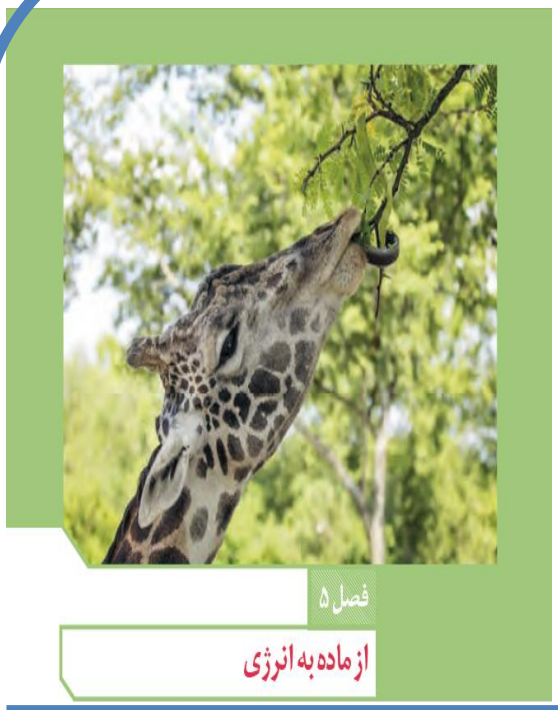
از ماده به انرژی

فصل ۵ زیست ۳

تهیه کننده زهرا ضیاء

اداره کل آموزش و پرورش استان فارس
اداره تکنولوژی و گروه های آموزشی و بررسی محتوا



شناسنامه کار	
دوره	متوسطه دوم
گروه	تجربی
موضوع	درسنامه
مولف	زهرا ضیاء
تاریخ ایجاد	۲۰/۱۰
تاریخ آخرین ویرایش	۱۴۰۰/۱۰/۲۰
رشته	نظری
پایه	دوازدهم
درس/کتاب	زیست/ زیست شناسی ۳
فصل/پودمان	فصل ۵/ از ماده به انرژی

از ماده به انرژی

- اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته های بدنتان انرژی مصرف می کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می شود؟
- چرا ورزش و فعالیت های بدنی شدید، سبب می شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟
- با همه تفاوت هایی که بین ما و زرافه ای که در تصویر می بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔ یکسانی از غذایی که می خوریم تأمین می شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته ها می پردازیم.
- شیوه جذب واستفاده از انرژی در ما و زرافه یکسان است و جز هفت ویژگی می باشد که در همه موجودات زنده وجوددارد

گفتار ۱ تأمین انرژی

تنفس یاخته ای

- به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟
- در کتاب زیست شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می شود.
- تنفس در همه سلول های زنده پروکاریوت و یوکاریوت وجود دارد
- تنفس می تواند به صورت هوازی با مصرف اکسیژن و یا بی هوازی ،بدون مصرف اکسیژن صورت گیرد.
- مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می رود. تنفس یاخته ای

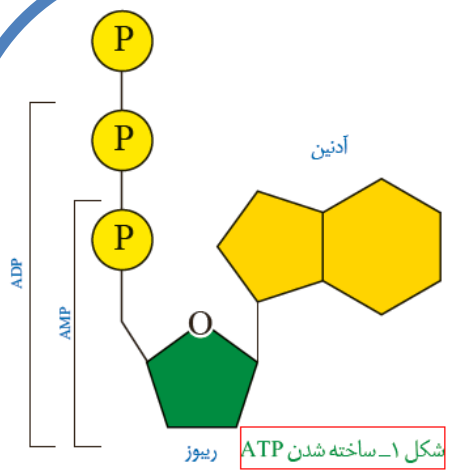
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

تنفس یاخته ای

- این واکنش **تنفس یاخته ای هوازی** را نشان می دهد.
- زیرا تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP با حضوراکسیژن انجام می شود.
- منشأ کربن در ساختار CO_2 از قند گلوکز است
- منشأ هیدروژن در ساختار H_2O از قند گلوکز است

ATP مولکول پرانرژی

- هیچ جانداری نمی تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند.
- حفظ هریک از ویژگی های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.
- ATP یا ***آدنوزین تری فسفات***، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته ها است.
- این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است.(یک ریبونوکلئوتید هست)



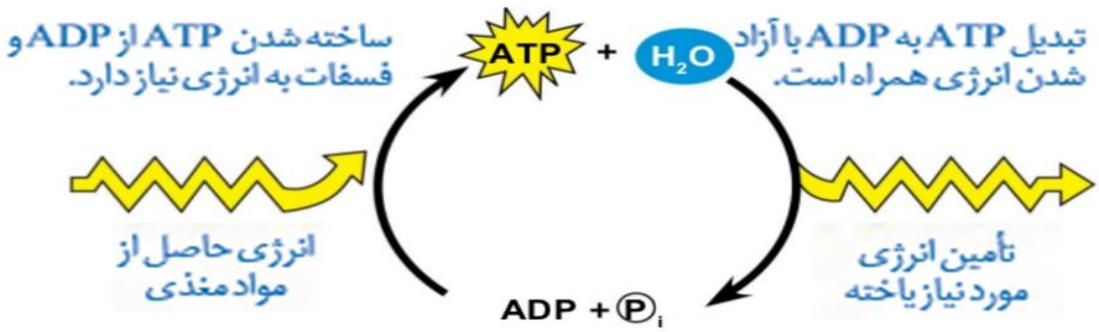
شکل ۱ـ ساخته شدن ATP

افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می دهد.

- در ابتدا AMP(آدنوزین مونو فسفات) فاقد انرژی زیستی می باشد
- با گرفتن یک فسفات ، ADP (آدنوزین دی فسفات) تشکیل می شود.
- با دریافت دومین فسفات پر انرژی در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می شود.
- ATP دارای ۲ گروه فسفات پرانرژی برا مشارکت در فرآیندهای زیستی می باشد.
- در هنگام واکنش ها ترجیح به از دست دادن فسفات دوم پرانرژی می باشد و در نهایت از فسفات اولیه برای آزاد سازی انرژی استفاده می شود

تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

- در شکل ۲ تبدیل ATP و ADP را به یکدیگر می بینید.
- تشکیل ATP از ADP، با مصرف انرژی و تبدیل آن به ADP همراه با آزاد شدن انرژی است.
- واکنش ساخته شدن ATP با مصرف انرژی و آزاد شدن مولکول های آب همراه است.
- واکنش شکسته شدن ATP واکنش انرژی زا و با صرف آب خواهد بود.
- در تمامی این واکنش ها حضور آنزیم ضروری است



شکل ۲ـ تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

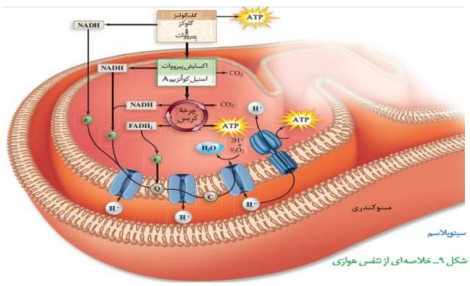
روش های ساخته شدن ATP

- ۱- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده،درماهیچه اسکلتی و در گلیکولیز
- ۲- ساخته شدن اکسایشی در زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری
- ۳- ساخته شدن نوری در کلروپلاست و در هنگام فتوسنتز

- ۱- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده
- برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست.
- یکی از روش های ساخته شدن ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات دار (پیش ماده) و افزودن آن به ADP است.
- به همین علت، این روش را ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده می نامند.
- **مثال ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده**
- در کتاب «زیست شناسی ۲» با نمونه ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده آشنا شده اید، آیا 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.
- در این مثال کراتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود.
- کراتین فسفات در سیتوزول تارعضله توسط آنزیم کراتین کیناز گروه فسفات خود را به ADP می دهد و ATP تولید می شود. و مجدد در سیتوزول یا میتوکندری بازسازی میشود.
- روزانه مقدار اندکی از کراتین در کلیه به کراتینین تبدیل و به عنوان ماده زائد نیتروژن دار دفع می شود.

