

الحمد لله

دعای مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُورِ الْفَهْمِ
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَانْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُومِكَ
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم
پروردگارا، بکشای بر ما دهی رحمت را و بکستران 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.



الگوریتم بیوشیمی

ویژه رشته‌های:

بیوشیمی، ایمنی‌شناسی، علوم تغذیه، ژنتیک، خون‌شناسی، باکتری‌شناسی،
ویروس‌شناسی، فیزیولوژی، سم‌شناسی، نانو تکنولوژی، بیوتکنولوژی،
علوم آزمایشگاهی، علوم پایه پزشکی، دندان پزشکی، داروسازی،
بیوتکنولوژی دارویی، نانوفناوری دارویی، داروسازی هسته‌ای، ...

مؤلفین:

علی شریعتی

آرمین ناظمی‌زاده

«رتبه دوم بیوشیمی بالینی وزارت بهداشت و رتبه اول بیوشیمی بالینی وزارت علوم»

سرشناسه	: شریعتی، علی، ۱۳۶۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: AGK الگوریتم بیوشیمی ویژه‌ی رشته‌های: بیوشیمی، ایمنی‌شناسی ... / مولفین علی شریعتی، آرمین ناظمی‌زاده.
مشخصات نشر	: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	: ۲۳۰ ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-622-8348-14-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: زیست‌شیمی -- راهنمای آموزشی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی) (Biochemistry -- Study and teaching -- Examinations, questions, etc (Higher دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران -- آزمون‌ها Universities and colleges -- Graduate Record Examination -- Iran -- Examinations
شناسه افزوده	: ناظمی‌زاده، آرمین، ۱۳۷۳ -
رده‌بندی کنگره	: QD۴۱۵ :
رده‌بندی دیویی	: ۵۷۲/۰۷۶ :
شماره کتابشناسی	: ۹۵۴۳۳۷۱ :



انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام کتاب: AGK الگوریتم بیوشیمی

مؤلفین: علی شریعتی . آرمین ناظمی‌زاده

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

بهاء: ۵۶۰۰۰۰ 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

آموزگار مهربانی

مادرم

تجلی وفا

همسرم

طلیحه سخن مؤلف:

با نام و یاد خدا آغاز می‌کنیم دفتر دیگری از دفترهای علم زیبای بیوشیمی را پیش روی شما. مخاطبان عزیز و گرامی، اثر پیش روی شما ویراست دوم از کتاب میانبر بیوشیمی بوده که برای مرور سریع و کامل داوطلبان آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری می‌باشد که درس بیوشیمی در آن آزمون مورد پرسش قرار می‌گیرد لازم به اذعان است برای خود پدیدآورده اثر نیز استقبال فراوانی که از ویراست اول این کتاب توسط جامعه دانشگاهی شد قابل باور نبود و ما را بر آن داشت تا نواقص مربوط به ویراست اول که توسط خوانندگان گرامی به اینجانب گوشزد شده بود در کتاب اعمال گردد تا ویراست دوم کتاب با متن پخته‌تری خدمت شما عزیزان ارائه گردد تا مسیر موفقیت خود را با اطمینان خاطر بیش‌تری طی کنید.

هیچ پروژه‌ای بدون یک مدیریت دلسوزانه به سرانجام نمی‌رسد همین‌جا بر خود لازم می‌دانم از زحمات و راهنمایی‌های استاد فرزانه جناب آقای دکتر احمد خلیلی تشکر و قدردانی نمایم مسئولین محترم انتشارات وزین آناهید گستر خلیلی من جمله سرکار خانم رفیعی، جناب آقای شرقی در امر تألیف این کتاب نهایت همکاری را با اینجانب داشته و از خداوند متعال توفیق روزافزون این عزیزان را خواستارم، این اثر نیز مانند سایر آثار بشری خالی از ایراد نبوده البته مؤلف تمام سعی خود را بر آن داشته تا کتاب عاری از هرگونه غلط باشد با این‌حال مؤلف و انتشارات مشتاقانه منتظر نقدهای صمیمانه شما اساتید، همکاران و دانشجویان عزیز می‌باشد که مخاطبان اصلی این کتاب هستند تا در چاپ‌ها و ویراست‌های بعدی این تغییرات اعمال شده و کتاب پخته‌تری را به شما مخاطبین عرضه نمایم.

با آرزوی موفقیت

علی شریعتی

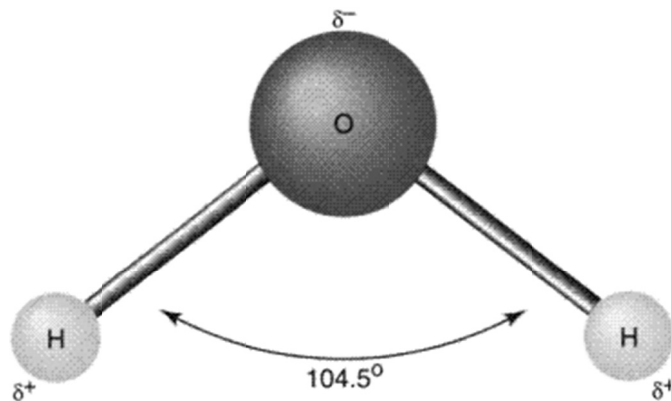
Alishariati66@gmail.com

۷	فصل اول: آب و pH
۱۲	فصل دوم: اسیدآمین‌ها
۱۹	فصل سوم: پروتئین‌ها
۴۱	فصل چهارم: آنزیم
۵۸	فصل پنجم: کربوهیدرات‌ها
۷۱	فصل ششم: لیپیدها
۸۲	فصل هفتم: غشاء بیولوژیک
۹۳	فصل هشتم: نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک
۱۰۷	فصل نهم: ویتامین‌ها
۱۲۱	فصل دهم: مقدمه‌ای بر متابولیسم و فسفریلاسیون اکسیداتیو
۱۲۹	فصل یازدهم: متابولیسم کربوهیدرات‌ها
۱۴۸	فصل دوازدهم: متابولیسم لیپیدها
۱۷۷	فصل سیزدهم: متابولیسم اسیدهای آمینه
۱۹۸	فصل چهاردهم: متابولیسم هم
۲۰۳	فصل پانزدهم: متابولیسم نوکلئوتیدها
۲۰۹	فصل شانزدهم: هورمون‌ها

آب و pH

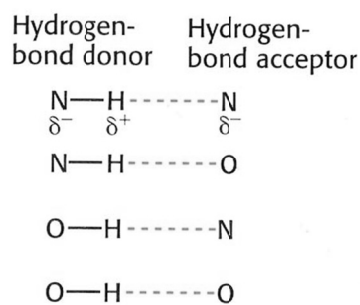
آب ماده‌ی اصلی تشکیل دهنده‌ی حیات بوده و به دلیل خواص مولکولی بی‌همتای آن محیطی فراهم شده که حیات به‌گونه‌ای که امروز می‌شناسیم در آن شکل گرفته و جریان دارد.

خواص ویژه آب ناشی از ساختار مولکول آب می‌باشد که متشکل از دو اتم هیدروژن بوده که با پیوند کوالان به یک اتم اکسیژن متصل شده است. ۱- زاویه بین دو اتم هیدروژن در مولکول آب ۱۰۴.۵ درجه بوده (کمی از میزان نرمال 109° درجه از خود انحراف نشان می‌دهد).



۲- الکترونگاتیویته اتم اکسیژن بیش‌تر از اتم‌های هیدروژن بوده و همین خاصیت به مولکول آب خاصیت قطبی می‌دهد. (با توجه به شکل بالا بار نسبی منفی روی اتم اکسیژن و بار قسبی مثبت بر روی اتم‌های هیدروژن)

۳- خاصیت قطبی مولکول آب منجر به ایجاد پیوندهای هیدروژن بین مولکول‌های آب شده



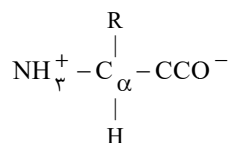
۴- پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب خواص ویژه‌ای به آن داده هم‌چون افزایش دمای جوش- خاصیت حل‌کنندگی قوی- کشش سطحی بالا و...

اسید آمینه

اسیدهای آمینه واحدهای تشکیل دهنده پروتئین‌ها بوده ولی این تنها نقش اسیدهای آمینه نبوده آن‌ها همچنین در متابولیسم نوکلئوتیدهای پورینی- پیریمیدینی، هم و اووه نیز نقش دارند.

- **ساختمان اسیدهای آمینه:** تمامی انواع اسیدهای آمینه دارای یک بخش مشترک حاصل از یک کربن مرکزی (کربن α)، یک گروه کربوکسیل و یک گروه آمین می‌باشند.

تفاوت میان اسیدهای آمینه مربوط به ظرفیت چهارم این کربن بوده که اصطلاحاً به آن زنجیره جانبی یا R می‌گویند.



نکته ۱: با توجه به شکل بالا کربن α با ۴ گروه متفاوت پیوند دارد که این کربن را به کربن نامتقارن تبدیل می‌کند پس اسیدهای آمینه از خود فعالیت نوری نشان می‌دهند. (به جز: گلیسین که در آن گروه R یک H بوده بنابراین C_α کایرال نیست)

نکته ۲: ترکیبات کایرال به صورت دوایزومر D و L می‌باشند که در طبیعت نوع L اسیدهای آمینه رایج بوده (براساس جهت‌گیری گروه آمین که چپ (L) یا در طرف راست (D) باشد (زنجیره جانبی در این وضعیت به سمت پایین است))

نکته ۳: اسیدهای آمینه ترئونین و ایزولوسین دارای ۲ مرکز نامتقارن و ۴ ایزومر می‌باشند.

نکته ۴: تعداد ایزومرها برابر با 2^n می‌باشد که n در آن تعداد کربن کایرال است.

