

برای حل تمرینات و آموزش بیشتر در مورد مباحث
این فصل به سایت دبیرستان انرژی اتمی ایران ،
بخش زیست شناسی مراجعه نمایید .

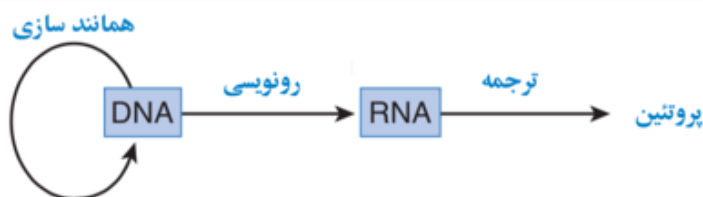
AEhighschool.com

ماکرومولکول های زیستی



محمد رضا خمیجانی فراهانی

بسیاری از مردم می دانند ژن ها در هسته سلول های بدن قرار گرفته اند و انتقال صفات را از والدین به فرزندان کنترل می کنند. در حالی که عده ای اندک می دانند که همین ژن ها عملکرد روزمره ی سلول را کنترل می کنند. ژن ها با تعیین اینکه چه آنزیمی و چه ساختاری در سلول ساخته شود عملکرد سلول را کنترل می کنند. در شکل یک می توانید توانید طرح کلی کنترل ژنتیکی را مشاهده کنید. هر ژن که از دی اکسی ریبو نوکلئیک اسید (DNA) تشکیل شده است تولید نوکلئیک اسید دیگری را به نام ریبونوکلئیک اسید (RNA) کنترل می کند. پس از آن RNA با ورود به محیط سلول تولید پروتئین های به خصوصی را کنترل می کند. تمام این فرآیند از رونویسی کدهای ژنتیکی در هسته سلول



شکل یک

تا ترجمه کدهای RNA و تولید پروتئین در سیتوپلاسم سلول بیان ژن نامیده می شود. چون حدود ۳۰ هزار ژن در هر سلول وجود دارد، امکان تولید پروتئین های بسیار متنوعی را هر سلول دارد. بعضی از پروتئین های سلولی پروتئین های ساختاری هستند که با همکاری چربی ها و کربوهیدرات ها اندامک های داخل سلولی که در فصل بعد با آن ها آشنا خواهیم شد را به وجود می آورند. در هر صورت بیشتر پروتئین هایی که در سلول تولید می شوند نقش آنزیمی دارند و واکنش های شیمیایی را که در سلول انجام می شود کاتالیز می کنند. برای مثال واکنش های تنفس سلولی یا ساختن پروتئین ها و چربی ها در سلول نیازمند آنزیم هایی است تا واکنش های مورد نیاز آنها را کاتالیز کنند.

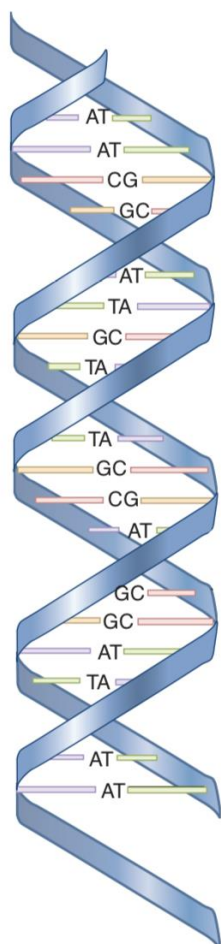
ژن ها در هسته سلول ساخت پروتئین ها را کنترل می کنند

در هسته سلول تعداد بسیار زیادی ژن پشت سر یکدیگر در مولکولهای دو رشته ای بزرگ DNA قرار گرفته اند. می توانید در تصویر ۲ قسمت کوچکی از یک مولکول DNA را ببینید. این مولکول از ترکیبات ساده کوچکی تشکیل شده است جزئیات ساختار DNA را در بخش های بعدی بررسی خواهیم کرد

