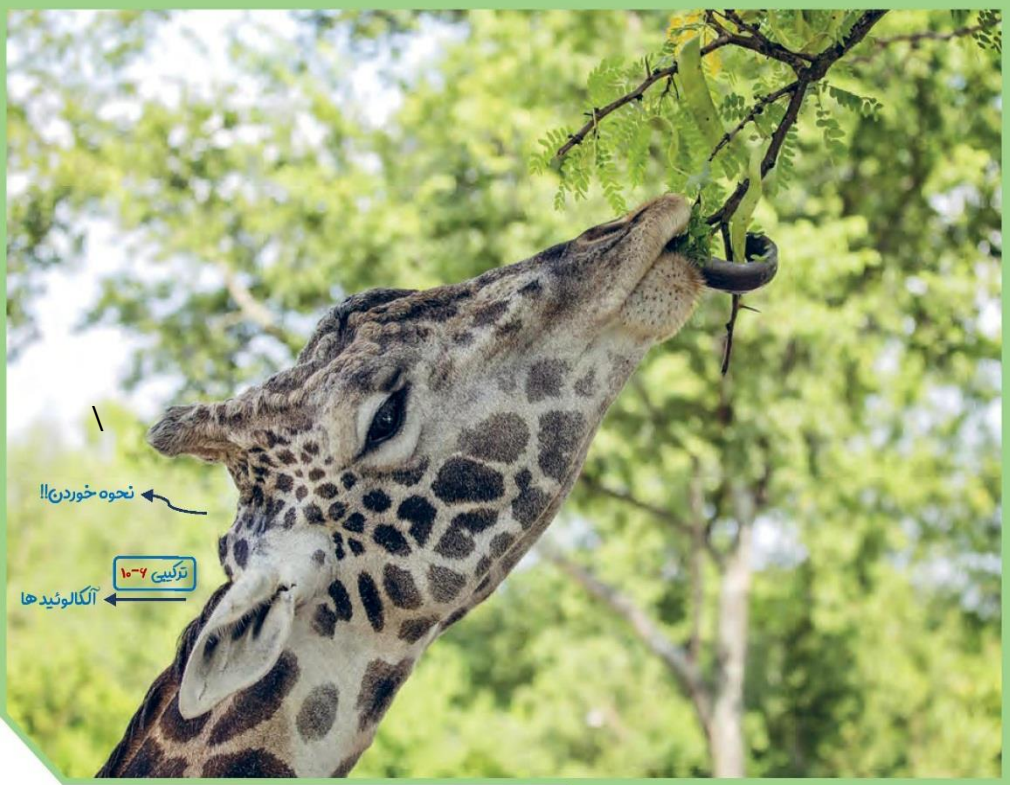


فصل ۵

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؟

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.

ترکیبی ۱-۱۰ غذای جانوران به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از گیاهان تأمین می‌شود

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

باکس نکات:

باکس نکات:

مولکول های حامل فسفات ← مثل کراتین فسفات و مولکول های گلیکولیزه و ...!

گلوکز ← کربوهیدرات
فروکتوز ← اسپرم
ترکیبی ۷-۱۱
لیپید
دیابت
پروتئین

گفتار ۱ تأمین انرژی

فقط در حضور اکسیژن!
تخمیر تنفس نیست!

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).

حاوی انرژی ← مثل ATP ← قابل استفاده مستقیم!

فرآیند کلی تنفس سلولی

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

واکنش ۱ـ تنفس یاخته‌ای

زیاد شدن فسفات در قسمت های مختلف سلول ها ← $P_i \downarrow$ در تنفس سلولی

این واکنش **تنفس یاخته‌ای هوازی**[1] را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیهٔ 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 «ـ ایزه» ساخته شده است.

مثل
۱- اغلب فرآیند های انتقال فعال
۲- درون بری و برون رانی
۳- حرکت سر میوزین
۴- همانندسازی و رونویسی
۵- مصرف انرژی

ATP مولکول پرانرژی

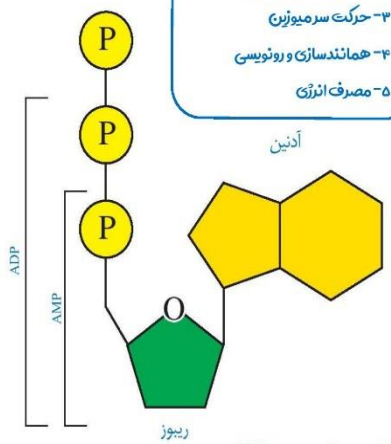
هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

تفاوت آدنین و آدنوزین!

گلوکز قابل استفاده نیست!

ATP یا **آدنوزین تری فسفات**، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (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 دی‌فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری‌فسفات) تشکیل می‌شود (شکل ۱).

