



مقدمه

با همه تفاوت هایی که بین جانوران مختلف وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز آن ها به شیوه یکسانی از غذایی که می خورند تأمین می شود.

گفتار ۱ : تأمین انرژی

۱- علت نیاز یاخته ها به اکسیژن ← انجام فرایندی به نام تنفس یاخته ای است.

۲- در فرایند تنفس یاخته ای ATP تولید می شود.

تنفس یاخته ای هوازی ← تجزیه ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می شود.

۳- انواع تنفس یاخته ای } واکنش تنفس یاخته ای هوازی $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$ (فسفات)

تنفس یاخته ای بی هوازی ← تجزیه ماده مغذی و تولید ATP بدون نیاز به اکسیژن انجام می شود.

۴- میزان تولید ATP در تنفس بی هوازی نسبت به تنفس هوازی کمتر است.

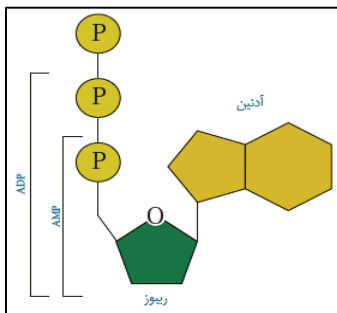
۵- هیچ جاندار نمی تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. ← زیرا حفظ هریک از ویژگی های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل و... به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

۶- ATP (آدنوزین تری فسفات) ← شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته ها است.

ATP نوکلئوتیدی است که از آدنوزین و سه گروه فسفات تشکیل شده است. آدنوزین ← باز آلی آدنین + قند پنج کربنی ریبوز

(الف) ابتدا قند ریبوز و باز آدنین به یکدیگر پیوسته و ایجاد مولکول آدنوزین می کنند.

(ب) پیوستن گروه های فسفات به مولکول آدنوزین که در سه مرحله انجام می شود.



• مرحله ۱: آدنوزین + گروه فسفات ← AMP (آدنوزین مونو فسفات)

• مرحله ۲: AMP + گروه فسفات ← ADP (آدنوزین دی فسفات)

• مرحله ۳: ADP + گروه فسفات ← ATP (آدنوزین تری فسفات)

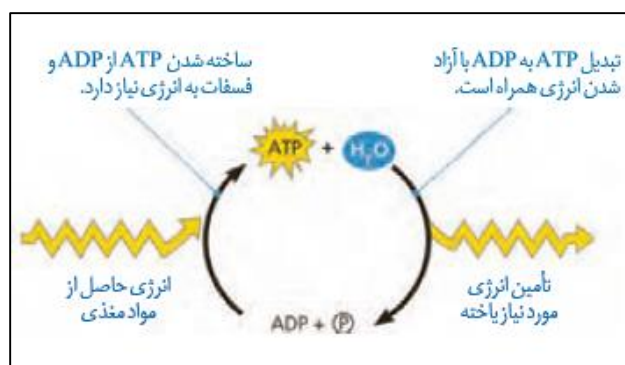
۷- مراحل ساخته شدن ATP

۸- تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

- تشکیل ATP از ADP با مصرف انرژی صورت می گیرد. ← انرژی خواه

- تبدیل ATP به ADP با آزاد شدن انرژی صورت می گیرد. ← انرژی زا

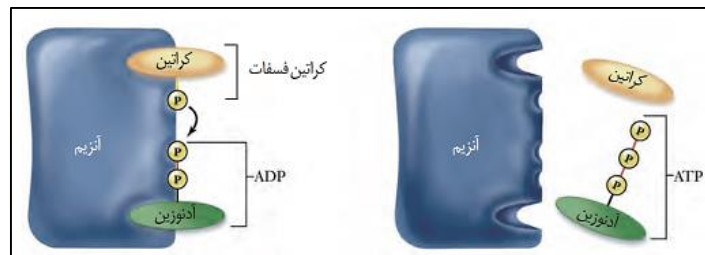
* هنگام تبدیل مولکول ATP به ADP ، پیوندهای پرانرژی بین گروه های فسفات شکسته شده و انرژی ذخیره شده در آنها آزاد می شود.



۸- روش های ساخته شدن ATP

۱- در سطح پیش ماده:

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: تولید ATP به کمک کراتین فسفات در ماهیچه های اسکلتی
* ماهیچه ها برای انقباض به ATP نیاز دارند ← یکی از راه های تأمین انرژی در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است. (کراتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود).



۲- ساخته شدن اکسایشی:

ATP توسط آنزیم های ATP ساز، از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در زنجیره انتقال الکترون موجود در غشای داخلی راکیزه (میتوکندری) ساخته می شود.
* اکسایش: واکنشی که در آن یک ماده الکترون (e^-) از دست می دهد.
* کاهش (احیا): واکنشی که در آن یک ماده الکترون (e^-) دریافت می کند.