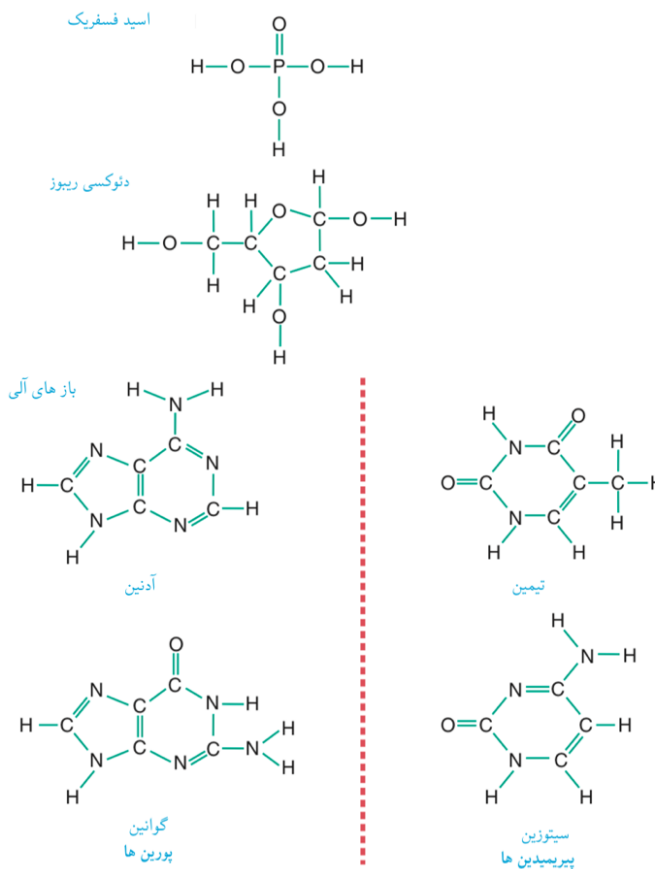
بلوک های سازنده DNA

تصویر ترکیبات پایه شیمیایی را که در ساختار DNA شرکت می کنند نشان می دهد. این ترکیبات شامل (۱) اسید فسفریک (۲) قندی به نام دئوکسی ریبوز (۳) چهار باز آلی (دو باز پورین شامل آدنین و گوانین، دو باز پیریمیدین شامل تیمین و سیتوزین). اسید فسفریک و قند، رشته ای مارپیچ

را که ستون فقرات مولکول است تشکیل می دهند. بازهای آلی در بین این دو رشته قرار می گیرند و آن ها را به یکدیگر متصل می کنند، همانطور که در تصویر بعدی نشان داده شده است.



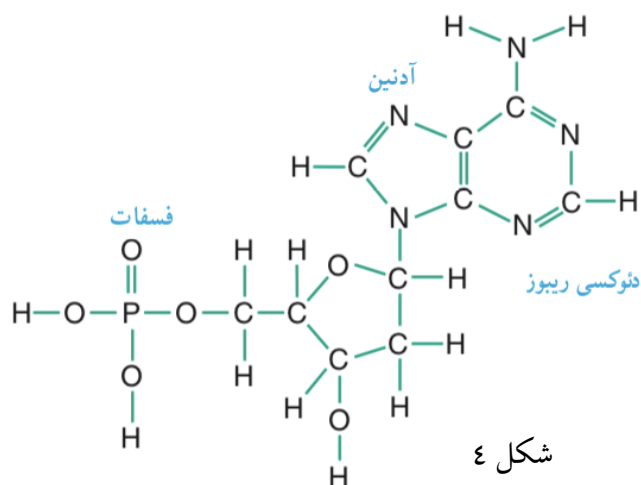
شکل ۲



شکل ۳

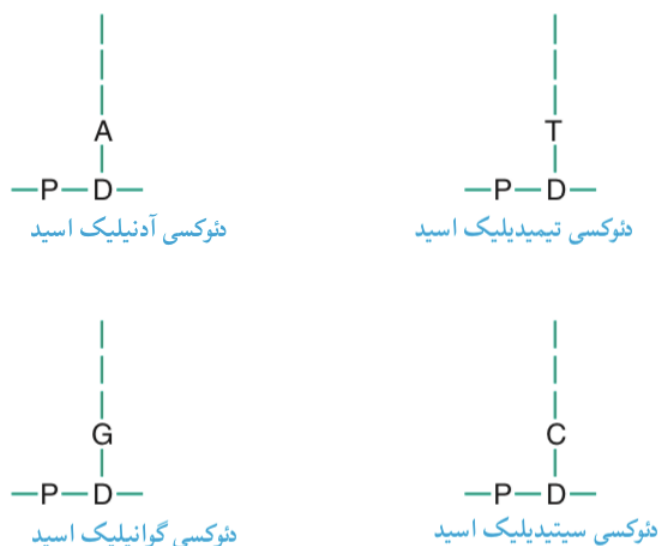
نوکلئوتیدها

اولین مرحله ساخته شدن DNA ترکیب کردن یک مولکول اسید فسفریک، یک مولکول دئوکسی ریبوز و یکی از چهار باز آلی برای تشکیل یک نوکلئوتید است.



