

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دعای مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُورِ الْفَهْمِ

اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَ اَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ

بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم

پروردگارا، بگشای بر ما درهای رحمت را و بگستران کنج های دانشت را به امید رحمت

تو ای مهربان ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.



جامع بیوشیمی

«براساس هارپر، دولین، لنینجر و مارکس»

ویژه تمامی گروه‌های علوم پایه پزشکی و مجموعه زیست‌شناسی

مؤلفین:

سید محسن معصومیان حسینی

«عضو هیئت علمی Candiau Virtul Medical University»

سید نکتم معصومیان حسینی

«عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه»

ویراستاران:

دکتر حمیدرضا توتونچی

«رتبه ۳ دکتری بیوشیمی بالینی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی»

یوسف فراهانی

«رتبه ۱ کارشناسی ارشد بیوشیمی بالینی دانشگاه تربیت مدرس»

زیرنظر:

دکتر جواد محمدنژاد

«دکتری بیوشیمی بالینی دانشگاه تربیت مدرس»

سرشناسنامه
عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

فروست

شابک

وضعیت فهرست نویسی

موضوع

موضوع

شناسه افزوده

شناسه افزوده

شناسه افزوده

شناسه افزوده

رده‌بندی کنگره

رده‌بندی دیویی

شماره کتابشناسی

: معصومیان حسینی، سیدمحسن، ۱۳۷۰-

: AGK جامع بیوشیمی «پراساس هارپر، دولین، لنینجر و مارکس» ویژه تمامی گروه‌های علوم پایه پزشکی و
مجموعه زیست‌شناسی/ مؤلفین سیدمحسن معصومیان حسینی، سیدتکتم معصومیان حسینی؛ ویراستاران
حمیدرضا توتونچی، یوسف فراهانی؛ زیرنظر جواد محمدنژاد.

: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۳.

: ۶۶۴ص. مصور، جدول، نمودار.

: AGK: Anahid Gostar Khalili = آناهیدگستر خلیلی

: 978-622-8348-56-8

: فیپا

: زیست‌شیمی -- راهنمای آموزشی (عالی)

Biochemistry -- Study and teaching (Higher)

: معصومیان حسینی، سیده تکتم، ۱۳۶۸-

: توتونچی، حمیدرضا، ۱۳۷۰-، ویراستار

: فراهانی، یوسف، ۱۳۷۲-، ویراستار

: محمدنژاد اروق، جواد، ۱۳۵۸-

: QD۴۱۵

: ۵۷۲/۰۷۶

: ۹۷۳۱۹۳۵



انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام کتاب: AGK جامع بیوشیمی

مؤلفین: سید محسن معصومیان حسینی . سید تکتم معصومیان حسینی

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول . ۱۴۰۳

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: گیلان

مدیر تولید: اقبال شرقی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

تایپ و صفحه‌آرایی: بیتا اندروژفر

بهاء: ۵۵۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه/ فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مدیر فروش: ۰۹۹۰۲۱۰۵۲۹۲

مرکز فروش: ۰۲۱۶۶۵۶۹۲۱۶

 agkpublisher@gmail.com

 www.agkins.com

طلیحه سخن ناظر علمی:

بیوشیمی دانشی است که به بررسی مولکول‌های موجود در سلول‌ها و مایعات بدن می‌پردازد. ارتباط این علم با علوم دیگر مثل فیزیولوژی، ژنتیک، تغذیه، ایمونولوژی به حدی زیاد است که از بیوشیمی به‌عنوان مادر علوم پزشکی یاد می‌شود.

کتاب حاضر مجموعه بسیار پیشرفته‌ای در حوزه بیوشیمی است که تمامی مطالب مهم بیوشیمی از منابع مختلف مثل بیوشیمی هارپر، لنینجر و دولین را در برمی‌گیرد. بنابراین مطالب این کتاب به دانشجویان عزیز که تمایل به شرکت در آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری را دارند توصیه می‌گردد.

دکتر جواد محمدنژاد

«استادیار بیوشیمی بالینی دانشگاه تهران»

تقدیم به

آن که مرا آفرید

تایاد بکیرم و یاد دهم

این کتاب یک منبع آموزشی غنی برای دانشجویان و محققان بیوشیمی است. در آغازین لحظات مطالعه این اثر، خواننده با یک سفر شگفت‌انگیز در دنیای بیوشیمی روبرو می‌شود؛ جایی که علم و عمل به هم تنیده شده و دانشی که از کنکورهای سال‌های گذشته به دست آمده، با مباحث پیشرفته بیوشیمی هارپر، دولین، لنینجر و مارکس در هم آمیخته است. این کتاب، نه تنها به عنوان یک منبع آموزشی برای دانشجویان و محققان بیوشیمی، بلکه به عنوان یک راهنمای عملی برای آمادگی در آزمون‌های تخصصی بیوشیمی به کار می‌رود. مطالب ارائه شده در این کتاب، با تکیه بر تحقیقات علمی معتبر و تجربیات عملی، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که خواننده را قادر می‌سازند تا نه تنها مفاهیم پایه‌ای و پیچیده بیوشیمی را درک کند، بلکه بتواند این دانش را در موقعیت‌های واقعی به کار برد. از ویژگی‌های بارز این کتاب، تأکید بر ارتباط میان بخشی و یکپارچگی مطالب با یکدیگر است که به خواننده امکان می‌دهد تا ارتباط میان مفاهیم مختلف را بهتر درک کند و در نتیجه، یادگیری عمیق‌تر و ماندگارتری داشته باشد. این کتاب، با تکرار هوشمندانه مباحث مبهم و پیوند دادن هر بخش به کلیت بیوشیمی، مسیر یادگیری را هموار ساخته و به خواننده امکان می‌دهد تا ارتباط میان فصول مختلف را درک کرده و لذا آمادگی لازم برای مواجهه با سوالات چالش‌برانگیز کنکور را به دست آورد. در این کتاب تمایز بین مباحث بالینی و غیربالینی با استفاده از اشکال متنوع و گاه منحصر به فرد، به گونه‌ای طراحی شده که خواننده را در فهم عمیق‌تر مطالب یاری می‌رساند و دسته‌بندی‌های منطقی در ذهن او شکل می‌دهد. در این مسیر، تلاش شده است تا با ارائه مثال‌های کاربردی و تمرین‌های عملی، پلی میان نظریه و عمل برقرار شود و خواننده را در مسیر تبدیل شدن به یک متخصص بیوشیمی همراهی کند. این کتاب، نه تنها یک منبع آموزشی است، بلکه یک همراه دائمی در مسیر پیشرفت علمی خواننده به شمار می‌رود. با مطالعه این کتاب، خواننده می‌تواند اطمینان حاصل کند که با جدیدترین دستاوردهای علمی بیوشیمی آشنا شده و مهارت‌های لازم برای موفقیت در آزمون‌های تخصصی را کسب کرده است. در نهایت، این کتاب به عنوان یک منبع جامع و کامل، به خواننده این امکان را می‌دهد که نه تنها برای کنکور بیوشیمی آماده شود، بلکه در هر مرحله از حرفه خود به عنوان یک متخصص بیوشیمی، به آن مراجعه کند و از آن بهره‌مند شود.

سید محسن معصومیان حسینی

masoumiyan.mohsen@gmail.com

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

بخش اول: ساختارهای ترکیبات عمده در بدن.....	۹
فصل اول: آب و pH بدن.....	۳۵
فصل دوم: ساختار کربوهیدرات‌ها.....	۴۷
فصل سوم: کربوهیدرات‌های II.....	۶۳
فصل چهارم: ساختمان لیپدها.....	۶۹
فصل پنجم: ساختار اسیدهای آمینه.....	۹۴
فصل ششم: پروتئین‌ها.....	۱۰۹
فصل هفتم: پروتئین‌های II.....	۱۲۴
فصل هشتم: پروتئین‌های پلاسما.....	۱۳۶
فصل نهم: آنزیم‌شناسی.....	۱۴۶
فصل دهم: آنزیم‌شناسی بالینی.....	۱۷۲
فصل یازدهم: غشاء سلولی.....	۱۸۴
فصل دوازدهم: ساختار اسیدهای نوکلئیک.....	۲۰۱
فصل سیزدهم: پلیمریزاسیون نوکلئوتیدها.....	۲۰۷
فصل چهاردهم: همانندسازی DNA.....	۲۱۶
فصل پانزدهم: جهش در DNA و ترمیم آن.....	۲۲۶
فصل شانزدهم: ساختمان RNA.....	۲۳۰
فصل هفدهم: رونویسی (transcription).....	۲۳۴
فصل هجدهم: پیرایش RNA.....	۲۴۲
فصل نوزدهم: ترجمه.....	۲۴۸

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

بخش دوم: سوخت‌های متابولیسمی و اجزای رژیم غذایی ۲۵۹

فصل بیستم: زنجیره‌ی انتقال الکترون ۲۸۴

فصل بیست و یکم: سرنوشت پیروات و چرخه کربس ۳۰۴

فصل بیست و دوم: هضم کربوهیدرات‌های غذایی در دستگاه گوارش ۳۲۳

فصل بیست و سوم: مسیر پنتوز فسفات و سایر هگزوزها ۳۵۶

فصل بیست و چهارم: متابولیسم لیپیدهای I ۳۶۹

فصل بیست و پنجم: متابولیسم لیپیدهای II ۴۰۶

فصل بیست و ششم: متابولیسم اسیدهای آمینه ۴۵۵

فصل بیست و هفتم: مشتقات اسیدهای آمینه ۵۰۵

فصل بیست و هشتم: متابولیسم هم ۵۱۷

فصل بیست و نهم: متابولیسم نوکلئوتیدها ۵۳۰

فصل سی‌ام: پیام‌رسانی ۵۵۹

فصل سی و یکم: هورمون‌ها واسطه‌های تنظیمی ۵۷۲

فصل سی و دوم: ویتامین‌ها و مواد معدنی ۶۳۴

منابع ۶۶۴

بخش اول

ساختارهای ترکیبات

عمده در بدن



بدن حاوی ترکیبات متنوعی با اهمیت ساختاری که شامل ترکیبات کوچکی همانند **قندهای ساده**،

اسیدهای آمینه تا کمپلکس‌های بزرگ پلی‌مری مانند **پروتئین‌ها** و **اسیدهای نوکلئیک** می‌باشد.

بسیاری از این عناصر دارای **ویژگی‌های ساختاری** مشابه با نامشان می‌باشند. آن‌ها محلول در آب

بوده و در مسیریابی در بدن شرکت می‌کنند و یا دارای **عملکرد فیزیولوژیکی** می‌باشند.

بنابراین یادگیری اصطلاحاتی که برای توصیف و کلاس‌بندی ترکیبات استفاده می‌شود، می‌تواند تا حد زیادی یادگیری بیوشیمی را آسان‌تر کند. در این بخش، کلاس‌بندی‌های اصلی برای کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و برخی از کلاس‌بندی‌های ترکیبات دارای نیتروژن مورد بررسی قرار می‌گیرند. ساختار اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و ویتامین‌های با جزئیات بیشتر در فصل‌های بعد مورد بررسی قرار گرفته است.

اتانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

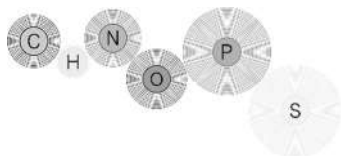
متانول CH_3OH

تعیین نام‌های گروه‌های شیمیایی اغلب به‌صورت نام مشترکی که در داخل یک ترکیب وارد شده و نشان‌دهنده‌ی تفاوت‌های مهم ساختاری می‌باشد صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال در اتانول، «ات» نشان دهنده گروه اتیل (CH_3CH_2-) است و «ال» به گروه الکلی (OH) دلالت دارد و «آن» نیز به پیوند یگانه بین دو اتم کربن دلالت دارد. متانول دارای به جای گروه اتیل دارای گروه متیل (CH_3) می‌باشد. متانول (الکل چوب نیز نامیده می‌شود) نسبت به اتانول سمیت بیش‌تری دارد، این الکل در نوشیدنی‌های الکلی وجود دارد، **مصرف متانول منجر به اختلالات بینایی، برادی کاردیا، کما و تشنج می‌شود.**

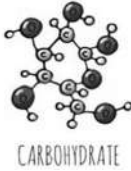


گروه‌های عمل‌کردی در مولکول‌ها

مولکول‌های آلی بیش‌تر از کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند. با این حال ویژگی‌های منحصر به فرد عمل‌کردی آن‌ها مربوط به ساختار گروه عاملی آن‌ها می‌باشد که شامل اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌باشد.



کربوهیدرات‌ها

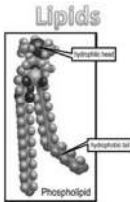


کربوهیدرات‌ها اغلب به عنوان قند شناخته می‌شوند، می‌توانند توسط گروه کربونیل (قندهای آلدوزی یا کتوزی)، براساس تعداد اتم‌های کربن (هگزوزها (شش کربنه)، پنتوزها (پنج کربنه)) و یا براساس موقعیت هیدروکسیل نوع اول و هیدروکسیل‌های دیگر بر روی کربن‌های نامتقارن ((فرم D یا L قند، استریوایزومرها (ایزومرهای موقعیت فضایی) یا اپیمرها)) طبقه‌بندی شوند. آن‌ها همچنین می‌توانند با توجه به نوع جایگزینی (قندهای آمینه) یا براساس تعداد واحد قندی به مونوساکاریدها (مانند گلوکز)، و یا از طریق برقراری پیوندهای گلیکوزیدی با یکدیگر به ترتیب دی‌ساکاریدها، الیگوساکاریدها و پلی‌ساکاریدها را به وجود آورند و طبقه‌بندی می‌شوند.



گلیکوپروتئین‌ها و پروتئوگلیکان‌ها از قندهای متصل به پروتئین به وجود آمده‌اند.

لیپیدها



گروهی از ترکیبات ساختاری هستند که دارای خاصیت آب‌گریزی می‌باشند، آن‌ها در آب حلالیت زیادی ندارند.

لیپیدهای اصلی بدن انسان، اسیدهای چربی می‌باشند که با گلیسرول استریفیه و تری‌آسیل‌گلیسرول (تری‌گلیسرید) و یا فسفواکسیل‌گلیسرول‌ها (فسفوگلیسریدها) را به وجود می‌آورند.

در اسفنگولیپیدها، اسیدچربی که به اسفنگوزین متصل می‌شود، از سرین و یک اسیدچرب ایجاد شده‌است. گلیکولیپیدها، حاوی قندهایی می‌باشند که به گروه هیدروکسیل لیپید متصل شده‌اند. اسیدهای چرب غیراشباع با چندین پیوند دوگانه پیش‌سازهای ایکوزانوئیدها می‌باشند.

کلسترول بخشی از غشاء لیپیدی می‌باشد، و پیش‌ساز ترکیباتی که دارای هسته‌ی استروئیدی می‌باشند، است، مانند نمک‌های صفراوی و هورمون‌های استروئیدی، کلسترول یکی از ترکیباتی است که از واحدهای پنج کربنه به نام ایزوپرن‌ها سنتز می‌گردد.

ترکیبات حاوی نیتروژن



نیتروژن در گروه‌های آمین‌دار یا ساختارهای حلقه‌ای هتروسیکلیک (حلقه‌هایی که علاوه بر کربن، از اتم دیگری نیز تشکیل شده‌اند) که در pH خنثی دارای بار مثبت می‌باشند، وجود دارد.

اسیدهای آمینه حاوی یک گروه کربوکسیل و یک گروه آمین، با یک یا تعداد بیش‌تری کربن می‌باشند.

پورین‌ها، پریمیدین‌ها و پیریدین‌ها، ساختارهایی‌اند که دارای حلقه‌های هتروسیکلیک حاوی نیتروژن می‌باشند. نوکلئوزیدها یکی از این ساختارهای حلقه مانند می‌باشد که با قند اتصال برقرار کرده است، اضافه‌شدن فسفات به ترکیب اخیر سبب تولید نوکلئوتید می‌شود.



در این بخش مثال‌های قابل لمس بالینی برای شما آورده شده و در طول این فصل آن را به تدریج توضیح خواهیم داد، تا با مفهوم این فصل بیش‌تر آشنا گردید.

آقای دی‌ایتیس با بیماری کتواسیدوز دیابتی وارد بیمارستان شد و پس از بهبودی از بیمارستان مرخص گردید.

او برای یک بررسی سرپایی دوباره به بیمارستان بازگشت، توضیح داد که مطابق با رژیم غذایی توصیه‌ی شده پیروی کرده و بیش‌تر مواقع به‌طور پی‌درپی روزی به خود ۴ بار انسولین به‌صورت زیر جلدی تزریق می‌کرده است. او سطح گلوکز خونش را در روز ۴ مرتبه کنترل می‌کرد و نتایج آن را به پزشک خود اعلام می‌کرد.

آب و pH بدن

مقدمه‌ای بر فصل آب و pH بدن

آب فراوان‌ترین ماده موجود در سیستم‌های بیولوژیک است، حدود ۶۰٪ وزن بدن را آب تشکیل می‌دهد که این درصد با توجه به میزان چربی بدن قابل تغییر است، زیرا هرچه قدر چربی بالاتر میزان آب پایین‌تر است.

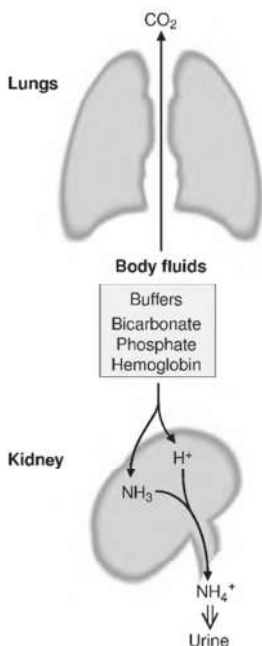
توزیع آب در بدن

* آب داخل سلولی (ICF=Inter cellular fluid): ۴۰٪ وزن بدن

* آب خارج سلولی (ECF=Extera cellular fluid): ۲۰٪

$\frac{2}{3}$ کل آب بدن به صورت مایع داخل سلولی (ICF) و $\frac{1}{3}$ باقی‌مانده آب خارج

سلولی (ECF) است.



ساختمان آب به صورت یک چهار وجهی نامتقارن (با زاویه ۱۰۴/۵). می‌باشد که در دو انتهای این چهار وجهی دو جفت الکترون آزاد (دو انتهای منفی) و در دو انتهای دیگر آن دو اتم هیدروژن با بار نسبی مثبت (دو انتهای مثبت) وجود دارند. هر مولکول آب حداکثر می‌تواند چهار پیوند هیدروژنی ایجاد کند. در مقایسه با سایر حلال‌ها، آب دارای نقطه ذوب، نقطه جوش و حرارت تبخیر، بیش‌تری است. این ویژگی‌های غیرمعمول، نتیجه جاذبه‌های ناشی از **پیوندهای هیدروژنی** موجود در بین مولکول‌های مجاور آب می‌باشند که چسبندگی داخلی زیاد بین مولکول‌های آب را ایجاد می‌کنند. به علاوه، به دلیل ایجاد ساختمان منظم و باز، چگالی کریستال یخ افزایش، کاهش می‌یابد. گروه‌های قطبی بدون بار با مولکول آب ایجاد پیوند هیدروژنی می‌کنند و در مقابل گروه‌های قطبی باردار با مولکول‌ها آب ایجاد **جاذبه‌های الکترواستاتیک** (یونی) می‌کنند، این جاذبه‌ها بین گروه مثبت و منفی درون یا بین مولکول‌ها ایجاد شده و **پل‌های نمکی** نامیده می‌شوند.

فصل اول

براساس قابلیت انحلال در آب، مواد در سه گروه قرار می‌گیرند.

۱. آبدوست یا هیدروفیل شامل انواع ترکیبات قطبی (باردار یا بدون بار).

۲. آبگریز یا هیدروفوب شامل انواع ترکیبات غیرقطبی.

۳. دوگانه دوست یا آمفی پاتیک (آمفی فیلیک) شامل انواع ترکیبات دارای هر دو بخش قطبی و غیرقطبی.

مهم‌ترین سیستم‌های بافری بدن شامل **بافر فسفات، بی‌کربنات و پروتئین‌ها** می‌باشد. از این بین قوی‌ترین سیستم بافری بدن سیستم بافری فسفات و از لحاظ عملکرد بیش‌تر بافر بی‌کربنات می‌باشد. زیرا بافر فسفات نزدیک pH فیزیولوژی عملکرد دارد و بافر بی‌کربنات مقدار بیش‌تری در بدن دارد. از بین رفتن تعادل بین سیستم بافری بی‌کربنات منجر به بروز بیماری‌های اسیدوز و آلکالوز می‌گردد. اختلالات تنفسی اسیدی - بازی به علت افزایش یا کاهش فشار CO_2 شروع می‌شوند در حالی که اختلالات متابولیک توسط افزایش و یا کاهش بی‌کربنات آغاز می‌گردند.

آب فراوان‌ترین ماده موجود در سیستم‌های بیولوژیک است، حدود ۶۰٪ وزن بدن را آب تشکیل می‌دهد که این درصد با توجه به میزان چربی بدن قابل تغییر است، زیرا هرچه قدر چربی ↑ بالاتر میزان آب ↓ پایین‌تر است.

توزیع آب در بدن

* آب داخل سلولی (ICF=Intera cellular fluid): ۴۰٪ وزن بدن

* آب خارج سلولی (ECF=Extera cellular fluid): ۲۰٪

✓ آب میان بافتی = ۱۴٪

✓ پلاسما = ۵٪

✓ مایع ورای سلولی (لنف، مایع نخاعی، داخل چشمی،...) = ۱٪ مجموع ۶۰٪ وزن کل بدن

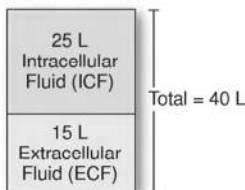
• $\frac{2}{3}$ کل آب بدن به صورت مایع داخل سلولی (ICF) و $\frac{1}{3}$ باقی‌مانده آب

خارج سلولی (ECF) است.

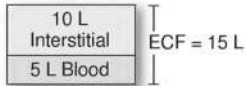
- توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی با دیگر مولکول‌های آب، به آب خصوصیات ویژه‌ای بخشیده که ازجمله آن‌ها کشش سطحی، چسبندگی داخلی بین مولکول‌ها، نقطه ذوب و جوش و حرارت تبخیر بالای آن نسبت به سایر حلال‌هاست.
- مولکول‌های آب علاوه بر ایجاد پیوندهای هیدروژنی با خود می‌توانند با بخش‌های قطبی سایر مولکول‌های بیولوژیک نیز پیوند هیدروژنی ایجاد کنند و همین خصوصیت آب را به یک حلال بیولوژیک مناسب تبدیل کرده است.