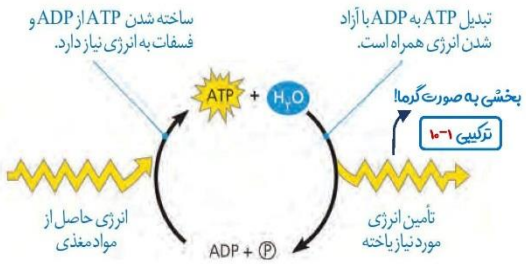
$ADP \leftrightarrow ATP$ $ADP \leftrightarrow AM$



شکل ۱ـ ساخته شدن ATP

*ATP یکی از پیش‌ماده‌های آنزیم رنابسپاراز است و AMP به عنوان واحد سازندهٔ RNA می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

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



شکل ۲ـ تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

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

۱ـ Aerobic Cell Respiration

(جاخالی) شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها مولکول ..... است. (شهریور ۱۴۰۱)

(جای خالی) در مولکول ATP باز آلی آدنین و قند پنج کربنه ریبوز را با هم ..... می نامند. (خرداد ۱۴۰۱)

در مورد ATP و روش‌های ساخته شدن آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (خرداد ۱۴۰۲)

الف) این مولکول با از دست دادن دو فسفات، به عنوان واحد سازنده مولکول دنا می‌تواند استفاده شود یا رنا؟

ب) در این مولکول باز آلی آدنین با حلقه چند ضلعی خود به قند متصل شده است؟

باکس نکات:

افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را **ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده** می‌نامند.

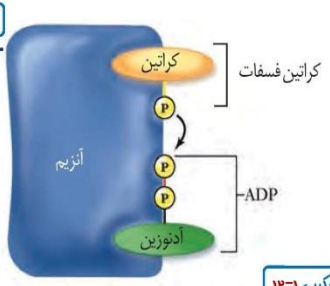
در کتاب «زیست‌شناسی ۲» با نمونه‌ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده آشنا شده‌اید، آیا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه‌ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه‌های تأمین آن در ماهیچه‌ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل ۳). در این مثال کراتین فسفات، پیش‌ماده‌ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می‌رود.

نه تنها راه!

بیشتر بدانید

ارتباط با شیمی

تعریف جامع و امروزی اکسایش و کاهش بر اساس داد و ستد الکترون است. از دست دادن الکترون به معنی اکسایش و گرفتن الکترون به معنی کاهش است.



ترکیبی ۳-۱۱

کراتین فسفات:
۱- تامین انرژی ماهیچه
۲- در هنگام ورزش کراتین بیشتری دفع می‌شود!

شکل ۳ـ ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده

کراتینین

سوال محور

ترکیبی ۱-۱۴

جایگاه فعال فقط برای آدنوزین و کراتین ندارد! برای P ها هم دارد! ← آنزیم ها می‌توانند چند جایگاه فعال داشته باشند! ← برای چند نوع مولکول مختلف!

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP، دو روش دیگرند. در **ساخته شدن اکسایشی**، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود که در ادامهٔ این فصل با آن آشنا می‌شوید. روش دیگر ساخته شدن ATP، **ساخته شدن نوری** است که در سبزدیسه انجام می‌شود (فصل ۶).

زنجیره انتقال الکترون راکیزه

ترکیبی ۷-۱۴

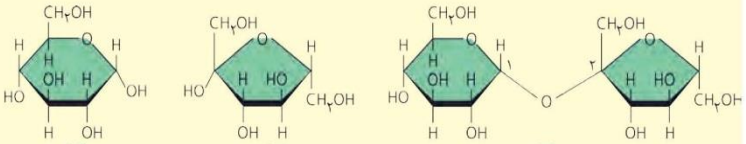
در فتوسنتز

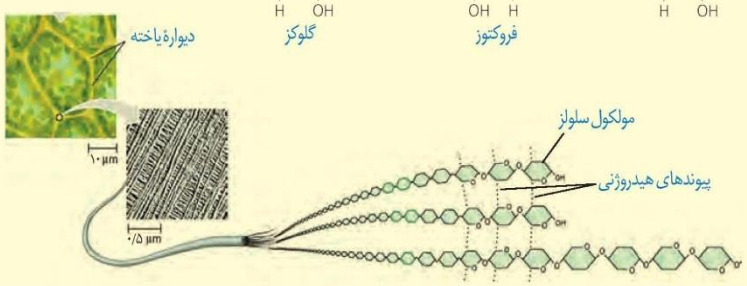
بیشتر بدانید

کربوهیدرات‌ها

کربوهیدرات‌ها دارای کربن، هیدروژن و اکسیژن‌اند. نقش انرژی‌زایی کربوهیدرات‌ها به‌خوبی شناخته شده است. این ترکیبات به علت داشتن پیوندهای هیدروژن ـ کربن، انرژی فراوانی در خود ذخیره و هنگام اکسایش آزاد می‌کنند.

در یک نوع تقسیم‌بندی، کربوهیدرات‌ها را در سه گروه مونوساکاریدها (مانندگلوکز و فروکتوز)، دی‌ساکاریدها (مانند ساکارز) و پلی‌ساکاریدها (مانند سلولز، نشاسته و گلیکوژن) قرار می‌دهند. قند و شکر از ساکارز تشکیل شده‌اند. این دی ساکارید از مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است.