شکل ۴

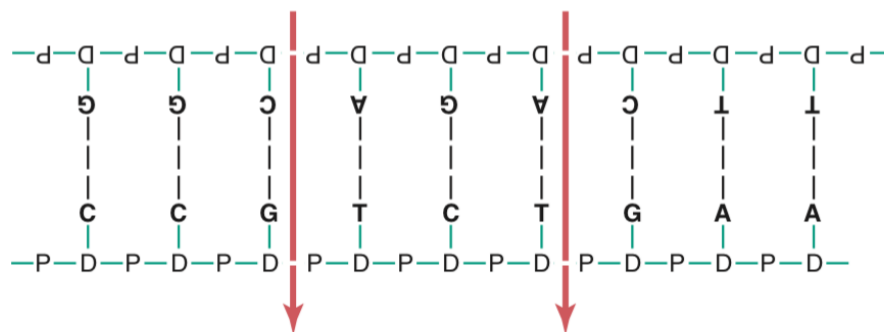
بنابراین چهار نوکلئوتید مجزا به وجود خواهد آمد، یکی برای هر کدام از باز های آلی :
 دئوکسی آدنیلک اسید، دئوکسی تیمیلیدیک اسید، دئوکسی گوانیلک اسید، دئوکسی تیدیلک اسید.
 شکل ۴ ساختار شیمیایی دئوکسی آدنیلک اسید را نشان می دهد و شکل ۵ نشانه های ساده سازی شده هر چهار نوع نوکلئوتید را نشان می دهد.



شکل ۵

شکل ۶ نحوه اتصال چندین نوکلئوتید به یکدیگر را برای تشکیل مولکول دو رشته ای DNA نشان می دهد.

شکل ۶



دو رشته ی مولکول DNA با پیوند هایی ضعیف به یکدیگر متصل شده اند. در تصویر ۶ این پیوند ها به وسیله ی خط فاصله نشان داده شده است. توجه کنید که ستون فقرات هر رشته مولکول DNA از یک در میان مولکول های اسید فسفریک و قند دئوکسی ریبوز به وجود آمده است. اما باز های

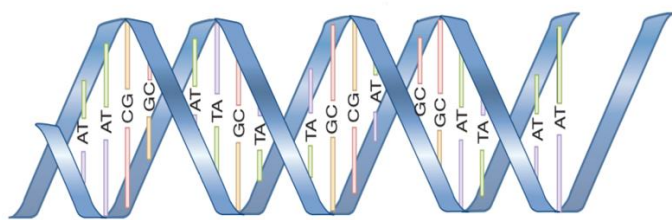
پورینی و پیریمیدینی به کناره مولکول های دئوکسی ریبوز متصل شده اند. به وسیله پیوندهای ضعیف هیدروژنی (خط فاصله ها) بین بازهای پورینی و پیریمیدینی دو رشته ی DNA در کنار یکدیگر نگه داشته شده اند.

به دوقانون زیر توجه نمایید:

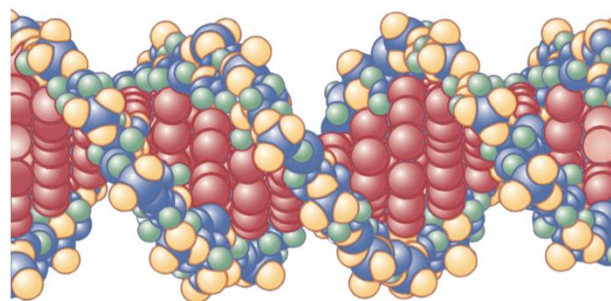
- ۱) هر باز پورینی آدنین از یک رشته ، همواره با باز پیریمیدینی تیمین از رشته دیگر متصل می شود.
- ۲) هر باز پورینی گوانین از یک رشته همواره با باز پیریمیدینی سیتوزین از رشته دیگر متصل می شود.

بنابراین، در شکل شماره ۶ ترتیب جفت باز های مکمل CG,CG,GC,TA,CG,TA,GC,AT,AT می باشد. به خاطر ضعیف بودن پیوند های هیدروژنی، دورشته ی DNA را می توان به راحتی از یکدیگر جدا نمود. این پدیده در هنگام فعالیت DNA در طول زندگی سلول به کرات اتفاق می افتد.

برای اینکه DNA را در شکل فیزیکی حقیقی خود تصور کنید، می توانید مولکول تصویر ۶ را بردارید و از دوانتها بیچاند تا به یک مارپیچ برسید. ده جفت نوکلئوتید در هر چرخش کامل مارپیچ مولکول DNA وجود دارند، همانطور که در شکل های ۷ و ۸ می بینید.