طبقه‌بندی اسیدهای آمینه:

۱- اسیدهای آمینه $\left\{ \begin{array}{l} \text{— ضروری} \leftarrow \text{بدن قادر به سنتز آن‌ها نبوده و از لحاظ تغذیه‌ای ضروری هستند.} \\ \text{— نیمه ضروری} \leftarrow \text{بدن قادر به سنتز آن‌ها می‌باشد اما به مقدار کم} \\ \text{— غیر ضروری} \leftarrow \text{بدن قادر به سنتز آن‌ها بوده و از لحاظ تغذیه‌ای غیرضروری هستند.} \end{array} \right.$

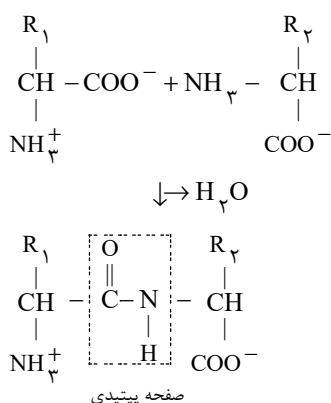
اسید آمینه‌های ضروری	اسید آمینه‌های غیرضروری
اسید آمینه‌های غیر قابل سنتز در بدن	اسید آمینه‌های قابل سنتز در بدن
شاخه‌دارها	Val Leu Ile
قلیایی‌ها	Arg نیمه ضروری Lys His
آروماتیک‌ها	Phe Trp
گوگردی	Met
الکلی	Thr
	دیگر اسید آمینه‌ها

پروقتیں ہا

پروتئین‌ها یکی از مهم‌ترین انواع ماکرومولکول‌ها می‌باشند که از به هم پیوستن واحدهای اسیدآمینه از طریق پیوند پپتیدی ساخته می‌شوند.

– ییوند یتیدی

حاصل اتصال گروه کربوکسیک یک اسید آمینه بر گروه آمین اسید آمینه دیگر می باشد که همراه با آزادسازی یک مولکول آب می باشد. (واکنش سنتز آب دهی)



نکته ۱: این پیوند خاصیت پیوند دو گانه نسبی دارد (حد واسط پیوند یگانه و دو گانه)

نکته ۲: این خاصیت دو گانه نسبی، چرخش آزاد حول این پیوند را غیر ممکن می کند.

نکته ۳: اتم‌های شرکت‌کننده در پیوند پیتیدی یک صفحه می‌سازند که به واسطه‌ی کربن‌های آلفا به یکدیگر متصل می‌باشد.

نکته ۴: در یک زنجیره پلی پیتیدی چرخش آزاد حول پیوندهای یگانه رخ می دهد.

این پیوندها $\left. \begin{array}{l} \text{بین کربن } \alpha \text{ و گروه کربوکسیل} \leftarrow \text{زاویه } \psi \text{ (سای)} \\ \text{بین کربن } \alpha \text{ و گروه آمین} \leftarrow \text{زاویه } \phi \text{ (فی)} \end{array} \right\}$

نکته ۵: چرخش حول این زوایا بوده که باعث چرخش زنجیره پپتیدی و تا شدن پروتئین به ساختار بومی خود می باشد.

نکته ۶: یک پروتئین برای انجام وظایف فیزیولوژیک خود باید یک ساختمان بی‌همتا را اتخاذ کند.

نکته ۷: دو اسید آمینه که به واسطه‌ی پیوند پپتیدی کنار هم قرار می‌گیرند یک دی پپتید را می‌سازند و سه اسید آمینه کنار هم یک تری پپتید را می‌سازند.

نکته ۸: البگو بیتد به تر کباتی، گویند که حاوی ۱۰-۲۰ اسیدآمنه باشند.

نکته ۹: پلی، بیتید به ترکیبات حاوی ۵۰-۱۰ اسید آمینه می گویند.

نکته ۱۰: پروتئین‌ها ترکیباتی هستند که حاوی بیش از ۵۰ اسید آمینه می‌باشند و وزن مولکولی آن‌ها بیش از ۵KD می‌باشد.

نکتہ ۱۱: وزن ہر اسید آمینہ حدود ۱۱۰ دالتون می باشد۔

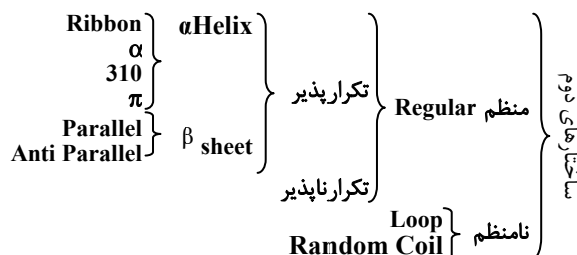
نکته ۱۲: در هر پیتید به تعداد $n-1$ پیوند پیتیدی داریم که در آن n برابر با تعداد اسید آمینه می باشد.

نکته ۱۳: پیوند پیتیدی در ناحیه ۲۱۰-۱۸۰ دارای جذب نور UV می باشد.

نکته ۱۴: مونولین یک پلی پپتید شیرین کننده و آسپار تام یک دی پپتید شیرین کننده است.

- سطوح ساختمانی پروتئین

- ۱- ساختمان اول ← این ساختمان پیوندهای کوالان در پروتئین را مورد بررسی قرار می‌دهد. (ترتیب اسیدهای آمینه که با پیوند پپتیدی (بیشترین اهمیت) به هم متصل شده‌اند و موقعیت پیوندهای دی سولفیدی (اهمیت به میزان کم‌تر))
- ۲- ساختمان دوم ← حاصل تاخوردگی‌های موضعی زنجیره‌ی پلی‌پپتیدی بوده در نواحی که کلیه زوایای ϕ با هم و کلیه زوایای ψ با هم برابر هستند.
- نکته ۱: دو نوع ساختمان دوم منظم (مارپیچ α و صفحات β) و نامنظم (قوس‌ها و حلقه‌ها) داریم که ساختمان‌های نامنظم معمولاً برای اتصال قطعاتی از ساختمان دوم منظم کنار هم قرار می‌گیرند (دو رشته β که با یک قوس به هم متصل می‌شوند)
- نکته: پیوند موثر در ساختمان دوم، پیوند هیدروژنی می‌باشد.



نکته ۲: اولین ساختار دوم منظمی که شناسایی شد مارپیچ α می‌باشد:

اسید آمینه‌های شرکت کننده در مارپیچ α با تمایل بالا	اسید آمینه شرکت کننده در مارپیچ α با تمایل پایین
Glu > Ala > Met	Gly - Pro

در جدول ذیل مشخصات مارپیچ‌های آلفای مختلف را مشاهده می‌فرمایید:

$\alpha(3/613)$ or α helix
- واحد تکراری ۱ چرخش مارپیچ است - طول ← $514 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) - زوایای $\psi = 50^\circ$ تا $\phi = -45^\circ$ - تعداد اسید آمینه در هر پیچ مارپیچ ← $3/6$ - راست گرد (جهت چرخش مارپیچ) - بسیاری از پروتئین‌هایی که در طول غشای زیستی قرار دارند مارپیچ α دارند - پیوند هیدروژنی بین اتم هیدروژن متصل به اتم نیتروژن الکترون‌گاتیو اسید آمینه n با گروه کربوکسیل الکترون‌گاتیو اسید آمینه چهارم (n و ۳+) - هر پیوند پپتیدی (به استثناء انواع موجود در نزدیکی هر انتهای مارپیچ) در ایجاد پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند (۳ رزیدو اول و آخر) - هر پیچ متوالی مارپیچ توسط ۳ تا ۴ پیوند هیدروژنی در مجاورت پیچ‌های دیگر قرار می‌گیرد - می‌تواند پلی‌پپتیدهایی با نوع D یا L اسید آمینه تشکیل شود هرچند تمامی ریشه‌ها باید از یک سری ایزومر فضایی باشند، اسید آمینه L تولید α helix راست‌گرد پایدار می‌کند (L-Ala) - Gly و پرولین برهم زننده مارپیچ α است - مارپیچ چپ گرد در پروتئین طبیعی وجود ندارد ← اسید آمینه D تولید α helix چپ گرد پایدار می‌کند (D-Ala) - پیوند هیدروژنی به موازات محور α helix است. - $3/6: 3/136$ ← تعداد رزیدو در هر پیچ، ۱۳ ← تعداد اتم‌ها در هر لوپ پیوند هیدروژنی - در تشکیل پیوند هیدروژنی گروه جانبی R وارد واکنش نمی‌شوند و برای کاهش ممانعت فضایی به سمت بیرون مارپیچ قرار دارند - از ۴ تا ۵۰ اسید آمینه تشکیل می‌شود و به طور نرمال ۱۲ اسید آمینه دارد - سطوحی که دو مارپیچ α در کنار هم و با یک مارپیچ آلفا درون دو لایه لیپیدی و یا در کنار یک ساختار دوم دیگر قرار می‌گیرد از اسید آمینه‌های هیدروفوب تشکیل می‌شود. - اسید آمینه‌های با زنجیره بزرگ نظیر ایزولوسین و زنجیره باردار نظیر آرژنین و لیزین برهم زننده α هلیکس می‌باشد. - Glu در pH پایین که بار آن خنثی می‌شود تمایل زیادی به قرار گیری در α-هلیکس دارد. - از آن جا که پیوندهای متصل به کربن α اسید آمینه موجب تشکیل این نوع مارپیچ می‌شوند این مارپیچ را مارپیچ α می‌نامند - پایدارترین ساختمان فضایی موجود در یک زنجیره پلی‌پپتیدی است - پایداری مارپیچ α ناشی از پیوندهای هیدروژنی بین اسید آمینه اول و چهارم زنجیره پلی‌پپتیدی است - مثال: کراتین ← در تیغ جوجه تیغی، پر ناخن، کلاژن ← پروتئین‌های رشته‌ای - در فریتین حدود ۷۵٪ از ریشه‌های اسید آمینه در مارپیچ α قرار دارد

برای ادامه حیات و تولید مثل، جانداران نیاز به انجام واکنش‌هایی دارند که در شرایط pH و قدرت یونی داخل بدن بسیاری از این واکنش‌ها با سرعت بسیار پایینی رخ می‌دهد و جانداران برای مقابله با این مسئله از پروتئین‌هایی به نام آنزیم بهره می‌برند تا سرعت انجام این واکنش‌ها با سرعت حیات سازگار شود.

آنزیم: پروتئینی بوده که از طریق اتصال محکم به حالت گذار و به موجب آن کاهش انرژی فعال‌سازی سبب تسريع واکنش‌های زیستی می‌شود. آنزیم‌ها به‌صورت کاملاً اختصاصی عمل می‌کنند و تنها بر روی ایزومرهای L یا D عمل می‌کنند و تنها مورد استثناء آنزیم‌های راسماز می‌باشد.

– واژه‌شناسی

در زیر تعاریفی را برایتان آوردیم که خیلی از سوء تفاهم‌ها را حل کرده!!