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

(جای خالی) یکی از روش‌های ساخته شدن ATP. ..... است که در سبز دیسه انجام می‌شود. (خرداد ۱۴۰۰)

زیستن با اکسیژن

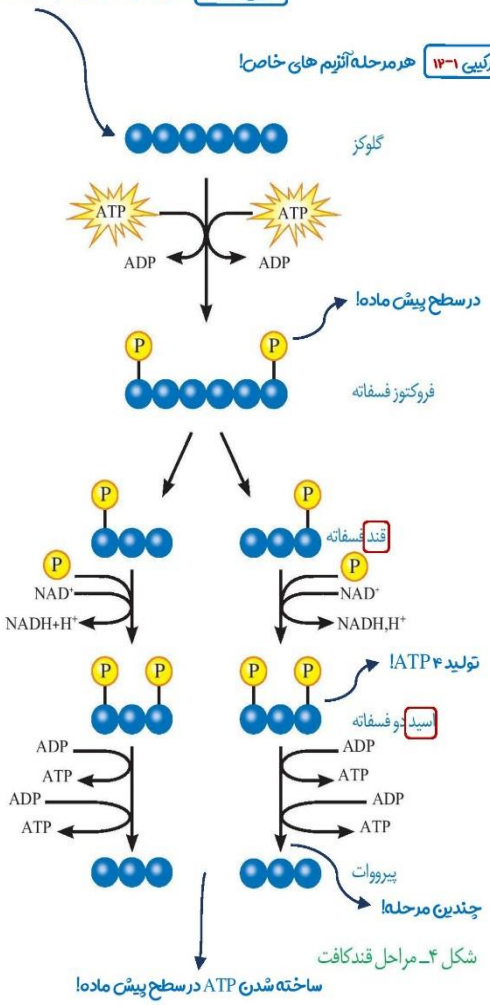
اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز **تنفس یاخته‌ای** را به‌جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

قندکافت (گلیکولیز): اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیهٔ گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به‌صورت یک‌باره، بلکه به‌صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود.

در شکل ۴ می‌بینید که از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنیِ فسفاته به‌وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه‌کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیرواویک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به‌وجود 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 ۴ـ مراحل قندکافت

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

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

فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید

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

باکس نکات:

* اولین مرحلهٔ همه تنفس‌های سلولی در همهٔ یاخته‌هایی که تنفس سلولی را انجام می‌دهند، گلیکولیز است.

* در هر مرحله‌ای که فسفاته شدن قند رخ می‌دهد، ترکیبات دوفسفاته تولید می‌شوند.

* در همهٔ مراحل گلیکولیز، ترکیب فسفات‌دار مصرف می‌شود.

* مولکول‌های نوکلئوتیدی که در طی اولین مرحلهٔ تنفس سلولی تولید می‌شوند

←

.....

(ص/غ) تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یکباره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود. (شهریور۱۴۰۱)

(ص/غ) اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیه گلوکز است. (خرداد۱۴۰۰)

(انتخابی) واکنش تبدیل NAD^+ به NADH از نوع (کاهشی – اکسایشی) است. (دی۱۴۰۰)

(انتخابی) مولکول حامل الکترون که در قندکافت تشکیل می‌شود ($FADH_2$ ـ NADH) است. (خرداد۱۳۹۹)

ساخته شدن ATP در قند کافت با کدام روش انجام می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

مثل کلروپلاست و هسته!

راکیزه مقصد پیرووات

پروتئین های مورد نیاز در تنفس یاخته ای:
۱- ژن تعدادی در کروموزوم های هسته و ساخته شدن توسط ریبوزوم های سیتوپلاسم
۲- ژن تعدادی در دنا های میتوکندری و ساخته شدن توسط ریبوزوم های میتوکندری

مرحلهٔ دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت‌ها در راکیزه انجام می‌شود.

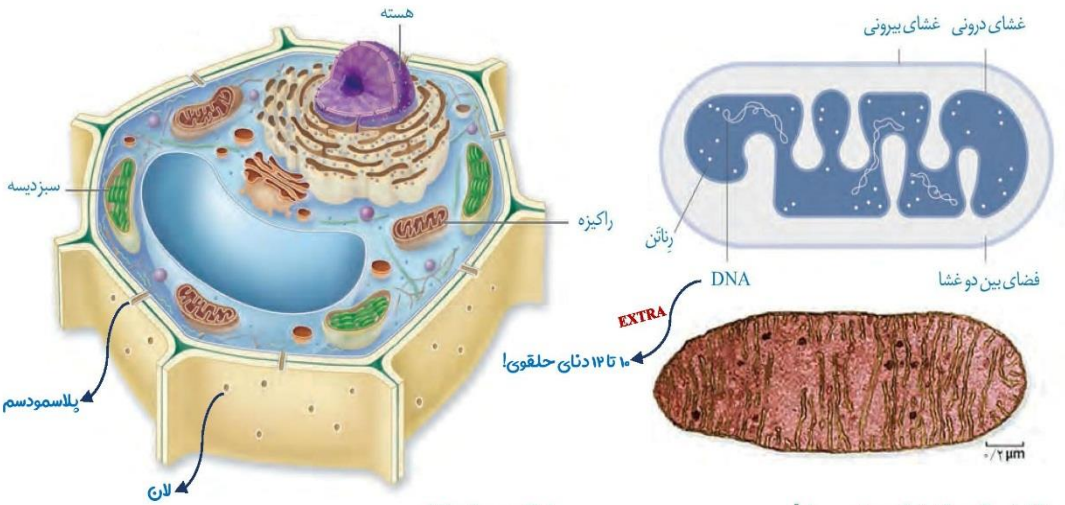
راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود (شکل ۵).