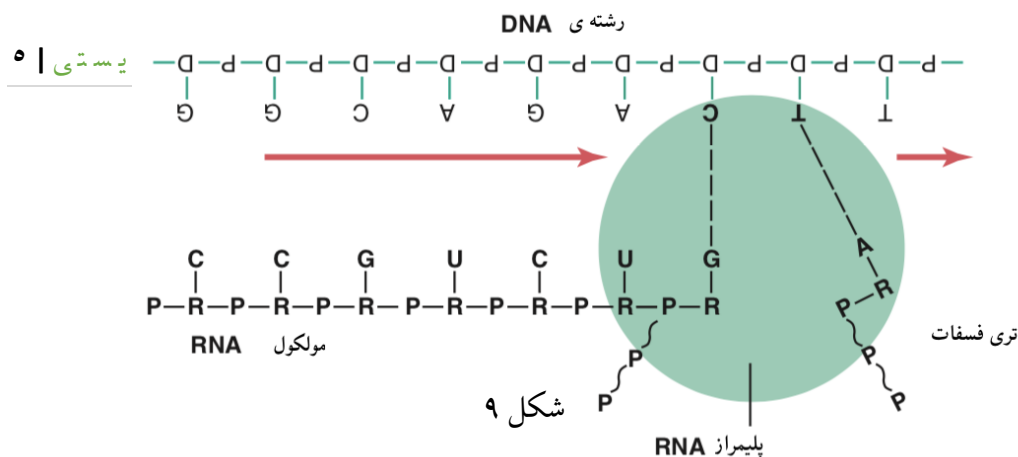
شکل ۸



شکل ۷

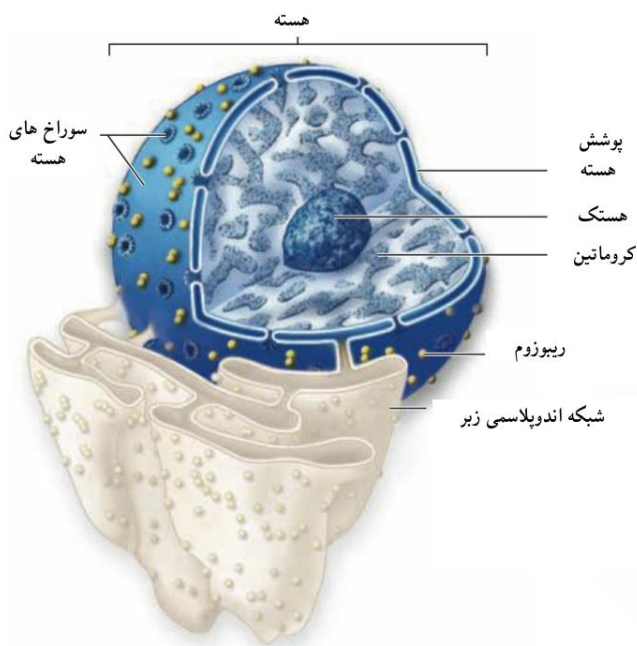
رمز های ژنتیکی

اهمیت مولکول DNA در توانایی آن در کنترل تولید پروتئین ها در سلول است. این توانایی را رمز های ژنتیکی به DNA بخشیده اند. هنگامی که دو رشته ی مولکول DNA از یکدیگر جدا گشته اند، باز های پورینی و پیریمیدینی در کناره هر رشته نمایان می شوند. همانطور که در شکل زیر نمایش داده شده است. این باز های آلی هستند که رمز های ژنتیکی را می سازند.



رمز ژنتیکی از سه گانه های پشت سر هم تشکیل می شود. هر سه گانه باز آلی یک کلمه رمز است. در نهایت این سه گانه وقتی پشت سر هم قرار می گیرند توالی آمینو اسید ها در مولکول پروتئین که قرار است در سلول ساخته شود را مشخص می نمایند. به شکل شماره ۶ دقت کنید. رشته فوقانی مولکول DNA، از چپ به راست، دارای رمز های ژنتیکی GGC, AGA, CTT است که این سه گانه ها به وسیله ی فلش هایی از یکدیگر جدا گشته اند. وقتی ما این رمز های ژنتیکی را در شکل ۶ و شکل ۹ دنبال می کنیم می بینیم که این سه گانه ها مسئول قرار گیری سه آمینو اسید پرولین، سرین و گلوتامیک اسید در یک مولکول تازه ساخته شده پروتئین هستند.