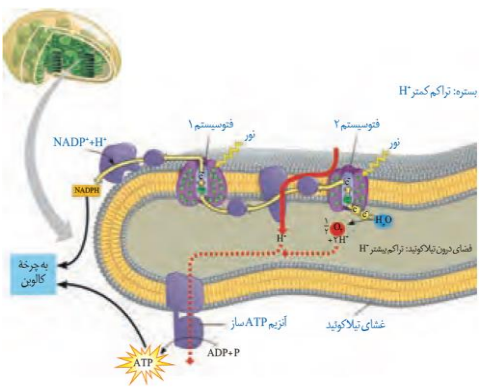
شکل ۳ـ ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

- **۲- ساخته شدن اکسایشی ATP**
- در ساخته شدن اکسایشی، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در میتوکندری ساخته می شود



شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

- **۳- ساخته شدن نوری ATP**
- ساخته شدن نوری در کلروپلاست انجام می شود(فصل ٦).

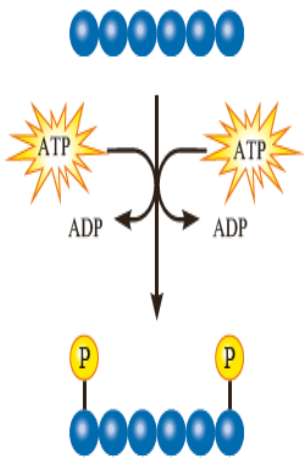


زیستن با اکسیژن

- اغلب، واژه تنفس یاخته ای را برای تنفس یاخته ای هوازی به کار می برند.
- در اینجا ما نیز **تنفس یاخته ای** را به جای تنفس یاخته ای هوازی به کار می بریم.

قندکافت (گلیکولیز) :

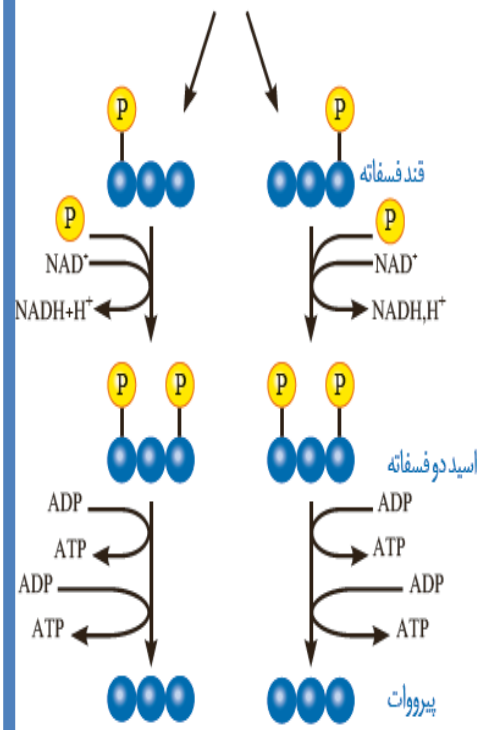
- اولین مرحله تنفس یاخته ای، گلیکولیز و به معنی تجزیه گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می شود.
- تجزیه گلوکز در گلیکولیز، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله ای انجام می شود.



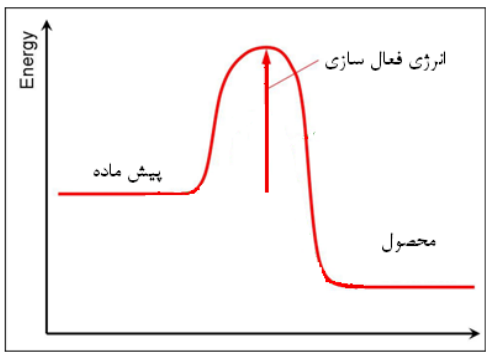
- مکان انجام : ماده زمینه ای سیتوپلاسم (مشترک بین سلول پروکاریوتی و یوکاریوتی) و همه سلول های زنده می باشد
- عدم نیاز به اکسیژن،مشترک بین تنفس هوازی و بی هوازی
- در طی گلیکولیز اکسیژن مصرف یا دی اکسیدکربن تولید نمی شود.
- در مرحله تبدیل قندفسفاته به اسید فسفاته به دلیل تولید پروتون **H+** سیتوپلاسم اسیدی می شود و اسیدیته سلول کاهش می یابد و **ADP** تولید شده در مرحله اول و فعالسازی مورد استفاده قرار می گیرد تا **ATP** بازسازی شود
- سرنوشت پیرووات در سلول پروکاروتی و یوکاریوتی متفاوت خواهد بود
- سرنوشت پیرووات در سلول هوازی و بی هوازی نیز متفاوت هست.

قندکافت (گلیکولیز)

- برای انجام واکنش های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال سازی نیاز هست.
- این انرژی از ATP تأمین می شود.
- در شکل ٤ می بینید که از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می شود.
- از تجزیه این قند، دو قند سه کربنیِ فسفاته به وجود می آید.

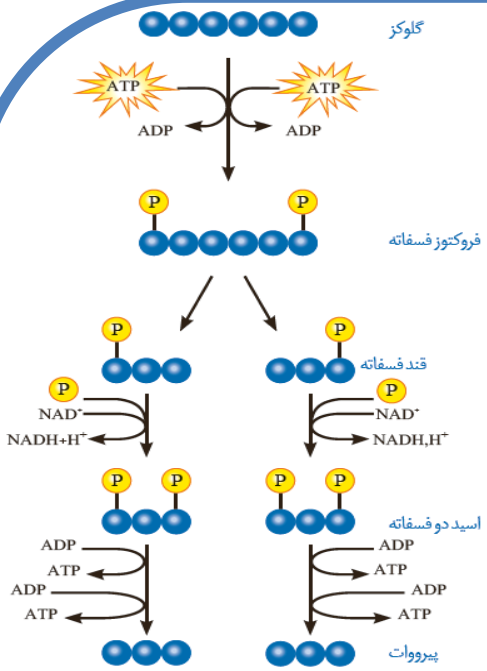


شکل ۴ – مراحل گلیکولیز



قندکافت (گلیکولیز)

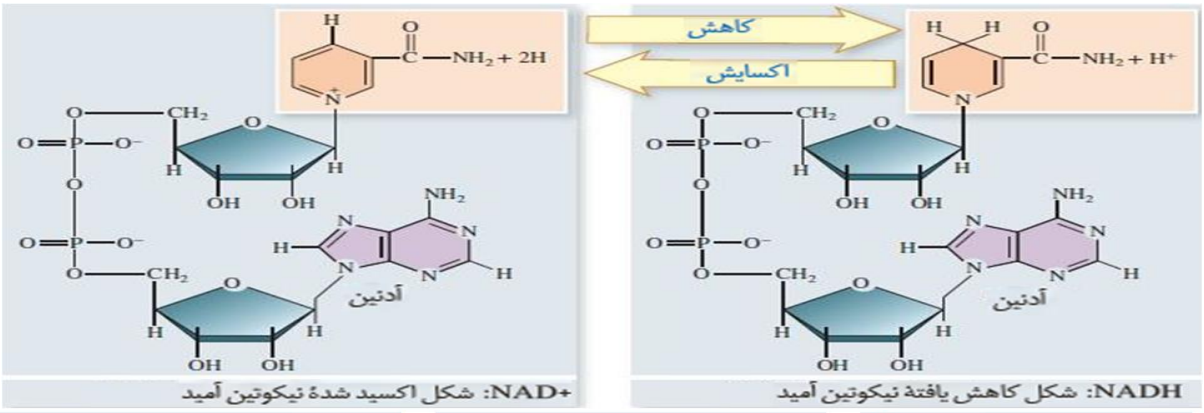
- هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه کربنی تبدیل می شود.
- هر یک از این مولکول های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیرووئیک اسید) تبدیل می شود.
- در این واکنش ها مولکول های ATP و NADH به وجود می آیند.
- پیرووات بنیان پیروپیک اسید است
- تولید ATP در گلیکولیزاز روش سطح پیش ماده رخ می دهد.



