

محصولات آنها ابتدا RNA و در صورت ترجمه mRNA، پروتئین خواهد بود.

گفتار ۲: بسوی پروتئین



اصلی ترین محصول ژن ها را می توان پروتئین دانست. پروتئین ها اعمال مختلفی را در بدن انجام میدهند که

پیش از این با برخی از آنها آشنا شده اید. این که چگونه ژن ها و پروتئین های حاصل از آن، صفات را ایجاد

می کنند در آینده مورد بحث قرار می گیرند. در این گفتار به نحوه تبدیل اطلاعات وراثتی RNA به پروتئین

می پردازیم. **چون منورها از یک جنس هستند (رونوسی) چون منورها هایشان فرق دارد (ترجمه)**

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی RNA به پلی پپتیدی

دانستید که در فرآیند رونوسی از روی توالی های دنا، رنا ساخته می شوند که هردو از نوکلئوتید تشکیل

شده اند. ولی در ساختار پروتئین ها، آمینو اسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی پپتید از روی اطلاعات رنا،

ترجمه^۱ گفته می شود. طرح ساده ای از ژن تا پلی پپتید را در شکل زیر مشاهده می کنید. شکل ۹

• **ساخته سازی:** ساخته شدن DNA از روی DNA

• **رونوسی:** RNA ساخته شدن DNA از روی RNA

• **ترجمه:** پلی پپتید ساخته شدن RNA از روی RNA

رشته رمزگذار coding strand

رشته الگو template strand

رشته رمزگذار

رونوسی

رشته الگو

• **کدون:** به هر ۳ نوکلئوتید روی mRNA یک کدون گویند

• **کدون ۱:** AUG

• **کدون ۲:** UUU

• **کدون ۳:** CCC

• **کدون ۴:** GAA

• **کدون ۵:** UUU

• **کدون ۶:** AAA

• **کدون ۷:** GGG

• **کدون ۸:** UUU

• **کدون ۹:** AAA

• **کدون ۱۰:** GGG

• **کدون ۱۱:** UUU

• **کدون ۱۲:** AAA

• **کدون ۱۳:** GGG

• **کدون ۱۴:** UUU

• **کدون ۱۵:** AAA

• **کدون ۱۶:** GGG

• **کدون ۱۷:** UUU

• **کدون ۱۸:** AAA

• **کدون ۱۹:** GGG

• **کدون ۲۰:** UUU

• **کدون ۲۱:** AAA

• **کدون ۲۲:** GGG

• **کدون ۲۳:** UUU

• **کدون ۲۴:** AAA

• **کدون ۲۵:** GGG

• **کدون ۲۶:** UUU

• **کدون ۲۷:** AAA

• **کدون ۲۸:** GGG

• **کدون ۲۹:** UUU

• **کدون ۳۰:** AAA

• **کدون ۳۱:** GGG

• **کدون ۳۲:** UUU

• **کدون ۳۳:** AAA

• **کدون ۳۴:** GGG

• **کدون ۳۵:** UUU

• **کدون ۳۶:** AAA

• **کدون ۳۷:** GGG

• **کدون ۳۸:** UUU

• **کدون ۳۹:** AAA

• **کدون ۴۰:** GGG

• **کدون ۴۱:** UUU

• **کدون ۴۲:** AAA

• **کدون ۴۳:** GGG

• **کدون ۴۴:** UUU

• **کدون ۴۵:** AAA

• **کدون ۴۶:** GGG

• **کدون ۴۷:** UUU

• **کدون ۴۸:** AAA

• **کدون ۴۹:** GGG

• **کدون ۵۰:** UUU

• **کدون ۵۱:** AAA

• **کدون ۵۲:** GGG

• **کدون ۵۳:** UUU

• **کدون ۵۴:** AAA

• **کدون ۵۵:** GGG

• **کدون ۵۶:** UUU

• **کدون ۵۷:** AAA

• **کدون ۵۸:** GGG

• **کدون ۵۹:** UUU

• **کدون ۶۰:** AAA

• **کدون ۶۱:** GGG

• **کدون ۶۲:** UUU

• **کدون ۶۳:** AAA

• **کدون ۶۴:** GGG

• **کدون ۶۵:** UUU

• **کدون ۶۶:** AAA

• **کدون ۶۷:** GGG

• **کدون ۶۸:** UUU

• **کدون ۶۹:** AAA

• **کدون ۷۰:** GGG

• **کدون ۷۱:** UUU

• **کدون ۷۲:** AAA

• **کدون ۷۳:** GGG

• **کدون ۷۴:** UUU

• **کدون ۷۵:** AAA

• **کدون ۷۶:** GGG

• **کدون ۷۷:** UUU

• **کدون ۷۸:** AAA

• **کدون ۷۹:** GGG

• **کدون ۸۰:** UUU

• **کدون ۸۱:** AAA

• **کدون ۸۲:** GGG

• **کدون ۸۳:** UUU

• **کدون ۸۴:** AAA

• **کدون ۸۵:** GGG