رمز های DNA در هسته سلول به رمز های RNA در سیتوپلاسم سلول منتقل می شود- فرآیند رونویسی



شکل ۱۰

چون DNA در هسته سلول قرار دارد اما بیشتر فعالیت های سلولی در سیتوپلاسم سلول انجام می شود باید راهی برای ژن های DNAی هسته باشد که واکنش های شیمیایی سیتوپلاسم را کنترل نماید. این کنترل به وسیله ی یک مولکول واسطه که نوع دیگری اسید نوکلئیک است، RNA، به دست می آید. تولید RNA به وسیله مولکول DNA کنترل می شود. بنابراین همانطور که در شکل شماره ۹ نمایان است رمز ها در فرآیندی به نام رونویسی به مولکول RNA انتقال می یابد. مولکول

RNA نیز از طریق سوراخ هایی که در غشای هسته سلول قرار دارد به سیتوپلاسم، جایی که تولید پروتئین ها را کنترل می کند، منتقل می شود.

RNA در هسته سلول از روی نمونه ای که بخشی از یک مولکول DNA است به وجود می آید

در هنگام ساخته شدن RNA، دو رشته ی DNA به صورت موقت از یکدیگر جدا می شوند. یکی از این رشته ها به عنوان نمونه ساخت RNA استفاده می شود. رمز های سه حرفی در DNA باعث به وجود آمدن رمز های مکمل سه حرفی در مولکول RNA می شوند. که به این رمز های سه حرفی در RNA کدون می گویند. این کدون ها در نهایت ترتیب قرار گیری آمینواسیدها در پروتئین را مشخص می کنند تا امکان تولید آن در سیتوپلاسم سلول فراهم شود.

بلوک های پایه ای سازنده RNA

بلوک های پایه ای سازنده RNA تقریباً با بلوک های پایه ای سازنده DNA یکسان هستند، به غیر از دو تفاوت. اول، قند دئوکسی ریبوز در ساخت RNA کاربردی ندارد. به جای این قند، ریبوز که دارای یک اتم اکسیژن اضافه است در ساختار RNA شرکت می کند. دوم، تیمین با یک باز آلی پیریمیدینی دیگر به نام یوراسیل جایگزین شده است.

ساخته شدن زنجیره ی RNA با استفاده از رشته DNA به عنوان نمونه – فرآیند رونویسی

همانطور که در شکل شماره ۹ می بینید ساخته شدن مولکول RNA تحت عملکرد آنزیمی به نام RNA پلیمرز اتفاق می افتد. این آنزیم پروتئینی بزرگ ویژگی های زیادی دارد که آن را برای انجام این کار مناسب می سازد. این ویژگی ها عبارتند از:

۱) در رشته ی DNA ای که قرار است رونویسی شود، بلافاصله قبل از توالی ژن، توالی از نوکلئوتید ها وجود دارد که به آن پروموتور می گوئیم. RNA پلیمرز ساختار مکمل مناسبی برای پروموتور دارد که آن را می شناسد و به آن متصل می شود. این مرحله قدمی حیاتی برای تشکیل مولکول RNA است.

۲) پس از اتصال RNA پلیمرز به پروموتور، پلیمرز سبب جدا شدن دو رشته ی DNA از یکدیگر می شود.

۳) سپس پلی مرز در طول رشته‌ی DNA حرکت می‌کند و با هر حرکت رو به جلو باعث جدا شدن دو رشته DNA از یکدیگر می‌شود. در حالی که پلی مرز حرکت می‌کند نوکلئوتیدها را به انتهای رشته‌ی در حال ساخت RNA اضافه می‌کند. مراحل اضافه کردن به شکل زیر است:

(الف) ابتدا یک پیوند هیدروژنی میان باز آلی انتهای رشته و رشته DNA نمونه ایجاد می‌کند.

(ب) سپس پلی مرز پیوند ۲ تا از ۳ گروه فسفات نوکلئوتید متصل شده را می‌شکند که سبب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می‌شود. این انرژی، انرژی مورد نیاز برای تشکیل پیوند کووالانسی گروه فسفات باقی مانده را با قند ریبوز آخرین نوکلئوتید فراهم می‌آورد.

(ج) زمانی که RNA پلی مرز به انتهای ژن DNA می‌رسد با یک توالی از نوکلئوتیدهای DNA رو به رو می‌شود که به آن توالی پایان می‌گوییم.

(د) زمانی که رشته جدید RNA تشکیل شد، پیوند های ضعیف هیدروژنی آن با نمونه‌ی DNA می‌شکند، چون رشته‌ی DNA تمایل زیادی برای اتصال مجدد با رشته‌ی DNA مکمل خود دارد. در نتیجه رشته‌ی RNA از DNA جدا شده و به سیتوپلاسم وارد می‌شود.