شکل ۴ – مراحل گلیکولیز

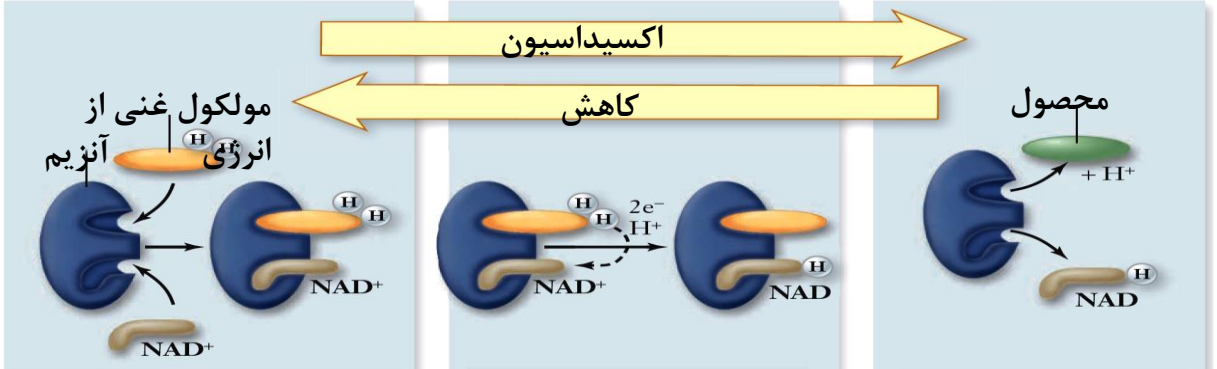
NADH (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید)

- NADH حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD+ به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می شود.
- NAD+ و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می شوند



NADH: شکل کاهش یافتهٔ نیکوتین آمید

+NAD: شکل اکسید شدهٔ نیکوتین آمید



NADH می تواند الکترون ها را به سایر مولکول ها اهدا کند

دو الکترون و یک پروتون به NAD + منتقل می شود و NADH حاصل می شود و پروتون **دیگر** در محلول جابجا می شود

آنزیم هایی که از NAD + برای اکسیداسیون و احیا به عنوان یک کوآنزیم استفاده می کنند به NAD + و پیش ماده متصل می شوند

➢ **NADH** (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید)

➢ NAD+ با گرفتن الکترون **کاهش** و NADH با از دست دادن الکترون **اکسایش** می یابد.

$$NAD^+ + ۲H^+ + ۲e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

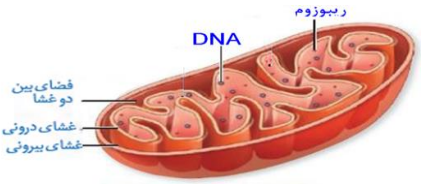
واکنش ۲ــ یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می‌رود.
بنابراین محصول به صورت $NADH + H^+$ در واکنش نوشته می‌شود.

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؟

➢ ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

➢ چون با افزوده شدن فسفات از یک اسید ساخته می شود



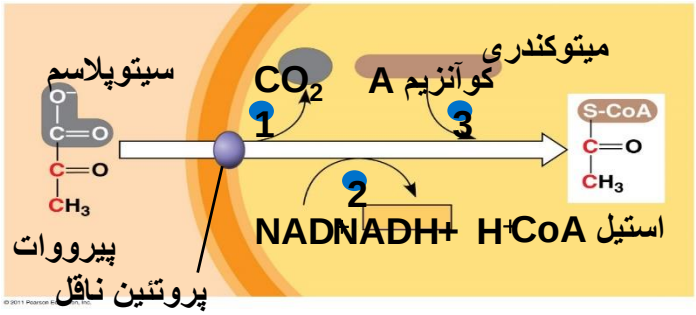
➢ **میتوکندری مقصد پیرووات**

➢ مرحلهٔ دیگر تنفس یافته ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت ها در میتوکندری انجام می شود

➢ ورود پیرووات به میتوکندری همراه با صرف انرژی و به صورت انتقال فعال هست.

➢ مرحلهٔ دیگر تنفس یافته ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت ها در میتوکندری انجام می شود

➢ ورود پیرووات به میتوکندری همراه با صرف انرژی و به صورت انتقال فعال هست.



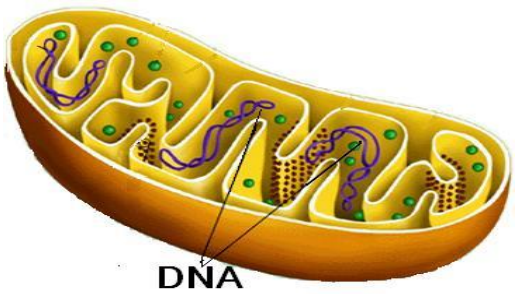
➢ **میتوکندری مقصد پیرووات**

➢ میتوکندری دو غشا دارد

➢ غشای بیرونی صاف می باشد و دارای منشا یوکاریوتی است

➢ غشای درونی آن به داخل چین خورده است. و دارای منشا پروکاریوتی است

➢ درنتیجه، فضای درون میتوکندری به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می شود.



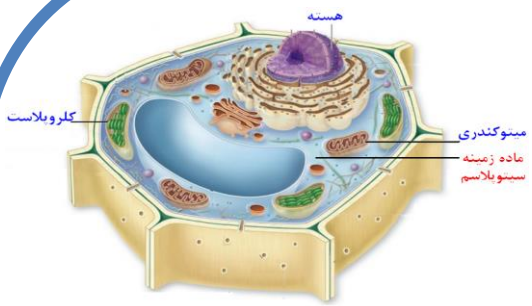
➢ **میتوکندری مقصد پیرووات**

➢ میتوکندری DNA مستقل از هسته دارد

➢ ریبوزوم های مخصوص به خود را دارد و بیشتر شبیه به سلول های پروکاریوتی هست

➢ بنابراین پروتئین سازی در میتوکندری انجام می شود.

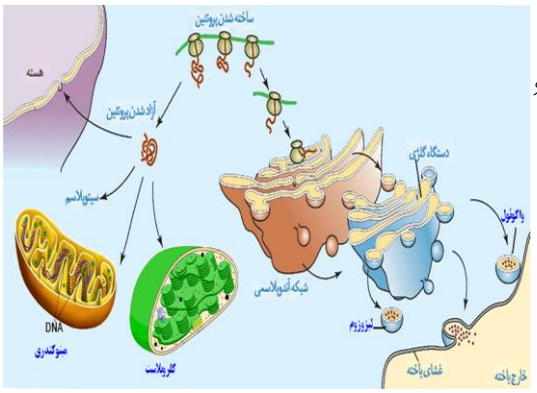
➢ در DNA میتوکندری ، ژن های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی از پروتئین های مورد نیاز درتنفس یافته ای وجود دارند.