• **کدون ۸۶:** UUU

• **کدون ۸۷:** AAA

• **کدون ۸۸:** GGG

• **کدون ۸۹:** UUU

• **کدون ۹۰:** AAA

• **کدون ۹۱:** GGG

• **کدون ۹۲:** UUU

• **کدون ۹۳:** AAA

• **کدون ۹۴:** GGG

• **کدون ۹۵:** UUU

• **کدون ۹۶:** AAA

• **کدون ۹۷:** GGG

• **کدون ۹۸:** UUU

• **کدون ۹۹:** AAA

• **کدون ۱۰۰:** GGG

• **کدون ۱۰۱:** UUU

• **کدون ۱۰۲:** AAA

• **کدون ۱۰۳:** GGG

• **کدون ۱۰۴:** UUU

• **کدون ۱۰۵:** AAA

• **کدون ۱۰۶:** GGG

• **کدون ۱۰۷:** UUU

• **کدون ۱۰۸:** AAA

• **کدون ۱۰۹:** GGG

• **کدون ۱۱۰:** UUU

• **کدون ۱۱۱:** AAA

• **کدون ۱۱۲:** GGG

• **کدون ۱۱۳:** UUU

• **کدون ۱۱۴:** AAA

• **کدون ۱۱۵:** GGG

• **کدون ۱۱۶:** UUU

• **کدون ۱۱۷:** AAA

• **کدون ۱۱۸:** GGG

• **کدون ۱۱۹:** UUU

• **کدون ۱۲۰:** AAA

• **کدون ۱۲۱:** GGG

• **کدون ۱۲۲:** UUU

• **کدون ۱۲۳:** AAA

• **کدون ۱۲۴:** GGG

• **کدون ۱۲۵:** UUU

• **کدون ۱۲۶:** AAA

• **کدون ۱۲۷:** GGG

• **کدون ۱۲۸:** UUU

• **کدون ۱۲۹:** AAA

• **کدون ۱۳۰:** GGG

• **کدون ۱۳۱:** UUU

• **کدون ۱۳۲:** AAA

• **کدون ۱۳۳:** GGG

• **کدون ۱۳۴:** UUU

• **کدون ۱۳۵:** AAA

• **کدون ۱۳۶:** GGG

• **کدون ۱۳۷:** UUU

• **کدون ۱۳۸:** AAA

• **کدون ۱۳۹:** GGG

• **کدون ۱۴۰:** UUU

• **کدون ۱۴۱:** AAA

• **کدون ۱۴۲:** GGG

• **کدون ۱۴۳:** UUU

• **کدون ۱۴۴:** AAA

• **کدون ۱۴۵:** GGG

• **کدون ۱۴۶:** UUU

• **کدون ۱۴۷:** AAA

• **کدون ۱۴۸:** GGG

• **کدون ۱۴۹:** UUU

• **کدون ۱۵۰:** AAA

• **کدون ۱۵۱:** GGG

• **کدون ۱۵۲:** UUU

• **کدون ۱۵۳:** AAA

• **کدون ۱۵۴:** GGG

• **کدون ۱۵۵:** UUU

• **کدون ۱۵۶:** AAA

• **کدون ۱۵۷:** GGG

• **کدون ۱۵۸:** UUU

• **کدون ۱۵۹:** AAA

• **کدون ۱۶۰:** GGG

• **کدون ۱۶۱:** UUU

• **کدون ۱۶۲:** AAA

• **کدون ۱۶۳:** GGG

• **کدون ۱۶۴:** UUU

• **کدون ۱۶۵:** AAA

• **کدون ۱۶۶:** GGG

• **کدون ۱۶۷:** UUU

• **کدون ۱۶۸:** AAA

• **کدون ۱۶۹:** GGG

• **کدون ۱۷۰:** UUU

• **کدون ۱۷۱:** AAA

• **کدون ۱۷۲:** GGG

• **کدون ۱۷۳:** UUU

• **کدون ۱۷۴:** AAA

• **کدون ۱۷۵:** GGG

• **کدون ۱۷۶:** UUU

• **کدون ۱۷۷:** AAA

• **کدون ۱۷۸:** GGG

• **کدون ۱۷۹:** UUU

• **کدون ۱۸۰:** AAA

• **کدون ۱۸۱:** GGG

• **کدون ۱۸۲:** UUU

• **کدون ۱۸۳:** AAA

• **کدون ۱۸۴:** GGG

• **کدون ۱۸۵:** UUU

• **کدون ۱۸۶:** AAA

• **کدون ۱۸۷:** GGG

• **کدون ۱۸۸:** UUU

• **کدون ۱۸۹:** AAA

• **کدون ۱۹۰:** GGG

• **کدون ۱۹۱:** UUU

• **کدون ۱۹۲:** AAA

• **کدون ۱۹۳:** GGG

• **کدون ۱۹۴:** UUU

• **کدون ۱۹۵:** AAA

• **کدون ۱۹۶:** GGG

• **کدون ۱۹۷:** UUU

• **کدون ۱۹۸:** AAA

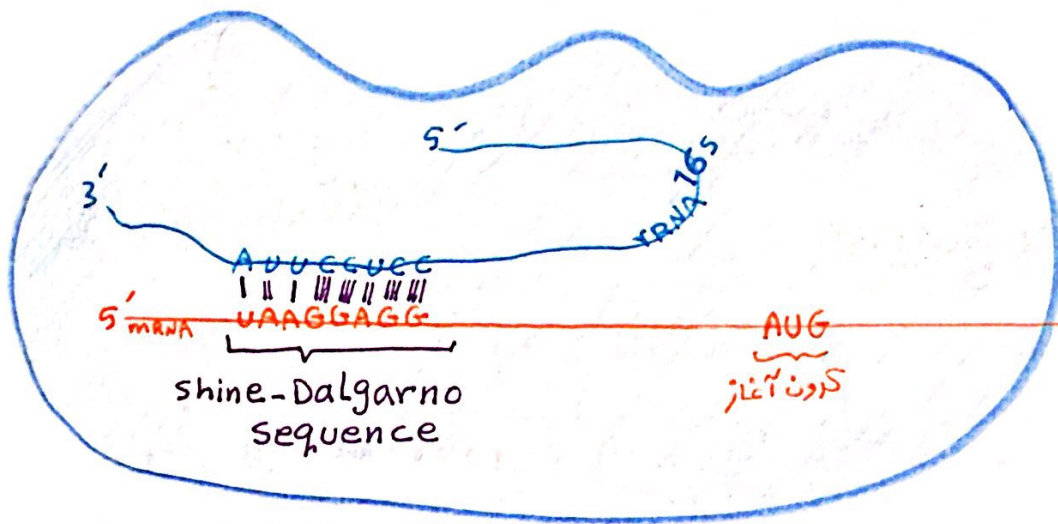
• **کدون ۱۹۹:** GGG

• **کدون ۲۰۰:** UUU

• **کدون ۲۰۱:** AAA

• **کدون ۲۰۲:** GGG

• **کدون ۲۰۳:** UUU



اتصال mRNA
و زیر واحد کوچک
ایگزوم در
پروکاریوت ها

زیر واحد 30S در پروکاریوت ها
کوچک

- برای کدون های پایان (UAA، UAG، UGA) هیچ آمینو اسیدی وجود ندارد. یعنی tRNA ای با آنتی کدونهای ۳-۴=۴۱
- AUU و AUC و ACU وجود ندارد. از ۴۴ رمز وراثتی ۳ رمز (رمزهای پایان) ترجمه نمی شوند.
- پس از ۴۴ رمز وراثتی، ۴۱ رمز قابل ترجمه هستند.