راکیزه دنای مستقل از هسته و رِناتَن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین سازی انجام می‌شود. در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدنِ انواعی از پروتئین های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

* مولکول آغازگر مرحلهٔ هوازی تنفس سلولی ← .....

راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. به‌نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟

به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین هایی وابسته است که ژن‌های آنها در هسته قرار دارند و به‌وسیلهٔ رِناتَن های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

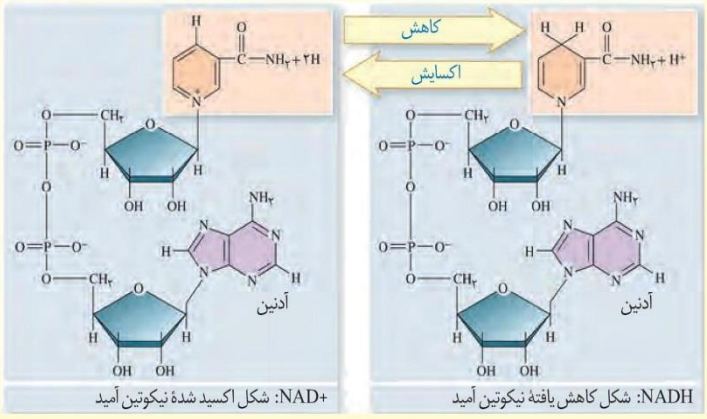


ب) راکیزه در یاخته گیاهی

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

بیشتر بدانید

تبدیل NAD^+ و NADH به یکدیگر



NADH: شکل کاهش یافتهٔ نیکوتین آمید

+NAD: شکل اکسید شدهٔ نیکوتین آمید

باکس نکات:

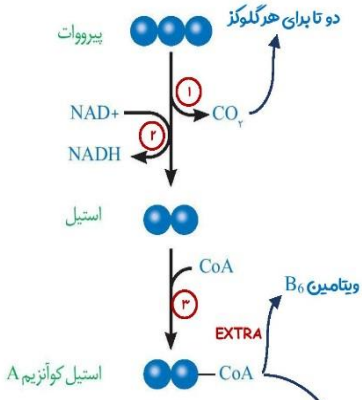
(ص/غ) راکیزه دارای ۲ غشا می باشد که غشای درونی صاف و غشای بیرونی چین خورده هستش .

(ص/غ) راکیزه همراه با یاخته یا مستقل از آن تقسیم می شود .

یون است! ← در فضای درونی میتوکندری!

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

اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به‌نام **چرخهٔ کربس**، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.



شکل ۶ـ اکسایش پیروات و تشکیل استیل کوآنزیم A

ترکیبی ۱۳-۶

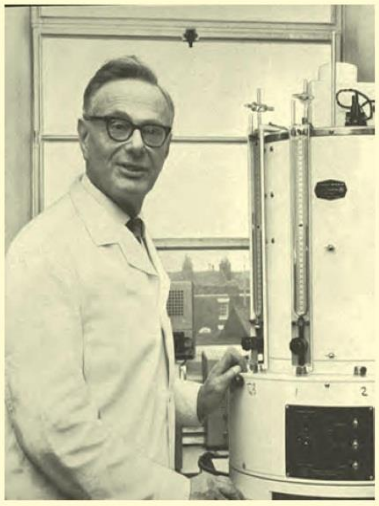
نقش کوآنزیمی در اتصال استیل به مولکول ۴ کربنی!

به طور کلی می‌توان گفت که در تنفس هوازی، هر زمانی که CO_2 آزاد می‌شود، قطعاً NADH نیز تولید می‌شود.

تعداد NADHهای تولید شده و تعداد الکترون‌های مصرف شده تا این مرحله: .....

بیشتر بدانید

دانشمند موفق



هانس آدولف کِربس فیزیک‌دان و زیست‌شیمی‌دان آلمانیِ متولد بریتانیا (۱۹۸۱-۱۹۰۰) بسیاری از مراحل اکسایش پیروات را کشف و معرفی کرد. به همین علت این چرخه، چرخهٔ 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.

؟ (جاخالی) پیروات در راکیزه (میتوکندری) یک کربن دی‌اکسید از دست می‌دهد و به ..... تبدیل می‌شود. (شهریور ۱۳۹۹)

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

طی فرایند تبدیل پیروات به بنیان استیل چه مولکول‌هایی تشکیل می‌شوند؟ (شهریور ۱۳۹۸)

گفتار ۲ اکسایش بیشتر

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیروات و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می‌شود.