میتوکندری مقصد پیرووات

- میتوکندری همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می شود.
- به نظر شما مستقل بودن تقسیم میتوکندری از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟
- تبدیل تار تند به کند را در سلول ماهیچه مخطط به یاد دارید؟
- تامین انرژی لازم متناسب با فعالیت سلول به کمک میتوکندری تامی می شود.
- تعداد میتوکندری های سلول شاخصی از میزانتنفس سلولی است.

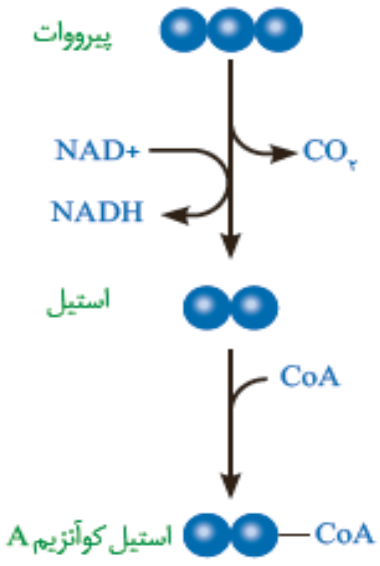
میتوکندری در یاخته گیاهی



- به هر حال میتوکندری برای انجام نقش خود در تنفس یاخته ای به پروتئین هایی وابسته است که ژن های آنها در هسته قرار دارند و به وسیله ریبوزوم های سیتوپلاسمی ساخته می شوند.
- میتوکندری بخشی از پروتئین های مورد نیاز خود را می سازد و بخشی را از ریبوزوم های آزاد موجود در سیتوپلاسم تحویل می گیرد.

اکسایش پیرووات:

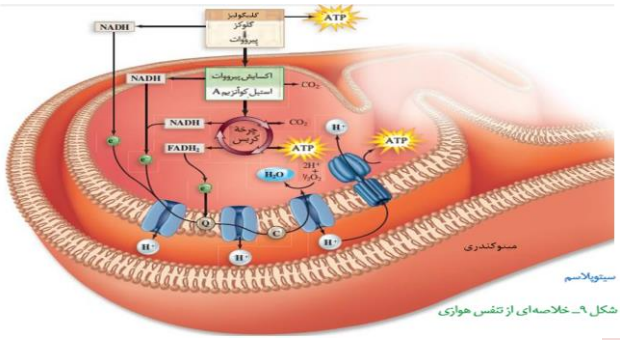
- گفتیم که در انتهای گلیکولیز، پیرووات به وجود می آید.
- این مولکول از طریق انتقال فعال وارد میتوکندری می شود و در آنجا اکسایش می یابد.
- پیرووات در میتوکندری یک کربن دی اکسید از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود.
- استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم **A**، استیل کوآنزیم**A** را تشکیل می دهد.
- در این واکنش**NADH** نیز به وجود می آید و ماده زمینه ای میتوکندری نیز به دلیل وجود پروتون ها کاهش اسیدیته را خواهد داشت.
- محصولات این مرحله وارد چرخه کربس می شوند و بخشی از آن برای تولید **ATP**بایستی تحویل زنجیره انتقال الکترون شود.
- در این مرحله تولید مستقیم **ATP** مشاهده نمی شود.
- در این مرحله مصرف اکسیژن مشاهده نمی شود.
- در باکتری ها این مرحله در سیتوپلاسم سلول رخ می دهد
- دی اکسیدکربن تولید شده در این مرحله در جانوران و باکتری ها به محیط منتشر می شود و در گیاهان در کلروپلاست صرف فرآیند فتوسنتز خواهد شد



اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

اکسایش استیل کوآنزیم A

- اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام **چرخهٔ کربس**، در بخش داخلی میتوکندری انجام می گیرد



شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

- تنفس سلولی

تجزیه گلوکز

- **مرحله ۱** (گلیکولیز)
  - گلوکز ← پیروات
    - در سیتوپلاسم
- **مرحله ۲**
  - عدم وجود اکسیژن
    - تخمیر
      - غشاء باکتری
  - وجود اکسیژن
    - اکسایش
      - درون میتوکندری

گفتار ۲ اکسایش بیشتر

- مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه شود.
- بخشی از تجزیه گلوکز در گلیکولیز و اکسایش پیروات و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می شود.
- پیروات به صورت مستقیم نمی تواند وارد چرخه کربس شود

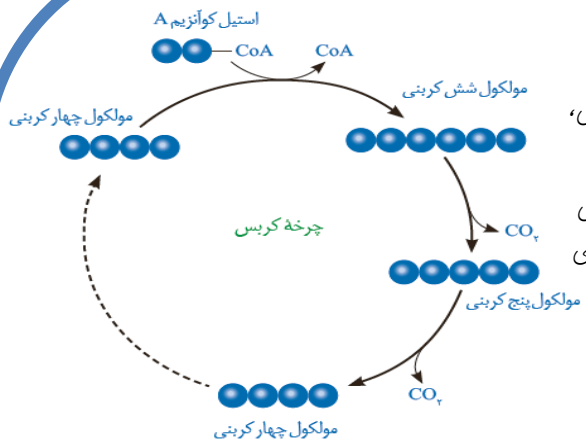
دانشمند موفق

هانس آدولف کربس فیزیک‌دان و زیست‌شیمی‌دان آلمانی 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 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.

چرخه کربس

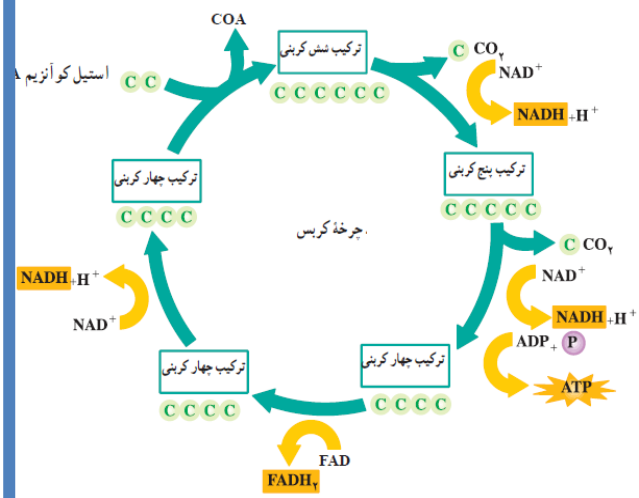
- در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می شود.
- پس از آن در طی واکنش های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می دهد، دو اتم کربن به صورت CO_2 آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می شود
- چرخه کربس را چرخه اسید سیتریک نیز می گویند



شکل۷ــ طرح ساده ای از چرخهٔ کربس

اکسایش مولکول شش کربنی

- از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس، مولکول های NADH ، FADH2 و ATP در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند.
- اولین CO_2 در تولید یک ترکیب ۵ کربنی از ترکیب ۶ کربنه آزاد می شود
- دومین CO_2 در مرحله تولید یک ترکیب ۴ کربنی از ترکیب ۵ کربنه آزاد می شود.



FADH2

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

- FADH2 ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است FADH2 از FAD با دریافت الکترون و پروتون ساخته می شود.

نتیجه حاصل از تجزیه کامل گلوکز

- به این ترتیب با انجام گلیکولیز، اکسایش پیروات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه می شود .
- انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول های حامل الکترون (NADH و FADH 2) می شود.