۳۶

A. Total body water



B. Extracellular fluid



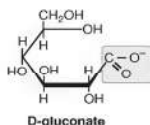
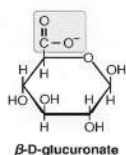
شکل ۱-۱؛ تقسیم‌بندی آب در نقاط مختلف در بدن یک شخص ۷۰ کیلوگرمی

مواد براساس میزان حلالیت در آب به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

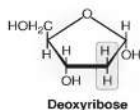
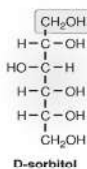


۱. گروه‌های قطبی بدون بار (مثل OH-آمید - تیول) و باردار (مثل COOH و آمین و انواع یون) که به راحتی در آب حل می‌شوند و هیدروفوب (آبدوست) نامیده می‌شوند.
 ۲. مواد غیرقطبی که در آب حل نمی‌شوند و هیدروفوب (آبگریز) نام دارند.
 ۳. مواد آمفی پاتیک (دوگانه دوست) که دارای بخش‌های قطبی و غیرقطبی‌اند.
- در مواد دسته اول گروه‌های قطبی بدون بار با مولکول آب ایجاد پیوند هیدروژنی می‌کنند و در مقابل گروه‌های قطبی باردار با مولکول‌ها آب ایجاد **جاذبه‌های الکترواستاتیک** (یونی) می‌کنند، این جاذبه‌ها بین گروه مثبت و منفی درون یا بین مولکول‌ها ایجاد شده و **پل‌های نمکی** نامیده می‌شوند.

Oxidized Sugars



Reduced Sugars



مقدمه‌ای بر فصل ساختار کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌ها انتشار وسیعی در گیاهان و حیوانات دارند؛ این ترکیبات اکثر مواد آلی روی زمین را می‌سازند و در تمامی شکل‌های حیات نقش چشم‌گیری دارند:

۱. کربوهیدرات‌ها به‌عنوان ذخایر انرژی، سوختی و واسطه‌های متابولیکی عمل می‌کنند.
 ۲. قندهای ریبوز و دئوکسی ریبوز قالب ساختاری DNA, RNA را تشکیل می‌دهند.
 ۳. پلی‌ساکارید عناصر ساختاری در دیواره‌های سلولی باکتری‌ها و گیاهان هستند، در واقع سلولز، ماده‌ی اصلی تشکیل دهنده‌ی دیواره سلولی گیاهان، یکی از فراوان‌ترین ترکیبات آلی در زیست‌کره محسوب می‌شود.
 ۴. کربوهیدرات‌ها به بسیاری از پروتئین‌ها و لیپیدها متصل می‌شوند؛ جایی که به‌عنوان میانجی در میانکشی‌های بین سلول‌ها و بین سلول با سایر عناصر محیط سلولی، نقش‌های کلیدی دارند.
 ۵. از ویژگی‌های مهم کربوهیدرات‌ها، امکان ایجاد تنوع ساختاری در آن‌هاست، به همین دلیل به‌عنوان میانجی‌کننده میانکشی‌های سلولی مطرح می‌شوند.
- کربوهیدرات‌ها از منوساکاریدها ساخته شده‌اند، مولکول‌های کوچکی که معمولاً دارای ۳ تا ۹ اتم کربن هستند. این منوساکاریدها می‌توانند به هم متصل شده و ساختارهای متنوعی از الیگوساکاریدها را به وجود آورند زمانی که به پروتئین‌ها متصل می‌شوند، می‌توانند تنوع گسترده پروتئین‌ها را بیشتر سازند. کربوهیدرات‌ها مشتقات آلدئید یا کتون‌ی الکل‌های پلی‌هیدریک هستند، (الکل‌هایی که دارای گروه عامل OH زیادی هستند).

قندها به علت داشتن میزان بیش‌تری از اتم‌های O و H نسبت به چربی‌ها، اکسید شده‌تر هستند و سریع‌تر سوخته می‌شوند. وجود گروه آلدئیدی و کتون‌ی بر روی کربن‌های ۱ و ۲ قندها (به ترتیب)، تشکیل قندهای آلدئیدی و کتون‌ی را می‌دهد، مانند گلوکز که آلدئید است و فروکتوز که کتون می‌باشد. مونوساکاریدها به صورت خطی و یا حلقوی می‌توانند باشند، در بدن

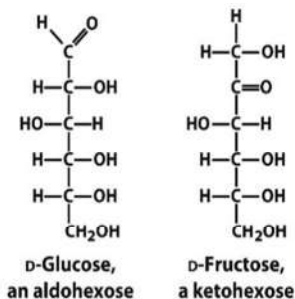
فصل دوم

بیشتر فرم حلقوی غالب است. فرم‌های حلقوی می‌توانند به صورت پیرانوز و یا فورانوز باشند. قندها می‌توانند به صورت D و L وجود داشته باشند که فرم طبیعی در بدن D می‌باشد، همچنین OH آنومری قندها می‌تواند به فرم α و β باشد که طی موتاروتاسیون به یکدیگر تبدیل می‌شوند و فرم β ، غالب و ۶۳ درصد کل آن فرم قند را تشکیل می‌دهد، وجود OH آنومری آزاد به این ترکیبات خاصیت احیاء کنندگی و واکنش پذیری با معرف‌هایی همچون بندیکت را می‌دهد. اگر OH آنومری در واکنش باشد، مانند آن‌چه که در گلوکز ۱، فسفات و UDP-گلوکز شاهد هستیم، خاصیت احیاء کنندگی از بین می‌رود، لذا تمامی مونوساکاریدها احیاء کننده‌اند، اما مشتقات مونوساکاریدها می‌توانند هم احیاء کننده و هم غیر احیاء کننده باشند. قندها می‌توانند اکسید شوند و مشتقات اورونیک اسید و آلدونیک اسید را تولید کنند.

قبل از شروع مباحث درباره ساختمان کربوهیدرات‌ها حتماً جدول زیر را مطالعه بفرمایید:

الکل نوع ۱	اکسید ↔ الدهید احیاء	الکل نوع I اکسید ↔ احیاء الدهید ↕ اسید
الکل نوع ۲	اکسید ↔ کتون احیاء	
الدهید	اکسید ↔ کربوکسیلیک اسید احیاء	

۱. قندها به دو فرم **الدهید** و **کتون** وجود دارند. در فرم **الدهید** وجود عامل ($H-C=O$) در ابتدای مولکول و در **کتون‌ها** عامل ($C=O$) در کربن **دوم** واقع شده‌است، همین امر باعث می‌شود که **الدهیدها** یک کربن نامتقارن از کتون‌های هم کربن خود **بیشتر** داشته باشند.
 ۲. در طبیعت کربوهیدرات‌ها به صورت **حلقوی** وجود دارند که دو فرم مهم **پیرانوز** و **فورانوز** غالب می‌باشند. برای آلدهیدها مخصوصاً نوع ۶ کربنه‌ی آن‌ها مانند گلوکز، فرم **پیرانوز** و برای کتون‌ها مانند فروکتوز فرم **فورانوز** غالب است. برای قندهای پنج کربنه مانند ریبوز و دزوکسی ریبوز نیز فرم **فورانوز** غالب است.
 ۳. قندها به‌عنوان سوخت مخصوصاً در هنگام **هیپوکسی** به کار می‌روند، وجود گروه هیدروکسیل باعث می‌شود که آن‌ها نسبت به چربی‌ها **هیدراته‌تر** باشند.
 ۴. معمولاً فرم فعال قندها فرم UDP-قند می‌باشد. قندها به فرم D در طبیعت غالب‌اند و اسیدهای آمینه به فرم L غالب‌اند.
- نکته:** آرابینوز به فرم طبیعی L می‌باشد.



شکل ۱-۲؛ وجود یک کربن نامتقارن **بیشتر** در گلوکز نسبت به فروکتوز

کربوهیدرات‌های II

ایزومریزاسیون و فسفریلاسیون معمول‌ترین واکنش‌ها در قندها می‌باشند.

گلوکز ۶ فسفات $\xrightarrow{\text{فسفوگلوکوایزومراز}}$ فروکتوز ۶ فسفات

فروکتوز ۶ فسفات $\xrightarrow{\text{فسفومانوزایزومراز}}$ مانوز ۶ فسفات

نقص در فسفو مانوز ایزومراز منجر به سندرم گلیکوپروتئین با محتوای کم کربوهیدرات (CDGS) می‌شود. تبدیل



فروکتوز ۱- فسفات به مانوز ۱- فسفات توسط ایزومراز و به صورت مستقیم انجام نمی‌شود.

ایزومراز: واکنش تبدیل آلدوز به کتوز یا بالعکس می‌باشد.

فسفریلاسیون: واکنش انتقال یک گروه فسفات بر روی قند می‌باشد.

موتاز: آنزیمی از کلاس ۵ آنزیم‌ها، نقش در انتقال فسفات بر روی همان قند دارد. مانند تبدیل گلوکز ۱ فسفات به گلوکز ۶- فسفات.



هیچ موتازی وجود ندارد که فروکتوز ۱- فسفات را به فروکتوز ۶- فسفات تبدیل کند.

کیناز: آنزیمی از کلاس ۲ آنزیم‌ها، نقش انتقال گروه فسفات از ATP بر روی قند را بر عهده دارد. مانند هگزوکیناز که گلوکز را به گلوکز ۶ فسفات می‌کند.



کیناز مربوط به گلوکز و مانوز تولید گلوکز ۶- فسفات و مانوز ۶- فسفات می‌کنند، اما کیناز فروکتوز و گالاکتوز اختصاصی‌اند و تولید فروکتوز ۱- فسفات و گالاکتوز ۶- فسفات می‌کند. هگزوکیناز اختصاصاً بر روی موقعیت ۶ عمل می‌کند.

پیروفسفریلاز آنزیمی است که هگزوز ۱- فسفات و نوکلئوزید تری فسفات (NTP) را به نوکلئوزید دی فسفات (NDP)- قند تبدیل می‌کند. این واکنش به راحتی قابل برگشت نیست زیرا پیروفسفات (PPi) را سریع هیدرولیز می‌کند.

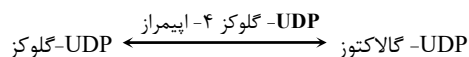
UDP- گلوکز در سنتز گلیکوژن و سنتز گلیکوپروتئین‌ها و گلیکولیپیدهایی مانند سربروزید غیرعصبی و گانگلیوزیدها نقش دارد.



UDP معمولاً حامل گلوکوزیل و گالاکتوزیل می‌باشد.

ADP، GDP و CMP حامل قندهای دیگر می‌باشند.

اپیمیرزاسیون: واکنش تبدیل یک آلدوز به یک آلدوز دیگر یا کتوز به کتوز دیگر، مانند تبدیل گالاکتوز به گلوکز توسط ۴-اپیمراز، این آنزیم بر روی قند آزاد اثر ندارد بلکه بر روی UDP- قند اثر دارد. این آنزیم از کلاس ۵ آنزیم‌ها است.



تولید قندهای متصل به نوکلئوتیدها و تبدیل برخی از هگزوزها.

سنتز GDP-فوکوز: ابتدا GDP- مانوز به قند داکسی مانوز و سپس طی واکنش‌های دی‌هیدراتاز و اپی‌مرازی به GDP-۴-کتو-۶-داکسی-L-گالاکتوز تبدیل و سپس توسط یک ردوکتاز (آنزیم دوکاره اپیمراز- ردوکتاز) به GDP-فوکوز احیاء می‌شود.

سنتز dTDP-رامنوز: L- رامنوز توسط یک سری واکنش‌های اکسیداسیون- احیاء که از dTDP- گلوکز شروع می‌شود سنتز می‌گردد.