- ۱- آپوآنزیم: قسمت پروتئینی یک آنزیم را گویند. (آپوآنزیم + کوفاکتور = هالوآنزیم)
- ۲- کوآنزیم: قسمت غیرپروتئینی یک آنزیم را گویند که در کاتالیز و اتصال سوبسترا قسمت پروتئینی آنزیم (آپوآنزیم) را یاری می‌کند.
- ۳- هالو آنزیم: همان آنزیم کامل بوده ترکیبی از قسمت پروتئینی و غیرپروتئینی آنزیم
- ۴- ایزوآنزیم: آنزیم‌های دارای عملکرد یکسان اما متفاوت از لحاظ توزیع بافتی/ شیوه تنظیم/ خصوصیات کینتیکی/ ساختمانی/ ژنومی/ حرکت الکتروفورتیک
- ۵- آبی‌زیم: آنتی‌بادی دارای فعالیت کاتالیتیک را گویند (آنتی‌بادی‌ها بر علیه حالت گذار تولید می‌شوند)
- ۶- ریبوزیم: RNA دارای فعالیت کاتالیتیک را گویند. (ریبوزوم‌ها یادتان هست)
- ۷- متالوآنزیم: آنزیمی که گروه پروستتیک آن یک یون فلزی است.
- ۸- پروآنزیم: آنزیم پیشساز (زیموژن) که به‌صورت غیرفعال بوده و برای فعال شدن باید برخی از پیوندهای پپتیدی در آن شکسته شود و برای این کار نیازی به ATP نمی‌باشد. غیرقابل برگشت بوده و تنها یک بار در طول عمر یک آنزیم رخ می‌دهد.

pH ایزوالکتریک متفاوت دارند.

منشاء ژنی متفاوت

خصوصیات تنظیمی متفاوت

Km متفاوت (خصوصیات کاتالیتیک متفاوت)

توزیع بافتی متفاوت (بعضی ایزوزیم‌ها در بعضی بافت‌ها فراوان بوده)

خصوصیات فیزیکی متفاوت (شکل/ بارالکتریکی/ pH مناسب برای فعالیت ...)

سوبسترا و فرآورده یکسان دارند.

توجه: در ایزوزیم‌ها

نمودار انرژی در مقابل تغییر واکنش: برای بررسی فعالیت یک آنزیم خاص از نموداری بهره می‌برند که در ذیل آمده است:

نکته ۱: حد واسط را با حالت انتقالی یا گذار اشتباه نگیرید.

نکته ۲: در یک واکنش چندمرحله‌ای انرژی اکتیواسیون اصلی مربوط به انرژی گیرترین مرحله می‌باشد.

نکته ۳: برای بدست آوردن انرژی اکتیواسیون کل از جمع کردن انرژی اکتیواسیون مراحل مختلف بهره‌ی‌زید.

آنزیم

نکته: در متالوآنزیم‌ها اتصال با فلز یک اتصال سخت است و بین آنزیم و فلز یک اتصال مستقیم وجود دارد (E-M-S) مانند کربنیک انیدراز.

نکته: آنزیم‌های فعال شونده با فلز برای عملکرد وابسته به فلز هستند ولی اتصال محکم با فلز ندارند مانند آنزیم‌های کیناز.

* NADH و NADPH در طول موج ۳۴۰ نانومتر نور مرئی را جذب می‌کنند ولی NAD^+ و $NADP^+$ این قابلیت را ندارند از این موضوع برای سنجش فعالیت آنزیمی می‌توان استفاده کرد.

- طبقه‌بندی آنزیم‌ها

در جدول ذیل تقسیم‌بندی بین‌المللی آنزیم‌ها را آورده‌ایم به همراه مکانیسم عمل هر گروه و چند مثال که خیلی مورد توجه طراحان محترم می‌باشد:

۱	اکسید و ردوکتاز	شرکت در واکنش اکسیداسیون- احیاء همراه با انتقال الکترون، هیدروژن، یون هیدرید H^-	اکسیدازها، پراکسیدازها، اکسیژنازها، دهیدروژنازها، ردوکتاز
۲	ترانسفراز	شرکت در واکنش‌های انتقال گروه: یک کربنه/ آسیل، فسفریل (کیناز) / گلیکوزیل	آسیل ترانسفراز/ متیل ترانسفراز/ گلیکوزیل ترانسفراز/ کینازها/ ترانس آمینازها/ ترانس کتولاز/ فسفوموتاز، تیولاز
۳	هیدرولاز	شرکت در واکنش هیدرولازی (با افزودن آب) و شکستن پیوندهای: استری/ اتری/ پپتیدی/ گلیکوزیدی/ اسید انیدرید	گلیکوزیدازها/ پروتئازها/ لیپازها/ فسفاتازها/ تیواسترازها/ آمیدازها/ د آمینازها/ رسینتازها
۴	لیاز	شرکت در شکست پیوندهای C-S/C-C/C-O/C-N همراه با ایجاد پیوند دوگانه	دهیدراتاز/ دکربوکسیلاز/ سنتازها/ آلدولاز/ کتولازها/ فوماراز/ انولاز
۵	ایزومراز	با انتقال گروه بصورت درون مولکولی دو ایزومریک ترکیب را به هم تبدیل کرده	اپی‌مرازها/ موتازها/ اسمازها/ اکسیدورِدوکتاز درون مولکولی/ Cis- trans ایزومرازها
۶	لیگاز	شرکت در تشکیل پیوند بین دو ترکیب که همراه با هیدرولیز ATP یا ترکیبات پر انرژی مشابه	سنتازها/ کربوکسیلازها/ تیوکینازها

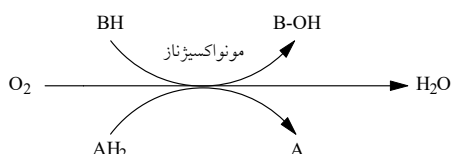
* آنزیم‌های سنتتاز برای فعالیت خود نیاز به انرژی دارند و در گروه لیگازها دسته‌بندی می‌شوند در حالی که سنتازها مربوط به گروه چهار یعنی لیازها می‌باشند.

* موتازها جزء دسته ایزومرازها می‌باشند به جز فسفوموتاز که جزء ترانسفرازها می‌باشد.

* کربوکسیلاز از دسته لیگازها و دکربوکسیلازها از دسته لیازها هستند.

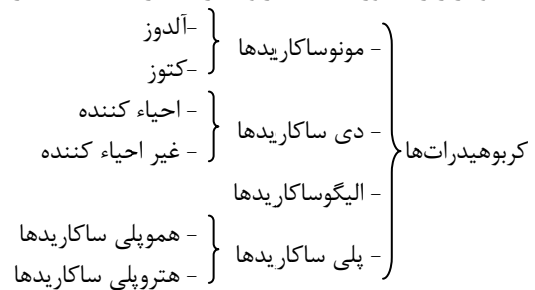
نکته: در جدول زیر سعی شده نگاهی کوتاه به خانواده اول آنزیمی (اکسیدورِدوکتازها) داشته باشیم.

گروه	فعالیت بیولوژیکی
اکسیدازها (دهیدروژناز هوازی)	- از اکسیژن به عنوان گیرنده الکترون استفاده می‌کنند. - اغلب متالوفلاوپروتئین هستند $BH_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow B + H_2O$ $BH_2 + O_2 \rightarrow B + H_2O_2$
دهیدروژنازها (بی هوازی)	- اکسیداسیون یک ماده را با احیاء ماده دیگر انجام می‌دهند $BH_2 + B' \rightarrow B + B'H_2$ - کوآنزیم NAD^+ , $NADP^+$ یا فلاوینی
هیدروپراکسیدازها	- احیاء پراکسیدها را انجام داده - Vite یا گلوکاتیون دهنده الکترون می‌باشند. - بخش فعال آن‌ها گروه پروستتیک پروتوهم می‌باشد
اکسیژنازها	- مستقیماً اکسیژن را درون سوبسترا قرار داده دی اکسیژناز $A + O_2 \rightarrow AO_2$ دی اکسیژناز: $A + O_2 \rightarrow AO_2$
سوپراکسید دیسموتاز	T میزان سوپراکسید را احیا می‌کنند ($\dot{O}_2$) $O_2^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$



کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌ها آلدئیدها و کتوزهای پلی هیدروکسی بوده که از ۳ تا ۷ اتم کربن تشکیل شده‌اند و دارای نقش‌های ساختمانی و ذخیره‌ای می‌باشند. نمودار زیر به‌طور خلاصه کربوهیدرات‌ها را طبقه‌بندی کرده است:

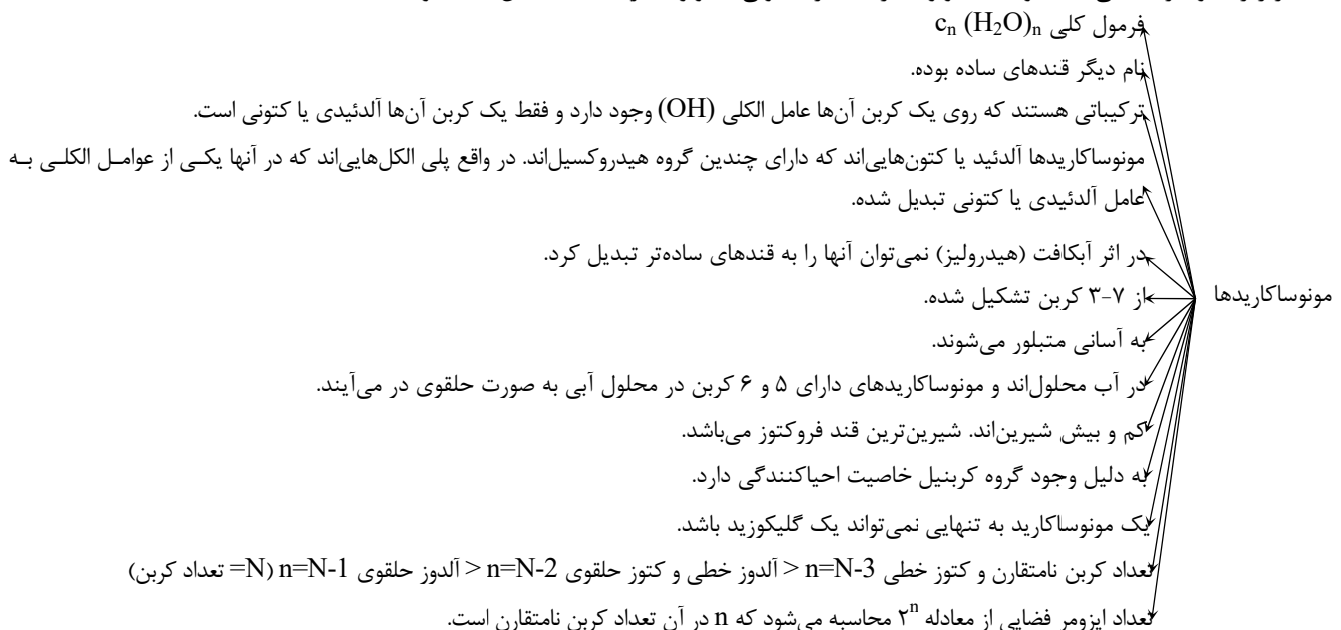


نکته ۳۸: فعالیت کربوهیدرات‌ها:

۱. منبع انرژی (گلوکز)
۲. حفظ و انتقال اطلاعات ژنتیکی (ریبوز)
۳. ساختمانی (سلولز)
۴. اختصاصی (آنتی ژن ABO)

- مونوساکاریدها

در زیر علاوه بر آشنایی با خصوصیات مونوساکاریدها در جداولی با مونوساکاریدهای شاخص آشنا خواهید شد:



کربوهیدرات‌ها

نکته: فراوان‌ترین مونوساکارید در طبیعت قند ۶ کربنه D- گلوکز می‌باشد که گاهی دکستروز نیز نامیده می‌شود.