Non sense

کدونهای UAA، UAG و UAG هیچ آمینو اسیدی را رمز نمی کنند که به اینها کدون پایان می گویند، ترجمه پارسیدن به کدون پایان، تمام می شود. یعنی کدون پایان ترجمه نمی شود.

زیرا حضور این کدونها در mRNA موجب پایان یافتن عمل ترجمه می شود. کدون آغاز یا AUG کدونی است که ترجمه از آن آغاز می شود. این کدون معرف آمینو اسید میتونین نیز هست.

• tRNA ای که آمینو اسید میتونین را حمل می کند، دارای آنتی کدون UAC بوده و بر روی کدون AUG می نشیند.

• استرئون هابی که طی پیرایش کروموزومی حذف می شوند نیز ترجمه نمی شوند.

		Second letter					
First letter	U	U	C	A	G	Third letter	U
	U	UUU Phenyl-alanine UUC UUA Leucine UUG	UCU Serine UCC UCA UCG	UAU Tyrosine UAC UAA Stop codon UAG Stop codon	UGU Cysteine UGC UGA Stop codon UGG Tryptophan		U
	C	CUU Leucine CUC CUA CUG	CCU Proline CCC CCA CCG	CAU Histidine CAC CAA Glutamine CAG	CGU Arginine CGC CGA CGG		C
	A	AUU Isoleucine AUC AUA AUG Methionine; start codon	ACU Threonine ACC ACA ACG	AAU Asparagine AAC AAA Lysine AAG	AGU Serine AGC AGA Arginine AGG		A
G	G	GUU Valine GUC GUA GUG	GCU Alanine GCC GCA GCG	GAU Aspartic acid GAC GAA Glutamic acid GAG	GGU Glycine GGC GGA GGG	G	G

طرح سوال از این جدول مجاز نمی باشد.



جدول: انواع کدون و آمینو اسیدهای مربوط به آنها

اطلاعات وراثتی که mRNA از DNA به ریبوزوم می آورد.

آمینو اسید: که tRNA به ریبوزوم می آورد.

عوامل لازم در ترجمه: کارخانهی pR سازی (ریبوزوم): که rRNA در ساخت آن شرکت می کند.

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد.

بر اساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست میشود.

• اطلاعات رونویسی شده از روی DNA

در ترجمه هم براساس کدونهای رنای پیک، پلی پپتید خاصی ساخته می شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه آمینو اسیدها هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی پپتید هم از مولکولهای پر انرژی مانند ATP به دست می آید.



ساختار رنای ناقل



رنای ناقل مانند سایر رناها پس از رو نویسی دچار تغییراتی می شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل، پیوند هیدروژنی ایجاد می کنند. به همین علت رنای تک رشته ای، روی خود تا می خورد و ساختاری به نام ساختار سنجاق سر^۱ (شکل ۱۰) ایجاد می کند. رنای ناقل در حالت فعال تاخوردگی های مجددی پیدا می کند که ساختار سه بعدی یا L مانند را به وجود می آورد. در این ساختار

۱۱

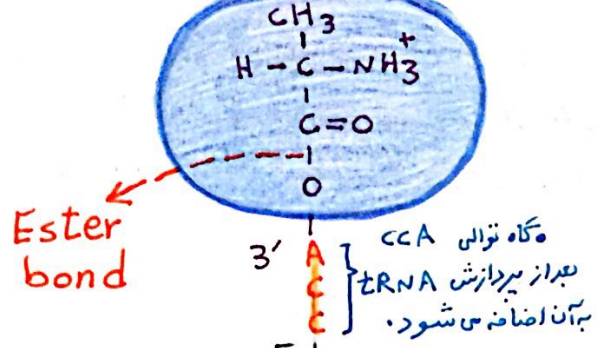
در بین تارادف های هر رمز ژنتیکی، تفاوت به طور معمول مربوط به نوکلئوتید سوم است.

کمتر اختصاصی بودن باز سوم، عاملی برای سهولت باز شدن پیوند بین کدون و آنتی کدون در هنگام سنتز pR است. پدیده ی تغییر پذیری باز سوم، اعطاف پذیری نام دارد.

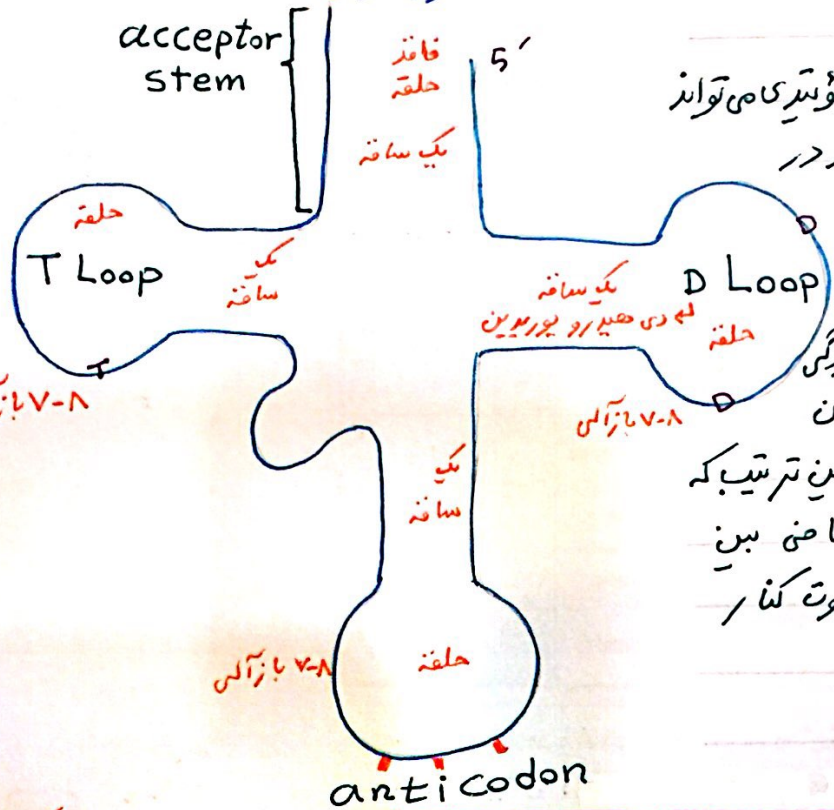
پدیده ی اعطاف پذیری یا لیزش موجب می شود برخی جهش های ژن که منجر به تغییر در سوسومین باز رمز می شوند، اثر نامناسبی در سنتز pR بر جای نگذارند.