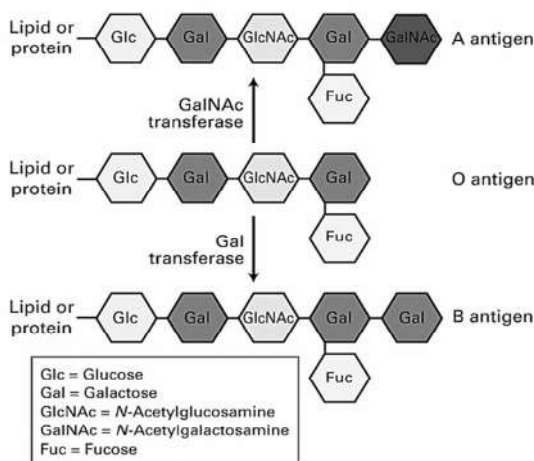
ترانس آمیناسیون: ترانس آمیناسیون در قندها باعث تشکیل **قندهای آمینه** می‌گردد. برای مثال تشکیل گلوکز آمین ۶- فسفات از فروکتوز ۶- فسفات و گلوتامین که در ادامه N- استیل شده و به N- استیل گلوکز آمین ۶- فسفات تبدیل می‌گردد و پس از مراحل تشکیل N-UDP- استیل گلوکز آمین که پیش‌سازی برای سنتز گلیکوپروتئین‌ها است را می‌دهد.

آنزیم فروکتوز ۶- فسفات گلوتامین ترانس آمیداز به وسیله N-UDP- استیل گلوکز آمین تحت کنترل **فیدبک منفی** می‌باشد، یعنی مهار می‌گردد.

اپیمیرزاسیون N-UDP- استیل گلوکز آمین توسط ۲- اپیمراز تولید N-استیل مانوز آمین می‌کند. این واکنش با حذف ترانس UDP و تشکیل حدواسط غیراشباع ۲- **استامیدوگلوکال** صورت می‌گیرد. N- استیل مانوز آمین باید فسفریله شود تا N- استیل مانوز آمین ۶- فسفات با فسفوانول پیروات ترکیب شده و با حذف فسفات N-CMP- استیل نورامینیک اسید تشکیل گردد. تمام واکنش‌ها در سیتوزول می‌باشند به غیر از مرحله واکنش با CTP که در **هسته** صورت می‌گیرد.

واکنش گلیکوزیل آمین ترانسفراز سبب ایجاد تنوع در **گروه خونی** می‌گردد.

گلیکوزیل آمین ترانسفراز واکنش **اختصاصی** را برای قند پذیرنده و پیوند تشکیل شده انجام می‌دهد. این آنزیم یک واحد گلیکوزیل را از مشتق نوکلئوتیدی به **انتهای غیراحیاء کننده** یک قند پذیرنده منتقل می‌کند.



شکل ۳-۱؛ نحوه‌ی تشکیل گروه‌های خونی

مقدمه‌ای بر فصل ساختار لیپیدها

لیپیدها گروهی ناهمگون از ترکیبات هستند. این ترکیبات بیش‌تر از آن‌که از نظر خصوصیات شیمیایی به یکدیگر شبیه باشند از نظر خصوصیات فیزیکی با هم قرابت دارند. تنها خصوصیت مشترک تمامی آن‌ها خصوصیت **نامحلول بودن** نسبی آن‌ها در آب و محلول بودنشان در حلال‌های غیرقطبی مانند: اتر، کلروفرم و بنزین است. لیپیدها بیش‌تر از کربن تشکیل شده‌اند و درصد وجود هیدروژن در ساختمان آن‌ها کم‌تر از قندها می‌باشد، همین ویژگی آن‌ها را احیاء شده‌تر از قندها می‌کند.

لیپیدها به دلایل زیر از اجزای مهم غذایی به حساب می‌آیند:

۱. داشتن ارزش بالای انرژی، سوختن کامل یک گرم پروتئین یا قند تنها ۴ کیلو کالری انرژی ایجاد می‌کند در حالی که اگر یک گرم چربی بسوزد، ۹ کیلو کالری انرژی حاصل می‌شود.

۲. وجود ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب ضروری در چربی غذاهای طبیعی.

عملکردهای مختلف لیپیدها در بدن عبارتند از:

۱. لیپیدها منبع انرژی هستند مثل بافت چربی

۲. به‌عنوان عایق گرمایی عمل می‌کنند.

۳. در بسیاری از بافت‌ها به‌عنوان محافظ و ضربه‌گیر عمل می‌کنند.

۴. نقش ویتامینی (A,D,E,K) دارند.

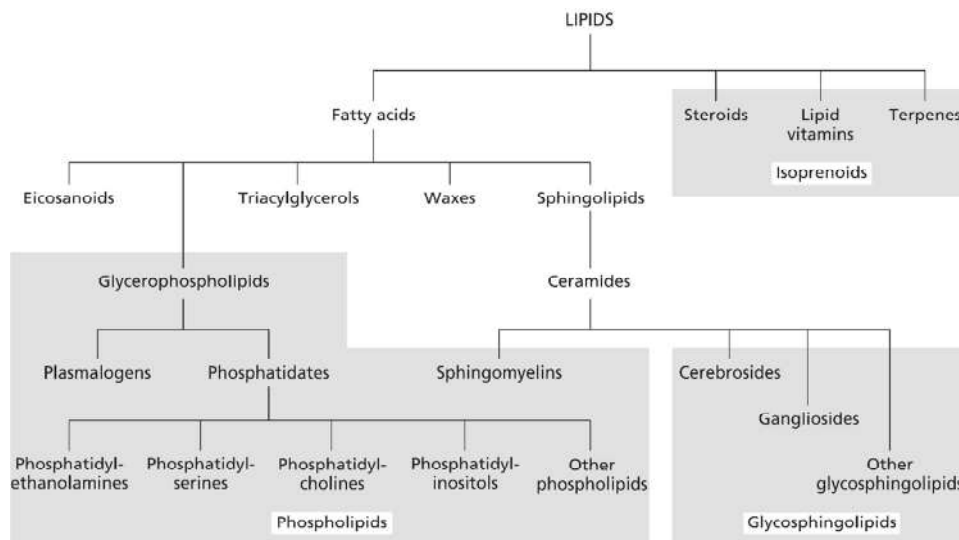
۵. نقش هورمونی (هورمون‌های استروئیدی) دارند

۶. نقش ساختمانی دارند مثل غشاهای که از دو لایه لیپید تشکیل شده‌اند.

۷. لیپوپروتئین‌ها به‌عنوان وسیله‌ای برای انتقال لیپیدها در خون نیز عمل می‌کنند.

لیپیدها به‌طور کلی به سه دسته لیپیدهای ساده، لیپیدهای مرکب و لیپیدهای پیش‌ساز و مشتق شده طبقه‌بندی می‌شوند. الکل موجود در لیپیدها اکثراً **گلیسرول** و **اسفنگوزین** می‌باشد. به همین علت آن‌ها را به گلیسرولیپیدها و اسفنگولیپیدها طبقه‌بندی می‌کنند. در بیش‌تر موارد هنگامی که صحبت از گلیکولیپیدها می‌شود، منظور گلیکواسفنگولیپیدها است که فاقد فسفات می‌باشند. گلیسرولیپیدها نیز به آسیل گلیسرول‌ها و مشتقات آسیل گلیسرول مانند فسفاتیدیل کولین دسته‌بندی می‌شوند. کلسترول نیز از دسته‌ای از لیپیدها است که دارای الکل استرول می‌باشد. وجود کلسترول به همراه اسفنگولیپیدها در غشاء، به آن ضخامت می‌بخشد و تشکیل نواحی Lipid raft (قایق‌های لیپیدی) را می‌دهد.

فصل چهارم



چربی‌ها و روغن‌ها اشکال اصلی ذخیره‌ی انرژی در بدن می‌باشند. فسفولیپیدها و استرول‌ها مانند کلسترول عناصر اصلی غشاهای بیولوژیکی می‌باشند.

اسیدهای چرب فرم مشتقات هیدروکربنی بسیار احیاء شده‌ای (درجه‌ی اکسیداسیون پایین) می‌باشند. درحالی که قندها اکسید شده‌تر و در ساختمان‌شان آب بیش‌تری دارند همین امر باعث می‌شود قندها برای تولید انرژی سریع سوخته شوند اما چربی‌ها که احیاء شده‌ترند در ورزش‌های هوازی بسوزند و انرژی بیش‌تری را نسبت به قند با گرم مساوی به دست دهند. اسیدهای چرب دارای یک دم هیدروکربنی آب گریز و قسمت سر که دارای گروه کربوکسیل می‌باشد و بخش قطبی آن نیز محسوب می‌گردد، در pH=7 گروه کربوکسیل دپروتونه شده و یک H^+ را آزاد می‌کند در این حالت اسید چرب به شکل آنیون و دارای یک بار منفی می‌گردد. نکته: آزادسازی H^+ باعث برهم زدن اختلاف پتانسیل غشاء داخلی میتوکندری و جداسازی اکسیداسیون از فسفریلاسیون می‌گردد که نتیجه‌ی آن تولید حرارت است (بافت چربی قهوه‌ای).

از بین اسیدهای چرب آن‌هایی که کوتاه زنجیر و دارای ۲ تا ۴ اتم کربن می‌باشند به علت گروه کربوکسیل خود حلالیت جزئی در آب دارند، از طرفی هرچه تعداد کربن اسیدچرب افزایش یابد حلالیت آن بیش‌تر کاهش می‌یابد.

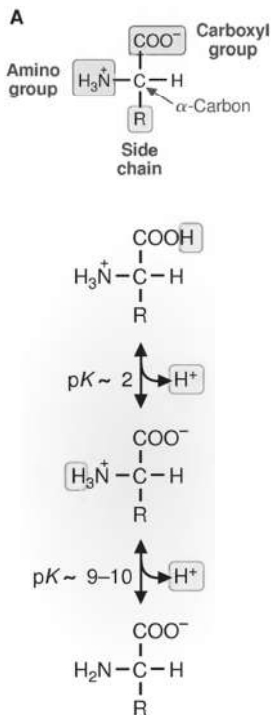
هرچه طول زنجیره‌ی اسید چرب بلندتر باشد و تعداد پیوند دوگانه‌ی کم‌تری داشته باشد حلالیتش در آب کم‌تر و سیالیت آن در غشاء کاهش می‌یابد. تاثیر تعداد پیوند دوگانه در کاهش سیالیت غشاء بیش‌تر می‌باشد تا طول زنجیره، زیرا وجود پیوند دوگانه از نوع سیس باعث خمیدگی در ساختار اسید چرب می‌شود (افزایش پیوند دوگانه سبب افزایش سیالیت و کاهش آن سبب کاهش سیالیت می‌شود، برای مثال دو اسیدچرب با طول یکسان را در نظر بگیرید، اسید چرب اول دارای ۳ پیوند دوگانه و اسیدچرب دوم دارای ۲ پیوند دوگانه می‌باشد، در اینجا اسیدچرب اول نسبت به اسیدچرب دوم سیالیت را بیش‌تر کاهش می‌دهد، لذا تاثیر پیوند دوگانه بیش‌تر از طول اسیدچرب می‌باشد).