تقسیم‌بندی مونوساکاریدها بر اساس تعداد کربن و گروه‌های فعال		
آلدوز (دارای عامل آلدیدی)	کتوز (دارای عامل کتونی)	
تریوز 3C	گلیسرآلدئید	دی هیدروکسی استون
تتروز 4C	اریتروز - تریوز	(نام آلدوز + لوز) اریترولوز
پنتوز 5C	آرابینوز - ریبوز - گزیلوز - لیگزوز	ریبولوز - گزیلوز (نام آلدوز + لوز)
هگزوز 6C	گلوکز - مانوز - گالاکتوز - تالوز - ایدوز - گولوز - آلتروز - آللوز	فروکتوز - سوربوز - تاگاتوز - پسیکوز
هپتوز 7C	-	سدوهپتولوز

توجه: گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز سه هگزوز مهم از نظر بیولوژیکی‌اند.

دو جدول پایین پنتوزها و هگزوزهای شاخص را طبقه‌بندی می‌کند.

پنتوزهای مهم

قند	محل وجود	اهمیت بیوشیمیایی	اهمیت بالینی
D- ریبوز	اسیدهای نوکلئیک	عناصر ساختمانی اسیدهای نوکلئیک و کوآنزیم‌ها مثل NAD، ATP، NADP و فلاوپروتئین‌ها، ریبوزهای فسفات	
D- ریبولوز	در فرآیندهای متابولیک ساخته می‌شود.	ریبولوز فسفات یکی از واسطه‌های مسیر پنتوز فسفات است.	
D- آرابینوز	صمغ عربی، صمغ آلو و گیلای	جزء سازنده گلیکوپروتئین‌ها	
D- گزیلوز	پروتئوگلیکان‌ها (گلیکوز آمینوگلیکان‌ها)	جزء سازنده گلیکوپروتئین‌ها	
D- لیگزوز	عضله قلبی	ماده سازنده لیکوفلاوین از عضله قلبی جدا می‌شود.	
L- گزیلوز	واسطه مسیر	اسید اورونیک	در پنتوزوری اولیه در ادرار وجود دارد.

هگزوزهای مهم

قند	منبع	اهمیت بیوشیمیایی	اهمیت بالینی
- گلوکز	آب میوه‌ها، شکر، مالتوز، لاکتوز و نشاسته	قند بدن، قند اصلی مورد استفاده در بافت‌ها	در بیماران دیابتی بدلیل هیپرگلیسمی در ادرار دیده می‌شود.
- فروکتوز	آب میوه‌ها، عسل، شکر و اینولین	در کبد به گلوکز تبدیل می‌شود.	عدم تحمل ارثی فروکتوز باعث تجمع فروکتوز و هیپوگلیسمی می‌شود.
- گالاکتوز	هیدرولیز لاکتوز	در کبد به گلوکز تبدیل می‌شود. برای ساخت لاکتوز شیر در پستان ساخته می‌شود. جزئی از گلیکولیپیدها و گلیکوپروتئین‌هاست.	
- مانوز	هیدرولیز ترنجنین و صمغ‌ها	جزء سازنده بسیاری از گلیکوپروتئین‌ها	

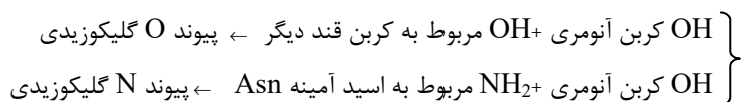
- دی‌ساکاریدها

دی‌ساکاریدها را می‌توان جزو الیگوساکاریدها نیز طبقه‌بندی کرد:

(۱) از اتصال ۲ مونوساکارید به یکدیگر از طریق پیوند O- گلیکوزیدی حاصل می‌شوند.

(۲) OH کربن آنومر مونوساکاریدها قدرت اتصال به عوامل الکلی (آنومری یا غیر آنومری) مونوساکاریدهای دیگر را دارد. به این ترتیب یک مونوساکارید به یک مونوساکارید دیگر متصل می‌شود و حاصل واکنش تولید یک استال یا کتال است این پیوند به اسید حساس و به قلیا مقاوم است.

(۳) عامل اتصال یک قند به قندی دیگر ← OH کربن آنومر است.

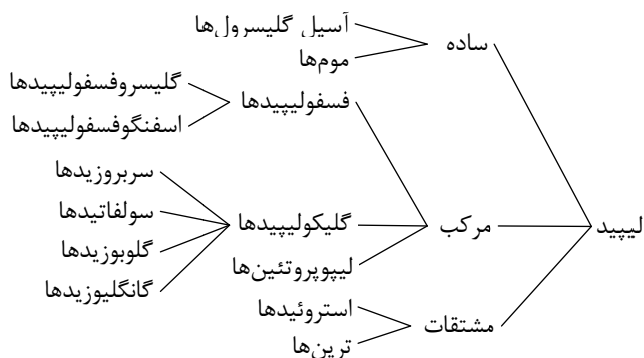


نکته: مونوساکاریدها به تنهایی نمی‌توانند یک گلیکوزید باشند.

لیپیدها

لیپیدها دسته‌ای از ترکیبات بوده که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مشابهی دارند به طور مثال تمامی لیپیدها در حلال‌های آلی مانند اتر و کلروفرم محلول می‌باشد و در حلال‌های قطبی مانند آب نامحلول می‌باشند.

– طبقه‌بندی لیپیدها

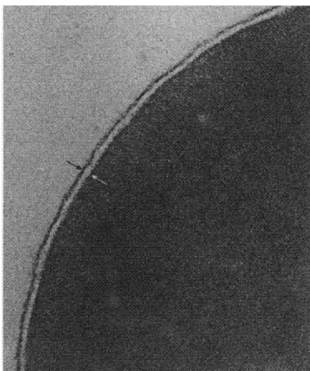


– اسیدهای چرب و شیوه نام‌گذاری آن‌ها

اسیدهای چرب ترکیبات هیدروکربنی دوگانه دوستی بوده که متشکل از یک سرکربوکسیل به همراه یک دم بلند هیدروکربنی می‌باشد که در pH فیزیولوژیک گروه کربوکسیل اسیدهای چرب آزاد یونیزه بوده و خاصیت اسیدی دارد. جدول زیر اسیدهای چرب اشباع رایج را برایتان لیست کرده است:

نام اسید چرب	نام علمی	نام سیستماتیک
اسید بوتیریک	۴ : ۰	اسید بوتانوئیک
اسید کاپروئیک	۶ : ۰	اسید هگزانوئیک
اسید کاپریلیک	۸ : ۰	اسید اکتانوئیک
اسید کاپریک	۱۰ : ۰	اسید دکانوئیک
اسید لوریک	۱۲ : ۰	اسید دو دکانوئیک
اسید میرستیک	۱۴ : ۰	اسید تترا دکانوئیک
اسید پالمیتیک	۱۶ : ۰	اسید هگزادکانوئیک
اسید استئاریک	۱۸ : ۰	اسید اکتادکانوئیک
اسید آراشیدیک	۲۰ : ۰	اسیدایکوزانوئیک
اسید بهنیک	۲۲ : ۰	اسیددوکازانوئیک
اسید لیگنوسریک	۲۴ : ۰	اسیدتتراکوزانوئیک

غشاء بیولوژیک



غشاء زیستی به عنوان سدی برای بخش‌بندی سلول‌ها عمل می‌کند. غشاء نه تنها محدوده مربوط به سلول‌ها را از هم متمایز می‌کند بلکه محیط داخلی سلول نیز توسط غشاء داخل سلولی به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود.

- ساختمان غشاء

غشاء زیستی در زیر میکروسکوپ به صورت سه لایه دیده می‌شود که متشکل از دو لایه خارجی و داخلی تیره (بخش قطبی در تماس با محیط آبی) و یک محیط شفاف میانی (بخش آب‌گریز) می‌باشد.

ترکیبات شیمیایی غشا:

لیپید	۵۰٪ گلیسروفسفولیپید ← مهم‌ترین جزء تشکیل دهنده دو لایه لیپیدی غشا
	۲۵٪ اسفنگو فسفو لیپید ← این دسته فسفولیپیدها به جای الکل گلیسرول، الکل اسفنگوزین دارند.
	۲۵٪ کلسترول غیر استریفیه (آزاد) ← مهم‌ترین استروئید غشا / متشکل از ۴ حلقه سیکلو پنتانو فنانترن / مولکولی آب گریز و فشرده
پروتئین	-
کربوهیدرات	کربوهیدرات‌ها به صورت آزاد در غشا وجود ندارد / ۱۰٪ وزن خشک غشا به شکل متصل به protein ها در گلیکوپروتئین‌ها با پیوند کووالانسی ۹۳٪ به شکل متصل به Lipid ها در گلیکو لیپیدها با پیوند کووالانسی ۷٪ متصل به پروتئوگلیکان‌های بنیادی غشا

نکته ۱: غلاف میلین دارای کم‌ترین میزان پروتئین (۲۰٪) و بیش‌ترین میزان لیپید (۷۵٪) می‌باشند.

