



فصل ۵

از ماده به انرژی



اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟ تألیفی: انرژی موردنیاز انسان و جاننداری مثل زرافه به طور مشابهی تأمین می‌شود (ص/غ).

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔ یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.



طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست شناسی دوازدهم و تکمیل این جزوه، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهنگدیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ لغایت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

گفتار ۱ تأمین انرژی

تنفس یاخته‌ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در کتاب زیست‌شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می‌شود؛ مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود (واکنش ۱).

تألیفی: واکنش کلی تنفس یاخته‌ای را بنویسید؟



این واکنش تنفس یاخته‌ای هوازی^۱ را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیه ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیه ماده مغذی و تولید ATP بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود که در گفتار ۳ به آن می‌پردازیم.

واژه‌شناسی

راکیزه (میتوکندری / mitochondrion)

راکیزه، اندامکی کروی یا میله‌ای شکل در یاخته‌های یوکاریوتی و عهده‌دار تنفس هوازی و تولید انرژی است. «راکیزه» از دو جزء «راک» به معنی رشته و نخ (در برابر «میتو» یونانی به همین معنی) و پسوند تصغیر و شباهت «-ایزه» ساخته شده است.

(الف) نام کامل ATP که شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها است، را بنویسید. (شهریور ۹۹) (ب) در مولکول ATP، باز آلی آدنین و قند پنج‌کربنه ریوز را با هم می‌نامند. (خرداد ۱۴۰۱)

ATP مولکول پرانرژی

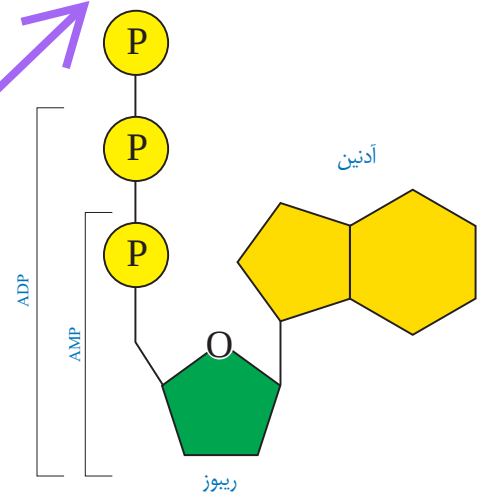
هیچ جاندار نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

ATP یا آدنوزین تری فسفات، شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج‌کربنی ریوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین مونو فسفات)، سپس ADP (آدنوزین دی فسفات) در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود

(الف) با افزوده شدن یک فسفات به آدنوزین چه مولکولی تشکیل می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

در شکل ۲ تبدیل ATP و ADP را به یکدیگر می‌بینید. تشکیل ATP از ADP، با مصرف انرژی و تبدیل آن به همراه با آزاد شدن انرژی است.

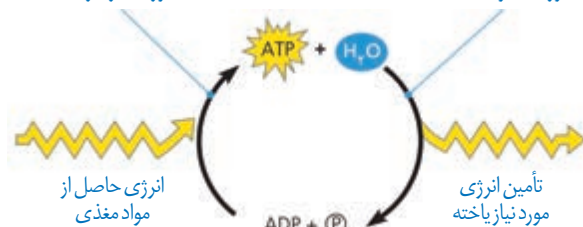
روش‌های ساخته شدن ATP: دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدن ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش‌ماده) و



شکل ۱- ساخته شدن ATP

ساخته شدن ATP از ADP و فسفات به انرژی نیاز دارد.

تبدیل ATP به ADP با آزاد شدن انرژی همراه است.



شکل ۲- تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

۱- Aerobic Cell Respiration

هـ) روش ساخته شدن ATP به کمک کراتین فسفات، ساخته شدن است. (شهریور ۱۴۰۰)

افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را **ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده** می نامند. (ج) یکی از راه های تأمین ATP در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول و انتقال آن به ADP است. (دی ۹۸)

در کتاب «زیست شناسی ۲» با نمونه ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده آشنا شده اید، یا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه های تأمین آن در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول **کراتین فسفات** و انتقال آن به ADP است (شکل ۳). در این مثال **کراتین فسفات**، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود.

الف) در روش ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده در ماهیچه ها، مولکول پیش ماده چیست؟ (خرداد ۹۹)



شکل ۳- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

ج) در ساخته شدن ATP، از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکتیزه استفاده می شود. (دی ۹۹)

ب) ساخته شدن **اکسایشی** ATP در کدام قسمت یاخته انجام می شود؟ (خرداد ۹۹)

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP، دو روش دیگرند. در **ساخته شدن اکسایشی**، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکتیزه ساخته می شود که در ادامه این فصل با آن آشنا می شوید. روش دیگر ساخته شدن ATP، **ساخته شدن نوری** است که در سبز دیسه انجام می شود (فصل ۶).