¹ hairpin loops

• tRNA ها هر یک حدود ۸۰ نوکلئوتید طول دارند .
 • مولکول tRNA دارای چهار قسمت کوتاه است که به شکل تا خورده و مارپیچ دوتایی هستند و ایجاد یک مولکول جدید می کنند . این مولکول جدید سببه به یک برگ شبیه به نظر می رسد .

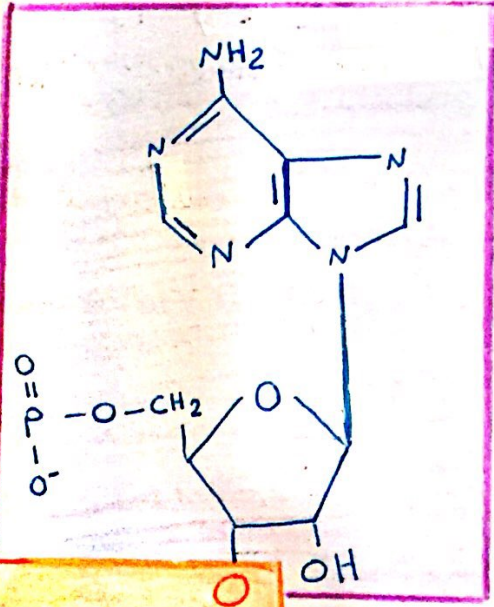


• یک توالی در یک قسمت زنجیره پس نوکلئوتیدی می تواند با توالی دیگری که مکمل خود است و در ناحیه دیگری از همان مولکول پیوند تشکیل دهد .

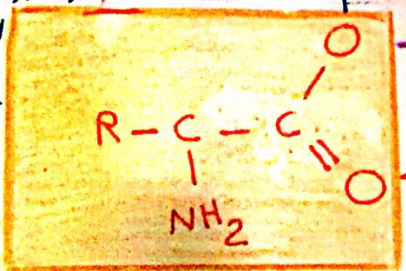


• ساختمان برگ شبیهی متحول تا خوردگی بستری می شود تا این که ساختمان شکل متراکمی را بسازد . به این ترتیب که توسط پیوندهای هیدروژن اضافی بین نواحی مختلف مولکول نواحی متفاوت کنار یکدیگر نگه داشته می شوند .

• چند کدون متفاوت می تواند و نیز یک اسید آمینه مشخص باشند .
 • یا بیش از یک tRNA برای هر اسید آمینه وجود دارد .
 • یا این که بعضی از مولکول های tRNA می توانند با بیش از یک کدون جفت باز تشکیل دهند .



نوکلئوتید آدنین دار
 در انتهای 3' tRNA



اسید آمینه

در عمل هر دو حالت رخ می دهد . بعضی از اسید آمینه ها دارای بیش از یک tRNA هستند و بعضی از tRNA ها طوری ساخته می شوند که فقط به جفت شدن دقیق بازها در دو موقعیت کدون تحمل کنند . این تغییر روش در جفت شدن بازها نشان می دهد که چرا برخی از کدون های متفاوت برای یک اسید آمینه فقط در سوسین نوکلئوتیدشان متفاوت هستند . تغییر روش در جفت شدن بازها این امکان را ایجاد می کند که

که ۲۰ اسید آمینه با ۶۱ کدون ، با حداقل ۳۱ نوع مولکول tRNA تطبیق پیدا کنند . هر چند که تعداد انواع مختلف tRNA از یک گونه به گونه دیگر متفاوت است .

- **tRNA**: مسئول انتقال آمینو اسید به محل ریبوزوم است.
- این مولکول نیز رونویسی از ژن است اما ترجمه نمی‌شود.
- " " به طور متوسط ۷۶-۸۰ نوکلئوتید دارد.
- اندازه‌ی کوچک این مولکول به آن اجازه می‌دهد به آسانی وارد ریبوزوم شود.
- tRNA دارای ۳ ساختار است:
- **ساختار اول**: محصول مستقیم رونویسی است و هنوز دچار تغییر شیمیایی و پیچ خوردگی نشده است.

• **ساختار دوم**: یک حالت گذرا است و ساختار برگ شش‌بر نام دارد. این ساختار حاصل پیچ و تاب خوردن ساختار اول و تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مکمل است.

• **ساختار سوم**: ساختار سه بعدی و فعال مولکول است و ساختار L شکل نام دارد. این ساختار نیز حاصل تشکیل پیوندهای هیدروژنی جبرج بین بازهایی است که در ساختار برگ شش‌بر از هم دور بوده اما در ساختار L شکل مجاور هم قرار گرفته‌اند.

• هر نوع tRNA فقط می‌تواند به یک نوع آمینو اسید متصل شود. اما بعضی از آمینو اسیدها به بیش از یک نوع tRNA متصل می‌شوند.

• تفاوت tRNA های مختلف در نوع آنتی کدون آنهاست.

• آنتی کدون است که تعیین می‌کند tRNA چه آمینو اسیدی حمل کند.

• با در نظر گرفتن جایگاه لغزنده‌ی مولکول tRNA حداقل ۳۱ مولکول tRNA لازم است تا ۶۱ کدون مختلف را شناسایی کند. ولی از آنجائیکه کدون آغاز مولکول tRNA مخصوص به خود را دارد برای شناسایی ۶۱ کدون مختلف حداقل ۳۲ مولکول tRNA لازم است.

• **پروپین آکپتور**: مثلاً انسان دارای ۴۹۷ مولکول tRNA متفاوت است اما فقط ۴۸ آنتی کدون بیان می‌شوند.

• یک سلول پستان‌دار و اجزای بیش از ۱۵۰ نوع مولکول tRNA است. به مولکول‌های tRNA که آنتی کدون مختلف دارند اما به یک نوع آمینو اسید وصل می‌شوند اصطلاحاً tRNA های هم‌باز (Isoacceptor) می‌گویند.

• همچنین به tRNA های که در اثر جهش، آنتی کدون آنها تغییر یافته و می‌توانند کدون پائین را شناسایی کنند اصطلاحاً tRNA سرکوب‌گر یا suppressor tRNA می‌گویند.

• ویژگی خاص tRNA آغازگر:

- بین دو باز آخر پیوند هیدروژنی وجود ندارد.
- بازوی آنتی کدون آن سه جفت باز C-G دارد.
- به متیونین گروه فرمیل اضافه می‌شود.