بنابراین در نهایت رمزهای موجود در رشته‌ی DNA به صورت مکمل به رشته‌ی RNA منتقل می‌شود.

چندین نوع RNA وجود دارد

با تحقیقات بیشتر انواع متفاوت RNA کشف شدند. ما قصد داریم با سه نوع از آن که در ساخت پروتئین‌ها کاربرد دارند آشنا شویم.

۱) mRNA رمز ژنتیکی را به سیتوپلاسم می‌برد تا نوع پروتئین‌هایی که ساخته می‌شوند را تعیین کند.

۲) tRNA آمینو اسیدها را به ریبوزوم می‌برد تا در ساخت مولکول پروتئین استفاده شوند.

۳) rRNA همراه با تقریباً ۷۵ نوع پروتئین متفاوت در ساخت ریبوزوم به کار می‌رود

mRNA (messenger RNA)

RNA پیامبر مولکول‌های تک رشته‌ای بلندی هستند که در سیتوپلاسم معلق می‌باشند. این مولکول‌ها از صدها تا هزاران نوکلئوتید RNA ای، در رشته‌ای جفت نشده می‌باشند که شامل کدون‌ها (دقیقاً مکمل رمزهای سه‌گانه موجود در ژن‌ها) هستند. شکل شماره ۸ بخش کوچکی از یک mRNA را نشان می‌دهد. کدون‌های آن UCU, CCG و GAA می‌باشند. که به ترتیب کدون‌های آمینو اسیدهای پرولین، سرین و گلوتامیک اسید می‌باشند. رونویسی این کدون‌ها از مولکول DNA در شکل ۹ نمایش داده شده است.

کدون های RNA برای آمینو اسید های مختلف

آمینو اسید	کدون RNA
آلانین	GCU GCC GCA GCG
آرژینین	CGU CGC CGA CGG AGA AGG
آسیارژین	AAU AAC
آسیارتنیک اسید	GAU GAC
سیستین	UGU UGC
گلوتامیک اسید	GAA GAG
گلوتامین	CAA CAG
گلابسین	GGU GGC GGA GGG
هیستیدین	CAU CAC
ایزولوسین	AUU AUC AUA
لوسین	CUU CUC CUA CUG UUA UUG
لایزین	AAA AAG
متیونین	AUG
فنیل آلانین	UUU UUC
پرولین	CCU CCC CCA CCG
سربین	UCU UCC UCA UCG AGC AGU
ترئونین	ACU ACC ACA ACG
تریپتوفان	UGG
تیروزین	UAU UAC
والین	GUU GUC GUA GUG
شروع	AUG
پایان	UAA UAG UGA

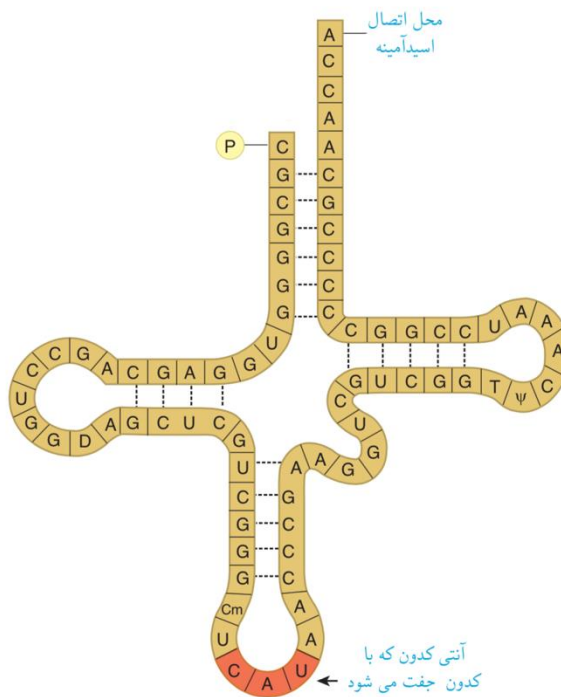
جدول شماره یک کدون های RNA را برای ۲۲ آمینو اسید معمول که در پروتئین ها یافت می شوند لیست کرده است. توجه کنید که بیشتر آمینو اسید ها با بیش از یک کدون نمایندگی می شوند. همچنین یک کدون نشانگر آغاز پروتئین سازی و سه کدون نشانگر پایان آن می باشند.

tRNA (transfer RNA) - آنتی کدون ها

نوع دیگری از RNA که در ساخت پروتئین نقشی حیاتی بازی می کند tRNA نامیده می شود. چون وظیفه اصلی آن انتقال مولکول های آمینو اسید به مولکول پروتئین است. هر نوع tRNA دقیقا با یکی از بیست نوع آمینو اسیدی که در ساخت پروتئین به کار می روند متصل می شود. tRNA پس از آن به عنوان ناقل، نوع مشخص آمینو اسید خود را به ریبوزوم، جایی که پروتئین در حال ساخته شدن است، می برد. در ریبوزوم هر نوع مشخص tRNA دقیقا یک کدون خاص را بر روی mRNA می شناسد. در نتیجه آمینو اسید مناسب را در جای مناسب در زنجیره در حال تشکیل مولکول پروتئین قرار می دهد.

