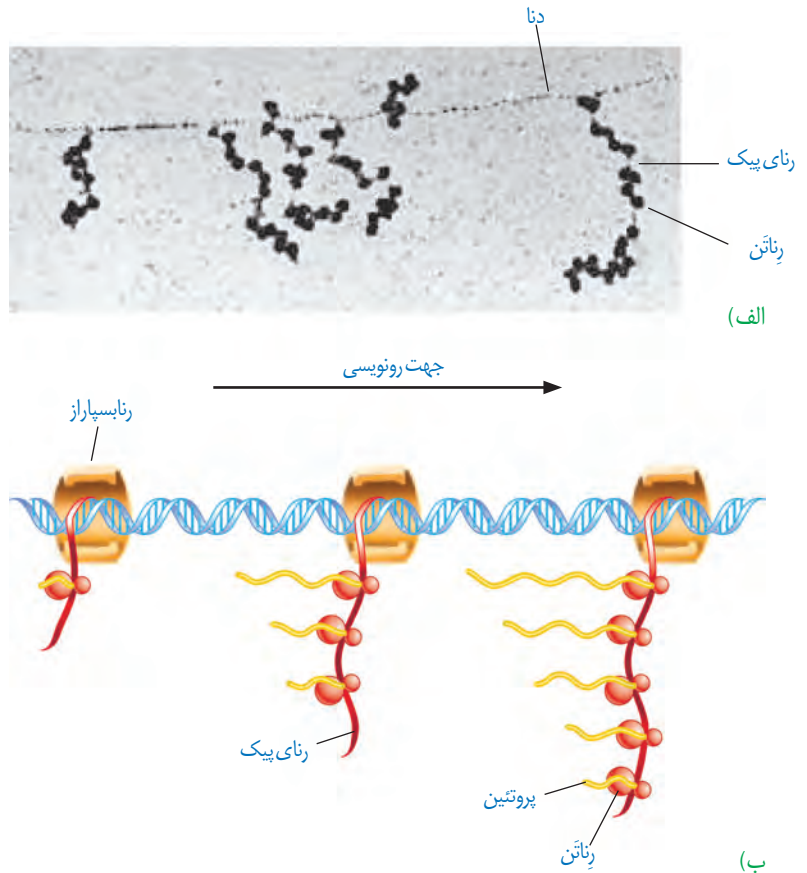


پادتن ها چون جزو پروتئین های خارج سلولی هستند توسط ریبوزوم های مسقر روی شبکه آندوپلاسمی خشن ساخته می شوند.

سرعت و مقدار پروتئین سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین سازی در یاخته ها بسته به نیاز تنظیم می شود. در یوکاریوت ها پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته ها کم است. برای پروتئین هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین ها، به طور هم زمان و پشت سر هم توسط مجموعه ای از رناتن ها انجام می شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رناتن ها مانند دانه های تسبیح و رنای پیک شبیه نخ است که از درون این دانه ها می گذرد. همکاری جمعی رناتن ها به پروتئین سازی سرعت بیشتری می دهد.

تجمع رناتن ها در یاخته های یوکاریوتی نیز دیده می شوند. البته در این یاخته ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می شود.



شکل ۱۵- الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه رناتن ها
ب) طرحی ساده از رناتن هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می کنند.

فعالیت ۱

الف) چه رابطه ای بین طول عمر رنای پیک یاخته ها با میزان پروتئین سازی آنها برقرار است؟
ب) رونویسی و ترجمه در یوکاریوت ها و یوکاریوت ها را با هم مقایسه کنید.

بدونیم که:

- ← همه ژن های پروتئین های یوکاریوتی در ابتدا باید توسط رنابسپاراز ۲ رونویسی شوند. چون هر پروتئینی برای ساخت به mRNA نیاز دارد ولی از روی محصولات رنابسپاراز ۱ و ۳ عمل ترجمه صورت نمی گیرد.
- ← تنها tRNA بی که با اسید آمینه خود ابتدا وارد جایگاه P می شود، tRNA حامل متیونین و در مرحله آغاز ترجمه است.
- ← در حین ترجمه، پیوند های هیدروژنی بین ترجمه هم در A و هم در جایگاه P جایگاه بین کدون ها و آنتی کدونها تشکیل می شود.