۱. آمینواسید و ATP به جایگاه فعال وصل می شوند.

۲. ATP دو گروه P از دست می رهد و به صورت AMP به آمینواسید وصل می شود.

۳. tRNA اختصاصی جای AMP را گرفته و به طور کوالان به آمینواسید متصل می شود.

۴. tRNA حامل آمینواسید توسط آنزیم آزاد می شود.

Aminoacyl tRNA

• اتصال tRNA به آمینواسید
• یک فن آکسید انترژی خواه است
• که با مصرف ATP انجام می گیرد

شستن ATP
و آزاد شدن انترژی

AARS

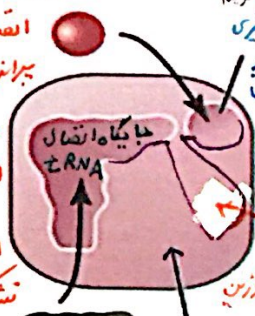
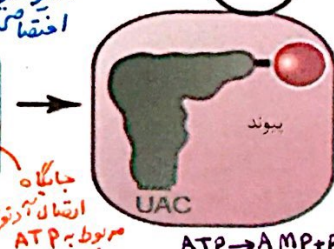
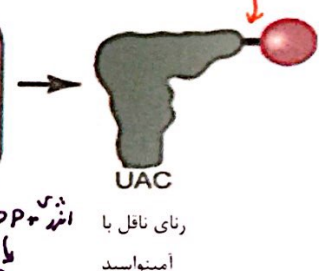
جایگاه فعال آنزیم
برای قرارگیری
آمینواسید
اختصاصی

آمینواسید متونین

اتصال آمینواسید با یک پیوند
پیانتری به tRNA



سبب فعال شدن
اسید آمینه می شود.



انترژی این پیوند در مرحله بعد باعث
تشکیل پیوند پپتیدی متصل کننده
اسیدهای آمینه مجاور به هم در
یک زنجیره در حال رشد پلی پپتیدی
می گردد.



(AARS) آمینو اسیل
تRNA به یک D Loop خرد
این آنزیم را شناسایی می کند.

MRNA AUG کدون آغاز

شکل ۱۱: نمونه پیوستن آمینواسید به رنای پیک مربوط به فود

حال بر اساس آنچه تاکنون درباره کدون ها خوانده اید آیا می توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی

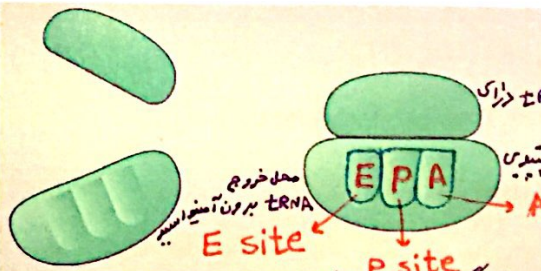
آنتی کدونی می تواند به آمینواسید متونین متصل شود؟ AUG (معمول ترین کدون آغاز)

ساختار ریبوزوم

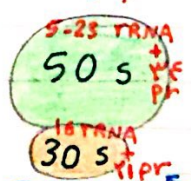
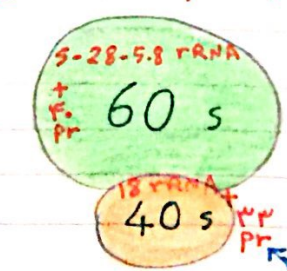


شکل ۱۰: ریبوزوم ۷۰S، بزرگ و کوچک ۳۰S دارد. → نشان داده می شوند.
ریبوزوم ها از دو زیر واحد تشکیل شده است (شکل ۱۲). هر زیر واحد هم از رنا و پروتئین تشکیل شده
۳RNA در یوکاریوت ها به کمک RNA پلیمرز I ساخته می شوند. در پروکاریوت ها با شاخه بروری
است. به یاد دارید که رنای ریبوزومی توسط کدام رنابسپاراز ساخته می شود؟ پروتئینهای ریبوزومی ساخته
شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ ریبوزوم را می سازد.
ریبوزوم در ساختار کامل سه جایگاه به نام A و P و E دارد که با هریک از آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.

- ریبوزوم های آزاد سیتوپلاسمی در سیتوپلاسم سلولهای پروکاریوتی
- از نوع ۷۰S و در یوکاریوت ها از نوع ۸۰S (یعنی سنگین تر) هستند.
- مولکول ۳۰S ریبوزوم منفرد
- پلی زوم: مجموع حدود ۵ تا ۸۰ ریبوزوم که به مولکول mRNA چسبیده اند.
- عمر متوسط ریبوزوم ها در حدود ۶ ساعت است.
- برخی سموم مثل سم آمانیتین (در قارچ آمانیا) و ترکیبات بازدارنده
روبویمی، بازسازی ریبوزوم ها را متوقف می کنند.
- ریبوزوم های ساقه واصل حیاتی (باکتری ها، آرک باکتری ها و یوکاریوت ها) از نظر ساختار
و توالی RNA بسیار متفاوتند. این تفاوت سبب می شود
بعضی از آن بیوتیک ها به عنوان دارو برای از بین بردن برخی
باکتری ها استفاده شود. ولی روی سلول های انسانی اثری نداشته باشد
(البته آن بیوتیک که روی ریبوزوم های باکتری اثر می گذارد، می تواند
ریبوزوم های میوکنری ها را نیز از بین ببرد)



شکل ۱۲: ترتیب قرارگیری زیر واحدهای ریبوزوم
• ریبوزوم ها کمپلکسی از ترکیبات ریبونوکلئوپروتئینی هستند.



ریبوزوم پروکاریوتی

ریبوزوم یوکاریوتی

• ریبوزوم های موجود در اندامک های سلول های یوکاریوتی مشابه انواع باکتریایی هستند
این شباهت تائید کننده نظریه درون هنجریستی باکتری ها با سلول های یوکاریوت و نهایتاً
ایجاد اندامک های در غشایی می باشد.