✓ اسیدهای چرب به سه روش نام‌گذاری می‌شوند:

۱. روش دلتا: در این روش گروه کربوکسیل، شماره ۱ یا Δ^1 و بقیه اتم‌های کربن، ۲ و ... را می‌گیرند تا کربن متیل انتهایی که آخرین شماره را به خود اختصاص می‌دهد. کاربرد این روش تعیین محل جایگاه پیوند دوگانه است. (مثال- شکل ۱-۴)

ساختار اسیدهای آمینه

مقدمه‌ای بر ساختار اسیدهای آمینه



اولین اسیدآمینه‌ای که کشف شد، **آسپاراژین** در سال ۱۸۰۶ است. آخرین مورد از اسیدآمینه یافت شده، ترئونین می‌باشد که تا سال ۱۹۳۸ شناسایی نشده بود. تمامی اسیدهای آمینه دارای نام‌های معمول می‌باشند که در بعضی موارد از نام منبعی مشتق می‌شوند که اولین بار از آن جدا شده‌اند. برای اولین بار، آسپاراژین در مارچوبه و گلوتامات در گلوتن گندم یافت شده‌اند؛ **تیروزین** اولین بار از پنیر جدا گردید (نام این اسیدآمینه از کلمه یونانی tyros به معنی پنیر مشتق شده است)؛ و **گلیسین** (کلمه یونانی glykos به معنی شیرین) بخاطر مزه شیرین آن به این نام خوانده شد. در شیمی آلی به کربن بعد از کربوکسیل کربن α و بعدی که کربن شماره ۳ می‌باشد را β می‌گویند. بر این اساس آمین متصل به کربن α را α -**آمینواسید** (تمامی اسیدهای آمینه استاندارد از این می‌باشند) و آمین متصل به کربن β را β -**مینواسید** می‌نامند (β -آلانین حاصل از آسپارات و نوکلئوتیدهای پریمیدینی) بقیه‌ی را طبق قانون گفته شد γ -**آمینواسید** و δ -**آمینواسید** نام گذاری می‌کنند. اختلاف این اسیدهای آمینه از نظر نوع زنجیر جانبی یا گروه‌های R می‌باشد که ساختمان، اندازه و بار الکتریکی متفاوتی دارند و بر روی حلایت اسیدهای آمینه در آب اثر می‌گذارند. علاوه بر این ۲۰ اسیدآمینه، انواع متعدد دیگر نیز وجود دارند که نادرتر هستند. برخی از این اسیدهای آمینه را ریشه‌هایی تشکیل می‌دهند که بعد از سنتز پروتئین تغییر داده می‌شوند؛ تعدادی دیگر در موجودات زنده وجود دارند، ولی در ساختمان پروتئین مشاهده نمی‌گردند. برای نمایش اسیدهای آمینه موجود در پروتئین‌ها، از مخفف‌های سه حرفی و سمبل‌های یک حرفی آن‌ها استفاده می‌گردد.

قرارداد کلیدی: کد ۳ حرفی واضح است و مخفف‌ها عموماً شامل سه حرف ابتدایی نام اسید آمینه می‌باشند. کد ۱ حرفی که توسط مارگارت اکلای دی هوف (۱۹۸۳-۱۹۲۵) مطرح شده است، برای شش اسید آمینه (CHIMSV)، حرف اول نام اسید آمینه بی‌همتا بوده و بنابراین به‌عنوان سمبل به کار می‌رود. در مورد پنج اسید آمینه دیگر (AGLPT) حرف اول بی‌همتا نبوده و این حرف به معمول‌ترین اسید آمینه نسبت داده می‌شود. (برای مثال؛ لوسین معمول‌تر از لیزین است.) برای چهار مورد دیگر، صدای حروف مورد استفاده نشان‌دهنده است (RFYW: aRginine, Fenylnalane, tYrosine, tWiptophan) حروف بقیه به سختی اختصاص داده می‌شوند. چهار مورد (DNEQ) حروفی را می‌گیرند که در آن‌ها یافت شده و یا براساس نام آن‌ها مطرح می‌شوند (Q-tamine, glutamEke, asparagiNe, asparDic). چیزی که باقی می‌ماند لیزین است. تنها چند حرف الفبا باقی‌مانده است که از میان آن‌ها K انتخاب شده که نزدیک‌ترین حرف به L می‌باشد.

تقریباً تمامی ترکیبات بیولوژیکی که یک مرکز کایرال دارند، در طبیعت تنها با یک شکل ایزومر فضایی، D یا L، وجود دارند. ریشه‌های اسید آمینه موجود در پروتئین‌ها منحصر از نوع ایزومرهای فضایی L هستند. ریشه‌های D-آمینواسیدها تنها در چند پپتید عموماً کوچک، از جمله برخی پپتیدهای موجود در دیواره سلول باکتری و بعضی آنتی بیوتیک‌های پپتیدی، وجود دارند.

تمامی اسیدهای آمینه به صورت **بافر** عمل می‌کند و خاصیت بافری آن‌ها به pH مورد نظر بستگی دارد، از این بین هیستیدین در pH فیزیولوژیک اهمیت زیادی پیدا می‌کند. از این رو آن‌ها دارای یک **pI** مخصوص به خود می‌باشند که در $pH = pI$ دگر بار و حرکت الکتروفریتیکی ندارند.

اسیدهای آمینه بر خلاف بسیاری از ترکیبات آلی دارای **نقطه‌ی ذوب** و **جوش** نسبتاً بالایی هستند.

محدوده‌ی جرم مولکولی اسیدهای آمینه از 75 Gly تا 186 Trp متغیر است. متوسط جرم مولکولی اسیدهای آمینه در حدود 110 دالتون بوده و پروتئینی با جرم مولکولی 33000 دالتون، حدوداً شامل 300 اسید آمینه است. Zwitterion: گروه آمینو و گروه کربوکسیل اسیدهای آمینه در $pH=7$ به صورت باردار بوده (مثبت و منفی) و بار کلی اسید آمینه بدون در نظر گرفتن شاخه‌ی جانبی‌اش (خنثی) است و در این حالت اسید آمینه در موقعیت زیوترون قرار دارد.

✓ گروه‌های R آلیفاتیک غیرقطبی

زنجیره‌های جانبی آلانین، والین، لوسین و ایزولوسین تمایل دارند تا در **داخل** پروتئین‌ها قرار بگیرند و از طریق تعامل‌های آب‌گریز سبب پایداری ساختمان پروتئین گردند.

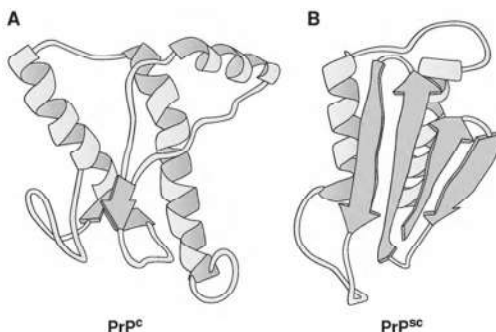
گلیسین ساده‌ترین ساختمان را دارد و غیرقطبی است، اما زنجیره‌های جانبی آن آنقدر کوچک می‌باشد که در واقع هیچ همکاری در تعامل‌های آب‌گریز ندارد، **برهم زنده‌ی** مارپیچ α ولی در صفحات β وجود دارد.

پرولین دارای یک زنجیره جانبی آلیفاتیک با یک ساختمان **حلقوی** متفاوت است. یک α -ایمینواسید می‌باشد که **برهم زنده‌ی** مارپیچ α و صفحات β می‌باشد.

متیونین، یکی از دو اسید آمینه دارای سولفور، حاوی **گروه تیواتر غیرقطبی** در زنجیر جانبی خود می‌باشد.

پروتئین‌ها

مقدمه‌ای بر فصل پروتئین‌ها



پروتئین‌ها دارای ساختمان اول، دوم، سوم و چهارم می‌باشند. البته تمام پروتئین‌ها دارای این الگو نیستند، بعضی فقط ساختمان اول را دارند، بعضی ساختمان دوم، و بعضی فقط ساختمان سوم را دارند، ساختمان اول نحوه‌ی یک بُن پروتئین را نشان می‌دهد و از قرار گیری توالی اسیدهای آمینه پشت سر هم تشکیل شده است. ساختمان دوم از زوایایی نمودار **راماچندران** پیروی می‌کند، و دارای دو الگوی منظم و نامنظم است که **مارپیچ α** و **صفحات β** در قسمت منظم قرار می‌گیرند. مارپیچ α به علت داشتن پیوند هیدروژنی بیشتر پایدارتر از صفحات β است. **مولتن گلوبول** حالتی

است که بین ساختمان دوم و سوم قرار می‌گیرد و دارای نواحی هیدروفوب بسیار زیادی است. **موتیف‌ها** دارای ساختمان دوم می‌باشند و نواحی عملکردی پروتئین‌ها که **دُمین** گفته می‌شود در ساختمان سوم پروتئین است که نحوه‌ی قرارگیری فضایی پروتئین را نشان می‌دهد. پروتئین‌های دارای ساختمان چهارم **چند زیرواحدی** هستند و فاقد پیوند دی‌سولفیدی می‌باشند. تغییرات در محتوای مارپیچ α نسبت به صفحات β منجر به بیماری‌های کونفورماسیونی می‌شود. که از این بیماری‌های رایج می‌توان به ایجاد پروتئین‌های **پرونی** اشاره کرد.

کلید ساختمان هزاران پروتئین مختلف، زیرواحدهای منومری نسبتاً ساده آن‌ها می‌باشد. تمامی پروتئین‌ها شامل پروتئین‌های موجود در قدیمی‌ترین رده‌های باکتریایی تا پیچیده‌ترین اشکال حیات از 20° اسیدآمینه (دو اسیدآمینه سلنوسیستئین و پیرولیزین اخیراً به این مجموعه اضافه شده که می‌شود 22° اسیدآمینه) یکسان ساخته شده‌اند که با توالی‌های مشخص خطی به طریق کوولان به یکدیگر متصل می‌باشند. چیزی که بیش‌تر قابل ملاحظه می‌باشد این است که سلول‌ها می‌توانند با اتصال همین 20° اسیدآمینه با ترکیبات و توالی‌های بسیار متنوع، پروتئین‌هایی را تولید کنند. که ویژگی‌ها و

فعالیت‌های فوق‌العاده متنوعی دارند. موجودات مختلف می‌توانند با استفاده از این بلوک‌های ساختمانی **محصولات** بسیار متفاوتی، نظیر آنزیم‌ها، هورمون‌ها، آنتی‌بادی‌ها، انتقال‌دهنده‌ها، عضله، پروتئین عدسی چشم، پر، تار عنکبوت، شاخ کرگدن، پروتئین‌های شیر (کازئینوژن یک فسفوپروتئین است)، آنتی‌بیوتیک‌ها، سموم قارچی و تعداد زیادی از مواد دیگر با فعالیت‌های بیولوژیک متفاوت، را به وجود آورند. از میان این محصولات پروتئینی **آنزیم‌ها** تنوع بیش‌تری دارند و اختصاصی‌تر می‌باشند. درواقع تمامی واکنش‌های سلولی توسط آنزیم‌ها کاتالیز می‌گردند. انتقال یکی دیگر از اعمال **دینامیکی** مهم پروتئین‌ها می‌باشد مثال‌هایی که با جزئیات بیش‌تر در این کتاب بحث می‌شوند **هموگلوبین** و **میوگلوبین** هستند که اکسیژن را به ترتیب در خون و ماهیچه انتقال می‌دهند (میوگلوبین در فشار پایین اکسیژن نقش تحویل‌دهنده O_2 را برعهده دارد). **ترانسفرین** آهن را در خون انتقال می‌دهد از دیگر پروتئین‌هایی است که عمل‌شان انتقال است. بسیاری از داروها و ترکیبات سمی به صورت ترکیب شده با پروتئین‌ها منتقل می‌شوند پروتئین‌ها در مکانیسم‌های انقباضی نیز شرکت می‌کنند. **میوزین** و **اکتین** در انقباض ماهیچه و در تغییر شکل سلول فعالیت می‌نمایند. میوزین در فرایندهایی که انتقال پیام انقباض از الکتریکی به شیمیایی و شیمیایی به مکانیکی است. **کینزین‌ها** و **داینئین‌ها** نیز موتورهای مولکولی‌اند. کینزین‌ها از هیدرولیز ATP استفاده می‌کنند. اما داینئین‌ها براساس بار حرکت می‌کنند هرچه بار سنگین‌تر باشد انتقال پیام سریع‌تر است. **ایمونوگلوبین‌ها**، **اینترفرون** و **فیبرین** مثال‌هایی از پروتئین‌های با نقش حفاظتی هستند ایمونوگلوبولین‌ها و اینترفرون‌ها در برابر عفونت‌های ویروسی و باکتریایی نقش محافظت را بر عهده دارند و **فیبرین** در هنگام بروز جراحت، خونریزی از سیستم عروقی را متوقف می‌کند. از بین محصولات پروتئینی آنزیم‌ها تنوع بیش‌تری دارند و اختصاصی‌تر می‌باشند.