الف) ساخته شدن نوری ATP در کدام قسمت سلول انجام می شود؟ (خرداد ۹۸)

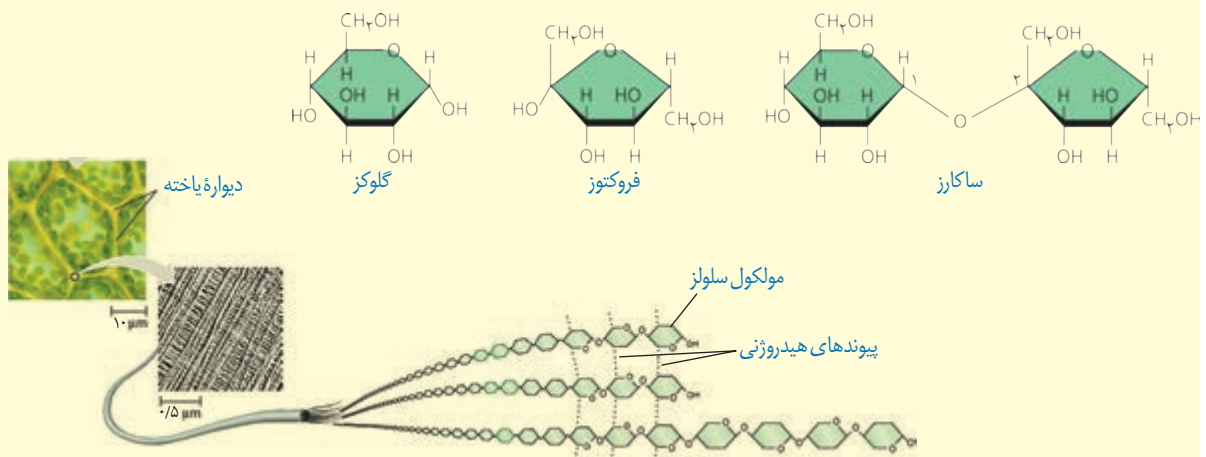
هـ) یکی از روش های ساخته شدن ATP، است که در سبز دیسه انجام می شود. (خرداد ۱۴۰۰)

بیشتر بدانید

کربوهیدرات ها

کربوهیدرات ها دارای کربن، هیدروژن و اکسیژن اند. نقش انرژی زایی کربوهیدرات ها به خوبی شناخته شده است. این ترکیبات به علت داشتن پیوندهای هیدروژن- کربن، انرژی فراوانی در خود ذخیره و هنگام اکسایش آزاد می کنند.

در یک نوع تقسیم بندی، کربوهیدرات ها را در سه گروه مونوساکاریدها (مانند گلوکز و فروکتوز)، دی ساکاریدها (مانند ساکارز) و پلی ساکاریدها (مانند سلولز، نشاسته و گلیکوژن) قرار می دهند. قند و شکر از ساکارز تشکیل شده اند. این دی ساکارید از مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است.



الف) در یاخته یوکاریوتی محل انجام قندکافت (گلیکولیز) کجا است؟ (دی ۱۴۰۰)

الف) قندکافت در کدام قسمت یاخته انجام می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

زیستن با اکسیژن

اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز تنفس یاخته‌ای را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

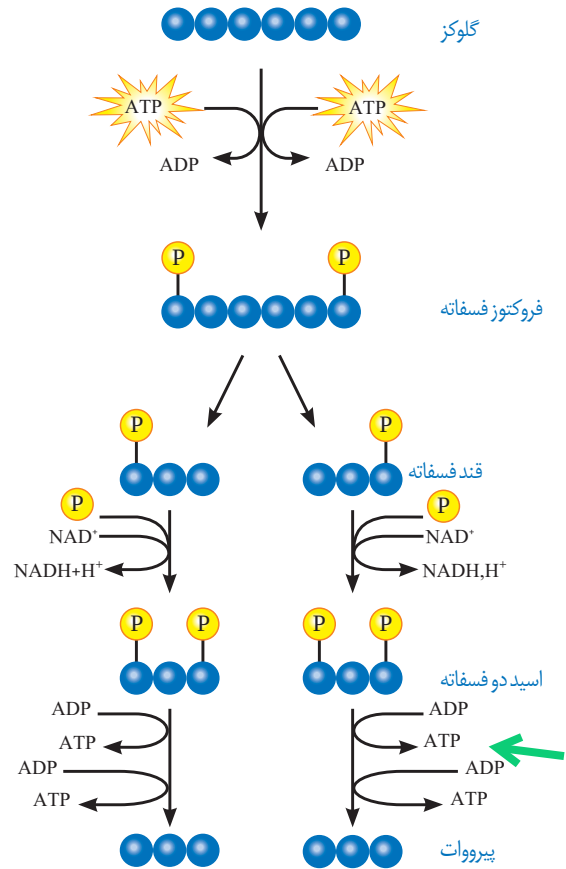
قندکافت (گلیکولیز): اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیه گلوکز است که در ماده زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال سازی

الف) در قندکافت [گلیکولیز]، از گلوکز و ATP، چه قندی ایجاد می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)
در شکل ۴ می‌بینید که از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات

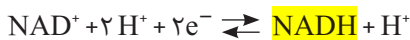
ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنی فسفات به وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به وجود می‌آیند.

NADH حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. NAD^+ و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند (واکنش ۲). NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.



شکل ۴- مراحل قندکافت

تألیفی: واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌های مرحله آخر قندکافت را ذکر کنید؟



ه) مولکول حامل الکترون که در قندکافت تشکیل می‌شود، ($NADH - FADH_2$) است. (خرداد ۹۹)

واکنش ۲- یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می‌رود. بنابراین محصول به صورت $NADH + H^+$ در واکنش نوشته می‌شود.

فعالیت ۱

گفت‌وگو کنید

همان‌طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که درباره تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟

ب) ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

راکیزه مقصد پیرووات

الف) چرا راکیزه (میتوکندری) می‌تواند پروتئین‌سازی را انجام دهد؟



مرحله دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت‌ها در راکیزه انجام می‌شود. راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. در نتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود (شکل ۵).