نه به CO_2

چرخه کربس

شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخهٔ کربس را نشان می‌دهد. در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش‌کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به‌صورت 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، $FADH_2$[1] و ATP در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.

$FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است. $FADH_2$ از FAD ساخته می‌شود (واکنش ۳).

هر مرحله آنزیم های خاص!
ترکیبی ۶-۱۴
دو تا برای هرگلوکز!
استیل کوآنزیم A
CoA
CoA
مولکول شش کربنی
مولکول چهار کربنی
چرخهٔ کربس
CO_2
مولکول پنج کربنی
CO_2
مولکول چهار کربنی ← متفاوت از اولیه!

شکل ۷ـ طرح ساده ای از چرخهٔ کربس

واکنش ۳)

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons FADH_2$$

به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیروات و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌شود. انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز صرف ساخته شدنِ ATP و مولکول‌های حامل الکترون (NADH و $FADH_2$) می‌شود.

از گلوکز فقط CO_2 مانده!

تشکیل ATP بیشتر

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

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

برای هرگلوکز، ۴ تا CO_2 در چرخهٔ کربس + ۲ تا CO_2 در اکسایش پیروات ← جمعاً ۶ CO_2

در هر کربس، ۱ ATP تولید می‌شود (مجموعاً ۲ تا برای هر گلوکز). ← تعداد ATP های تولیدشده از ابتدا تا پایان کربس؟؟؟

۱- Flavin Adenine Dinucleotide

باکس نکات:

؟ محل تشکیل $FADH_2$ در کدام قسمت راکیزه (میتوکندری) است؟ (شهریور ۱۴۰۲)

زنجیره انتقال الکترون در چه بخشی از راکیزه قرار دارد؟ (خرداد ۱۳۹۸)

نام دو مولکول حامل الکترون که در چرخه کربس تشکیل می‌شوند را بنویسید. (خرداد ۱۳۹۹)

طی واکنش‌های متفاوت چرخه کربس چه مولکول گازی آزاد و چه مولکول بازسازی می‌شود؟ (دی ۱۳۹۸)

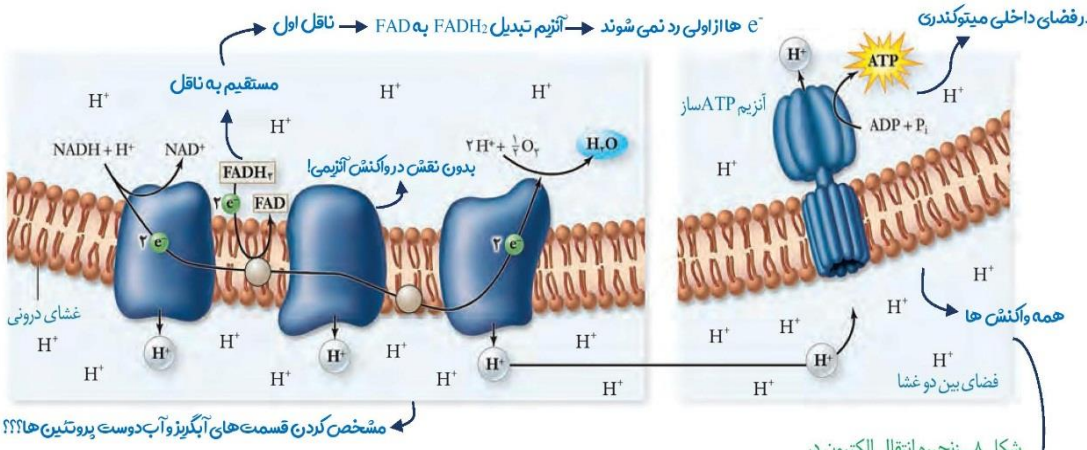
زنجیره انتقال الکترون

هر $FADH_2$ و هر $NADH$، دو e^- دارد!

هر مولکول O_2، ۴ e^- میگیرد!

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه 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.



شکل ۸ـ زنجیره انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP

در غشای درونی / در فضای درونی!

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

واکنش ۴- تشکیل آب

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-} \qquad O^{2-} + 2H^+ + \rightarrow H_2O$$

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

ترکیبی ۴-۱۰

انتقال فعال با انرژی الکترون (نه ATP)

انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟

با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آن‌ها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیش‌روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP‌ساز** است. پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.

ترکیبی ۴-۱۰ ← انرژی جنبشی

پذیرندهٔ نهایی الکترون در زنجیرهٔ انتقال الکترون ← .....

آنزیم ATP‌ساز جزو زنجیرهٔ انتقال الکترون محسوب نمی‌شود؛ ولی فعالیت آن وابسته به زنجیره است.

فعّالیت ۲

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیرهٔ انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP است؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟ افزایش سطح

باکس نکات:

* تولید آب:

۱) انتقال الکترون به O_2 توسط آخرین جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون

۲) تولید ATP توسط آنزیم ATP‌ساز (سنتز آبدهی)

* عوامل کاهش پروتون در بستره میتوکندری:

۱).....

.....

۲)

.....

.....