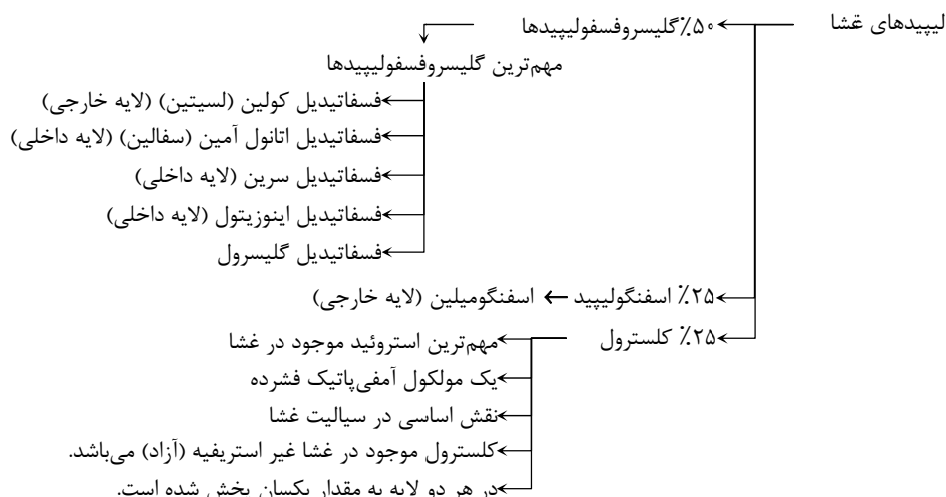
نکته ۲: غشاء داخل میتوکندری دارای کم‌ترین میزان لیپید (۲۳٪) و بیش‌ترین میزان پروتئین (۷۵٪) می‌باشند.

نکته ۳: بیش‌ترین میزان کربوهیدرات را در غشاء گلبول قرمز داریم.

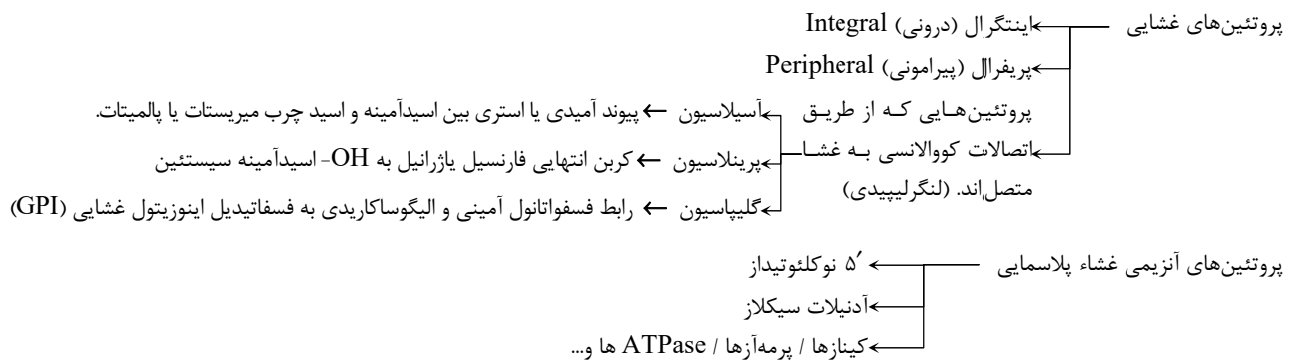
- در زیر به ترتیب سه جزء اصلی غشاء را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

۱- لیپیدهای غشاء

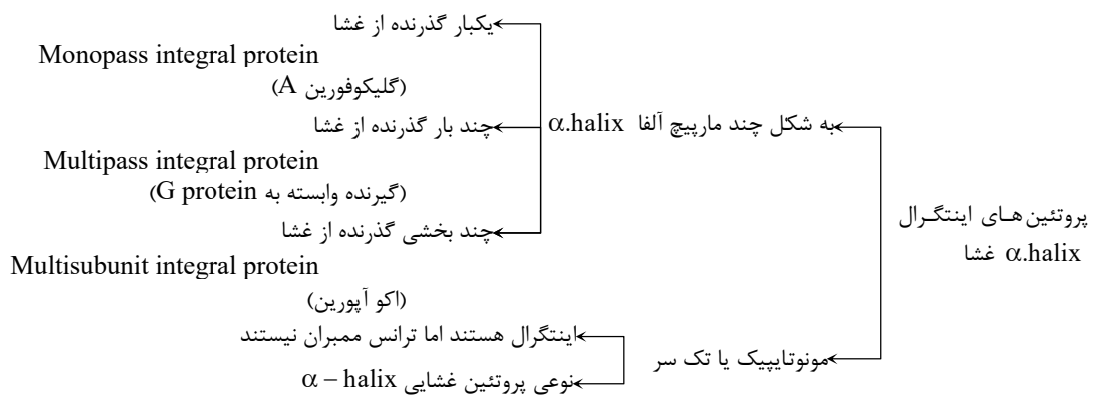
در زیر لیپیدهای عمده تشکیل دهنده غشاء را نام برده‌ایم و برای مشاهده فرمول شیمیایی این ترکیبات به فصل قبل رجوع کنید.



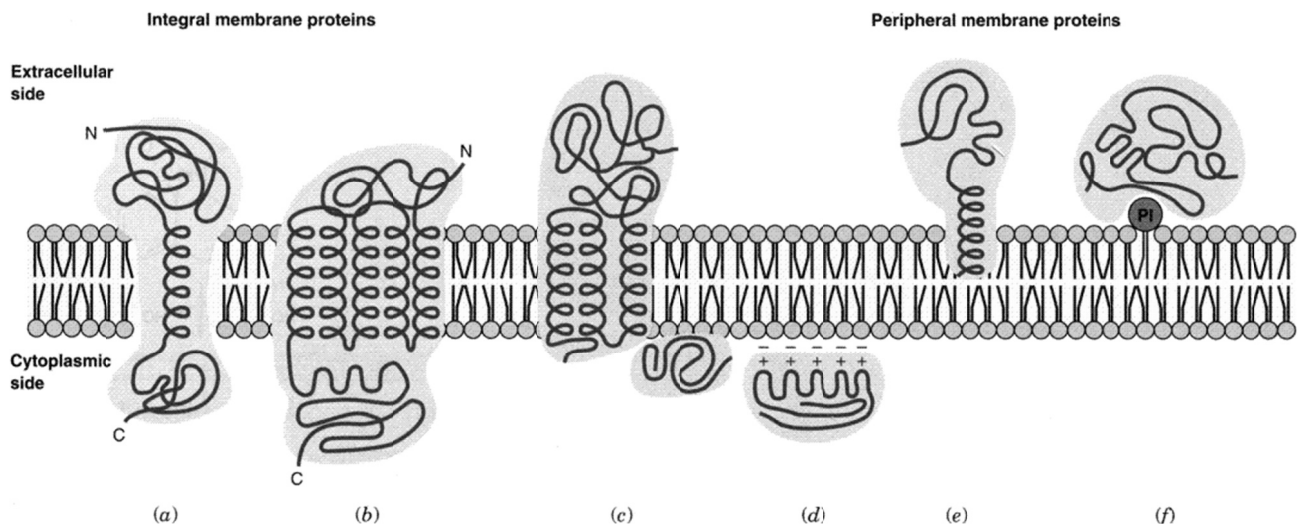
۲- پروتئین‌های غشاء



برخی از پروتئین‌های ترانس ممبران غشا دارای ساختمان α .helix اند که عبارتند از:



در این شکل نحوه قرارگیری پروتئین‌های غشایی را مشاهده می‌فرمایید:



۳- کربوهیدرات‌های غشاء

کربوهیدرات‌ها به شکل آزاد درون غشاء حضور ندارند بلکه به صورت کمپلکس با لیپیدها (گلیکولیپیدها) و پروتئین‌ها (گلیکوپروتئین‌ها) در غشاء حضور دارند.

نکته ۱: حضور کربوهیدرات‌ها تنها در بخش خارج سلولی غشاء زیستی می‌باشد. (به غشاء خاصیت نامتقارنی می‌دهد)

نکته ۲: کربوهیدرات‌ها می‌توانند به عنوان شناسه سلول عمل کنند و در ارتباط سلول با سایر سلول‌ها، آنتی‌بادی‌ها، ویروس‌ها نقش دارند.

نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک

اسیدهای نوکلئیک (DNA , RNA) ماکرومولکول‌های اصلی سلولی برای ذخیره و انتقال اطلاعات می‌باشند. پروتئین‌ها در حفظ، تنظیم بیان و نگهداری اطلاعات زیستی اسیدهای نوکلئیک را یاری می‌کنند. اسیدهای نوکلئیک ماکرومولکول‌هایی متشکل از اتصال واحدهای مونومری یا همان نوکلئوتیدها می‌باشند که از طریق پیوندهای فسفودی استری به هم متصل می‌باشند.

– ساختمان نوکلئوتیدها

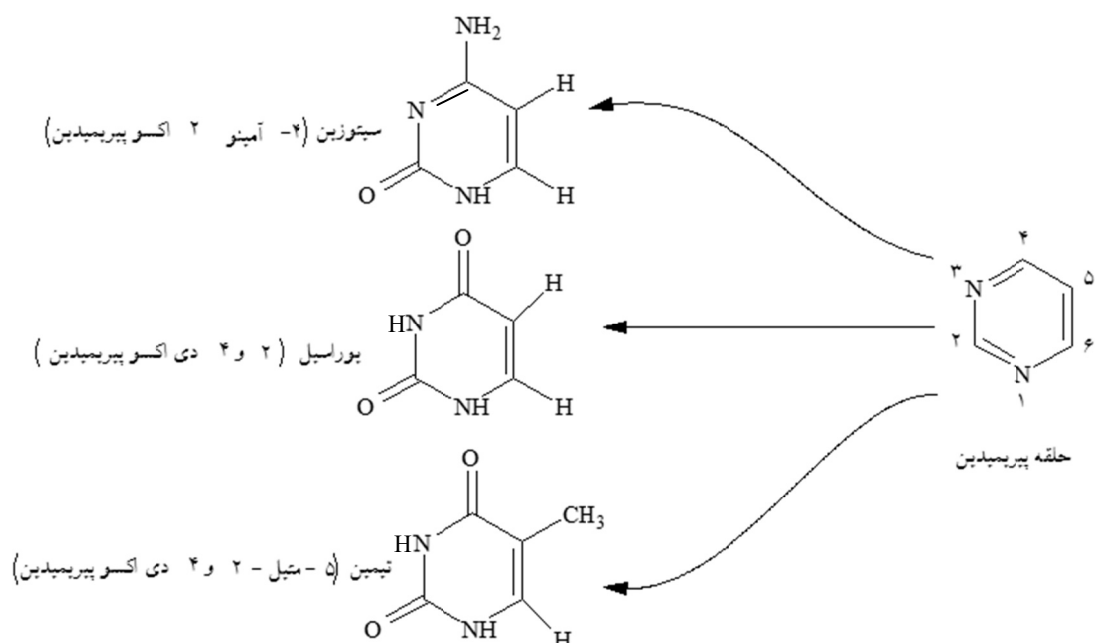
بازآلی + قندپنتوز = نوکلئوزید

نوکلئوزید + استر فسفات = نوکلئوتید

در زیر سعی می‌کنیم تک تک عوامل تشکی دهنده یک نوکلئوتید را بررسی کنیم:

۱- بازهای آلی

بازهای آلی عامل اصلی تنوع در اسیدهای نوکلئیک می‌باشند. این بازها از حلقه نیتروژن دار پورین و پیریمیدین مشتق شده‌اند. در زیر شما را با آن‌ها آشنا می‌کنیم:



ویتامین‌ها

ویتامین‌ها ترکیبات آلی هستند که دارای دو ویژگی بارز می‌باشد: ۱- بدن قادر به سنتز از نو آن‌ها نبوده و ۲- به مقدار بسیار اندک برای سلامتی ضروری هستند.