RNA ناقل که تنها از حدود ۸۰ نوکلئوتید به وجود آمده است در مقایسه با mRNA مولکول کوچکی است. در واقع یک رشته بر روی خود تا خورده است که ظاهری برگ شبدری دارد. (شکل ۱۱) در یک سر مولکول همیشه آدنیلک اسید وجود دارد که محل اتصال آمینو اسید انتقالی می باشد. چون عملکرد tRNA اتصال آمینو اسیدی مشخص به زنجیره پروتئینی در حال تشکیل است، برای آن واجب است که محل اتصال دقیقی برای کدونی مشخص در mRNA داشته باشد. رمز مشخصی که در tRNA وجود دارد نیز طبعا سه حرفی است و مکمل کدون موجود در mRNA می باشد. به این رمز آنتی کدون می گویند. آنتی کدون تقریبا در میانه مولکول tRNA و در قسمت پایینی ساختار برگ شبدری قرار می گیرد. (شکل ۱۱) در حین شکل گیری مولکول پروتئین، بازهای آنتی کدون با پیوند های

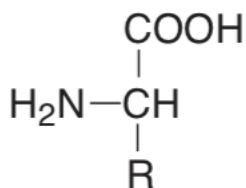
ضعیف هیدروژنی با بازهای کدون mRNA پیوند برقرار می کنند. در این راه، آمینو اسید ها یکی بعد از دیگری متناسب با کدون های mRNA ، در زنجیره ی پروتئینی در حال تشکیل قرار می گیرند.



شکل ۱۱

آمینو اسید ها و پروتئین ها

تمامی آمینو اسیدها دارای یک اتم کربن مرکزی هستند که به یک گروه کربوکسیل، یک گروه آمین و یک هیدروژن متصل است. همانطور که در شکل مشاهده می کنید آمینو اسیدها در زنجیره جانبی (R) با یکدیگر تفاوت دارند. صد ها آمینو اسید در طبیعت وجود دارد اما تنها ۲۰ نوع از آن ها به عنوان مونومر های های سازنده پروتئین در بدن انسان استفاده می شوند.

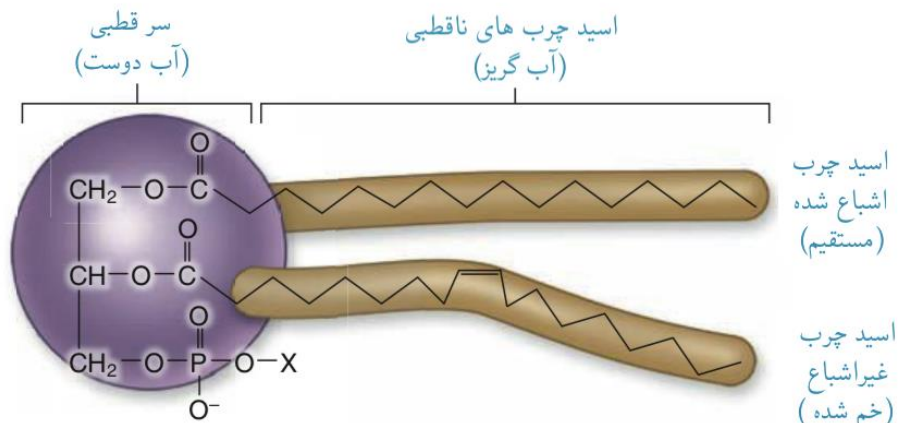


همانطور که توضیح داده شد ترتیب قرار گیری نوکلئوتید ها در واقع ترتیب قرار گیری آمینو اسید ها را در پروتئین مشخص می سازد. و پروتئین ها تقریباً در تمامی عملکردهای بدن ما نقش دارند. از انتقال گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن به وسیله هموگلوبین تا پروتئین های دفاعی مانند پادتن ها.

