

فصل اول

تعریف کلی متابولیسم و واکنش‌های شیمیایی

🎯 (بررسی عملکرد آنزیم‌ها و ویژگی‌های کلی آن‌ها)

فصل اول: تعریف کلی متابولیسم و واکنش‌ها

تعریف کلی متابولیسم و واکنش‌های شیمیایی

- متابولیسم به معنای سوخت‌وساز می‌باشد و از دو جزء سوخت (کاتابولیسم) و ساز (آنابولیسم) تشکیل شده است.
 - واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن‌ها وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند، همین‌طور است. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند، زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود.
 - از فصل یک دهم به خاطر داریم که یکی از ویژگی‌های همه جانداران، جذب و استفاده از انرژی است. جانداران انرژی می‌گیرند؛ از آن برای انجام فعالیت‌های زیستی خود استفاده می‌کنند و بخشی از آن را به صورت گرما از دست می‌دهند؛ مثلاً گنجشک غذا می‌خورد و از انرژی آن برای گرم کردن بدن و نیز برای پرواز و جست‌وجوی غذا استفاده می‌کند.
 - همه یاخته‌های زنده دارای پمپ سدیم - پتاسیم هستند. از این جهت همواره دارای توانایی تجزیه ATP و تبدیل آن به ADP و P_i هستند. با فعالیت این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم خلاف شیب غلظت خود از عرض غشای یاخته عبور می‌کنند.
 - انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز، باید ابتدا به انرژی نهفته در ATP تبدیل شود:
- $$\text{کربن دی‌اکسید} + \text{آب} + \text{ATP} \rightarrow \text{اکسیژن} + \text{گلوکز} + \text{ADP} + \text{فسفات}$$
- این واکنش که تنفس یاخته‌ای نام دارد، علت نیاز به اکسیژن را توجیه می‌کند. کربن‌دی‌اکسید نیز به علت آنکه ضمن ترکیب با آب می‌تواند به کربنیک اسید تبدیل شود، موجب کاهش pH خون و در نتیجه تغییر ساختار پروتئین‌ها می‌شود که می‌تواند در فعالیت آن‌ها اختلال ایجاد کند. از آنجا که بسیاری از فرایندهای یاخته‌ای را پروتئین‌ها انجام می‌دهند؛ از بین رفتن عملکرد آن‌ها اختلال گسترده‌ای را در کار یاخته‌ها و بافت‌ها ایجاد می‌کند. در واقع، افزایش کربن‌دی‌اکسید، خطرناک‌تر از کاهش اکسیژن است.
 - از آنجا که فعالیت‌های یاخته با استفاده از انواع آنزیم‌ها انجام می‌شود، ابتدا نیاز است که با این مولکول‌ها بیشتر آشنا شویم.

مفهومی آنزیم:

- بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. برخی آنزیم‌ها از جنس رِنا هستند، مثل رِنا ی رِنا تی. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام جایگاه فعال دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که پیش‌ماده در آن قرار می‌گیرد. همچنین بعضی از مواد سمّی در محیط مانند سیانید و آرسنیک می‌توانند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شوند. ترکیباتی که آنزیم روی آن‌ها عمل می‌کند، پیش‌ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، فرآورده یا محصول خوانده می‌شوند.
- بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند، کوآنزیم می‌گویند.

دام آموزشی

یون‌های فلزی کوآنزیم نیستند.

دام آموزشی

همه آنزیم‌ها پروتئینی نیستند، در نتیجه سطوح ساختاری پروتئین‌ها، لزوماً در همه آنزیم‌ها مشاهده نمی‌شود.

دام آموزشی

● جایگاه اتصال کوآنزیم، همان جایگاه فعال نیست!! ولی مواد سمّی می‌توانند به جایگاه فعال متصل شوند.

● در واکنش‌های سوخت‌وسازی دو نوع فعالیت برای آنزیم‌ها قابل تصور است:

مفهومی ۱- تجزیه:

● در این واکنش‌ها، با اتصال یک واکنش‌دهنده به آنزیم، در نهایت دو یا چند فرآورده تولید می‌شود.

مثال ۱: تجزیه پلی‌ساکاریدها به واحدهای کوچک‌تر؛ مانند تجزیه نشاسته توسط آمیلازهای بزاق و لوزالمعده به مالتوز یا مولکول‌های درشت‌تر.