✓ انواع عملکرد پروتئین‌ها

۱. **انتقال‌دهنده:** هموگلوبین و میوگلوبین که اکسیژن را به ترتیب در خون و ماهیچه انتقال می‌دهند، میوگلوبین همچنین نقش ذخیره‌ی اکسیژن در عضلات را برعهده دارد. **ترانسفرین** آهن را در خون انتقال می‌دهد.
۲. **مکانیسم‌های انقباضی:** میوزین و اکتین در انقباض ماهیچه و در تغییر شکل سلول فعالیت می‌نمایند. میوزین در فرایندهایی که انتقال پیام انقباض از الکتریکی به شیمیایی و شیمیایی به مکانیکی است دخالت دارد. کینزین‌ها و داینئین‌ها نیز موتورهای مولکولی می‌باشند. کینزین‌ها از هیدرولیز ATP استفاده می‌کنند، اما داینئین‌ها براساس بار حرکت می‌کنند. هرچه بار بیش‌تر باشد انتقال پیام **سریع‌تر** است.
۳. **نقش حفاظتی:** ایمونوگلوبولین‌ها و اینترفرون‌ها در برابر عفونت‌های ویروسی و باکتریایی نقش حفاظتی را بر عهده دارند و فیبرین نیز در هنگام بروز جراحت، خونریزی از سیستم عروقی را متوقف می‌کند.
۴. **پروتئین‌های ساختاری:** مانند کلاژن و الاستین که ماتریکس استخوان و رباط را شکل داده و استحکام ساختاری و خاصیت کشسانی اندام‌ها و سیستم عروقی را فراهم می‌آورند. α -**کراتین** در مو و دیگر بافت‌های اپیدرمی وجود دارد.
۵. **هورمون‌ها:** از جنس پروتئین یا پپتید می‌باشند. بسیاری از هورمون‌های پلی‌پپتیدی، وزن مولکولی کمی دارند (کم‌تر از 5 KDa) پپتید نامیده می‌شوند. کم‌تر از 5° اسیدآمین پپتید و بالای 5° اسیدآمین پروتئین نام دارد.

هورمون‌های پروتئینی: انسولین، تیروتروپین، سوماتوتروپین (هورمون رشد)، پرولاکتین، LH و FSH

۱. **هورمون‌های پپتیدی:** شامل هورمون TRH، آدرنوکورتیکوتروپیک (ACTH)، هورمون آنتی‌دیورتیک (ADH)، اکسی-توسین، گلوکاگون و کلسی‌تونین می‌باشند.

قرارگیری دو اسیدآمین متفاوت کنار هم ایجاد دی‌پپتید و با یک اسیدآمین دیگر ایجاد تری‌پپتید می‌کند. این فرایند **پلیمریزاسیون** گفته می‌شود که همراه با خروج آب می‌باشد.



پروتئین‌های II

بسیاری از پروتئین‌ها مانند آنزیم‌های **ریبونوکلئاز** و **کیموتریپسین** تنها حاوی ریشه‌های اسیدآمینه‌ای هستند و در ساختمان آن‌ها گروه‌های شیمیایی دیگری وجود ندارد به این‌ها پروتئین‌های **ساده** گفته می‌شود.

هر چند تعدادی از پروتئین‌ها به طور دائمی علاوه بر ریشه‌های اسیدآمینه در ساختمان خود اجزا شیمیایی دیگری را نیز دارند به این مولکول‌ها پروتئین‌های **کونژوگه** می‌گویند. قسمت غیراسیدآمینه‌ای پروتئین کونژوگه اغلب **گروه پروستتیک** نامیده می‌شود.

پروتئین‌های کروی یا گلبولی متراکم بوده و شکل تقریباً بیضی یا کروی دارند و نسبت محوری آن‌ها از ۳ تجاوز نمی‌کند. برعکس، پروتئین‌ها رشته‌ای یا فیبری دارای یک ساختمان امتداد یافته بوده و نسبت محوری در آن‌ها ۱۰ یا بیش‌تر می‌باشد.

پروتئین‌های **فیبری** در **آب نامحلول** هستند و بیش‌تر نقش ساختمانی دارند. پروتئین‌های فیبری به دلیل داشتن تراکم بالایی از ریشه‌های **اسیدآمینه آبگریز** در داخل و در سطح خود، در آب نامحلول می‌باشند.

کراتین، کلاژن، الاستین و فیبروئین نمونه‌هایی از پروتئین‌های فیبری هستند. **فیبرینوژن** نیز یک پروتئین رشته‌ای، اما **محلول** می‌باشد.

پروتئین‌های مرکب		
گروه پروتئینی	جزء غیرپروتئینی	نمونه یا نکات
گلیکو پروتئین‌ها	اولیگوساکارید	کلاژن، گلبولین‌ها، برخی هورمون‌ها
پروتئوگلیکان‌ها	گلیکوزآمینوگلیکان	پروتئوگلیکان‌های کندروایتین سولفات، درماناتان سولفات
همو پروتئین‌ها	هم	هموگلوبین، میوگلوبین، سیتوکروم‌ها، پراکسیدازها (نظیر کاتالاز)
فلاوو پروتئین‌ها	نوکلتئیدهای فلاوینی	آمینو اسید اکسیداز، سوکسینات دهیدروناز
متالو پروتئین‌ها	فلز	کربنیک انیدراز، فریتین، کالمودولین
فسفو پروتئین‌ها	فسفات	سبب تغییر شکل فضایی و در نتیجه تغییر فعالیت می‌گردد مثل کازئینوژن شیر و ویتلین زرده تخم مرغ
در لیپوپروتئین‌ها و نوکلئوپروتئین‌ها، پروتئین‌ها اتصال محکم به‌جز غیرپروتئینی ندارند؛ لذا نمی‌توان آن‌ها را جزء پروتئین‌های مرکب قرار داد.		

پروتئین‌های II

برخی فعالیت‌های پروتئینی و مثال‌های مربوطه	
فعالیت	نمونه پروتئین
آنزیم	پسین، تریپسین، ریبونوکلئاز، DNA پلیمراز، گلیکوژن سنتاز، آمینوترانسفراز، دهیدروژناز
انعقادی	فیبرینوژن، پروترومبین، پلازمینوژن
ساختمانی	کلاژن، کراتین، الاستین، فیبرونکتین، لامینین
انقباضی	اکتین، میوزین، تروپونین، تروپومیوزین
ایمنی	انواع آنتی بادی‌ها، سیتوکین‌ها، پروتئین‌های سیستم کمپلمان
هورمونی	انسولین، گلوکاگون، پاراتورمون، هورمون محرک تیروئید، هورمون محرک فولیکولی
انتقالی	هموگلوبین، آلبومین، ترانسفرین، گلبولین اتصالی کورتیزول
ذخیره‌ای	میوگلوبین، فریتین، آلبومین، گلبولین اتصالی تیروکسین

کلاژن

کلاژن در بافت همبند تاندون‌ها- غضروف‌ها- ماتریکس آلی استخوان و قرنیه‌ی چشم وجود دارد. انواع I و II و III که کلاژن‌های اصلی به ترتیب استخوان، غضروف و پوست را تشکیل می‌دهند مهم‌ترند.

مارپیچ کلاژن کاملاً از مارپیچ α متفاوت است، **چپ گردان** بوده و در هر دور سه ریشه اسیدآمین دارد. این مولکول از سه زنجیره‌ی آلفای **چپ گردان** که به صورت مارپیچی **راست گردان** به نام **تروپوکلاژن** به هم پیچیده‌اند، تشکیل شده‌است. پیوندهای بین این سه رشته هیدروژنی و کووالانسی‌اند.

بیش‌ترین میزان اسیدآمین در ساختار **گلايسين** می‌باشد که مقادیر آن عبارت است از: گلايسين ۳۵٪- آلانين ۱۱٪- پرولين ۲۱٪ و ۴- هیدروکسی پرولين وجود دارد. محصول غذایی **ژلاتینی** مشتقی از کلاژن است و به عنوان یک پروتئین ارزش غذایی **پایینی** دارد زیرا از نظر اسیدهای آمینه‌ی ضروری مورد نیاز در رژیم غذایی فوق‌العاده **ضعیف** می‌باشد.

توالی اسیدآمین‌های کلاژن عموماً یک واحد تکراری تری پپتیدی به صورت Gly-x-y که در آن x اغلب pro و y اغلب ۴-hyp است. تنها Gly می‌تواند در اتصالات بسیار محکم بین زنجیره‌های α مجزا قرار گیرد.

افزایش سختی و خصوصیت شکننده‌ی بافت همبند مسن حاصل تجمع **اتصالات عرضی کووالان** در فیبریل‌های کلاژن می‌باشد. ایجاد اتصالات عرضی ناشی از عملکرد **آنزیم لایزیل اکسیداز** وابسته به Cu^{2+} است که ایجاد آلزیل می‌کند.

کلاژن **فاقد** پیوند هیدروژنی **درون زنجیره‌ای** (Inter chain) است و مارپیچ آن توسط پیوندهای **بین** زنجیری Intra chain پایدار می‌شود. در ساختمان کلاژن Trp اصلاً وجود ندارد.

نکته: هیدروکسی پرولين‌ها تنها در کلاژن‌ها هستند.

نکته: در کلاژن نوع I، مارپیچ سه‌تایی در بیش‌تر توالی امتداد دارد و تنها قطعات انتهایی کربوکسیل و آمینی (تحت عنوان تلوپپتید)، کونفرماسیون مارپیچ سه تایی را ندارند.

در شبکه آندوپلاسمی (ER) ابتدا **پره پروکلاژن** تولید می‌شود، بعد از ورود به کانال و جدا شدن پپتید راهنما **پروکلاژن** تولید می‌گردد. سپس پروکلاژن تحت اثر **پرولیل ۴-هیدروکسیلاز** و **لیزیل هیدروکسیلاز** قرار گرفته و دارای H.pro و H.Lys می‌شود. این آنزیم‌ها برای فعالیت خود نیازمند ویتامین C هستند و در کمبود ویتامین C دچار اختلال در فعالیت خود می‌شوند و **بیماری اسکوروی** را ایجاد می‌نمایند.

با استفاده از غلظت‌های مختلف
سولفات سدیم یا **آمونیم** پروتئین‌های
 پلاسمایی را می‌توان در سه گروه اصلی
 شامل: **فیبرینوزن**، **آلبومین** و **گلوبولین**
 قرار داد.

غلظت پروتئین موجود در پلاسما در تعیین انتشار مایع، بین خون و بافت‌ها اهمیت دارد. خیز یا اِدم به دلایل مختلفی ایجاد می‌گردد که یکی از آن‌ها **کمبود پروتئین** است:

در صورت کاهش قابل توجه پروتئین‌های پلاسمایی (مثلاً به دلیل سوء تغذیه پروتئین) مایع جذب گردش خون نشده و در فضای بافتی خارج عروقی تجمع می‌یابد که این حالت را **خیز** گویند.

پروتئین‌های پلاسما



پروتئین‌های پلاسمایی عموماً بر روی پلی ریبوزوم‌های متصل به غشاء سنتز می‌گردند:

بعد از سنتز و قبل از ورود به داخل پلاسما این پروتئین‌ها مسیر اصلی ترشحی را در داخل سلول (غشاء آندوپلاسمی خشن ← غشاء آندوپلاسمی صاف ← دستگاه گلژی ← ویکول‌های ترشحی) طی می‌کنند. بنابراین اکثر پروتئین‌های پلاسمایی به صورت **پری پروتئین** سنتز می‌شوند که در ابتدا دارای پپتیدهای نشانه در **انتهای آمینوی** خود هستند. در هنگام عبور از بخش‌های مختلف سلولی این پروتئین‌ها معمولاً در معرض تغییرات بعد از ترجمه‌ی مختلفی (پروتئولیز - گلیکوزیلاسیون - فسفوریلاسیون و...) قرار می‌گیرند.