- انواع ویتامین‌ها

ویتامین‌ها $\left\{ \begin{array}{l} \text{محلول در آب} \leftarrow \text{ویتامین‌های گروه B + ویتامین C} \\ \text{محلول در چربی} \leftarrow \text{ویتامین‌های DE KA (دکا)} \end{array} \right.$

نکته ۱: ویتامین‌های محلول در آب $\left\{ \begin{array}{l} \text{معمولاً دارای حامل پلاسمایی نیستند (به جز ویتامین B}_{12}\text{)} \\ \text{معمولاً در بدن ذخیره نمی‌شوند (به جزء ویتامین B}_{12}\text{)} \\ \text{کمبود آن‌ها (هیپو ویتامینوز) بیماری ایجاد می‌کند نه مازاد آن‌ها} \\ \text{مازاد آن‌ها (هیپر ویتامینوز) به راحتی از طریق کلیه‌ها دفع می‌شود.} \end{array} \right.$

نکته ۲: ویتامین‌های محلول در چربی $\left\{ \begin{array}{l} \text{دارای حامل پلاسمایی بوده} \\ \text{در بدن دارای محلی برای ذخیره می‌باشند.} \\ \text{هم کمبود و هم مازاد آن‌ها منجر به بروز بیماری می‌شود.} \\ \text{به دلیل غیرمحلول بودن در محیط آبی مازاد آن‌ها از کلیه‌ها دفع نمی‌شود.} \end{array} \right.$

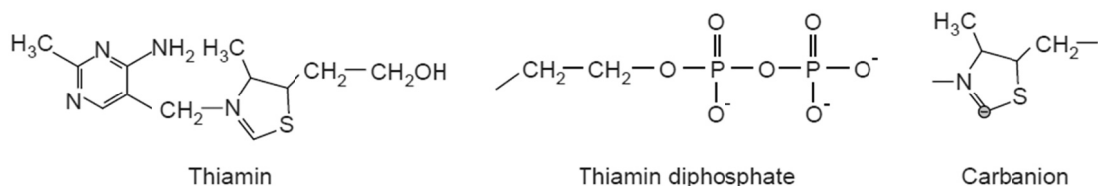
- ویتامین‌های محلول در آب

۱- ویتامین‌های B₁ یا تیامین

A- عمومی:

۱- ساختمان $\leftarrow$ حلقه پیریمیدین + حلقه تiazول + گروه PPi (از ATP توسط پیروفسفات ترانسفراز در بافت‌های کبد و مغز تولید می‌گردد).

۲- شکل فعال $\leftarrow$ تیامین دی‌فسفات (TPP)



B- عملکرد:

۱- دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو $\left\{ \begin{array}{l} \text{کمپلکس پیروات دهیدروژناز} \\ \text{کمپلکس } \alpha \text{ - کتوگلوتارات دهیدروژناز} \\ \text{کمپلکس } \alpha \text{ - کتواسید اسیدهای آمینه شاخه‌دار دهیدروژناز (Val, Leu, Ile)} \end{array} \right.$

۲- ترانس کتولاز $\leftarrow$ مسیر پنتوز فسفات (PPP)

مقدمه‌ای بر متابولیسم و فسفریلاسیون اکسیداتیو

در ابتدا برای شروع این فصل لازم بوده چند اصطلاح مهم را برایتان تعریف کنم

۱- آنابولیسم

مسیرهایی بوده که با صرف انرژی مولکول‌های کوچک‌تر را به انواع بزرگ‌تر تبدیل می‌کند.

۲- کاتابولیسم

مسیرهایی بوده که با تجزیه کنترل شده ترکیبات ماکرومولکولی آن‌ها را به اجزاء ساده تشکیل دهنده آن‌ها تبدیل می‌کند و تولید انرژی می‌کند.

۳- متابولیسم

آنابولیسم و کاتابولیسم را در مجموع متابولیسم می‌گویند.

۴- بیوانرژی

ترمودینامیک بیوشیمیایی را گویند که مربوط به تبدیلات و تغییرات انرژی طی واکنش‌های بیوشیمیایی می‌باشد.

۵- انرژی آزاد گیبس (G)

میزانی از انرژی بوده که برای انجام کار یا واکنش‌های شیمیایی در دسترس بوده

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

۶- آنتالپی (H)

میزان گرما یا انرژی درونی یک ماده را می‌گویند.

۷- آنتروپی (S)

میزان بی‌نظمی یک سیستم را مورد اشاره قرار می‌دهد و لازم به ذکر است که کلیه سیستم‌های زیستی رو به افزایش آنتروپی حرکت می‌کنند.

نکته: برای پیش‌بینی روند پیشرفت یک واکنش می‌توان از فرمول زیر بهره برد.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

با محاسبه آنتروپی و آنتالپی یک واکنش و قرار دادن مقادیر آن‌ها در فرمول بالا اگر میزان ΔG بالاتر از صفر باشد واکنش انرژی گیر بوده و در حالت عادی غیرقابل انجام است و اگر میزان ΔG برابر با صفر باشد واکنش در تعادل بوده (سرعت واکنش رفت و برگشت برابر می‌باشد) و در نهایت اگر میزان ΔG کم‌تر از صفر باشد واکنش انرژی‌زا بوده و تحت شرایط داخل سلولی به صورت خودبه‌خودی رخ می‌دهد.

۸- تغییرات انرژی آزاد استاندارد (ΔG°)

میزان اختلاف انرژی مابین واکنش‌گرها و محصولات در حالت تعادل را نشان می‌دهد زمانی که غلظت تمامی واکنش‌گرها و محصولات برابر ۱mM باشد و رابطه آن با ΔG طبق فرمول زیر می‌باشد.

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln K_{eq}$$

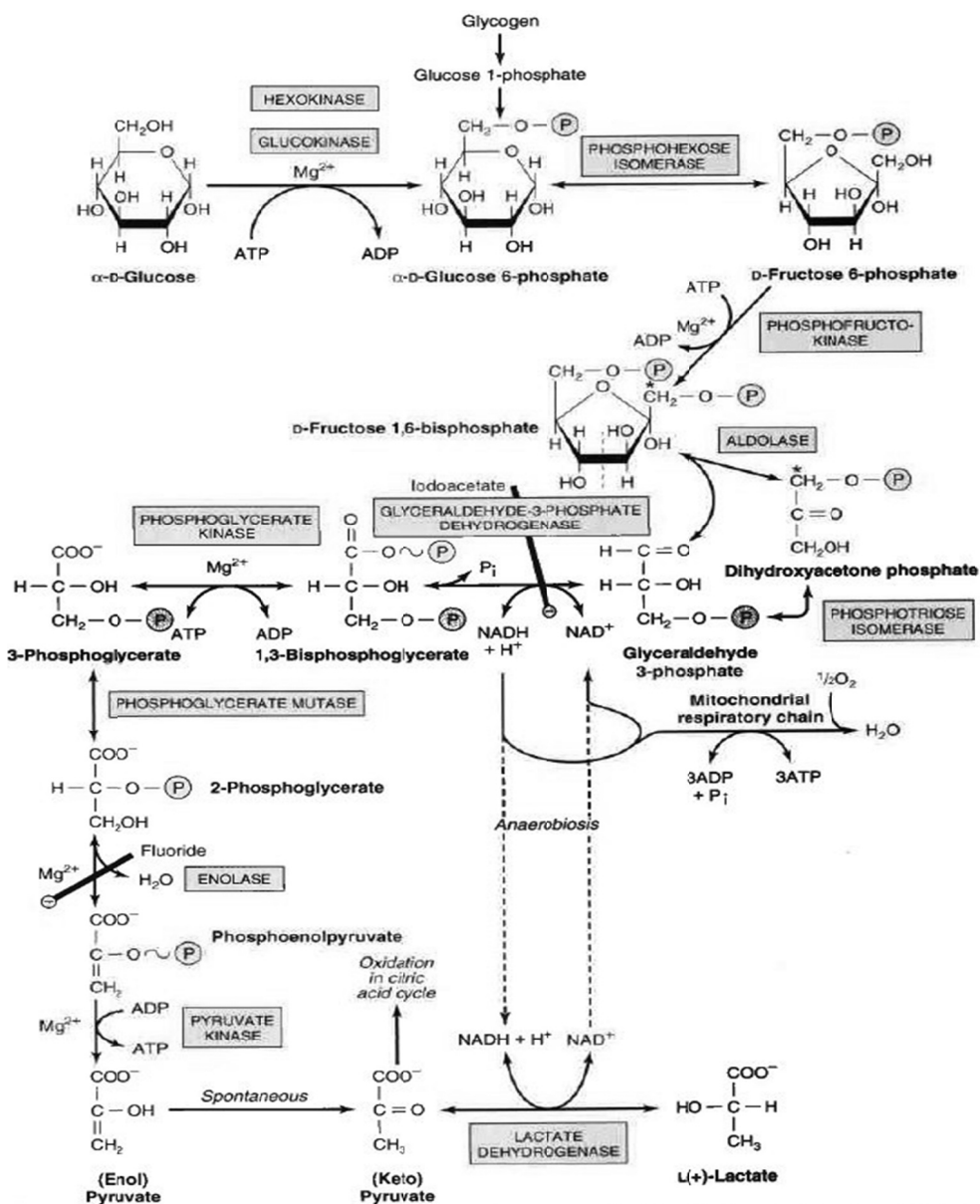
ΔG° ← ثابت گازها
 R ← دمای مطلق
 T ← برحسب کلوین
 K_{eq} ← ثابت تعادل

$$K_{eq} = \frac{[\text{محصولات}]}{[\text{واکنش‌گرها}]}$$

نکته: زمانی که واکنشی به حالت تعادل می‌رسد ($\Delta G = 0$) داریم:

$$0 = \Delta G^{\circ} + RT \ln k_{eq} \rightarrow \Delta G^{\circ} = -RT \ln k_{eq}$$