? (ص/غ) در زنجیره انتقال الکترون راکیزه (میتوکندری)، تولید ATP و آب در بخش داخل صورت می‌گیرد. (خرداد ۱۴۰۲)

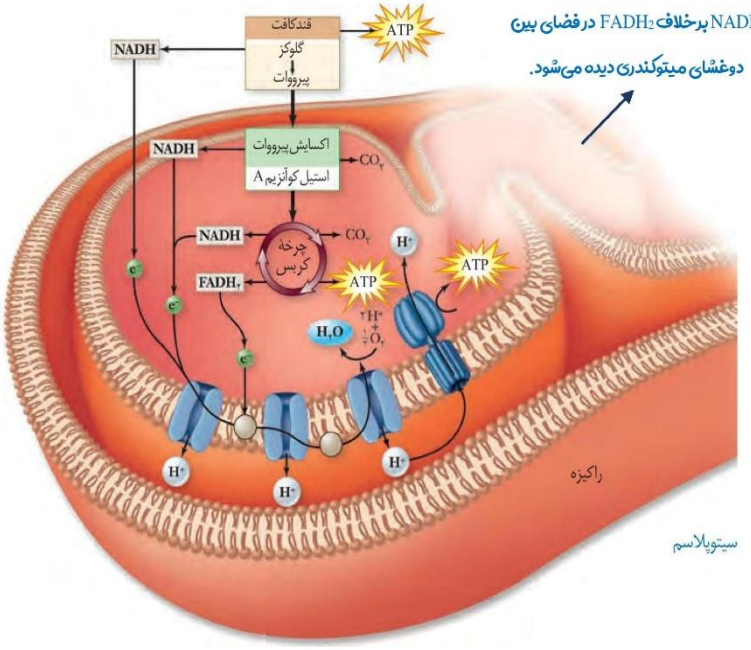
(انتخابی) در زنجیره انتقال الکترون راکیزه، الکترون‌های پرانرژی $FADH_2$، انرژی لازم برای (سه – دو) پمپ پروتون را فراهم می‌کنند. (خرداد ۱۴۰۲)

(انتخابی) الکترون‌های پر انرژی $FADH_2$، از اولین پروتئین پمپ زنجیره انتقال الکترون راکیزه عبور (می‌کند – نمی‌کند). (شهریور ۱۴۰۲)

در زنجیره انتقال الکترون راکیزه، به دنبال پمپ کردن پروتون‌ها، pH کدام قسمت آن کاهش می‌یابد؟ (خرداد ۱۴۰۲)

مروری بر تنفس یاخته‌ای

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



NADH برخلاف $FADH_2$ در فضای بین دوغشای میتوکندری دیده می‌شود.

شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

بیشتر بدانید

ویتامین‌های B و تنفس یاخته‌ای

شاید شنیده باشید که ویتامین‌های گروه B برای سلامت مغز و اعصاب ضروری‌اند. یکی از دلایل آن عملکرد انواعی از ویتامین‌های B به عنوان کوآنزیم در واکنش‌های مربوط به تنفس یاخته‌ای است. مثلاً تشکیل استیل کوآنزیم A وابسته به حضور ویتامین B_1 (تیامین) است. جالب است که مغز حدود دو درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد، اما بیش از ۲۰ درصد انرژی مصرفی در بدن را استفاده می‌کند. بنابراین تغذیه نامناسب می‌تواند بر کارکرد درست مغز از طریق تأثیر بر میزان ATP تولید شده، اثر منفی بگذارد. ویتامین B_2 (ریبوفلاوین) ویتامین B_3 (نیاسین) نیز در تنفس یاخته‌ای نقش کوآنزیمی دارند.

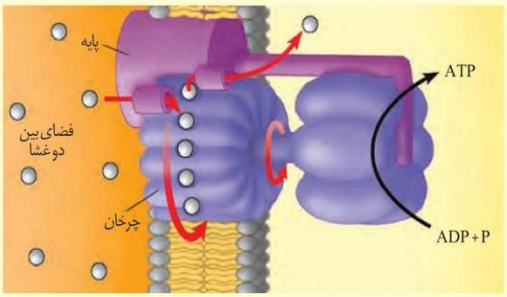
فعّالیت ۳

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 کاربرید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و به صورت‌های متفاوت تولید کنید.

بیشتر بدانید

موتور چرخنده



آنزیم ATP ساز درواقع مجموعه‌ای پروتئینی است که مانند یک موتورچرخنده عمل می‌کند. این موتور دارای پایه، قسمت چرخان و سر است. کانالی که پروتون‌ها می‌توانند از آن عبور کنند، در پایه قرار دارد و از دو نیمه تشکیل شده است. دونیمهٔ کانال رو به روی هم قرار ندارند. پروتون وارد یک نیمه کانال می‌شود و سپس از یک زیر واحد به زیر واحدی دیگر از بخش چرخنده متصل و به نیمهٔ دیگر کانال منتقل و باعث چرخش چرخنده می‌شود. این چرخش به سر، منتقل و سبب می‌شود که سر در وضعیت مناسب برای ساختن ATP قرارگیرد.