مثال ۲: تجزیه پروتئین‌ها به مولکول‌های کوچک‌تر توسط پپسین معده که خود از تجزیه و فعال‌سازی پپسینوزن ترشحی از یاخته‌های اصلی به دست آمده است.

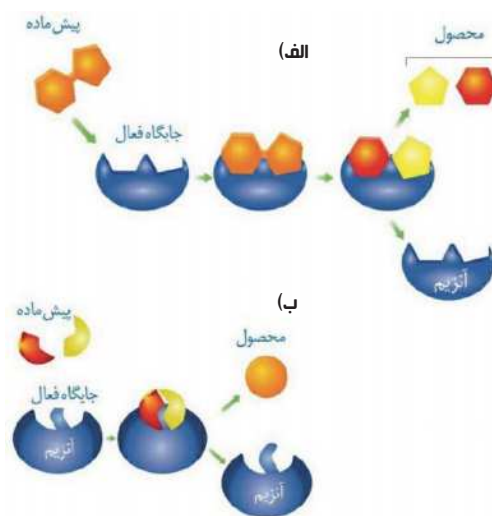
مثال ۳: تجزیه تری‌گلیسریدها و لیپیدهای دیگر توسط لیپاز لوزالمعده و دیگر آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیپیدها در دوازدهه.

مثال ۴: تمام آنزیم‌های هیدرولیزکننده مثل EcoR1 و آنزیم‌های درون کیسه‌چه‌های نوتروفیل‌ها و درشت‌خوارها.

مفهومی ۲- ترکیب:

● در این واکنش‌ها، با اتصال دو یا چند واکنش‌دهنده به آنزیم، در نهایت یک فرآورده تولید می‌شود.

- مثال ۱:** تولید ATP به روش پیش ماده از کرآئین فسفات و ADP .
- مثال ۲:** ترکیب کربن دی اکسید و آب توسط آنزیم انیدراز کربنیک و تولید کربنیک اسید
- مثال ۳:** ترکیب کربن دی اکسید و آمونیاک در کبد برای ساخت اوره
- مثال ۴:** تمام آنزیم های بسپارازی مثل دنا بسپاراز و رنا بسپاراز
- مثال ۵:** لیگاز



طرز عمل آنزیم در واکنش های سوخت و سازی (الف) تجزیه (ب) ترکیب

نکات شکل

- هر آنزیم همان طور که مثال زده شد، روی یک یا چند پیش ماده خاص موثر است فلذا گفته می شود که آنزیم ها عملکرد اختصاصی دارند.
- شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش ماده یا بخشی از آن مکمل است.

دام آموزشی

- شکل آنزیم با شکل پیش ماده مشابه نیست!! بلکه مکمل اند. مثل رابطه گیرنده و هورمون، یا پادتن آنتی ژن.
- برخی آنزیم ها بیش از یک واکنش را سرعت می بخشند.

مثال ۱: آنزیم دنا بسپاراز هم فعالیت بسپارازی دارد و هم نوکلئازی.

مثال ۲: آنزیم رویسکو هم فعالیت اکسیژنازی دارد و هم کربوکسیلازی.

- آنزیم ها در همه واکنش های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می کنند، اما در پایان واکنش ها دست نخورده باقی می ماندند تا بدن بتواند بارها از آنها

استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

دام آموزشی

آنزیم‌ها در همه واکنش‌های بدن شرکت نمی‌کنند! مثلاً تجزیه کربنیک اسید به بی‌کربنات و یون هیدروژن! یا تشکیل پیوندهای هیدروژنی! این دو واکنش به صورت خودبه‌خودی هستند! بعضی از ترکیبات نیز ناپایدار هستند و خودبه‌خود تجزیه می‌شوند. (نظیر فروکتوز فسفات، ترکیب حاصل از ادغام ریبولوز بیس فسفات با CO_2 در چرخه کالوین و یا ترکیب حاصل از ادغام ریبولوز بیس فسفات با O_2 در تنفس نوری)

عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها:

مفهومی ۱- pH:

pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است؛ مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد. هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند. مثلاً pH بهینه پپسین حدود ۲ است در حالی که pH بهینه آنزیم‌های لوزالمعده حدود ۸ است. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

مفهومی ۲- دما

آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

در مردان، آنزیم‌های درون کیسه بیضه در دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند.