اکثر پروتئین‌های پلاسمایی به جزء آلبومین از انواع گلیکوپروتئین‌ها هستند.

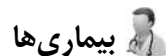
گلیکوپروتئین‌ها ممکن است از انواع حاوی زنجیره‌های اولیگوساکاریدی با اتصال N یا O و یا هر دو باشند. برداشت ریشه‌های **اسید سیالیک** انتهایی از پروتئین‌های پلاسمایی (برای مثال سرولوپلاسمین) از طریق مجاورت با **نورآمینیداز** می‌تواند به میزان قابل توجهی نیمه عمر آن‌ها را در پلاسما کاهش دهد.



تغییرات پروتئین‌ها در طی فاز حاد

1. **پروتئین‌های فاز حاد مثبت:** در طی التهاب مقادیر آن‌ها افزایش می‌یابد مانند α_1 -آنتی تریپسین (مهار کننده سرین پروتئاز)، **سرولوپلاسمین**، **CRP** (در حملات قلبی هم زیاد می‌شود)، **هپتوگلوبولین**، α_1 -آنتی کیموتریپسین، **اوروسوموکوئید**، **فیبرینوژن** و پروتئین‌های سیستم کمپلمان مثل C_3 و C_4 که خاصیت **اپسونین** نیز دارند.
2. **پروتئین‌های فاز حاد منفی:** در طی التهاب مقادیر آن‌ها کاهش می‌یابد مانند: **پره‌آلبومین**، **آلبومین**، **ترانسفرین**.

باند های پروتئینی پس از الکتروفورز در pH=8.6	
پروتئین	باند
آلبومین	Alb
α_1 -آنتی تریپسین، α_1 -آنتی کیموتریپسین، α_1 -اسید گلیکوپروتئین، α_1 -لیپوپروتئین، CBG (ترانسکورین)	α_1
α_2 -ماکروگلوبولین، سرولوپلاسمین، پروتومبین، هپتوگلوبولین، TBG (گلوبین اتصالی به هورمون‌های تیروئیدی)	α_2
ترانسفرین، هموپکسین، β -لیپوپروتئین، β_2 -میکروگلوبولین، فیبرینوژن، پلاسمینوژن	β
ایمونوگلوبولین‌ها، CRP	γ



بیماری‌ها

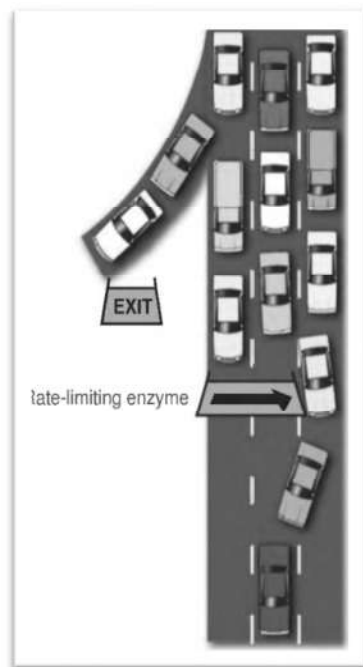
یک پاسخ آنی که به علت استرس یا **التهاب** ناشی از عفونت جراحی یا ترومای جراحی ایجاد می‌شود و در طی آن مقادیر هپتوگلوبولین‌ها در باند حرکتی α_2 به طور انتخابی **افزایش** می‌یابد **پاسخ تاخیری** که در الگوی C نشان داده شده در اثر عفونت ایجاد می‌شود و در این حالت **افزایش پیک γ گلوبولین** ناشی از افزایش ایمنوگلوبولین‌ها مشاهده می‌گردد.



هیپوگاموگلوبولینمی به علت مصرف داروهای سرکوب‌کننده‌ی سیستم ایمنی یا بیماری سرکوب‌کننده‌ی سیستم ایمنی ایجاد می‌شود.

مقدمه‌ای بر فصل آنزیم‌شناسی

آنزیم‌ها پروتئین‌هایی با عملکرد اختصاصی هستند که واکنش‌های بیولوژیکی را کاتالیز می‌کنند. آنزیم‌ها کاتالیست‌های کارآمدی نه فقط برای افزایش سرعت تبدیل سوبسترا به محصول بلکه برای تشخیص ساختمان شیمیایی اختصاصی از سایر ساختمان‌های مشابه برای تولید یک محصول اختصاصی می‌باشد. آن‌ها سرعت واکنش شیمیایی را به میزان زیادی افزایش داده و در محلول‌های آبی، تحت شرایط ملایم دما و pH عمل می‌کنند. البته تمامی آنزیم‌ها پروتئینی نیستند آنزیم‌هایی نیز وجود دارند که از RNA برای عمل کاتالیتیکی خود بهره می‌گیرند. این دسته از آنزیم‌ها را ریبوزیم می‌گویند. از طرفی آنزیم‌های ساختگی به نام آیزیم نیز وجود دارند که با تولید آنتی‌بادی علیه مواد شیمیایی که آنالوگ‌های حالت انتقالی‌اند ساخته شده‌اند. مطالعه‌ی آنزیم‌ها اهمیت کاربردی بسیار زیادی دارد. در بعضی از بیماری‌ها، بخصوص ناهنجاری‌های ژنتیکی وراثتی ممکن است کمبود یا عدم وجود کامل یک یا چند آنزیم وجود داشته باشد. سایر وضعیت‌های دیگر بیماری ممکن است ناشی از افزایش فعالیت یک آنزیم باشد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها در پلاسمای خون، گلبول‌های قرمز، یا نمونه‌های بافتی در تشخیص برخی از بیماری‌ها اهمیت دارد.



شکلی که مشاهده می‌کنید نشان‌دهنده‌ی جریان رو به پایین سوبسترا در مسیر متابولیکی مشابه حرکت ماشین‌ها به سمت پایین یک بزرگراه می‌باشد. آنزیم محدودکننده‌ی سرعت بخشی از این بزرگراه می‌باشد که توسط موانعی باریک شده است. این تنها بخشی از بزرگراه است که ماشین‌ها برای رسیدن به مقصد نهایی خود باید طی کنند لذا سرعت محدود می‌شود. ماشین‌ها

قبل از رسیدن به موانع توقف می‌کنند (مشابه افزایش غلظت پیش‌سازها هنگامی که آنزیم محدودکننده سرعت، مهار می‌باشد). بعضی از ماشین‌ها ممکن است برای خروج از این بزرگراه مسیر دیگری را در پیش بگیرند (مشابه ورود پیش‌سازها به مسیرهای متابولیکی دیگر). حرکت دادن این موانع فقط به میزان اندکی برای باز شدن بزرگراه مشابه فعال کردن آنزیم محدودکننده سرعت می‌باشد و این افزایش جریان در کل مسیر صورت می‌گیرد.

آنزیم‌ها پروتئین‌های **تخصص عمل یافته‌ای** هستند که واکنش‌های بیولوژیکی را کاتالیز می‌کنند. آنزیم‌ها کاتالیست‌های کارآمدی نه فقط برای **افزایش سرعت** تبدیل سوبسترا به محصول بلکه برای **تشخیص ساختمان شیمیایی اختصاصی** از سایر ساختمان‌های مشابه برای تولید یک **محصول اختصاصی** می‌باشد. البته تمامی آنزیم‌ها پروتئینی نیستند آنزیم‌هایی هم نیز وجود دارند که از **RNA** برای عمل کاتالیتیکی خود بهره می‌گیرند. این دسته از آنزیم‌ها را **ریبوزیم** می‌گویند. از **ریبوزیم‌های مهم** می‌توان به **اینترن‌های گروه RNAse P، II** که عمل برش tRNA در سمت 3' را برعهده دارد، **23sRNA** و **28sRNA** که عمل پپتیدیل ترانسفراز را انجام می‌دهند، اشاره کرد. از طرفی آنزیم‌های ساختگی به نام **آنزیم** نیز وجود دارند که با تولید آنتی بادی برعلیه مواد شیمیایی که **آنالوگ‌های حالت انتقالی** اند ساخته شده‌اند.

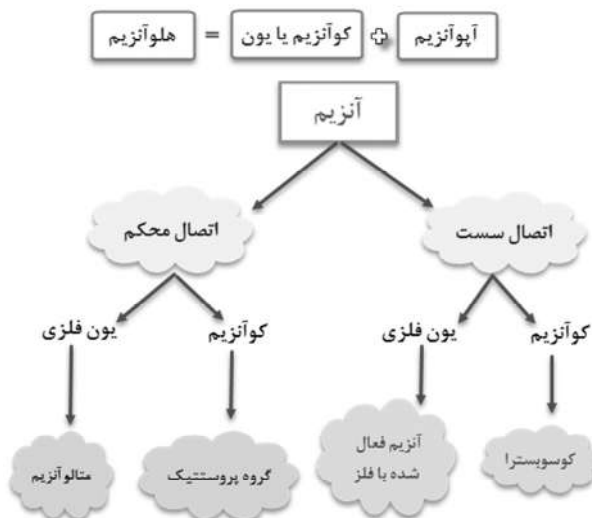
هرگاه یک آنزیم **دنا‌توره** شده و یا به **زیرواحدهای خود تجزیه** شود، فعالیت کاتالیتیکی آن به‌طور معمول از بین می‌رود و وقتی یک آنزیم به ترکیبات **اسیدهای آمینه خود تجزیه** شود، قطعاً فعالیت کاتالیتیکی آن از بین خواهد رفت.



یک آنزیم دارای فعالیت کاتالیتیکی به همراه **کوآنزیم** و یا **یون‌های فلزی** متصل به آن را **هولوآنزیم** می‌گویند، قسمت **پروتئینی** چنین آنزیمی را **آپوآنزیم** یا آپروپروتئین می‌گویند. لذا هولوآنزیم را بر این اساس به دو قسمت تقسیم می‌کنیم هولوآنزیم‌هایی که گروه وابسته به آن‌ها (یون یا کوآنزیم) **اتصال سست** دارند و آن‌هایی که **اتصال محکم** به آنزیم دارند.

✓ اتصال سست به آنزیم

اگر گروه اتصال یافته **کوآنزیم** باشد به آن **کوسوبسترا** می‌گویند، این کوآنزیم در طی واکنش وارد می‌شود و پس از تغییر کردن از واکنش خارج می‌شود مانند **NAD** و اگر گروه اتصال یافته **یون** باشد به آن **کوفاکتور** و به آنزیم نیز **آنزیم فعال شده با فلز** می‌گویند.



شکل ۹-۱؛ طبقه‌بندی انواع اتصالات آنزیمی

✓ اتصال محکم به آنزیم

اگر گروه اتصال یافته کوآنزیم و یون باشد به آن گروه پروستتیک می‌گویند این گروه جزئی از آنزیم می‌باشد و در طی واکنش شیمیایی تغییر کرده و سپس به حالت اولیه‌ی خود برمی‌گردد ولی در طی واکنش از آنزیم خارج نمی‌شود مانند گروه FAD. و اگر گروه اتصال یافته به آنزیم یون باشد به آن آنزیم، متالوآنزیم گفته می‌شود.