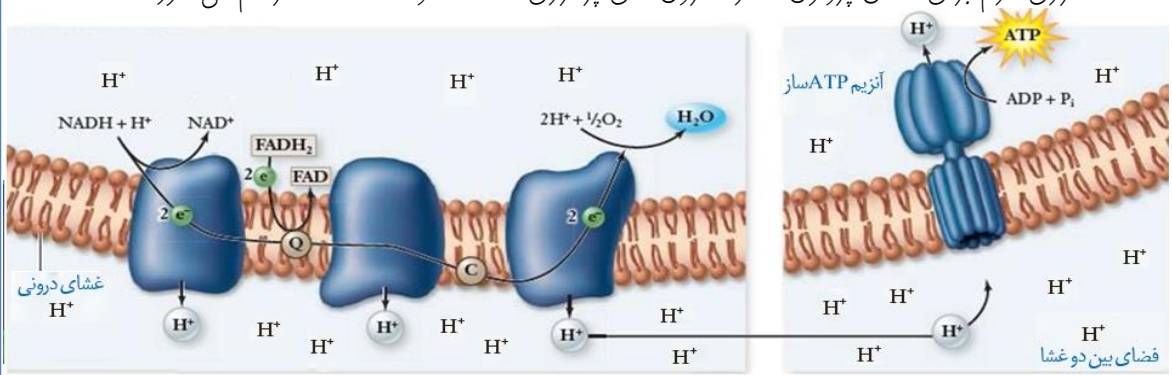
تشکیل ATP بیشتر

- دیدیم که در تنفس یاخته ای ATP به وجود می آید.
- جالب است بدانیم که مولکول های NADH و FADH2 نیز برای تولید ATP مصرف می شوند.
- چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می رود؟
- همچنین براساس رابطهٔ کلی تنفس یاخته ای می دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می شود.
- آب چگونه در این فرایند تولید می شود ؟
- پاسخ این پرسش ها در **زنجیرهٔ انتقال الکترون** در غشای درونی میتوکندری نهفته است.

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

زنجیره انتقال الکترون

- این زنجیره از مولکول هایی تشکیل شده است که در غشای درونی میتوکندری قرار دارند و می توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.
- در این زنجیره پروتئین هایی هستند که مانند پمپ پروتونی هستند .
- در این زنجیره می بینید که الکترون ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می رسند.
- اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی)تبدیل می شود.
- یون های اکسید در ترکیب با پروتون هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول های آب را تشکیل می دهند.
- اگر به شکل ۸ توجه کنید، می بینید که پروتون ها (یون های H^+) در سه محل از زنجیرهٔ انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می شوند.
- انرژی لازم برای انتقال پروتون ها از الکترون های پرانرژی NADH و $FADH_2$ فراهم می شود.



شکل ۸ــ زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری و تشکیل ATP

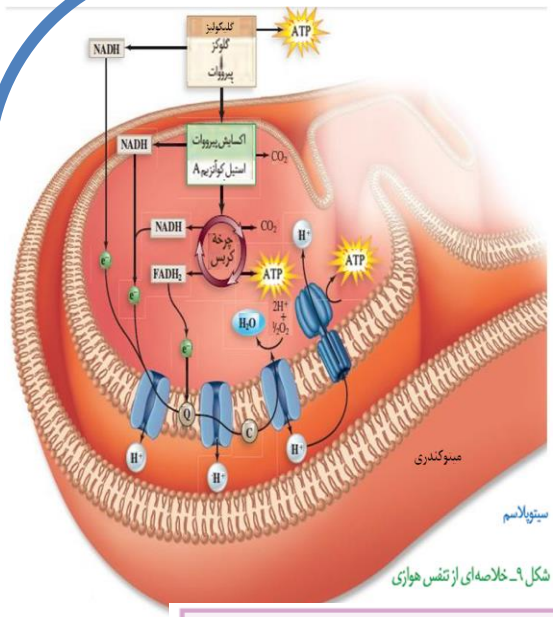
- **انتظار دارید ادامه ورود پروتون ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه ای در پی داشته باشد؟**
- با ورود پروتون ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می یابد.
- پروتون ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند
- اما تنها راه پیش روی پروتون ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** است.
- آنزیم ATPساز جزو زنجیره انتقال الکترون محسوب نمی شود
- پروتون ها براساس شیب غلظت از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می شود(ساخته شدن ATP از زنجیره انتقال الکترون)
- آ ب تولیدی در میتوکندری در حین تنفس هوازی می تواند باعث شود که لارو حشرات در دانه های خشک تقریباً و بدون آب مواردی مثل نخود و لوبیا رشد کند

فعالیت 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؟

- الف. براساس آنچه در زنجیره انتقال الکترون ساخته شدن **ATP**با اکسایش مولکول ها و در نهایت اکسیژن دوبار منفی همراه است.
- ب. غشا محل اجزای زنجیره انتقال الکترون است بنابراین گسترش غشا به شکل چین خوردگی امکان حضور عوامل زنجیره انتقال الکترون را بیشتر می کند.



شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

مروری بر تنفس یافته ای

خلاصه ای از تنفس یافته ای:

- در فرایند گلیکولیز از گلوکز پیروات ایجاد می شود.
- پیروات به میتوکندری می رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می یابد.
- استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می شود.
- در تنفس یافته ای مولکول های کربن دی اکسید، ATP، NADH، $FADH_2$ و آب تولید می شوند.
- پمپ های پروتونی برای عبور پروتون ها برخلاف شیب غلظت از انرژی الکترون ها استفاده می کنند.

فعالیت ۳

ارائه دهید

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

- تنفس سلولی
  - گلیکولیز محل انجام سیتوپلاسم
  - تولید پیروات، تولید ATP , NADH
  - اکسایش پیروات
    - محل انجام در سلول یوکاریوت درون میتوکندری
  - تولید استیل کوآنزیم A- و ملکول ناقل NADH
  - چرخه کربس
  - تولید
    - ATP,NADH,FADH2
  - زنجیره انتقال الکترون
    - (غشای داخلی میتوکندری)
  - تولید آب و ATP

#تنفس_سلولی: شامل مراحل ۱. گلیکولیز ۲.اکسایش پیروات ۳ . چرخه کربس ٤. زنجیره انتقال الکترون

- #میتوکندری:
- ۱. اندامک هوازی است که نیاز به اکسیژن دارد
- ۲. با تقسیم دوتایی زیاد میشود
- ۳. دارای دنای حلقوی ریبوزوم های کوچک و مولکول رنا می باشد
- ٤. تقسیم آن همراه با تقسیم سلول و یا مستقل است آن انجام می شود
- ۵. دو غشا دارد که غشای خارجی صاف و غشای درونی چین خورده است
- ٦.چین خوردگی های غشای درونی میزان تولید ATP را افزایش می دهد
- ۷. میتوکندری دو فضا دارد فضای بین دو غشا و فضای محصور شده توسط غشای درونی که به آن ماتریکس می گویند.
- ۸. واکنش های اکسایش پیروات و چرخه کربس در ماتریکس میتوکندری اتفاق می افتد.
- ۹.هورمونهای تیروئیدی T4 و T3 با اثر بر میتوکندری و افزایش فعالیت آنها میزان تنفس سلولی را افزایش می دهد
- ۱۰. گلیکولیز در ماده زمینه ای سیتوپلاسم انجام می شود
- ۱۱.در گام اول نیاز به ۲ مولکول ATP برای فعال شدن گلوکز وجود دارد.
- ۱۲.در گام های بعدی ابتدا دو مولکول NADH و در نهایت ٤ ATP تولید می شود
- ۱۳. محصولات گلیکولیز ٤ مولکول ATP به صورت ناخالص و دو مولکول به صورت خالص؛ ۲ مولکول پیروات و ۲ مولکول NADH می باشد.
- ۱٤.انجام گلیکولیز ربطی به وجود یا نبودن اکسیژن ندارد.