متابولیسم کربوهیدرات‌ها



کربوهیدرات‌ها به عنوان سوخت اصلی برای سلول‌ها مطرح می‌باشند و در حضور مقادیر کافی از آن‌ها سلول‌ها ترجیح می‌دهند انرژی مورد نیاز و پیش‌سازهای بیوسنتزی خود را از این منبع کسب کنند. در این فصل مسیرهای مختلف مصرف کربوهیدرات‌ها را داخل سلول مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱- مسیر گلیکولیز (مسیر

امیدن - مایرهوف)

گلیکولیز مسیر اصلی تجزیه کربوهیدرات داخل سلول‌ها می‌باشد و از ابتدایی‌ترین سلول‌ها گرفته تا پیشرفته‌ترین آن‌ها از این مسیر سیتوزولی بهره می‌گیرند که در زیر مسیر گلیکولیز و آنزیم‌های دخیل در آن آورده شده است.

نکته: گلوکوکیناز توسط محصول نهایی خود یعنی گلوکز - δ - فسفات مهار نمی‌شود.

فصل یازدهم

نکته ۱: آنزیم ابتدایی این مسیر (هگزوکیناز) دارای یک ایزوزیم کبدی به نام گلوکوکیناز می باشد که تفاوت این دو آنزیم در جدول زیر خلاصه شده است.

هگزوکیناز	گلوکوکیناز
روی تمام هگزوزها اثر دارد.	بطور اختصاصی روی گلوکز اثر می کند.
در تمام سلول های بدن بجز سلول های کبد و پانکراس عمل می کند.	فقط در کبد و پانکراس عمل می کند.
Km پایینی دارد (میل ترکیبی بالا به سوبسترا)	Km بالایی دارد (میل ترکیبی پایین به سوبسترا)
توسط گلوکز ۶- فسفات مهار می شود.	توسط فروکتوز ۶- فسفات مهار می شود.
در مقادیر کم گلوکز (گرسنگی) فعالیت می کند $\Leftarrow$ مسئول تامین میزان پایه گلوکز است	در مقادیر بالای گلوکز (سیری) عمل می کند $\Leftarrow$ مسئول کاهش گلوکز خون پس از صرف غذا می باشد.
-	هورمون انسولین روی این آنزیم اثر دارد چون این هورمون در سیری افزایش می یابد.

نکته: گلوکوکیناز توسط محصول نهایی خود یعنی گلوکز ۶- فسفات مهار نمی شود.

توجه: فسفریلاسیون قندها در مسیر متابولیسم به دو علت رخ می دهد:

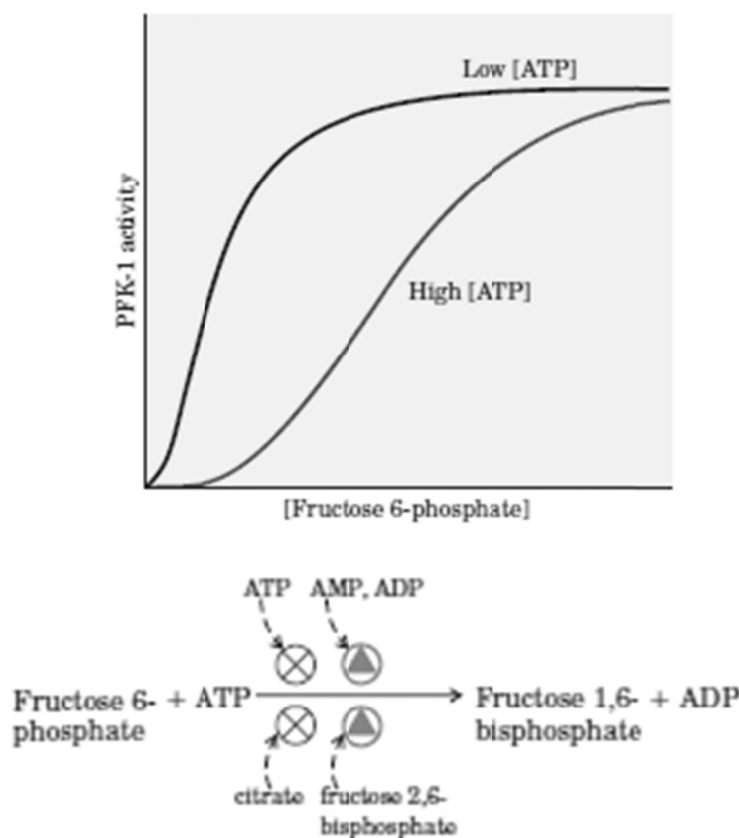
۱. جلوگیری از خروج قند از غشاء سلول

۲. فعال سازی قند برای انجام فرآیندهای متابولیسمی

توجه: در واکنش که هگزوکیناز کاتالیز می کند ATP به عنوان یک کوسوبسترا عمل می کند.

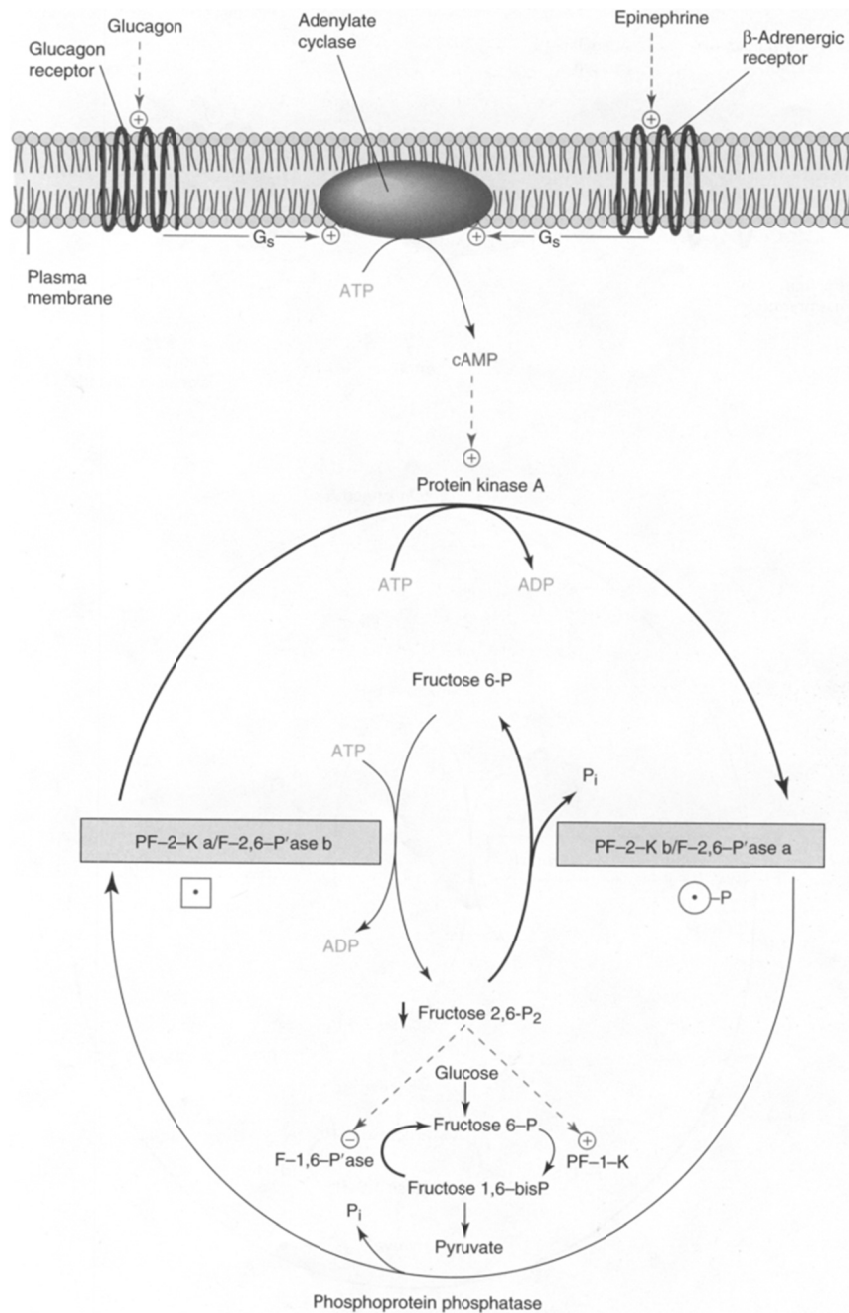
کوسوبسترا: کوآنزیمی که همانند سوبسترا در یک واکنش آنزیمی دچار تغییر شده و در انتهای واکنش به شکل تغییر یافته باقی می ماند. (به عنوان سوبسترا کمکی یا سوبسترا دوم عمل می کند)

نکته ۲: آنزیم دوم این مسیر (فسفوفروکتوکیناز I) آنزیم تنظیمی اصلی این مسیر بوده که کربوهیدرات را موظف به طی مسیر گلیکولیز می کند. به شکل ذیل توجه کنید تا تنظیم فسفوفروکتوکیناز I را مشاهده فرمایید:



یکی از افکتورهای مثبت برای فعالیت آنزیم فسفوفروکتوکیناز I ترکیب فروکتوز ۲ و ۶ بیس فسفات می باشد (F2,6BP) که خود محصول فعالیت یک آنزیم دو کاره به نام فسفوفروکتوکیناز II و فروکتوز ۲ و ۶ بیس فسفاتاز می باشد. میزان سطح این افکتور در کبد تحت تأثیر هورمون های مختلف مانند گلوکاگن و انسولین و اپی نفرین می باشد:

متابولیسم کربوهیدرات‌ها



همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌فرمایید:

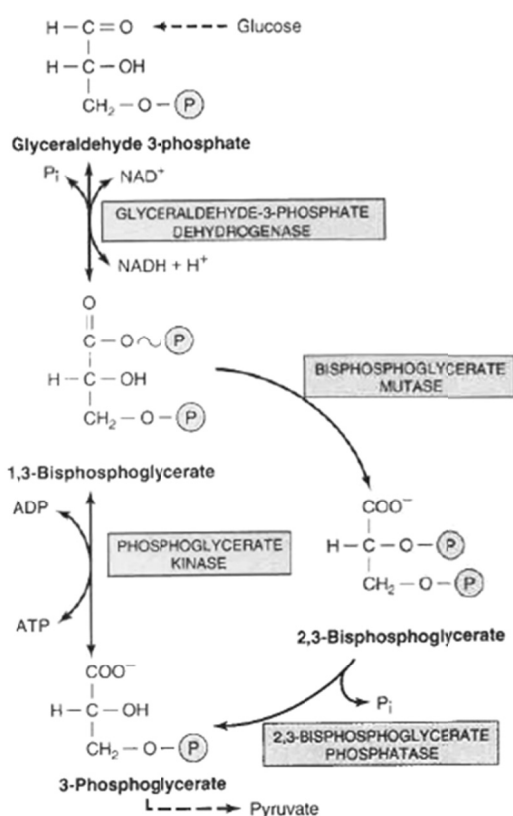
۱. کاهش قند خون منجر به ترشح گلوکاگن شده
 ۲. گلوکاگن با اثر برگیرنده سرپنتینی در سطح سلول‌های کبدی و فعال‌سازی آدنیلات سیکلاز منجر به تولید cAMP می‌شود.
 ۳. cAMP باعث فعال شدن PKA (پروتئین کیناز A) می‌شود.
 ۴. PKA با فسفریلاسیون آنزیم دو کاره F2.6BP/PFK2 فسفاتاز دو اثر را ایجاد می‌کند.
 - A. کاهش فعالیت بخش کینازی B. افزایش فعالیت بخش فسفاتازی) که در نهایت سطح افکتور F2.6BP کاهش یافته و اثر تحریکی آن در فعال‌سازی PFK-1 از بین می‌رود و گلیکولیز متوقف می‌شود.
- توجه:** در سلول‌های قلبی یک ایزوزیم متفاوت از ایزوزیم کبدی F2.6BP/PFK2 فسفاتاز حضور دارد و ویژگی این آنزیم این بوده که در اثر فسفریلاسیون (با تحریک اپی نفرین) فعالیت کینازی آن افزایش یافته (بالعکس ایزوزیم کبدی) و منجر به افزایش سطح داخل سلولی افکتور F2.6BP/PFK2 شده که گلیکولیز در سلول‌های قلبی را تحریک می‌کند.

نکته ۳: اگر بخواهیم در یک جدول خلاصه‌ای از تنظیم گلیکولیز را برایتان بیاوریم:

آنزیم	عوامل فعال کننده	عوامل مهار کننده
فسفوفروکتوز کیناز	فروکتوز ۲ و ۶ بیس فسفات (قویترین محرک و محرک آلوستریک)، AMP (آلوستریک)، P_i ، فروکتوز ۶ - فسفات	(آلوستریک) H^+ ، سیترات (اسیدهای چرب، اجسام کتون) (آلوستریک) cAMP، گلوکاگن
پیرووات کیناز	فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات (محرک آلوستریک)	ATP، آلانین (پیام گلوکونوژنزی و مهار کننده آلوستریک) گلوکاگن (cAMP)
هگزوکیناز یا گلوکوکیناز	در بالا آمده	

نکته ۴: مسیر گلیکولیز به واسطه‌ی بعضی از سموم مهار شده که این سموم و محل اثر آن‌ها را در جدول زیر و در شکل مربوط به مسیر گلیکولیز مشاهده می‌فرمایید:

مهار کننده	آنزیم	توضیح
یدواستات	گلیسرآلدئید ۳- فسفات دهیدروژناز	اتصال به یک ریشه cys در جایگاه فعال آنزیم (یک معرف اختصاصی گروه)
فلوراید (F ⁻)	انولاز	فسفوانول پیرووات تشکیل نمی‌شود.
۲- داکسی گلوکز	هگزوکیناز	با اتصال به جایگاه فعال، فعالیت مهار می‌شود
آرسنات	گلیسرآلدئید ۳- فسفات دهیدروژناز	مانع تولید ATP در مرحله فسفوگلیسرات کیناز می‌شود.



نکته ۵: ATP تولیدی در مسیر گلیکولیز برابر ۴ATP می‌باشد (البته در شرایط بی‌هوازی که محصول اصلی لاکتات می‌باشد) که اگر ۲ATP مصرف شده در مسیر را از این تعداد کم کنیم بهره‌بری خالص گلیکولیز برابر ۲ATP می‌باشد.

نکته ۶: گلیکولیز از طریق یک مسیر انحرافی در RBCها و ۳ بیس فسفوگلیسرات را تولید می‌کند که در تعدیل اتصال هموگلوبین به اکسیژن در RBCها دخالت دارد.

* در مسیر گلیکولیز علاوه بر ATP، ۲ عدد NADH نیز توسط آنزیم گلیسر آلدهید ۳- فسفات دهیدروژناز تولید می‌شود.

نکته ۷: پیرووات کیناز کبدی علاوه بر تنظیم آلوستریک، به‌وسیله فسفریلاسیون نیز تنظیم می‌شود. در زمان کاهش قند خون گلوکاگون افزایش یافته و موجب افزایش cAMP می‌شود که این cAMP موجب فعال شدن پروتئین کیناز A می‌باشد. پروتئین کیناز A آنزیم کبدی را فسفریله کرده و آن را غیرفعال می‌کند که موجب کاهش گلیکولیز و کاهش مصرف گلوکز می‌شود.

نکته ۸: در واکنش آخر گلیکولیز نوعی توتومریزاسیون غیروابسته به آنزیم را داریم که در نهایت فرم پایدار کتو حاصل می‌شود.

نکته ۹: در واکنش آنزیم آلدولاز که یک واکنش قابل برگشت آلدولی می‌باشد حد واسط شیفت - باز داریم.

نکته ۱۰: انولاز واکنش برگشت پذیر برداشت یک مولکول آب از ۲- فسفوگلیسرات را کاتالیز می‌کند که این عمل از مشخصه آنزیم‌های کلاس ۴ (لیازها) می‌باشد.

نکته ۱۱: سلول‌های قرمز خون، قرنیه، عدسی و قسمت‌هایی از شبکه‌ی فاقد میتوکندری می‌باشند و مکانیسم تولید ATP در آن‌ها گلیکولیز بی‌هوازی می‌باشد.

نکته ۱۲: در هنگام عمل فسفوگلیکوز ایزومراز و تریوزفسفات ایزومراز که عمل آن‌ها نوعی ایزومری شدن آلدوز- کتوز است حدواسط اندیول تولید می‌شود.

نکته ۱۳: سرنوشت پیرووات (محصول انتهایی گلیکولیز) کربس - تولید H_2O , CO_2 , ATP اضافی - حضور O_2 - کمپلکس پیرووات دهیدروژناز - تولید استیل کوآ - ورود به چرخه - عدم حضور O_2 - لاکتات دهیدروژناز - تولید لاکتات (نکته ۵)

نکته ۱۴: در سلول‌های سرطان آنزیم‌های مسیرهای متابولیک اصلی به نحوی تغییر می‌کنند تا حداکثر بازدهی را در شرایط متابولیک سلول سرطانی فراهم کنند. دو نمونه خوب شناخته شده‌ی این تغییرات:

۱. آنزیم پیرووات کیناز: در سلول‌های سرطانی ایزوزیم PkM2 بیان شده که ظرفیت بالایی برای گلیکولیز دارد و بدون توجه به تجمع اسیدلاکتیک به‌طور مداوم گلوکز را اکسید می‌کند و انرژی سلول‌های سرطانی را تأمین می‌کند.

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 آلی



بیوشیمی



سلولی مولکولی



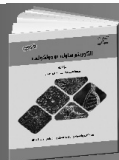
ژنتیک



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



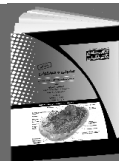
بیوشیمی



ایمنی‌شناسی



IQ3
Iran Question Bank



به زودی

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

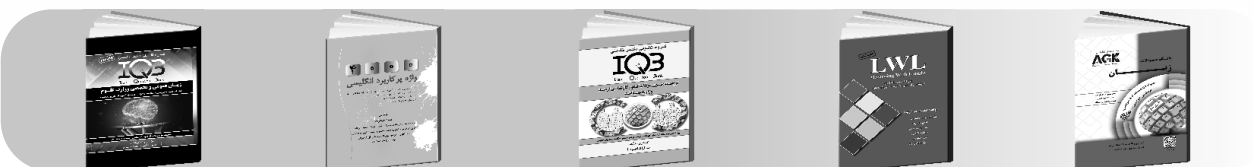
انگل‌شناسی

ایمنی‌شناسی

بیوشیمی



مجموعه کتاب‌های زبان انگلیسی گروه تألیفی دکتر خلیلی



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

شماره تماس	نمایندگی	شماره تماس	نمایندگی
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	شیراز (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	اراک (آقای حسینی)
۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	فسا (آقای یاعلی جهرمی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	ارومیه (آقای دکتر آرمیون)
۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۶	کاشان (خانم صادق‌پور)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	اصفهان (آقای نصری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کردستان (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	بوشهر (آقای امین‌فر)
۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	کرمان (آقای یاعلی جهرمی)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	بیرجند (آقای دکتر بهروان)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	خوزستان (آقای امین‌فر)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	کهکیلویه (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	تبریز (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	گلستان (آقای دکتر اکبری)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	جهرم (آقای یاعلی جهرمی)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۳	گیلان (آقای وحیدی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	خرم‌آباد (خانم میر)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	خوزستان (آقای امین‌فر)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	زنجان (خانم دکتر هوشیار)
۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	ساری (آقای دکتر اکبری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	همدان (آقای ابراهیمی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱	سمنان (آقای دکتر سلمانی)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳	یزد (خانم مهندس آزاد)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹	شهرکرد (خانم تقی‌پور)

بانک کتاب ناهید



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

- ✓ جامع‌ترین بانک کتاب
- ✓ تحویل روزانه
- ✓ ارسال به تمامی نقاط کشور
- ✓ ارسال رایگان برای خرید بیش از ۷۰۰۰۰۰ ریال
- ✓ سفارش کتاب به صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