راکیزه دناى مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین‌سازی انجام

می‌شود. در دناى راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس

یاخته‌ای وجود دارند. هـ) راکیزه (میتوکندری) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. (ص) (خرداد ۹۹)

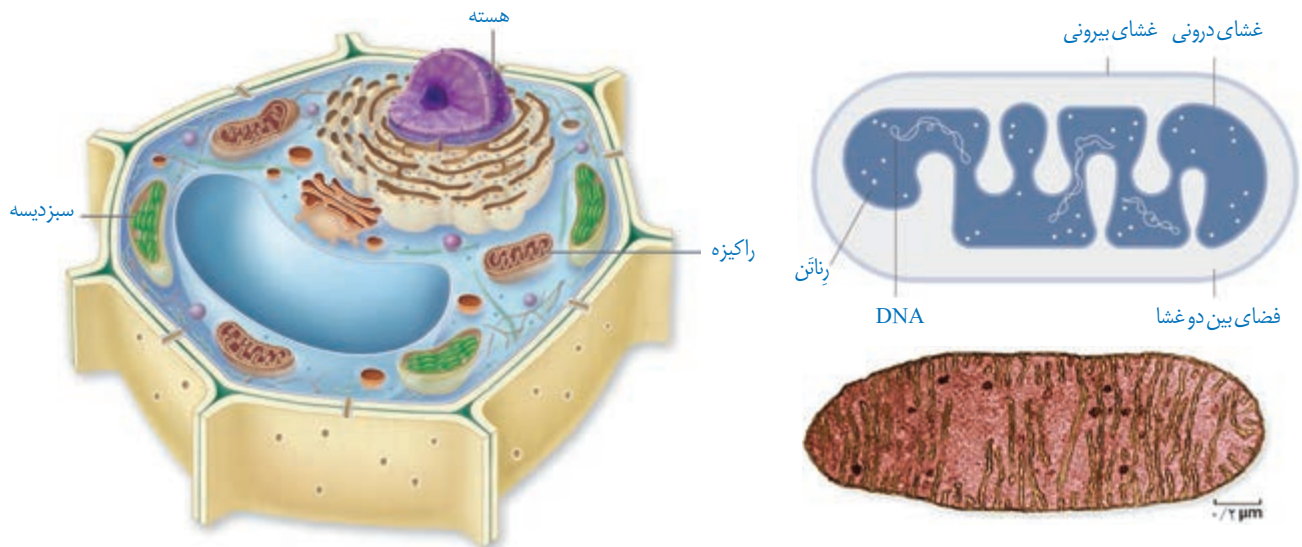
راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. به نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از

تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟ ب) چرا راکیزه (میتوکندری) نمی‌تواند به طور مستقل به زندگی خود ادامه دهد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های

آنها در هسته قرار دارند و به وسیله رناتن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

چرا راکیزه (میتوکندری) برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای نمی‌تواند مستقل از هسته عمل کند؟ (دی ۹۹)

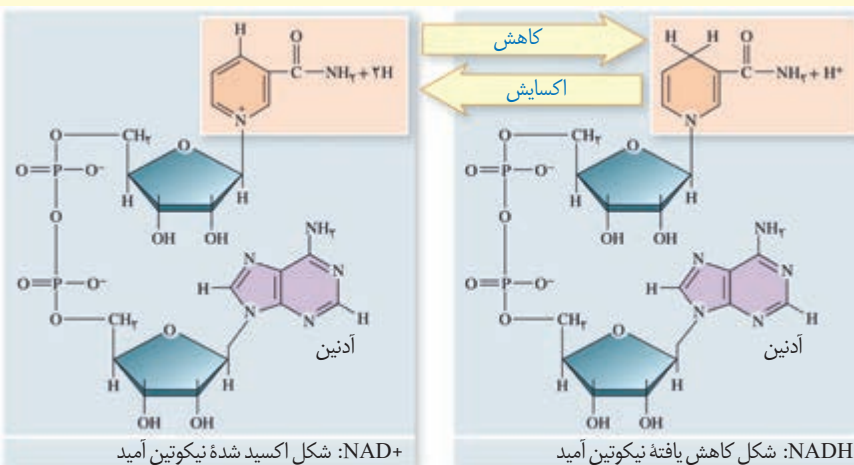


ب) راکیزه در یاخته گیاهی

شکل ۵- راکیزه. الف) راکیزه و ترسیمی از آن

بیشتر بدانید

تبدیل NAD^+ و NADH به یکدیگر



ج) پیرووات از طریق انتشار وارد راکیزه (میتوکندری) می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. (غ) (دی ۹۸)

ه) پیرووات حاصل از قندکافت از طریق (انتقال فعال - انتشار تسهیل‌شده) وارد راکیزه [میتوکندری] می‌شود. (خرداد ۱۴۰۰)

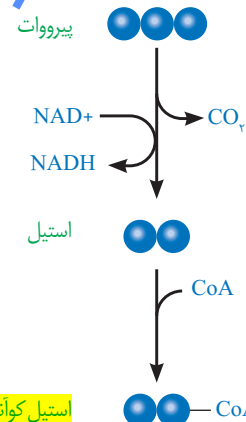
و) پیرووات در راکیزه (میتوکندری) یک کربن‌دی‌اکسید از دست می‌دهد و به تبدیل می‌شود. (شهریور ۹۹)
 ب) پیرووات در راکیزه (میتوکندری) با از دست دادن یک کربن‌دی‌اکسید (CO_2) به چه مولکولی تبدیل می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

اکسایش پیرووات: گفتیم که در انتهای قندکافت، پیرووات به وجود می‌آید. این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. پیرووات در راکیزه یک کربن دی اکسید از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد. در این واکنش NADH نیز به وجود می‌آید (شکل ۶).

اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش‌های آنزیمی، به نام چرخه کربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.

ج) در اکسایش پیرووات، در هنگام تشکیل بنیان استیل کدام مولکول حامل الکترون به وجود می‌آید؟ (خرداد ۱۴۰۱)

الف) در تنفس هوازی اولین CO_2 تولیدی، طی کدام مرحله آزاد می‌شود؟ (دی ۹۹)
 ب) طی فرایند تبدیل پیرووات به بنیان استیل چه مولکول‌هایی تشکیل می‌شوند؟ (شهریور ۹۸)

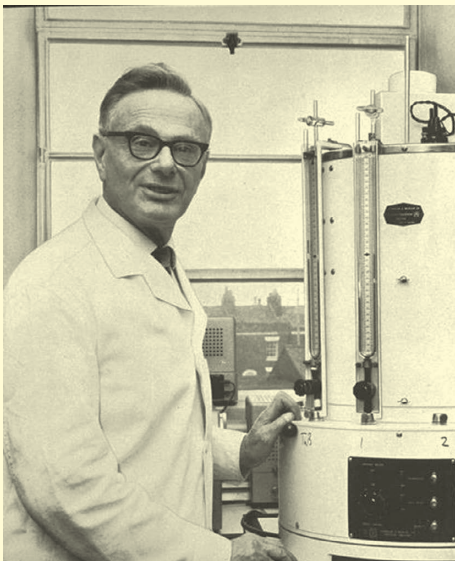


ب) حاصل اکسایش پیرووات کدام ماده است؟ (دی ۱۴۰۰)

شکل ۶- اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

بیشتر بدانید

دانشمند موفق



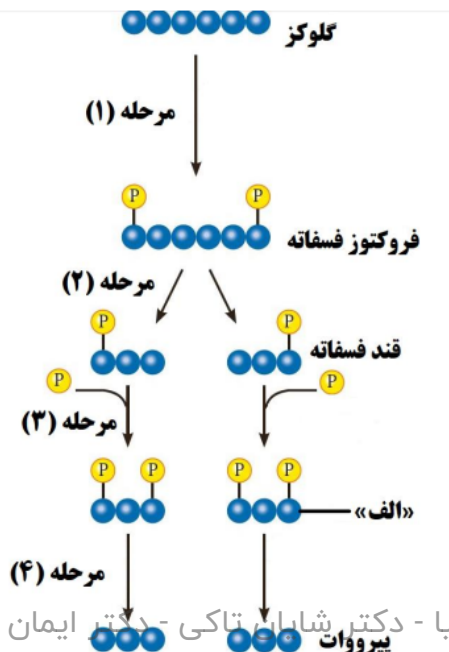
هانس آدولف کربس فیزیک‌دان و زیست‌شیمی‌دان آلمانی متولد بریتانیا (۱۹۰۰-۱۹۸۱) بسیاری از مراحل اکسایش پیرووات را کشف و معرفی کرد. به همین علت این چرخه، چرخه کربس نامیده شد. او در سال ۱۹۵۳ به همراه دانشمندی دیگر، موفق به دریافت جایزه نوبل در زمینه کار اندام‌شناسی (فیزیولوژی) و پزشکی شد.

از نظر کربس دانشمند موفق، فردی است که مهارت‌های فنی و علمی لازم را برای کسب موفقیت‌های بیشتر با استفاده از امکانات موجود داشته باشد. همچنین، در راه رسیدن به هدف، سختی‌ها را تحمل کند و نتایج پژوهش را به روشنی ارائه دهد.

شکل زیر مراحل قندکافت (گلیکولیز) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) در کدام مرحله NAD^+ کاهش می‌یابد؟

ب) نام مولکول «الف» چیست؟



گفتار ۲

اکسایش بیشتر

(ب) در چرخه کربس، چگونه مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

(ب) نام مجموعه واکنش‌های آنزیمی که در آن استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد، چیست؟

(الف) در تنفس هوازی، چه فرایندهایی علاوه بر قندگافت (گلیکولیز) باید انجام شوند، تا مولکول گلوکز به مولکول‌های CO_2 تجزیه شود؟ (خرداد ۹۹)

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه

گلوکز در قندگافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می‌شود.

(ج) در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، چند اتم کربن به صورت مولکول CO_2 آزاد می‌شود؟ (دی ۱۴۰۰)

(الف) طی واکنش‌های متفاوت چرخه کربس، چه مولکول گازی آزاد و چه مولکولی بازسازی می‌شود؟ (دی ۹۸)

چرخه کربس

شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخه کربس را نشان می‌دهد.

در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت CO_2 آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم

دیگر، بازسازی می‌شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های $NADH$ ، $FADH_2$ و ATP در محل‌های متفاوتی از

چرخه تشکیل می‌شوند. (ج) نام دو مولکول حامل الکترون که در چرخه کربس تشکیل می‌شوند را بنویسید. (خرداد ۹۸)

است. $FADH_2$ از FAD ساخته می‌شود (واکنش ۳) عملکرد زنجیره انتقال الکترون به الکترون‌های پراورزی کدام فرآورده‌های چرخه کربس وابسته است؟ (دی ۱۴۰۰)

(ب) انرژی حاصل از تجزیه مولکول گلوکز در قندگافت و چرخه کربس، صرف ساخته شدن کدام مولکول‌های حامل الکترون می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰) شکل ۷- طرح ساده‌ای از چرخه کربس



(واکنش ۳)

(ج) در چه مرحله‌ای از تنفس یاخته‌ای $FADH_2$ ساخته می‌شود؟ (شهریور ۹۸) (د) طی واکنش‌های (زنجیره انتقال الکترون - چرخه کربس) مولکول $NADH$ به وجود می‌آید. (دی ۹۹)

به این ترتیب با انجام قندگافت، اکسایش پیرووات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌شود. انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول‌های حامل الکترون ($NADH$ و $FADH_2$) می‌شود.

تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های $NADH$ و $FADH_2$ نیز برای تولید ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟

همچنین براساس رابطه کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می‌شود؟ پاسخ این پرسش‌ها در زنجیره انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه نهفته است.

زنجیره انتقال الکترون

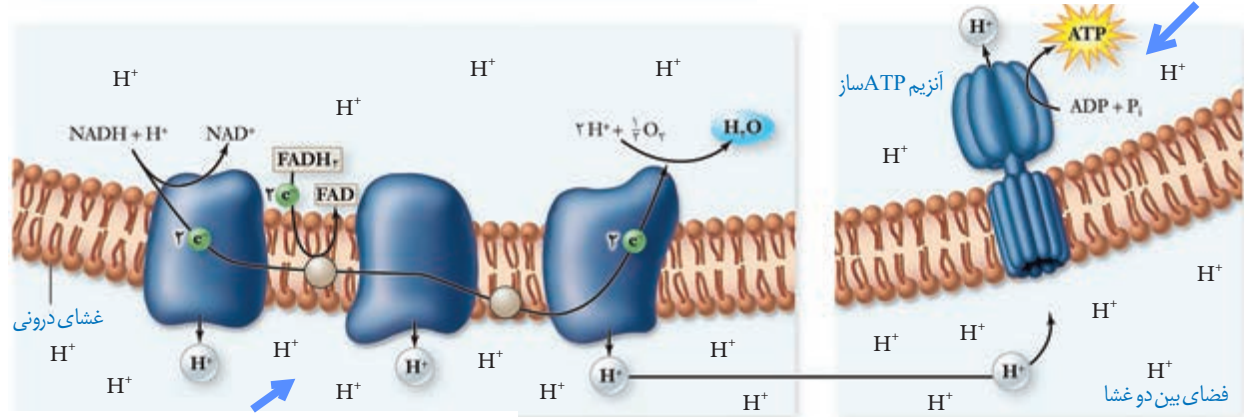
الف) زنجیره انتقال الکترون در کدام بخش راکتیزه قرار دارد؟ (دی ۱۴۰۰)

د) زنجیره انتقال الکترون در چه بخشی از راکتیزه قرار دارد؟ (خرداد ۹۸)

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکتیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.

ب) مجموعه پروتئینی که با شماره ۱ مشخص شده است، چیست؟ (خرداد ۱۴۰۱)



ج) شماره ۲ مربوط به کدام یک از فضاهای راکتیزه است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

الف) یون‌های اکسید ایجاد شده در این زنجیره برای تشکیل چه مولکولی استفاده می‌شوند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند (واکنش ۴).

واکنش ۴- تشکیل آب

ج) چگونه انرژی مورد نیاز آنزیم ATP ساز، برای تشکیل ATP فراهم می‌شود؟

الف) پروتون‌ها (یون‌های H^+) در چند محل از زنجیره انتقال الکترون پمپ می‌شوند؟ (خرداد ۱۴۰۱)



اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در سه محل از زنجیره انتقال

الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از

الکترون‌های پرانرژی $NADH$ و $FADH_2$ فراهم می‌شود.

ب) در زنجیره انتقال الکترون، بر چه اساسی پروتون‌های متمرکز شده در فضای بین دو غشای راکتیزه تمایل دارند به بخش داخلی برگردند؟ (دی ۹۹)

با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضا، نسبت به بخش داخلی

افزایش می‌یابد. پروتون‌ها بر اساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها

راه پیش روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است.

پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP از ADP

در گروه فسفات فراهم می‌شود. ب) پروتون‌های فضای بین دو غشا راکتیزه، توسط چه پروتئینی به بخش داخلی راکتیزه برمی‌گردند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

ج) در زنجیره انتقال الکترون، تنها راه پیش روی پروتون‌ها برای برگشتن به بخش داخلی راکتیزه چه پروتئینی است؟ (خرداد ۹۹)

ب) در زنجیره انتقال الکترون، با ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا، تنها راه پیش روی آن‌ها برای برگشتن به بخش داخلی چیست؟ (دی ۹۸)

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP

است؟ (هـ) ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون در راکتیزه (میتوکندری)، از نوع ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده است. (غ) (شهریور ۹۸)