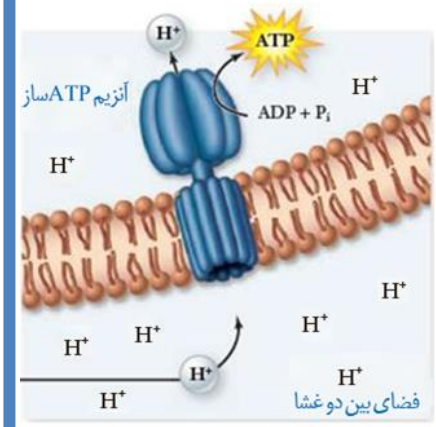
مرحله اکسایش_پیرووات

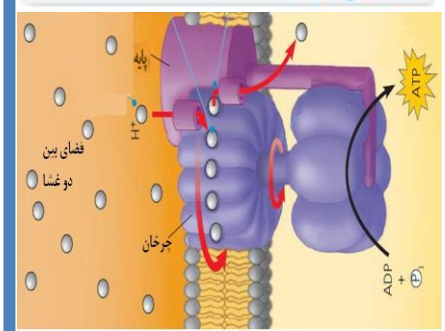
- ۱. درصورت وجود اکسیژن پیروات با انتقال فعال وارد میتوکندری می شود.
- ۲. اکسایش پیرووات و چرخه کربس در ماتریکس میتوکندری انجام می شود.
- ۳. پیرووات در ماتریکس یک CO2 از دست داده و همزمان اکسید نیز می شود و یک بنیان استیل ایجاد می کند.
- ٤. در این مرحله به ازای هر پیرووات یک CO2 و یک NADH و یک بنیان استیل تولید می شود.
- ۵. بنیان استیل با کوآنزیم A ترکیب شده و استیل کوآنزیم A ایجاد می شود که وارد چرخه کربس می شود.

چرخه کربس

- ۱. در ماتریکس میتوکندری انجام می شود.
- ۲.در گام اول استیل کوآنزیم A با یک اسیدآلی ٤ کربنه ترکیب می شود و یک اسید ٦ کربنه ایجاد می شود.
- ۳. در گام های مختلف چرخه کربس ATP و NADH و FADH2 تولید می شود.
- ٤.تولید ATP در سطح پیش ماده در گلیکولیز و چرخه کربس انجام می شود.
- ۵.به ازای هر مولکول گلوکز دو مولکول پیروات ایجاد می شود و ۲ بار اکسایش پیروات و ۲ بار کربس انجام می شود.

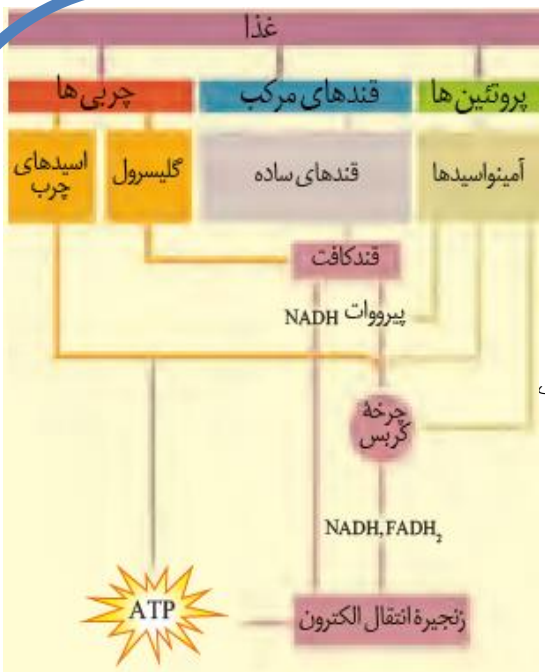
- ۱.زنجیره انتقال الکترون در غشای درونی میتوکندری قرار دارد.
- ۱. الکترونهای **NADH** از ۵ ناقل الکترون عبور می کند که انرژی الکترون ها در سه ناقل باعث انتقال + **H** از ماتریکس به فضای بین دو غشا در خلاف شیب غلظت می شود.
- .الکترونهای **FADH2** از ۴ ناقل عبور می کند و دو ناقل باعث انتقال + **H** از ماتریکس به فضای بین دو غشا می شود.
- . غلظت پروتون در فضای بین دو غشا بیشتر از ماتریکس است.
- کمپلکس آنزیمی در غشای درونی میتوکندری به نام آنزیم **ATP**ساز وجود دارد این آنزیم پروتون را در جهت شیب غلظت از فضای بین دو غشا به ماتریکس منتقل کرده (انتشار تسهیل شده) و **ADP**و **Pi**را باهم ترکیب کرده و **ATP**و یک مولکول آب تولید می کند.
- آنزیم **ATP**ساز دو خاصیت دارد یکی کانال و دیگری خاصیت آنزیمی
- آخرین پذیره الکترون در غشای درونی میتوکندری اکسیژن است که با گرفتن الکترون یون اکسید ایجاد می کند.
- یون اکسید با دو عدد + **H**ترکیب شده و آب ایجاد می کند.
- تولید یون اکسید و سپس آب در سمت ماتریکس اتفاق می افتد.
- تجزیه **NADH**و **FADH2**در سمت ماتریکس اتفاق می افتد و + **H**حاصل از آن به غلظت پروتون در ماتریکس می افزاید.
- سر برجسته آنزیم **ATP**ساز به سمت ماتریکس است و تولید **ATP**نیز در سمت ماتریکس صورت می گیرد.





- تنظیم تنفس یافته ای: تولیدی اقتصادی
- اندازه گیری های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می دهند 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 یاخته های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می کند.

- تنظیم تنفس یافته ای: تولیدی اقتصادی
- به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش های گلیکولیز و چرخه کربس، به همان میزانی انجام می شوند که در شرایط کمبود ATP است؟
- مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است.
- اگر ATP زیاد باشد، آنزیم های درگیر در گلیکولیز و چرخه کربس مهار می شوند تا تولید ATP کم شود.
- در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم ها فعال و تولید ATP افزایش می یابد.
- این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می شود.



➢ *تنظیم تنفس یاخته ای: تولیدی اقتصادی*

➢ *یاخته های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می کنند.*

➢ *درصورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیهٔ چربی ها و پروتئین ها می روند.*

➢ *به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقرغذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.*