ترکیبی (فصل ۷ دوازدهم):

باکتری‌های گرمادوست در چشمه‌های آب گرم دارای آمیلازهایی هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند. همچنین از آمیلازها در تولیدات صنعتی استفاده می‌شوند که نیاز به دمای بالا دارند.

دام آموزشی

فرق تغییر دماها را در نظر داشته باشید؛ اگر دما پایین آید، امکان برگشت فعالیت طبیعی به طور حتم هست ولی اگر دما بالا رفته باشد آنگاه برگشت به حالت اولیه قطعی نیست!!

● دام آموزشی

● یکی از نشانه‌های بیماری‌های میکروبی، تب است. فعالیت میکروب‌ها در دماهای بالا کاهش می‌یابد، با ورود میکروب به بدن، بعضی از ترشحات آن‌ها از طریق خون به بخشی از زیرنهنج (هیپوتالاموس) می‌رسد و دمای بدن را بالا می‌برد. اما تب بالا خطرناک است، چراکه پروتئین‌های بدن نیز فعالیت‌شان مختل می‌شود.

● مفهومی ۳- غلظت آنزیم

● مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فرآورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود، تولید فرآورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.

● مفهومی ۴- غلظت بیشتر ماده

● افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود؛ ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

◆◆◆ گزاره‌ها «صحیح و غلط»

- ۱- در سطوح ساختاری دوم و سوم آنزیم‌ها، همواره پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.
- ۲- افزایش غلظت آنزیم و پیش‌ماده، همواره باعث افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود.
- ۳- هنگام ساخت اوره در کبد همانند رونویسی از دنا مولکول معدنی مصرف می‌شود.
- ۴- همه آنزیم‌های بدن انسان در دمای پایین‌تر از ۳۷، به طور برگشت‌پذیر غیرفعال می‌شوند.
- ۵- آنزیم دنابسپاراز همانند رنابسپاراز، سرعت بیش از یک نوع واکنش را افزایش می‌دهد.

● پاسخ گزاره‌ها «صحیح و غلط»:

- ۱- نادرست - بیش‌تر آنزیم‌ها، پروتئینی و دارای سطوح ساختاری پروتئین ما هستند.
- ۲- نادرست - افزایش غلظت پیش‌ماده تا حدی باعث افزایش سرعت واکنش شیمیایی می‌شود.
- ۳- درست - هنگام ساخت اوره، مولکول‌های آمونیاک و کربن دی‌اکسید در کبد مصرف می‌شود. هنگام رونویسی از دنا مولکول آب ضمن هیدرولیز ATP مصرف می‌شود.
- ۴- نادرست - آنزیم‌های فعال در کیسه بیضه، در دمای ۳۴ درجه، بیش‌ترین فعالیت خود را دارند.
- ۵- درست - دنا بسپاراز دارای فعالیت بسپارازی و نوکلئازی است. رنا بسپاراز دارای فعالیت بسپارازی و شکست پیوند هیدروژنی است.

فصل دوم

میتوکندری و کلروپلاست

🌀 (بررسی ساختار دو اندامک، انواع رنگیزه‌ها و ساختار فتوسیستم‌ها)

فصل دوم: میتوکندری و کلروپلاست

مقایسه میتوکندری و کلروپلاست

مفهومی شباهت‌ها:

- ۱- تعداد غشا: ۲ عدد
- میتوکندری: دارای یک غشای بیرونی صاف و یک غشای درونی چین‌خورده می‌باشد.
- کلروپلاست: همانند میتوکندری، دارای یک غشای بیرونی و یک غشای درونی می‌باشد که از هم فاصله دارند.
- ۲-DNA: هر دو دارای یک DNA حلقوی مستقل از هسته بوده که بسته به نیاز و با حضور آنزیم‌ها از آن RNA ساخته می‌شود. این DNA در بخش داخلی میتوکندری و بستره کلروپلاست قرار دارد.
- ۳-رِناَتِن: هر دو دارای رِناَتِن‌هایی می‌باشند که می‌توانند بعضی پروتئین‌های موردنیاز اندامک را بسازند. بعضی پروتئین‌های موردنیاز این دو اندامک نیز توسط رِناَتِن‌های سیتوپلاسمی و از روی ژن‌های هسته‌ای ساخته می‌شود.
- ۴- تقسیم مستقل: میتوکندری: بعضی مواقع که یاخته انرژی بسیار زیادی نیاز دارد، میتوکندری‌ها به صورت مستقیم تقسیم شده تا انرژی را تأمین کنند.
- کلروپلاست: با افزایش نور، تعداد کلروپلاست‌ها به صورت مستقل افزایش یافته و گیاه ظاهر سبزتری پیدا می‌کند.
- ۵- استفاده از حامل‌های الکترون: میتوکندری: حامل‌های الکترونی $NADH$ و $FADH_2$ را تولید و مصرف می‌کند.
- کلروپلاست: حامل الکترونی $NADPH$ را ساخته و از آن استفاده می‌کند.
- ۶- زنجیره انتقال الکترون: میتوکندری: متشکل از دو ناقل الکترون که الکترون‌ها را منتقل می‌کند. و سه پمپ پروتئینی که به پمپ کردن یون‌ها به فضای بین دو غشا می‌پردازند.
- ترکیبی** الکترون‌های $NADH$ به پمپ پروتئینی اول و الکترون‌های $FADH_2$ به ناقل الکترونی اول بین دو پمپ منتقل می‌شوند. (۲ الکترون $NADH$ از پمپ‌های پروتئینی بیش‌تری عبور می‌کنند.)
- کلروپلاست: دو نوع انتقال الکترون در غشای تیلاکوئیدها وجود دارد. یک زنجیره بین دو فتوسیستم ۱ و ۲ و یک زنجیره بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ قرار دارد.
- ترکیبی** در زنجیره انتقال الکترون اول یک پمپ پروتئینی حضور دارد که الکترون‌ها را به فضای داخل تیلاکوئید پمپ می‌کند. زنجیره انتقال الکترون دوم هم در نهایت الکترون‌ها را به $NADP^+$ منتقل کرده تا با ساخت $NADPH$ ، الکترون‌های چرخه کالوین را تأمین کند.

۷- آنزیم ATP ساز و تولید ATP:

- میتوکندری: در غشای داخلی میتوکندری قرار گرفته است، با فعالیت پمپها، یون H^+ در فضای بین دو غشا تجمع یافته و با عبور آنها از این آنزیم ATP ساخته می‌شود.
- کلروپلاست: در غشای تیلاکوئیدها قرار گرفته است و یونهای H^+ را از فضای داخلی تیلاکوئید به بستره کلروپلاست وارد کرده و ATP می‌سازد.

نکته آنزیم ATP ساز در میتوکندری و کلروپلاست از دو بخش تشکیل شده است. یک بخش در داخل غشا و یک بخش در خارج غشا که کار اصلی ATP سازی برعهده بخش خارج غشایی می‌باشد.

تفاوت‌ها:

۱- سامانه تیلاکوئیدی در کلروپلاست:

مفهومی

- فضای درونی کلروپلاست را به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره تقسیم می‌کند. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی کیسه‌مانند و متصل به هم هستند. چنین سامانه‌ای در میتوکندری‌ها وجود ندارد.



(ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

(الف) ترسیمی

● ساختار سبز دیسه

نکات شکل

- تیلاکوئیدها هم از بالا و پایین می‌توانند به هم متصل شوند و هم از کنار اتصالاتی با هم دارند.

مفهومی

- بنابراین کلروپلاست دارای ۳ فضای (بین غشا و بستره و داخل تیلاکوئید) می‌باشد و میتوکندری نیز دو فضا (بین غشا و بخش درونی) می‌باشد.

۲- وجود رنگبره‌ها در کلروپلاست:

مفهومی

- دو نوع رنگبره وجود دارد:

(۱) کلروفیل‌ها: شامل کلروفیل a (در آنتن‌ها و مرکز واکنش) و کلروفیل b (در آنتن‌ها)

(۲) کاروتنوئیدها: که فقط در آنتن‌ها حضور دارند.

ترکیبی نوعی دیگر از دیسه به نام رنگ‌دیسه در گیاهان وجود دارد که حاوی کاروتنوئیدها می‌باشد.

۳- محل پمپ‌شدن H^+ ها در زنجیره انتقال الکترون