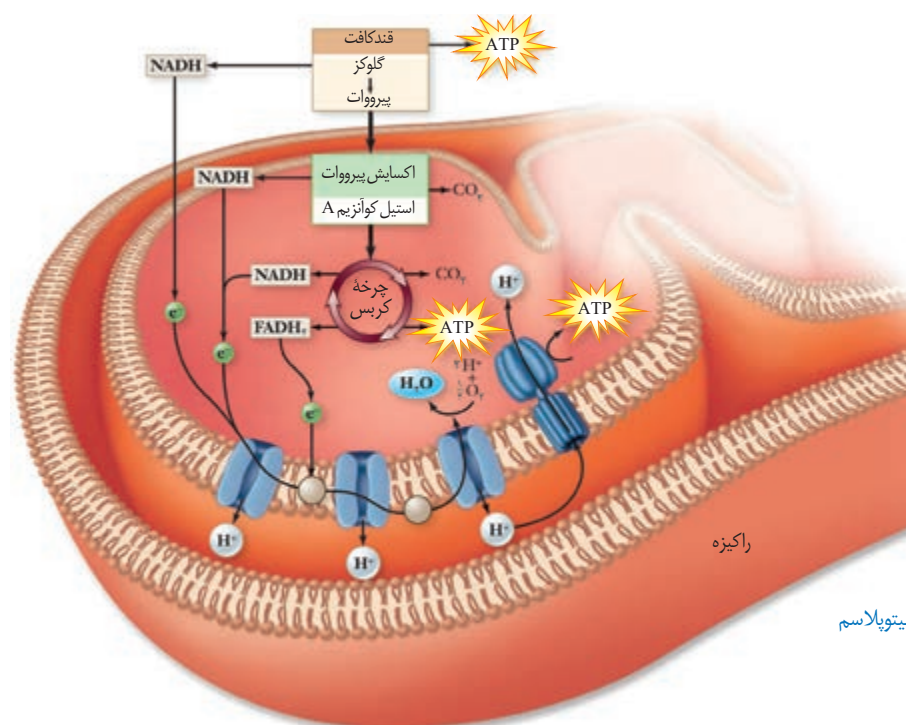
ب) با توجه به نقش غشای درونی راکتیزه در تنفس یاخته‌ای، چنین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکتیزه در تنفس یاخته‌ای، چنین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟ (خرداد ۹۹)

فعالیت ۲

بیشتر بدانید

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که می‌بینید در فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود. پیرووات به راکتیزه می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن دی‌اکسید، ATP، NADH و FADH_2 آب تولید می‌شوند.



شکل ۹- خلاصه‌ای از تنفس هوازی

ارائه دهید

با استفاده از شکل ۹، به طور گروهی طرحی تصویری و نوشتاری از تنفس یاخته‌ای تولید و سعی کنید حداقل واژه‌ها را به کار ببرید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و به صورت‌های متفاوت تولید کنید.

در این پرسش عبارتهایی در مورد «از ماده به انرژی» آورده شده است. عبارتهای مرتبط به هم را در دو ستون مشخص کنید. (یک مورد در ستون «ب» اضافه است.) (شهریور ۱۴۰۰)

«ستون الف»	«ستون ب»
الف) پذیرنده نهایی الکترون در زنجیره انتقال الکترون است.	۱. گلوکز
ب) یکی از مولکول‌های نوکلئوتیددار در چرخه کربس است.	۲. آنزیم ATP ساز
ج) مجموعه پروتئینی که انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات را فراهم می‌کند.	۳. $FADH_2$
د) در ازای تجربه کامل این مولکول در بهترین شرایط، در یاخته‌های یوکاریوت، حداکثر ۳۰٪ ATP تولید می‌شود.	۴. اکسیژن مولکولی
	۵. آب

ه) اگر مقدار ATP در یاخته کم و ADP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس (مهار-فعال) می‌شوند.

د) اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می‌شوند. (ص) (دی ۹۹)

د) مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر چند ATP است؟ (خرداد ۹۹)

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ATP ۳۰ است. باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخه کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود. ج) یاخته‌های بدن انسان به طور معمول از چه منابعی برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند؟ (دی ۹۸)

یاخته‌های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی در اختیار ندارند.

بیشتر بدانید

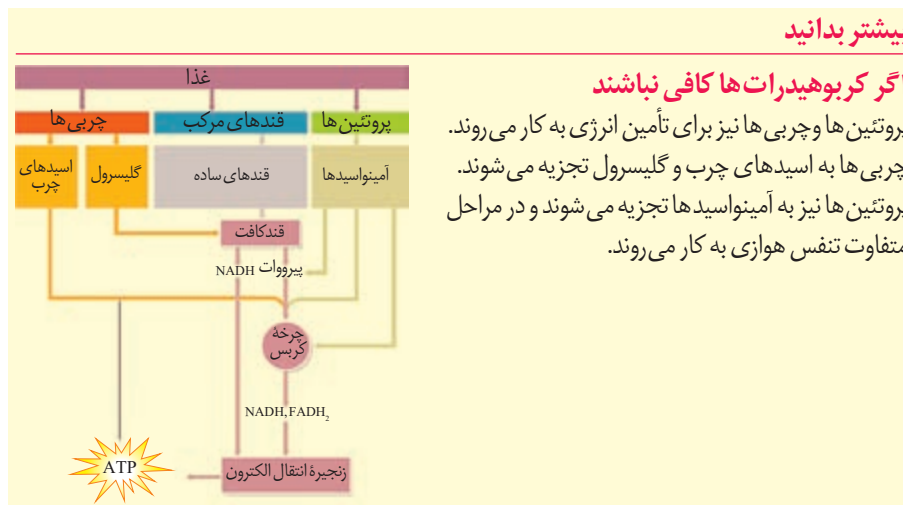
انرژی در دسترس

مقدار انرژی آزاد شده از اکسایش گلوکز در آزمایشگاه در شرایط استاندارد ۶۸۶ Kcal/mol است. اگر در تنفس یاخته‌ای از یک مولکول گلوکز ATP ۳۰ تولید شود، با توجه به اینکه هر ATP حدود ۷/۳ Kcal/mol انرژی دارد، بنابراین بازده فرایند تنفس حدود ۳۲ درصد خواهد بود که بسیار بیشتر از دستگاه‌های ساخت بشر است که در آنها تبدیل انرژی صورت می‌گیرد.