باکس نکات:

؟ آنزیم ATP ساز انرژی مورد نیاز برای ترکیب ADP و گروه فسفات را چگونه فراهم می‌کند؟ (شهریور ۱۴۰۲)

باکس نکات:

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت حداکثر ۳۰ ATP 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 چرخهٔ کربس، به‌همان 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 چرخهٔ 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.

ATP ↑ ← تجمع قند در سلول!

یاخته‌های بدن ما به‌طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. درصورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیهٔ 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 طولانی‌مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

افزایش میزان اسیدهای چرب خون

تجزیه پروتئین های انقباضی و ایمنی

یا افراد دیابتی

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 ۳۰ ATP 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

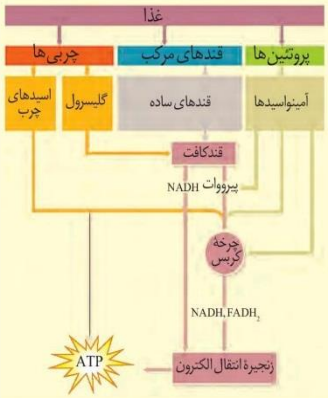
ATP بیشتر

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

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.



فعّالیت ۴

گفت‌وگو کنید

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

از تنفس هوازی!

(انتخابی) **اگر مقدار ATP در یاخته کم و ADP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس (مهار – فعـال) می‌شوند.** (دی ۱۴۰۱)

یاخته‌های بدن انسان‌ها به طور معمول انرژی مورد نیاز خود را از چه منابعی تأمین می‌کنند؟ (شهریور ۱۴۰۱)

شاید دیده باشید که در دانه های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیـا حشـرات و لارو آن‌هـا رشـد و نمـو می‌کنند. با توجه به اینکه این دانه‌ها خشک‌اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز ایـن جـانوران چگونـه تـأمین می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۲)

باکس نکات:

گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

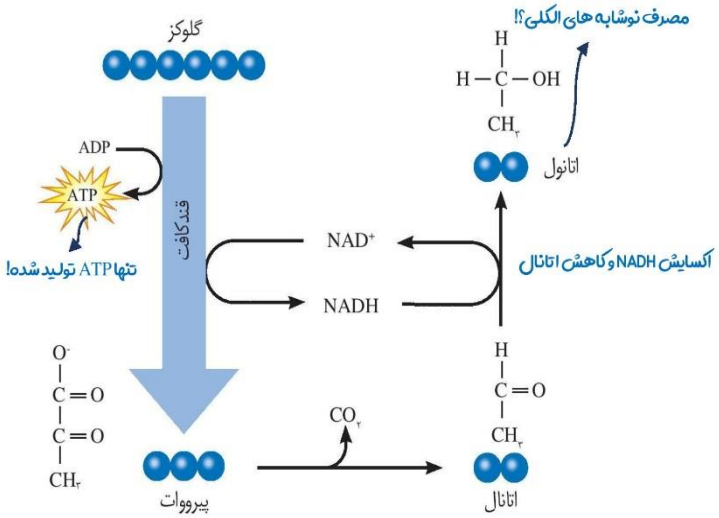
تخمیر ← منبع ساخت انرژی و تولید ATP ← فقط گلیکولیز

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون است. آیا تجزیهٔ 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. ← کاملا در سیتوپلاسم!

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته 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.

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.



شکل ۱۰ـ تخمیر الکلی

فقط در تنفس بی‌هوازی، بازسازی NAD^+ با استفاده از یک پذیرندهٔ آلی هیدروژن انجام می‌شود.

بیشتر بدانید

تخمیر الکلی در پخت نان

Saccharomyces cervisiae قارچی تک یاخته‌ای است که نشاسته را تجزیه می‌کند. در فرایند تولید نان، این قارچ به خمیر اضافه و خمیر در شرایط مناسب نگه‌داری می‌شود. CO_2 حاصل از تخمیر الکلی در خمیر حباب‌هایی ایجاد می‌کند که سبب **ورآمدن** یا **رسیدن خمیر** و در نتیجه تردی نان می‌شود. اتانول تولید شده در خمیر بر اثر حرارت، تبخیر می‌شود. قارچ، راکیزه دارد، اما می‌تواند به روش تخمیر انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.

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

(ص/غ) در فرایند تخمیر، راکیزه (میتوکندری) و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. (دی ۱۴۰۱)

(ص/غ) در تخمیر الکلی، پیرووات حاصل از قندکافت ابتدا به اتانال تبدیل می‌شود.(دی ۱۴۰۰)

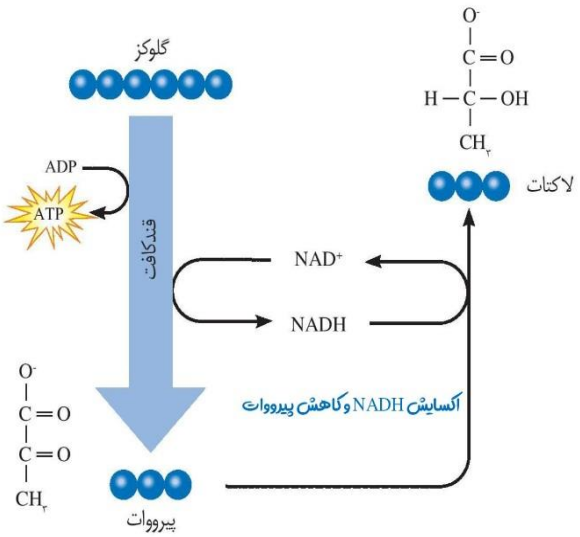
(جای خالی) ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر ..... است. (شهریور ۱۳۹۸)

نام مرحله مشترک بین تنفس یاخته‌ای هوازی و تخمیر چیست؟ (خرداد ۱۳۹۸)

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 راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).