فعالیت 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 یاخته ای*

اجزای زنجیره انتقال الکترون

پمپ های پروتونی

عبور پروتون ها در خلاف جهت شیب غلظت

استفاده از انرژی الکترون ها برای انتقال

استفاده از انرژی FADH2,NADH, برای انتقال پروتون H+

الکترون

در ۳جایگاه قرار دارند و جز سوم دارای خاصیت آنزیمی برای

تحویل الکترون به اکسیژن و تشکیل آب نیز می باشد

پروتئین های ناقل

جابجا سازی الکترون های پر انرژی تا از انرژی آنها برای

جابجایی پروتون ها در خلاف جهت شیب استفاده شود

در ۲نقطه از زنجیره انتقال الکترون قرار دارند

نتیجه فعالیت اجزای زنجیره

انتقال الکترون ،افزایش غلظت

پروتون در

فضای بین دو غشا و ساخته شدن

آب با دریافت اکسیژن بر روی جز

آخر زنجیره انتقال الکترون می

باشد

کانال یا آنزیم ATPساز

آخرین جز برای استفاده بهینه از زنجیره انتقال الکترون مجموعه پروتئینی به

نام آنزیم ATP ساز است که یک کانال دارای خاصیت آنزیمی ا.ست

از عبور پروتون ها در راستای شیب غلظت با تبدیل انرژی الکتریکی به

یکانیکی می تواند مولکول پر انرژی ATP را بسازد

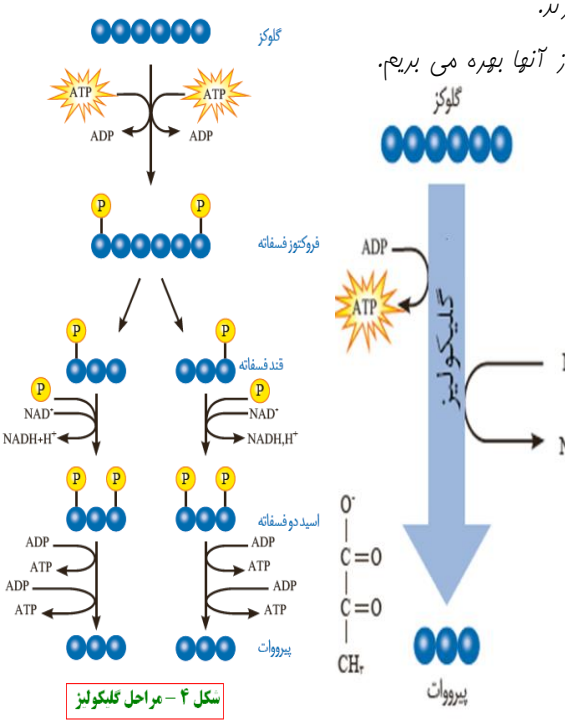
این فرایند در بستره ،ماده زمینه ای میتوکندری صورت می گیرد

گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

- دیدیم که در تنفس یاخته ای، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است.
- آیا تجزیهٔ گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟
- آیا در محیط هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟
- در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می شود؟

تخمیر

- تخمیر از روش های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد.
- در فرایند تخمیر، میتوکندری و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند.
- **تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می بریم.



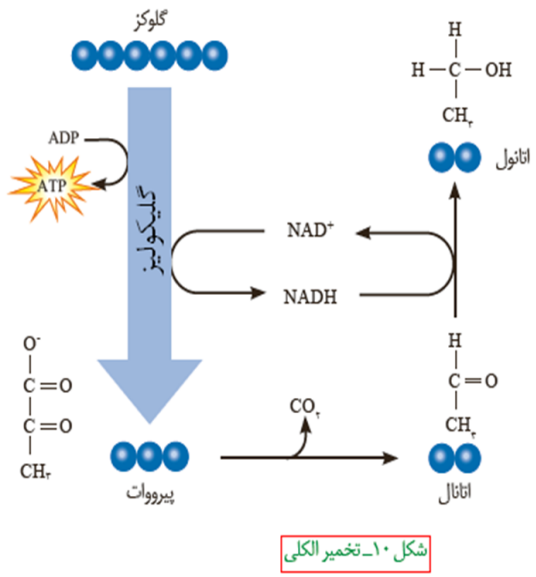
شکل ۴ – مراحل گلیکولیز

ضرورت انجام تخمیر الکلی و لاکتیکی

- تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با گلیکولیز آغاز می شوند و پیرووات ایجاد می کنند.
- در گلیکولیز دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد NADH از NAD+ است؛ بنابراین برای تداوم گلیکولیز، NAD+ ضروری است و اگر نباشد گلیکولیز متوقف می شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی شود.
- در تخمیر، مولکول هایی ایجاد می شوند که در فرایند تشکیل آنها NAD+ به وجود می آید.

۱- تخمیر الکلی:

- ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است.
- دراین فرایند، پیرووات حاصل از گلیکولیز با از دست دادن CO2 ، به اتانال تبدیل می شود.
- اتانال با گرفتن الکترون های NADH اتانول ایجاد می کند.



شکل ۱۰ـ تخمیر الکلی

۲- تخمیر لاکتیکی:

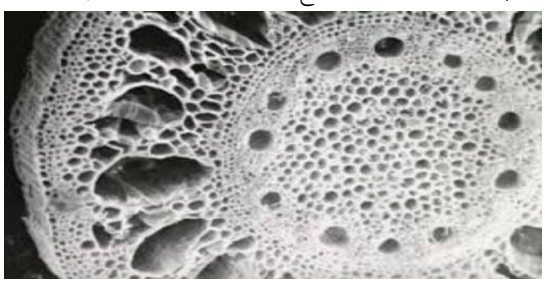
- ماهیچه های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه ها تجمع می یابد.
- اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می شود؟
- فعالیت شدید ماهیچه ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد.
- اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد میتوکندری ها نمی شود،بلکه با گرفتن الکترون های NADH به لاکتات تبدیل می شود.
- لاکتات موجب تحریک گیرنده های شیمیایی درد خواهد شد.
- باهریان خون شسته شده و به کبد آورده می شود،در انجا مسیر کامل سوختن را طی می نماید

فایده و ضرر تخمیر

- انواعی از باکتری ها تخمیرلاکتیکی را انجام می دهند.
- بعضی از این باکتری ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می دهد، سبب فساد غذا می شوند.
- اما انواعی از آنها در تولید فراورده های غذایی به کار می روند.
- تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده های 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 پارانشیم هوادار در گیاهان آبزی و شُش ریشه در درخت حَرّا از سازوکارهای ،سازگار کننده است
- به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می شود.
- 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 می انجامد، بنابراین باید از یاخته ها دور شوند.



سلامت بدن: پادآکسنده ها(آنتی اکسیدان ها)

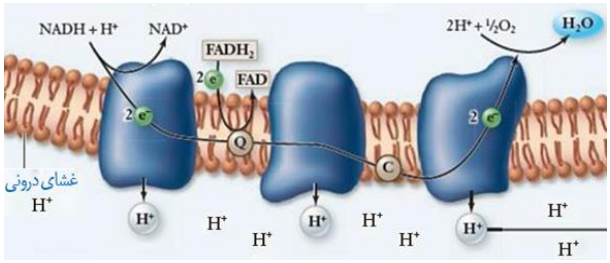
رادیکال های آزاد

- در درس شیمی آموختید رادیکال های آزاد به علت داشتن الکترون های جفت نشده در ساختار خود، واکنش پذیری بالایی دارند و می توانند در واکنش با مولکول های تشکیل دهندهٔ بافت های بدن، به آنها آسیب برسانند.
- امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد.

سلامت بدن: آنتی اکسیدان ها

تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن

- دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید(O--) تبدیل می شود.
- یون های اکسید با یون های هیدروژن (H+) ترکیب می شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می آید.
- اما گاه پیش می آید که درصدی از اکسیژن ها وارد واکنش تشکیل آب نمی شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می آیند.
- رادیکال های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند.