بیشتر بدانید

اگر کربوهیدرات‌ها کافی نباشند

پروتئین‌ها و چربی‌ها نیز برای تأمین انرژی به کار می‌روند. چربی‌ها به اسیدهای چرب و گلیسرول تجزیه می‌شوند. پروتئین‌ها نیز به آمینواسیدها تجزیه می‌شوند و در مراحل متفاوت تنفس هوازی به کار می‌روند.



بیشتر بدانید

ATP بیشتر

باکتری‌ها راکیزه ندارند؛ در نتیجه قندکافت و چرخه کربس در سیتوپلاسم باکتری‌های هوازی انجام می‌شوند. بنابراین به ازای اکسایش هر مولکول گلوکز در تنفس یاخته‌ای در باکتری‌ها تا ATP ۳۲ ممکن است تولید شود.

فعّالیت ۴

گفت‌وگو کنید

شاید دیده باشید که در دانه‌های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آنها رشد و نمو می‌کند. با توجه به اینکه این دانه‌ها خشک اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می‌شود؟

(د) در تخمیر الکلی و لاکتیکی، برای تداوم قندکافت، ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود. (دی ۹۹)
(ه) برای تداوم قندکافت ($NAD^+ - NADH$) ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)

گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

تخمیر

(د) تخمیر الکلی و تخمیر انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آن‌ها بهره می‌بریم. (خرداد ۹۹)

بیشتر بدانید

تخمیر الکلی در پخت نان

Saccharomyces cerevisiae

قارچی تک یاخته‌ای است که نشاسته را تجزیه می‌کند. در

فرایند تولید نان، این قارچ به خمیر

اضافه و خمیر در شرایط مناسب

تولید CO_2 می‌کند.

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است. آیا تجزیه گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟ در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می‌شود؟

تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی و تخمیر**

لاکتیکی انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم. (الف) نام مرحله مشترک بین تنفس یاخته‌ای هوازی و تخمیر چیست؟ (خرداد ۹۸)

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در

قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفات همراه با ایجاد $NADH$ از NAD^+ است؛ بنابراین برای

تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام

نمی‌شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها NAD^+ به وجود می‌آید. در

ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم. (ج) ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر است. (شهریور ۹۸) به علت انجام تخمیر است.

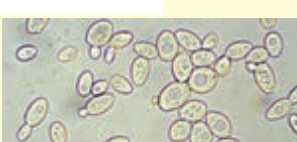
تخمیر الکلی: ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از

مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 ،

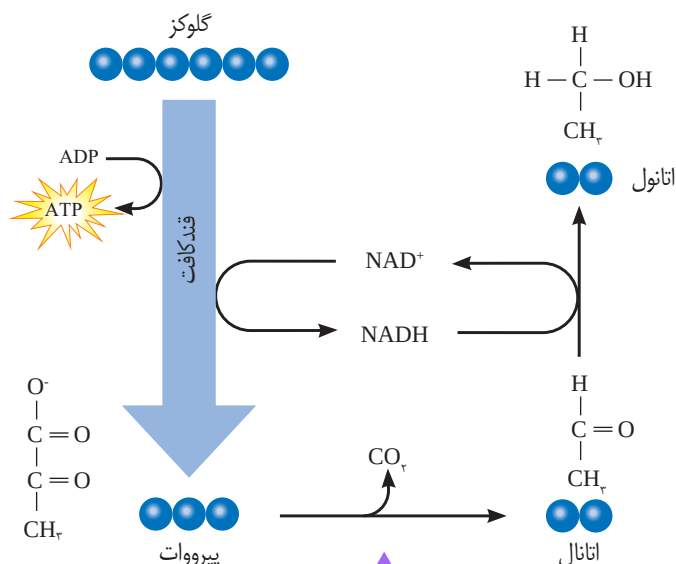
به اتانال تبدیل می‌شود. **اتانال با گرفتن الکترون‌های $NADH$ اتانول ایجاد می‌کند.**

در فرایند تخمیر الکلی، اتانول چگونه از اتانال ایجاد می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰) (الف) در تخمیر الکلی، پیرووات حاصل از قندکافت، چگونه به اتانال تبدیل می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱) (د) در تخمیر الکلی، اتانال چگونه اتانول را ایجاد می‌کند؟ (شهریور ۹۹)

کند. (شهریور ۹۸)



**طرح پرسش از فرمول
ساختاری مواد شیمیایی در
همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور
سراسری ممنوع است.**



شکل ۱۰- تخمیر الکلی (الف) شکل مقابل چه نوع تخمیری را نشان می‌دهد؟ (دی ۹۸)

(ب) نام ماده مشخص شده (۱) را بنویسید. (دی ۹۸)