کوآنزیم‌های ویتامینی				
کوآنزیم	علامت	ویتامین	نوع اتصال	نقش متابولیکی
تیامین پیروفسفات	TPP	B_1	پروستتیک	انتقال قطعات چند کربنه حاوی گروه کربونیل
فلاوین منونوکلئوتید	FMN	B_2	پروستتیک	واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، شرکت در انتقال یک و دو الکترون
فلاوین آدنین دی‌نوکلئوتید	FAD	B_2	پروستتیک	واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، شرکت در انتقال یک و دو الکترون
نیکوتینامید آدنین دی‌نوکلئوتید	NAD^+	B_3	کوسوبسترا	در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا و شرکت در انتقال دو الکترون
نیکوتینامید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات	$NADP^+$	B_3	کوسوبسترا	در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا و شرکت در انتقال دو الکترون
کوآنزیم A	CoA	B_5	کوسوبسترا	انتقال گروه‌های آسیل
پروتئین حامل آسیل	ACP	B_5	پروستتیک	نگهداری آسیل چرب در حال رشد
پیریدوکسال فسفات	PLP	B_6	پروستتیک	انتقال گروه آمینو در واکنش ترانسفرازی، دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه، کندانسیون
بیوتین	-	H	پروستتیک	کربوکسیلاسیون وابسته به ATP و یا انتقال گروه کربوکسیل بر روی اسیدهای آمینه (بجزء گلوتامات) و ترکیبات دیگر.
تتراهیدروفولات	THF	B_9	کوسوبسترا	انتقال گروه‌های تک استخلافی یک کربنه به ویژه فرمیل و گروه‌های هیدروکسی متیل و فراهم کردن گروه متیل برای تیمین در DNA
آدنوزیل کوبالامین	Adenosyl- B_{12}	B_{12}	پروستتیک	نوآرایی درون مولکولی
متیل کوبالامین	Methyl- B_{12}	B_{12}	پروستتیک	انتقال گروه‌های متیل
آسکوربات	-	C	کوسوبسترا	انتقال الکترون
رتینال	-	A	کوسوبسترا	شرکت در روند بینایی به فرم ۱۱ سیس رتینالدئید
ویتامین K	-	K	پروستتیک	کربوکسیلاسیون بعضی از ریشه‌های گلوتامات

کوآنزیم‌های متابولیتی			
کوآنزیم	علامت	نوع اتصال	نقش متابولیکی
S-آدنوزیل متیونین	SAM	کوسوبسترا	انتقال گروه متیل
۳-فسفوآدنوزین-۵-فسفوسولفات	PAPS	کوسوبسترا	انتقال گروه فسفات
نوکلئوزید تری‌فسفات‌ها	NTPs	کوسوبسترا	انتقال گروه‌های فسفریل یا نوکلئوزیل
قندهای UDP-	-	کوسوبسترا	انتقال گروه‌های قندی در متابولیسم قندها
الکل‌های CDP-	-		انتقال گروه‌های الکلی در سنتز فسفولیپیدها

کوآنزیم‌های متابولیتی			
کوآنزیم	علامت	نوع اتصال	نقش متابولیکی
یوبی کینون	Q	کوسوبسترا	انتقال الکترون در زنجیره‌ی تنفسی
لیپوآمید	-	پروستتیک	انتقال گروه‌های آسیل در طی واکنش‌های دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو
تتراهیدروبیوپترین	-	کوسوبسترا	انتقال الکترون در طی متابولیسم برخی اسیدهای آمینه
گلوتاتیون	GSH	کوسوبسترا	واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء

کوآنزیم‌های پروتئینی		
کوآنزیم	بخش فعال	نقش متابولیکی
سیتوکروم‌ها	گروه هم	انتقال الکترون
مراکز آهن-سولفور	اتم‌های آهن و سولفور	انتقال الکترون
تیرودوکسین	گروه‌های سولفیدریل	سنتز داکسی ریبونوکلئوتیدها
گلوتاردوکسین	گروه‌های سولفیدریل	سنتز داکسی ریبونوکلئوتیدها
۴-فسفوپانتوتنوتین	گروه سولفیدریل	حمل زنجیره‌ی آسیل در حال رشد

ایزوانزیم‌ها



۱۴۹

اشکال ساختمانی متفاوت یک پروتئین هستند که یک واکنش خاص را کاتالیز می‌نمایند. ایزوانزیم‌ها محصول ژن‌های متفاوتی هستند، درجات متفاوتی از یکسانی توالی را نیز دارند و خصوصیات کینتیکی آن‌ها از یکدیگر متفاوت می‌باشد. دو ایزوزیم برای لاکتات دهیدروژناز، یکی شکل قلبی (H) و دیگری شکل عضلانی (M)، وجود دارد توالی اسیدهای آمینه‌ای آن‌ها قدری متفاوت است و می‌تواند پنج ساختمان ترماری متفاوت را به وجود آورند. که در آنزیم‌شناسی بالینی بحث می‌شوند.

انواع کلاس‌های آنزیمی و ویژگی هریک



✓ کلاس I: اکسیدوردوکتازها

این کلاس واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء را کاتالیز می‌کنند و تحت عنوان اکسیدوردوکتازها شناخته می‌شوند. اکسیداسیون به معنی از دست دادن الکترون و احیاء به معنی دریافت الکترون است. دهیدروژنازها معمولا در جهت اکسیداسیون نامگذاری می‌شوند. مانند نامگذاری لاکتات دهیدروژناز

اکسیژن مولکولی O_2 به عنوان پذیرنده‌ی الکترون در انواع مختلفی از واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء برگشت پذیر نقش دارد. منواکسیژنازها قرارگیری یک گروه هیدروکسیل در داخل سوبسترا را کاتالیز می‌کند و اتم دیگر اکسیژن را به آب تبدیل می‌کند. اما دی‌اکسیژنازها هر دو اتم O_2 را در داخل یک سوبسترا قرار می‌دهند مانند سیتوکروم‌های P450



منابع

۱. بیوشیمی لنینجر، ترجمه؛ پاسالار، پروین، انتشارات اندیشه رفیع
۲. بیوشیمی بالینی دولین، ترجمه؛ پروین پاسالار، جلد دوم، انتشارات اندیشه رفیع
۳. بیوشیمی بالینی دولین، ترجمه؛ محمدی، رضا، جلد اول، انتشارات آییز
۴. بیوشیمی هارپر، ترجمه؛ پاسالار، پروین، انتشارات خسروی
۵. ضروریات بیوشیمی، مؤلف؛ محمدی، رضا، انتشارات آییز
۶. بیوشیمی پزشکی مارکس با دیدگاه بالینی، مؤلف؛ مارکس، آلن، انتشارات Wolters Kluwer
۷. بیوشیمی گرت ویرایش ۶ام، مؤلف؛ رگینالد، گرت، انتشارات Cengage Learning, Brooks Cole
۸. بیوشیمی انسان و بیماری‌های آن، مؤلف؛ لیتواک، جرالده، انتشارات Academic Press
۹. سوالات کارشناسی ارشد و دکتری وزارت بهداشت
۱۰. پرسش و پاسخ بیوشیمی (عمومی، پزشکی، بالینی)، مؤلف؛ ام‌ان چترجی، ترجمه؛ دوستی، محمود-نگهدار، ماریا، انتشارات آییز
۱۱. بیوشیمی بالینی، مؤلف؛ امیر رسولی، هوشنگ، انتشارات حیدری

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۱) گروه تألیفی دکتر خلیلی

باکتری‌شناسی



شیمی عمومی الی



پوشیمی



سلولی مولکولی



ژنتیک



IQ3
Iran Question Bank



کتاب جامع
دکتر خلیلی



الگوریتم
میانبر

کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۲) گروه تألیفی دکتر خلیلی

باکتری‌شناسی



سلولی مولکولی



خون‌شناسی



پوشیمی



ایمنی‌شناسی



IQ3
Iran Question Bank



بازودی

کتاب جامع
دکتر خلیلی



الگوریتم
میانبر

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۳) گروه تألیفی دکتر خلیلی

ویروس‌شناسی

سلولی مولکولی

قارچ‌شناسی

باکتری‌شناسی

انگل‌شناسی

ایمنی‌شناسی

بیوشیمی



مجموعه کتاب‌های زبان انگلیسی گروه تألیفی دکتر خلیلی



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

بانک سوالات

جمع‌آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به‌صورت فصل‌بندی شده

سوالات تألیفی

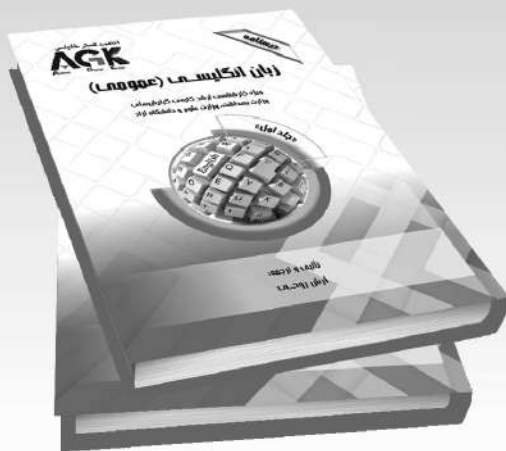
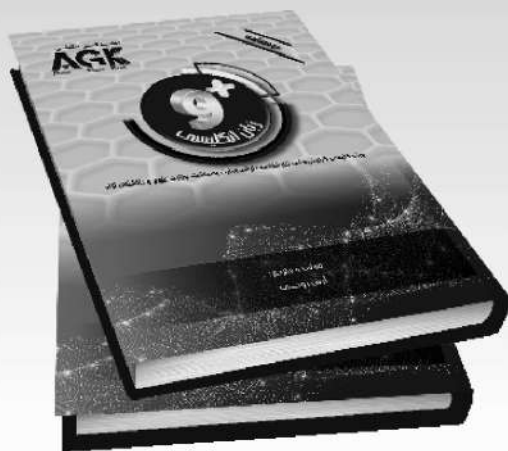
تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به‌صورت رایگان



www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

نماینده	شماره تماس	نماینده	شماره تماس
اراک (آقای حسینی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	سیزوار (آقای شریفان)	۰۹۱۰۱۷۱۱۸۷۲
اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	شاهرود (آقای سلمانی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱
ارومیه (آقای آرمیون)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	شهرکرد (خانم تقی‌پور)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹
اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	شیراز (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲
اصفهان (آقای کیانی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	فسا (خانم شعبانی)	۰۹۱۹۳۷۱۳۷۴۲
اهواز (آقای دکتر رضازاده)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹
ایلام (آقای دکتر بوچانی)	۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷
بروجرد (آقای احمدی‌صدر)	۰۹۱۹۶۸۵۳۱۱۶	کرمان (خانم ضمانتی‌یار)	۰۹۱۳۱۹۸۱۲۷۰
بم (خانم سرحدی‌نژاد)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۹	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸
بیرجند (آقای دکتر بهروان)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	کوهدشت (خانم یاریان)	۰۹۱۹۵۳۷۱۸۹۰
تبریز (خانم عاصمی‌زاده)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	گرگان (آقای شاه‌علی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷
جهرم (آقای یاعلی جهرمی)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹
جیرفت (خانم دکتر محمدی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۰	مشهد (خانم دکتر شجاعی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴
خرم‌آباد (خانم میر)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹
رشت (خانم تنها)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۳	نیشابور (آقای موسوی)	۰۹۱۹۶۳۵۰۷۶۸
رفسنجان (آقای یوسفی)	۰۹۱۹۶۸۲۹۲۸۰	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴
زاهدان (آقای مهمان‌دوست)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۵	همدان (آقای سوری)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵
زنجان (خانم دکتر هوشیار)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	یاسوج (آقای مرتضوی)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۴
ساری (آقای دکتر اکبری)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	یزد (خانم آزاد)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳

بانک کتاب ناهید



«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»

✓ جامع‌ترین بانک کتاب

✓ تحویل روزانه

✓ ارسال به تمامی نقاط کشور

✓ سفارش کتاب به‌صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،

ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتاب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