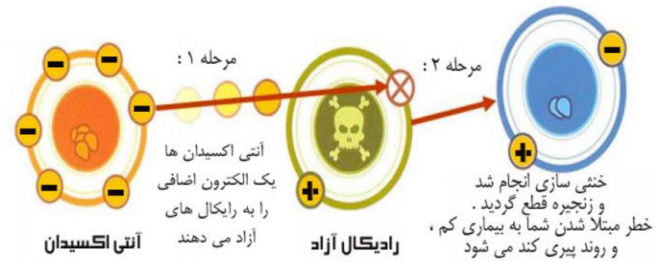


$$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-} \qquad O^{2-} + 2H^+ + \rightarrow H_2O$$

واکنش ۴- تشکیل آب

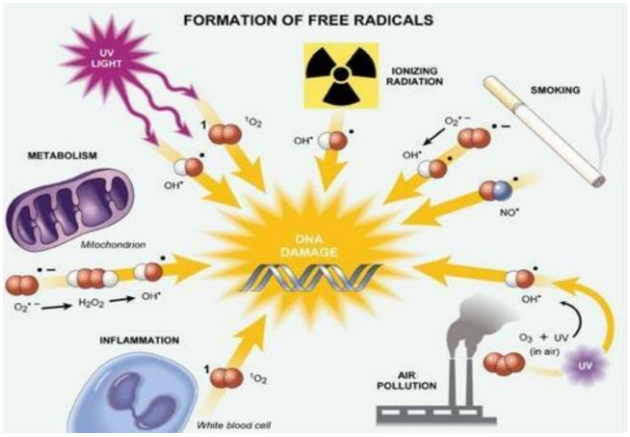
مقابله با اثر سمی رادیکال های آزاد

- میتوکندری ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال های آزاد، به ترکیبات آنتی اکسیدان وابسته اند.
- بارها شنیده اید که خوردن میوه ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند.
- این موادغذایی دارای آنتی اکسیدان هایی مانند کارتنوئیدها هستند.
- آنتی اکسیدان ها در واکنش با رادیکال های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول های زیستی و درنتیجه تخریب بافت های بدن می شوند.



تجمع رادیکال های آزاد

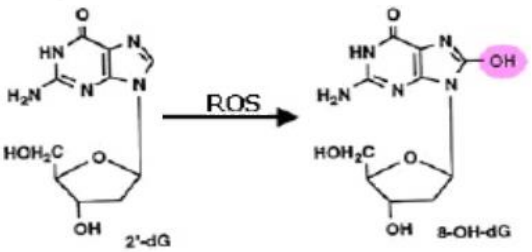
- آیا مبارزه با رادیکال های آزاد در میتوکندری ها همیشه با موفقیت انجام می شود؟
- اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش بینی می کنید؟
- مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال های آزاد در میتوکندری تجمع می یابند و آن را تخریب می کنند.
- در نتیجه، یاخته هم تخریب می شود.
- رادیکال های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول های سازندهٔ یاخته و اجزای آن، حمله می کنند و باعث تخریب آنها می شوند.
- عوامل فراوانی می توانند، میتوکندری را در مبارزه با رادیکال های آزاد با مشکل رو به رو کنند.
- الکل و انواعی از نقص های ژنی در عملکرد میتوکندری در خنثی سازی رادیکال های آزاد مشکل ایجاد می کنند.

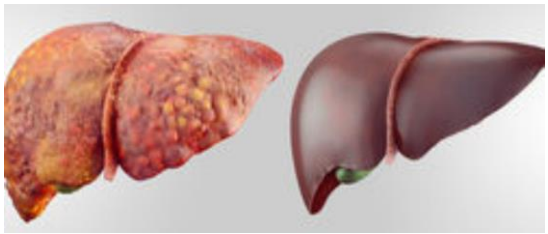


اثر الکل

- مطالعات نشان می دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال های آزاد از اکسیژن را افزایش می دهد
- مانع از عملکرد میتوکندری در جهت کاهش آنها می شود.
- رادیکال های آزاد با حمله به DNA میتوکندری، سبب تخریب میتوکندری و در نتیجه مرگ یاخته های کبدی و باعث مردگی (نکروز) کبد می شوند.
- به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

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





نقص ژنی

- گاه نقص در ژن های مربوط به پروتئین های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین های معیوب می انجامد.
- میتوکندری هایی که این پروتئین های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.
- سندروم لی، یک بیماری تخریب کننده عصبی است که معمولا در دوران نوزادی یا اوایل کودکی ظاهر می شود.
- در این بیماری یک عملکرد کلیدی از میتوکندری ها درتولید انرژی از طریق مسیر فسفریلاسیون اکسیداتیو مختل می شود.
- تعدادی از مواد اغلب با نام مواد پاک کننده به دلیل آنکه از غذای معمول استفراج می شوند برای درمان این سندرم یا سایر اختلالات میتوکندری پیشنهاد شده است.

توقف انتقال الکترون:

- مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می شوند.

توقف انتقال الکترون-مثال ۱ : سیانید

- **سیانید** یکی از این ترکیب هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می شود.

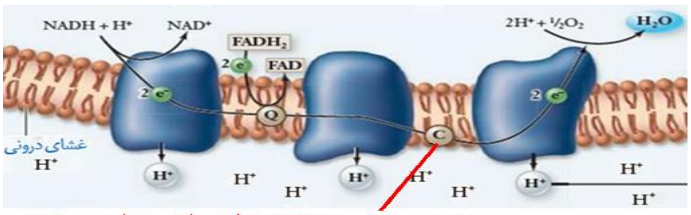
اثر بعضی از سموم بر روی فسفریلاسیون اکسیداتیو

نوع سم	مثال	تاثیر آن
مهار کننده انتقال الکترون	آنتی مایسین A مونوکسید کربن سیانید،H_2S، روتنون	مهار مستقیم انتقال الکترون منجر به کاهش گرادیان پروتون در اطراف غشاء و سنتز ATP متوقف می شود.
مهار کننده ATPase	اولیگو مایسین	مهار مستقیم ATPase منجر به افزایش گرادیان پروتون در دو طرف غشاء شده و انتقال الکترون متوقف می شود.
Uncoupler ها عواملی که از جفت شدن الکترون و سنتز ATP جلوگیری می کنند.	والینومایسین گرامیسیدین 2و4 دی نیتروفنل	باعث افزایش تدریجی نفوذپذیری غشاء به پروتون و کاهش گرادیان پروتون می شود.و شنتز ATP کاهش یافته ولی انتقال الکترون ادامه می یابد و انرژی به صورت گرما هدر می رود

سیانید و NANو CO و H2S باعث مهار کمپلکس 4 می شوند.

رتنون و امیتال)باربیتورات ها (باعث مهار کمپلکس 1 می شوند.

آنتی مایسین A باعث مهار کمپلکس 3 می شود.



سیتوکروم اکسیداز C توسط سیانور مهار می شود

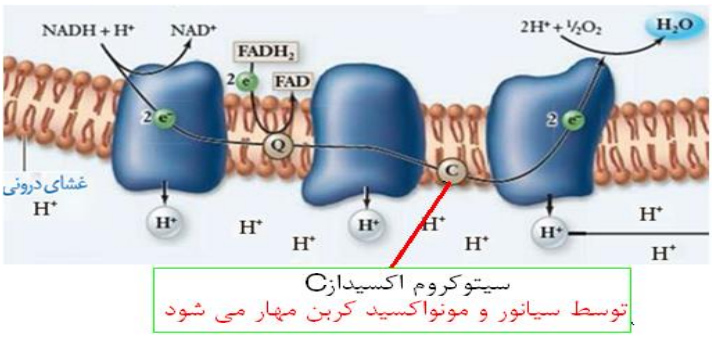
➢ توقف انتقال الکترون –مثال ۲ مونواکسید کربن

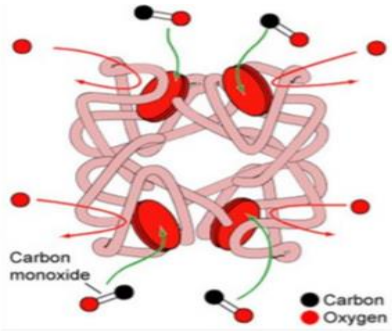
➢ ۱– از زیست شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می دهد.

➢ این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند.

➢ ۲–مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته ای اثر می گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون ها به اکسیژن می شود

➢ .دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن اند.





➢ 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(مانندگلوکز 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.