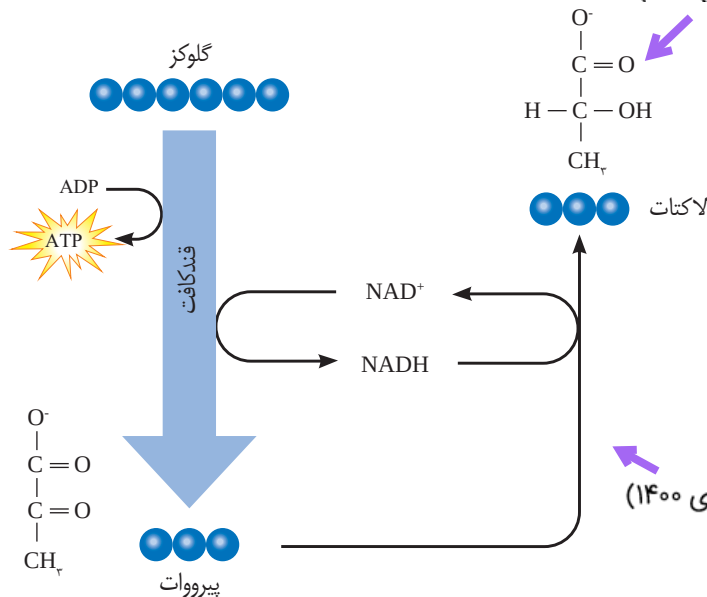
در فعالیت شدید ماهیچه‌ها، اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت چگونه به لاکتات تبدیل می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

د) در فعالیت شدید ماهیچه‌ها، اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات به چه ماده‌ای تبدیل می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

تخمیر لاکتیکی: در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟

فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد اکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های $NADH$ به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).
(ب) گیرنده الکترون‌های $NADH$ در تخمیر لاکتیکی چه مولکولی است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

نام ماده مشخص شده با علامت سؤال را بنویسید. (دی ۱۴۰۰)



الف) شکل مقابل چه نوع تخمیری را نشان می‌دهد؟ (دی ۱۴۰۰)

شکل ۱۱- تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

ه) تخمیر لاکتیکی همواره سبب فساد مواد غذایی می‌شود. (غ) (شهریور ۹۹)

انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فرآورده‌های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فرآورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای

تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پاراننشیمی (نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبزی و شش‌ریشه در درخت خزا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود. هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکلی یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

جاخالی تألیفی

ه) راکیزه‌ها (میتوکندری‌ها) برای مقابله با اثر سمی موادی مانند یون اکسید، به ترکیبات وابسته‌اند.

سلامت بدن: پاداکسنده‌ها

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهنده بافت‌های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟ دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{2-}) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن (H^+) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به صورت رادیکال‌های آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند. (ج) چگونه امکان تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی وجود دارد؟ (خرداد ۹۹)

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند. (د) چرا خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامتی بدن نقش دارند؟ (دی ۹۸)

تجمع رادیکال‌های آزاد: آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟ (ج) اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ (شهریور ۹۹)

مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازنده یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند. عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه‌ها را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

اثر الکل: مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است. (ه) چه عواملی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند؟ (خرداد ۹۸)

نقص ژنی: گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

نقص ژنی چگونه باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود؟ (دی ۹۹)

بیشتر بدانید

تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی

انواعی از باکتری‌ها وجود دارند که می‌توانند در محیط‌های بدون اکسیژن زندگی کنند. این جانداران انرژی موردنیاز خود را از طریق تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی به دست می‌آورند. گیرنده نهایی الکترون در این باکتری‌ها اکسیژن نیست.

در این باکتری‌ها اکسیژن نیست، است.

بیشتر بدانید

سلاح شیمیایی

دولت بعث عراق در جنگ هشت ساله علیه ایران بمب‌های شیمیایی دارای هیدروژن سیانید را به کار برد. هیدروژن سیانید با توقف زنجیره انتقال الکترون در راکیزه سبب مرگ افراد با حالتی شبیه خفگی می‌شود.

دور کردن افراد از محل حادثه، استفاده از ماسک اکسیژن و تنفس مصنوعی از اقدامات مؤثر در نجات جان این افراد است.

ه) سیانید چگونه باعث توقف تنفس یاخته‌ای می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

توقف انتقال الکترون: مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های

تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. **سیانید یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش**

تهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ **این گاز سبب توقف واکنش**

مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید

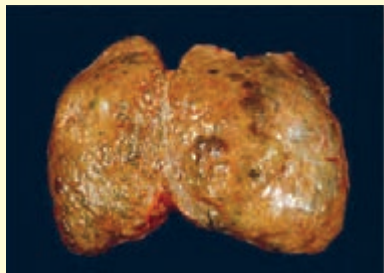
مونواکسیدکربن‌اند. **و) مونواکسیدکربن سبب توقف کدام واکنش زنجیره انتقال الکترون می‌شود؟ (خرداد ۹۸)**

و) یک ترکیب که با مهار کردن انتقال الکترون به O_2 باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود را بنویسید. (شهریور ۹۸)

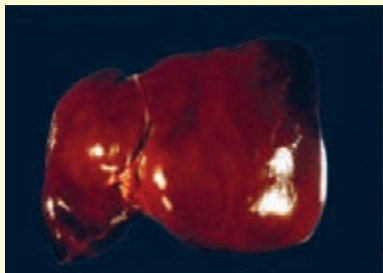
بیشتر بدانید

الکل و سرطان کبد

اثر منفی دیگر الکل بر کبد، به تجزیه چربی‌ها در کبد مربوط می‌شود. سیروز کبدی از عوارض مصرف درازمدت الکل است. این وضعیت به علت اثر منفی الکل بر تجزیه چربی‌ها ایجاد می‌شود. در این بیماری، چربی در یاخته‌های کبدی افراد الکلی تجمع می‌یابد. تجمع چربی مانع از عملکرد درست کبد می‌شود. سیروز کبدی احتمال ابتلا به سرطان کبد را افزایش می‌دهد.



کبد سیروزی



کبد سالم