EXTRA:
گلبول های قرمز فاقد اندامک و در نتیجه میتوکندری هستند و با تخمیر لاکتیکی تامین انرژی می کنند!



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

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 فراورده‌های غذایی به‌کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری و خوراکی هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پارانشیمی (نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبزی و شُش‌ریشه در درخت حَرَا 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 الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

باآوندها!

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

باکس نکات:

(ص/غ) تخمیر لاکتیکی همواره سبب فساد مواد غذایی می‌شود. (شهریور۱۳۹۹)

(جای خالی) در تخمیر ..... آخرین پذیرنده الکترون نوعی ماده آلی سه کربنی است. (خرداد۱۴۰۲)

(انتخابی) در تخمیر (الکلی – لاکتیکی) پذیرنده الکترون‌های NADH ، مولکول پیرووات است. (شهریور۱۴۰۱)

در فعالیت شدید ماهیچه‌ها، اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات به چه ماده ای تبدیل می‌شود؟(شهریور ۱۳۹۹)

باکس نکات:

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 تشکیل‌دهندهٔ بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی وجود دارد. اما چگونه؟

دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{2-}) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن (H^+) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به‌وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به‌صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان‌اند.

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 موادغذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و درنتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

کاروتنوئید ها جذب و سپس وارد راکیزه می شوند!

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؟

راکیزه را!!

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 سازندهٔ یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند.

الکل وارد سلول های کبدی می شود!

عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه 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.

نقص ژنی: گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد. ← و به میزان کافی ATP تولید نمی‌کند!

بیشتر بدانید

تنفس یاخته‌ای بی هوازی

انواعی از باکتری‌ها وجود دارند که می‌توانند در محیط‌های بدون اکسیژن زندگی کنند. این جانداران انرژی موردنیاز خود را از طریق تنفس یاخته‌ای بی‌هوازی به‌دست می‌آورند. گیرندهٔ نهایی الکترون در این باکتری‌ها اکسیژن نیست، بلکه ماده‌ای معدنی مانند سولفات 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 زنجیرهٔ 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.

؟ ۱) اثرات بافت مردگی (نکروز) کبد ←

(جای خالی) راکیزه‌ها (میتوکندری‌ها) برای مقابله با اثر سمی موادی مانند یون اکسید، به ترکیبات ..... وابسته‌اند. (دی ۱۴۰۱)

نقص کدام ژن‌ها در عملکرد راکیزه برای خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کند؟ (خرداد ۱۴۰۲)

چه عواملی در عملکرد راکیزه در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند؟ (خرداد ۱۳۹۸)

کاروتنوئید موجود در میوه‌ها و سبزیجات چه نقشی در حفظ سلامت بدن دارند؟ (شهریور ۱۳۹۸)

ترکیبی ۱۴۰۱ سیانید به جایگاه فعال آنزیم تولیدکننده‌ی آب متصل می‌شود و آن را اشغال می‌کند!

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

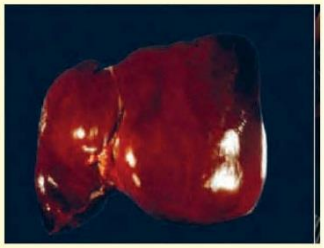
از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری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

مثل سیانید

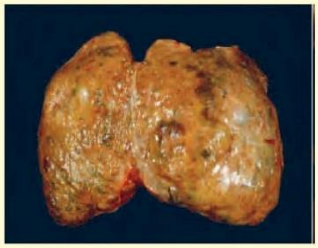
بیشتر بدانید

الکل و سرطان کبد

اثر منفی دیگر الکل بر کبد، به تجزیهٔ چربی‌ها در کبد مربوط می‌شود. سیروز کبدی از عوارض مصرف درازمدت الکل است. این وضعیت به علت اثر منفی الکل بر تجزیهٔ 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 سالم



کبد سیروزی

باکس نکات:

؟ (جاخالی) دود خارج شده از خودروها حاوی چه گازی است که باعث می‌شود ظرفیت حمل اکسیژن در خون کاهش یابد؟ (شهریور ۱۴۰۲)

مونواکسید کربن سبب توقف کدام واکنش زنجیره انتقال الکترون می‌شود؟ (خرداد ۱۳۹۸)

یک ترکیب که با مهار انتقال الکترون به O_2 باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود را بنویسید. (شهریور ۱۳۹۹)