• در عامل برای ترجمه در یوکاریوت ها محرک هستند : ۱. وجود تتراف کوزاک

۲. دم پلی A

۳. پلی A با افتراش کارایی باز یافت ریبوزوم ها سبب افزایش ترجمه می شود ترتیب مولکول و اتسون

مرامل ترجمه



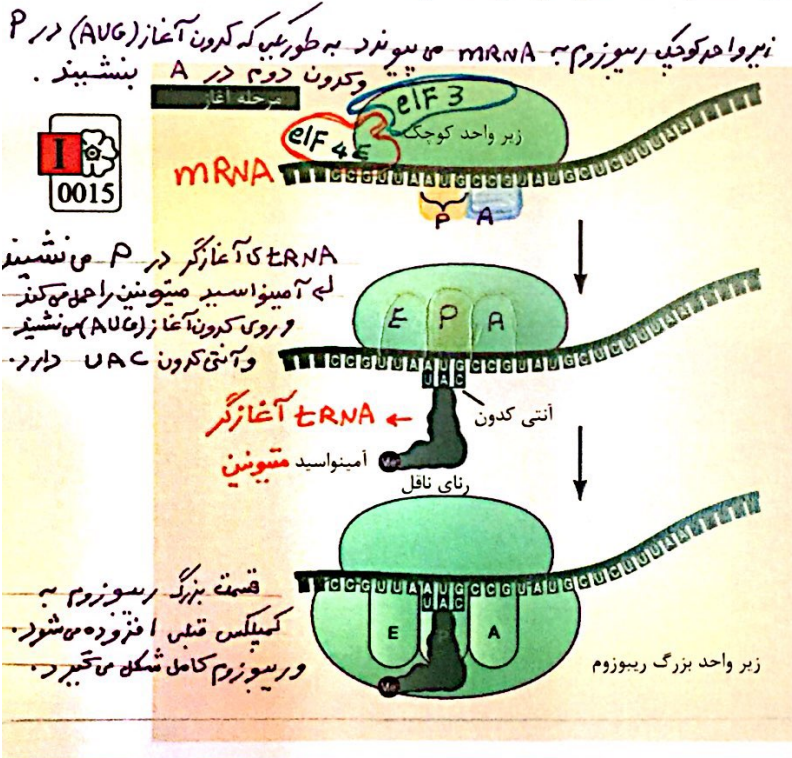
ترجمه نیز فرآیندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله ی آغاز، طویل شدن و

پایان^۳ تقسیم می کنند.

در یوکاریوت ها توالی shine dalgarno در 5' مولکول mRNA، در اتصال آن به ریبوزوم کوچک نقش دارد.
مرحله آغاز ← در یوکاریوت ها در بسیاری از mRNA ها جوالی کدون آغاز توالی کوزاک (به افتخار کاشف آن خانم Marilyn Kozak) قرار دارد که باعث افزایش کارایی شروع ترجمه می شود.
در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک ریبوزوم را به سوی کدون آغاز هدایت می کند.

سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل کدون آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیر واحد

بزرگ ریبوزوم به این مجموعه، ساختار ریبوزوم کامل می شود.



جایگاه P در ریبوزوم، محل قرار گیری رنای ناقل دارای آمینو اسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقلی که حامل متیونین است اشغال می شود. جایگاه A محل قرار گیری رنای ناقل بعدی و آمینو اسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پتیدی در جایگاه A برقرار می شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینو اسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند. (شکل ۱۳)

شکل ۱۳: مرحله آغاز ترجمه

مرحله طویل شدن



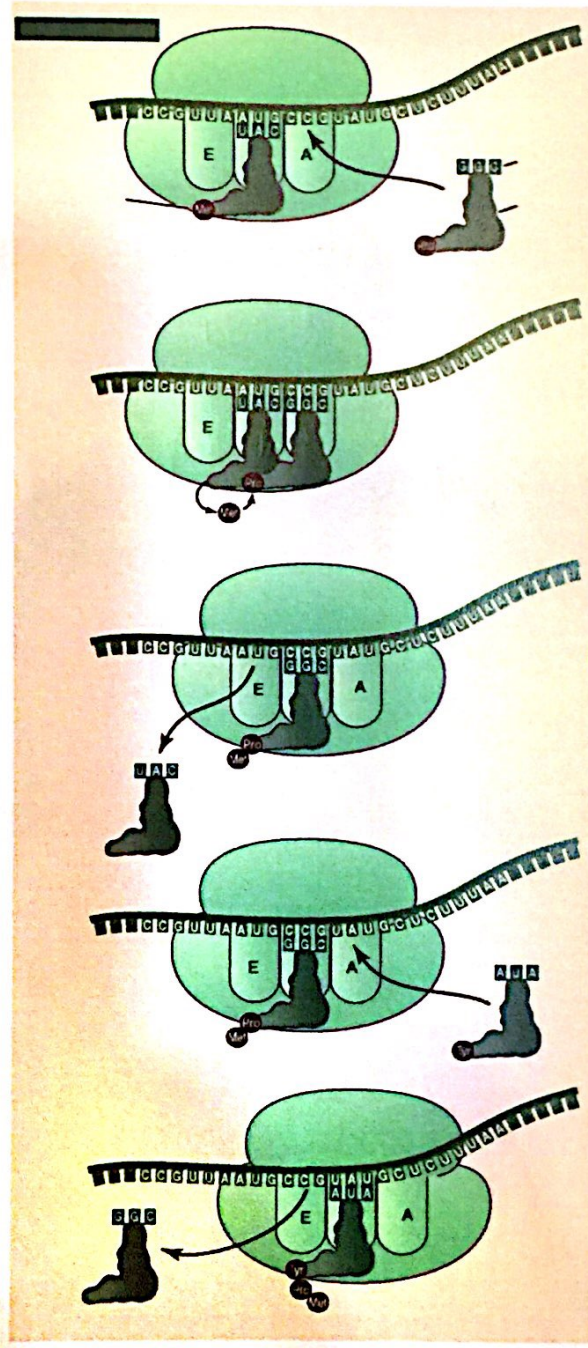
در این مرحله ممکن است رنای ناقل مختلفی وارد جایگاه A ریبوزوم شوند ولی فقط رنایی که مکمل کدون جایگاه A است استقرار پیدا می کند در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند. سپس آمینو اسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا شده و با آمینو اسید جایگاه A پیوند برقرار می کند. آیا می دانید پیوند با شلستن پیوندی آمینو اسید و tRNA انرژی حاصل صرف تشکیل پیوند پتیدی بین آمینو اسید با آمینو اسید بعدی می شود.