چربی ها

در آینده در شیمی خواهید خواند که گروهی از مولکول ها را قطبی می نامند و گروه دیگر را ناقطبی. اگر بخواهیم به صورت ساده این مفهوم را توضیح دهیم مولکول های قطبی در واقع مولکول هایی هستند که دارای یک قطب مثبت و یک قطب منفی می باشند. به همین دلیل وقتی که مولکول هایی با این خاصیت در کنار یکدیگر قرار می گیرند از قطب مثبت خود جذب قطب منفی مولکول مجاور دیگر می شوند و به این ترتیب تمامی مولکولها گویی با یکدیگر ارتباطی نامرعی تشکیل می دهند. در ترکیبی که از جنس مولکول های قطبی است نمی توان ترکیبی با جنس ناقطبی را حل کرد. مولکول های آب قطبی هستند و مواد ناقطبی نمی توانند در میان مولکول های آب حل شوند. اگر یک قاشق روغن را بر روی آب بریزیم چه اتفاقی می افتد؟ حتماً از درس فیزیک خود به خاطر دارید که چون چگالی مولکولهای چربی کمتر از چگالی مولکولهای آب است چربی بر روی سطح آب قرار می گیرد حال اگر با یک قاشق سعی کنیم قطره روغن را در آب حل کنیم چه اتفاقی می افتد؟ مولکول های چربی را می توانیم برای مدت کوتاهی از یکدیگر جدا کنیم. اما پس از اینکه دست از هم زدن بکشیم مولکول های جدا افتاده چربی مجدداً به یکدیگر می پیوندند. قطره روغن انگار که ما هیچ تلاشی برای حل آن در آب نکرده ایم به شکل اولیه اش برمی گردد. علت این پدیده چیست؟ پاسخ مشخص است مولکول های چربی ناقطبی هستند. و نمی توانند در میان مولکول های آب حل شوند. خانواده چربی ها گروه بسیار گسترده ای هستند. چربی را اینگونه تعریف می کنیم: هر مولکولی که در آب حل نشود و در واقع آب گریز باشد را چربی می نامیم. آبگریز بودن را می توانیم هم ارز ناقطبی بودن در نظر بگیریم. در این خانواده گسترده ما می خواهیم سراغ یکی از معروف ترین چربی ها یعنی فسفولیپیدها برویم.

فسفولیپیدها



ساختمان کلی فسفولیپیدها

فسفولیپیدها یکی از اعضای خانواده چربی ها هستند. خصوصیت ویژه آن ها این است که دارای یک سر قطبی کوچک در کنار یک دم بلند ناقطبی هستند. فسفولیپیدها از اتصال دو اسید چرب و یک گروه فسفات به یک مولکول گلیسرول به وجود می آیند. علت نام گذاری اسید چرب این است که خاصیت اسیدی دارد و در عین حال آبگریز است. گلیسرول هم نوعی الکل است که در آینده در درس شیمی خود با الکل ها آشنا خواهید شد. وجود گروه فسفات و اتصال آن به گلیسرول سبب به وجود آمدن سر قطبی کوچک مولکول فسفولیپید می شود. حال فرض کنید یک ظرف آب داریم در آن مقداری فسفولیپید می ریزیم. مولکول های فسفولیپید چگونه در آب حل می شود؟ آنها خاصیت دوگانه دارند. سری آب دوست و دمی آب گریز. چگونه این مولکول ها در کنار هم قرار بگیرند تا ساختاری پایدار به وجود آید؟ قسمت آبدوست تمایل دارد در کنار مولکول های آب قرار گیرد. وقتی مولکول های فسفولیپید را درون آب می ریزیم آنها یک کره تو خالی را به وجود می آورند. همانطور که در فصل سلول خواهید دید این کره ی تو خالی از یک پوسته دولایه به وجود آمده است. هر لایه از کنار هم قرار گرفتن سر های آبدوست مولکول های فسفولیپیدی به وجود آمده است. دم های آبگریز نیز در کنار یکدیگر در فاصله بین دو لایه قرار گرفته اند. درون این کره آب وجود دارد در بیرون آن نیز آب وجود دارد. این ساختار سبب می شود تا سر های آب دوست در کنار مولکول های آب قرار بگیرند و دم های آبگریز نیز در کنار یکدیگر و با فاصله از مولکول های آب. غشای سلول ها از ساختاری کاملا مشابه با ساختار توضیح داده شده به وجود آمده است. مولکول های اصلی سازنده غشای سلول همین فسفولیپیدها هستند. در فصل سلول خواهیم دید که قسمت های مجزای دیگری نیز از جنس فسفولیپیدها در داخل سلول اندامک ها را به وجود می آورند.