- 1 Initiation
- 2 Elongation
- 3 Termination

• در مرحله ۱ از آمینو اسید به ریبوزوم (که خالی بوده) ، tRNA دارای آمینو اسید می نشیند . بعد از آن ۳ اتفاق می افتد :
 ۱) پیوند کووالان بین tRNA قبلی (که در P است) با آمینو اسیدش شکسته می شود (در این جا انرژی تولید می گردد)
 ۲) آمینو اسید قبلی (متصل به tRNA ک جایگاه A) به آمینو اسید جدید اضافه می شود (تشکیل پیوند پپتیدی)
 ۳) همزمان دو اتفاق دیگر رخ می دهد :
 - tRNA ای که آمینو اسیدش را از دست داده از P خارج شده و وارد E می شود
 - ریبوزوم به اندازه یک کدون جلو می رود (به معنی کدون پایان) - به عمل جابجایی ریبوزوم

پیوند پپتیدی

حاصل چه نام دارد؟ پس از آن ریبوزوم به اندازه یک کدون به سوی کدون پایان پیش می رود. در این موقع صورت می گیرد و
 رنای ناقل که حامل پپتید است در جایگاه P قرار می گیرد و جایگاه A خالی می شود تا پذیرای رنای ناقل
 بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینو اسید نیز در جایگاه E قرار می گیرد و سپس از این جایگاه خارج می کشد و از A دارد P
 می شود. این فرایند بارها تکرار می شود و طول رشته آمینو اسیدی بیشتر می شود تا ریبوزوم به یکی از
 A دوباره خالی شود.



کدون های پایان برسد. شکل ۱۴

• جایگاه A که خالی بوده توسط یک tRNA اشغال می شود
 این tRNA قطعاً باید آنی کدون مکمل با کدونی که
 روی آن می نشیند داشته باشد

• پیوند کووالان tRNA قبلی و آمینو اسید متصل به آن
 قطع می شود.

آمینو اسید قبلی و آمینو اسید جدید با هم پیوند پپتیدی
 تشکیل می دهند.
 ریبوزوم به اندازه یک کدون به جلو حرکت می کند به طوریکه
 tRNA حاوی رشته ای پلی پپتیدیک در A بوده در P قرار می گیرد
 و tRNA ای که آمینو اسید خود را از دست داده وارد E می شود
 و در نهایت خارج می گردد
 و دوباره A خالی می شود

یک tRNA جدید در جای خالی شده ای A می نشیند
 و وقایع قبلی تکرار می شود.

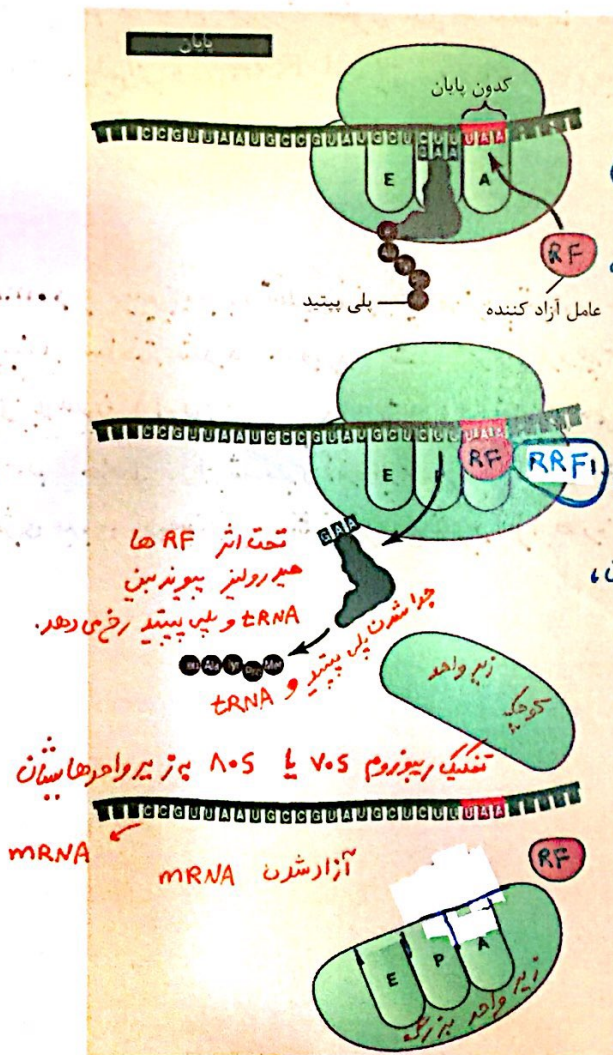
شکل ۱۴: مرحله طولیل شدن ترجمه

مرحله پایان

P
0019

با ورود یکی از کدون‌های پایان ترجمه به جایگاه A چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عامل آزادکننده ^{شناسایی و} RF اشغال می‌شود. این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شود. هم چنین این پروتئین‌ها باعث جدا شدن زیر واحدهای ریبوزوم از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. ریبوزوم‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود. شکل ۱۵

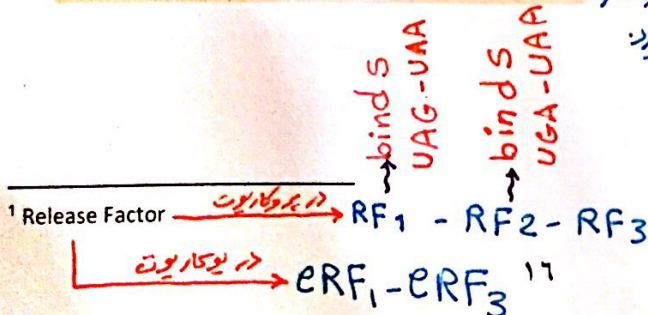
I
0017



- برای کدون پایان، tRNA ای وجود ندارد.
- وقتی کدون پایان در A نشست، P۲ (عامل آزادکننده) در A می‌نشاند (چون tRNA ای روی کدون پایان نمی‌نشیند).
- در این حالت tRNA ناقل رشته پلی‌پپتید در P نشسته است.
- کدون‌های پایان توسط tRNA ها رمزگشایی نمی‌شوند.
- به جای آن یک P۲ در کدون پایان قرار می‌گیرد که متفاوت هستند و کدون‌های پایان متفاوت را تشخیص می‌دهند.

• از روی یک mRNA بر حسب نیاز سلول به محصول آن، بارها و بارها ترجمه صورت می‌گیرد.

• RRF : فاکتور بازیافت ریبوزوم
پس از جدا شدن پلی‌پپتید به منظور بازیافت ریبوزوم با EF-G و IF₃ همکاری می‌کند. این فاکتور به جایگاه A خالی در ریبوزوم متصل می‌شود و در این جایگاه، یک tRNA را سبیه‌سازی می‌کند و عمل جدا سازی شکل ۱۵: مرحله پایان ترجمه صورت می‌گیرد.



① **pr** هایی که توسط ریبوزوم های روی شبکه ی آنزوپلاسمی زیر ساخته می شوند :

■ **pr** ها و آنزیم هایی که به خارج از سلول ترشح می شوند . مثل انواع آنزیم های گوارشی - پادتن - پروفورین - اینترفرون
اینترلوکین و ...

■ **pr** ها و آنزیم هایی که در غشای سلول قرار می گیرند . مثل **pr** های کانال و ناقل و حامل ها و گیرنده ها و ...

■ آنزیم های لیزوزومی (علی رغم آنکه آنزیم های درون سلولی توسط ریبوزوم های سیتوزولی ساخته می شوند، اما چون لیزوزوم به کمک شبکه ی آنزوپلاسمی زیر ساخته می شود، آنزیم های آن نیز همان جا تولید می شوند)

■ آنزیم های درون واکوئل

② **pr** هایی که توسط ریبوزوم های سیتوزولی ساخته می شوند :

■ آنزیم ها و **pr** هایی که درون سلول عمل می کنند . مثل هیستون . کاتالاز . هلیکاز .
انواع DNA پلیمراز و RNA پلیمراز . **pr** های ریبوزومی و ...

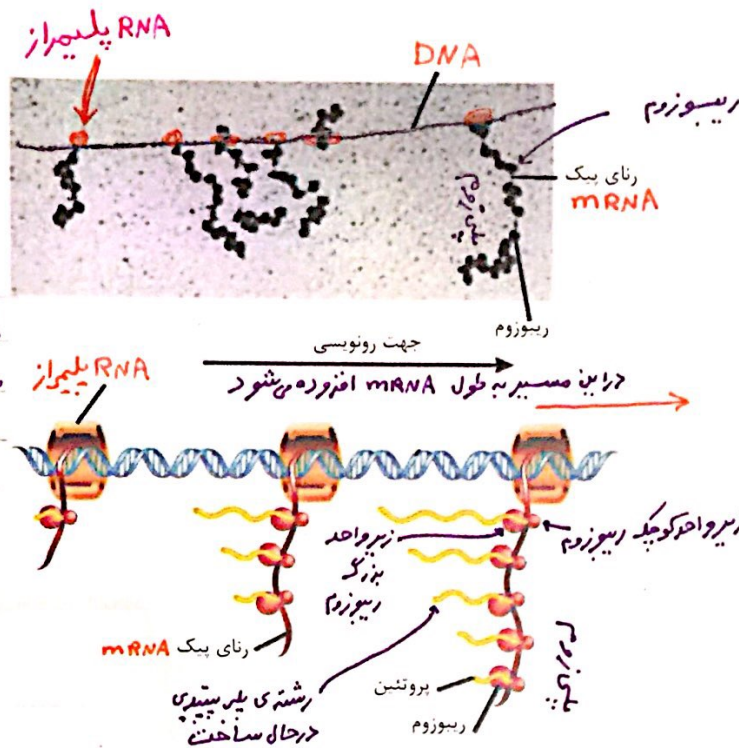
③ mRNA در ریبوزوم روی شبکه ی آنزوپلاسمی زیر ترجمه می شود
پس پپتید ساخته شده ، وارد شبکه ی آنزوپلاسمی زیر می شود
تخلیکوزیاسیون (اولین بار) در شبکه ی آنزوپلاسمی زیر صورت گرفته و **pr** تشکیل می شود (کلکول **pr**)
کلکول **pr** حاصل از شبکه ی آنزوپلاسمی زیر به تخلیزی می رود
در تخلیزی برای دومین بار نشاندار می شود (و هدف نهایی **pr** مشخص می گردد)

له یا در لیزوزوم و یا در واکوئل قرار می گیرد

یا در غشای سلول می نشیند

یا به خارج از سلول ترشح می شود

ایستاد و ماساحتی سو دختر جم در آن رخ



شکل ۱۷. در حین رونویسی mRNA شروع ترجمه را از ابتدای mRNA نشان می دهد. این یعنی این یک سلول پروکاریوت است (و یا در حیت کثره ویا کلوپلاست)

شکل ۱۷: ریبوزوم هایی که همزمان از یک رنا ترجمه می کنند

پس از آن جمع ریبوزوم ها در یاخته های یوکاریوتی نیز دیده می شوند. البته در یاخته های یوکاریوتی ساز و کارهایی **در مقایسه با mRNA پروکاریوت ها که نیمه عمر کوتاه تر دارد** برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد بنابراین فرصت بیشتری برای پروتئین سازی وجود دارد. این عوامل موجب طولانی تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می شود. مثلاً آموختید که گویچه های قرمز انسان هنگام بلوغ هسته ی خود را از دست می دهند و بنابر این ساخت رنای پیک در گویچه قرمز بالغ انجام نمی شود. در حالی که ساخت پروتئین هایی مانند هموگلوبین، در این یاخته ها ادامه دارد.

تأزمان خاصی (با توجه به دوام mRNA ها)

فعالیت:

- ۱- چه رابطه ای بین طول عمر رنای پیک یاخته ها با میزان پروتئین سازی آن ها برقرار است؟ قطعاً رابطه ی مستقیم.
- ۲- رونویسی و ترجمه در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها را با هم مقایسه کنید.

مقایسه ی رونویسی	مکان	مدت زمان انجام	طول عمر محصول	تنوع آنزیم	نوع محصول
پروکاریوت	سیتوپلازم	کوتاه تر	کمتر	کمتر	RNA
یوکاریوت	هسته	طولانی تر	بیشتر	بیشتر	RNA
مقایسه ی ترجمه					
پروکاریوت	سیتوپلازم	کوتاه تر	کمتر	کمتر	رشته ی پلی پپتیدی
یوکاریوت	سیتوپلازم	طولانی تر	بیشتر	بیشتر	pr

عوامل حفاظت mRNA: ۱. کلاهک ۲. دم پلی A ۳. توانایی های پایدارکننده و pr ها یک از تخریب دم پلی A جلوگیری می کنند.