۳- ساخته شدن نوری:

ATP توسط آنزیم های ATP ساز، از یون فسفات و انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون ها در زنجیره انتقال الکترون موجود در غشای تیلاکوئیدهای سبز دیسه (کلروپلاست) ساخته می شود.
* به تولید ATP در فتوسنتز ساخته شدن نوری ATP می گویند. ← زیرا حاصل فرایندی است که فرایندی است که با نور به راه می افتد. (نور باعث شروع واکنش های زنجیره انتقال الکترون و فعالیت آنزیم ATP ساز و در نهایت تولید ATP، می باشد).

۹- اغلب، واژه تنفس یاخته ای را برای تنفس یاخته ای هوازی به کار می برند.

• مرحله ۱: مرحله بی هوازی

در این مرحله که قندکافت (گلیکولیز) نامیده می شود، ماده اولیه مرحله هوازی یعنی پیرووات تولید می شود.

• مرحله ۲: مرحله هوازی

مرحله هوازی تنفس یاخته ای دارای ۳ مرحله می باشد:

۱- اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

۲- چرخه کربس (Krebs)

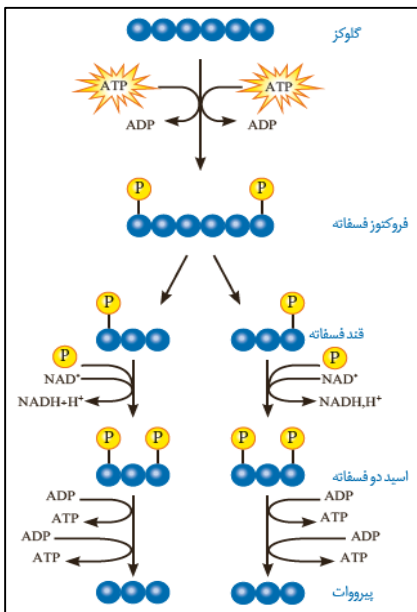
۳- زنجیره انتقال الکترون

۱۰- تنفس یاخته ای در دو مرحله کلی رخ می دهد

۱۱- قند کافت (گلیکولیز)

- اولین مرحله تنفس یاخته ای، گلیکولیز و به معنی تجزیه گلوکز است.
- گلیکولیز یک فرآیند بی هوازی است و در سیتوپلاسم انجام می شود.
- تجزیه گلوکز در گلیکولیز، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله ای انجام می شود.
- برای انجام واکنش های مربوط به تجزیه گلوکز، به انرژی فعال سازی نیاز هست که این انرژی از ATP تأمین می شود.

۱۲- مراحل انجام قند کافت (گلیکولیز)

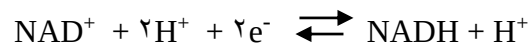


- ← **گام اول:** مولکول گلوکز (۶ اتم کربن دارد) ۲ مولکول ATP مصرف می کند ← قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می شود. (قند ۶ کربنی دو فسفات)
- ← **گام دوم:** قند ۶ کربنی دو فسفات تجزیه می شود ← دو قند سه کربنی تک فسفات ایجاد می شود.
- ← **گام سوم:** به هر یک از قندهای سه کربنی تک فسفات، یک گروه فسفات اضافه می شود ← دو عدد اسید سه کربنی دو فسفات ایجاد می شود.
- ← **گام چهارم:** از هر یک از این اسیدهای سه کربنی دو فسفات طی مراحل ترکیب سه کربنی به نام پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تولید می شود.

- ۱- پیرووات (بنیان پیروویک اسید)
 ۲- ATP (آدنوزین تری فسفات)
 ۳- NADH (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید)
- ۱۳- محصولات گلیکولیز عبارتند از

۱۴- NADH

- 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.
- NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می یابد.



* یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می رود ← بنابراین محصول به صورت $\text{NADH} + \text{H}^+$ نوشته می شود.

- ۱۵- ساخته شدن ATP در گلیکولیز به روش تولید در سطح پیش ماده انجام می شود. یعنی فسفات های اسیدهای سه کربنی به مولکول ADP منتقل شده و ATP تولید می شود.

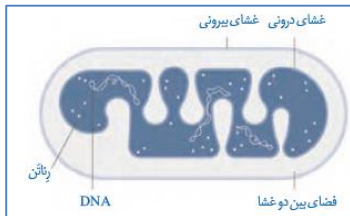
۱۶- سر نوشت پیرووات های حاصل از گلیکولیز:

- محصول نهایی گلیکولیز، ۲ مولکول پیرووات می باشد که بسته به حضور و یا عدم حضور اکسیژن، دو مسیر را می تواند طی کند:
- **مسیر اول:** اگر اکسیژن کافی در یاخته وجود داشته باشد ← ۲ مولکول پیرووات وارد مرحله هوازی تنفس یاخته ای در میتوکندری می شوند.
 - **مسیر دوم:** اگر اکسیژن کافی در یاخته وجود نداشته باشد ← پیرووات در همان سیتوپلاسم مانده و به صورت بی هوازی تخمیر می شود که در این حالت انرژی کمتری نسبت به حالت (مسیر اول) تولید می شود.

فعالیت ۱:

همان طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می شود. براساس روش هایی که درباره تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می شود؟

ساخته شدن ATP در گلیکولیز ← به روش تولید در سطح پیش ماده انجام می شود.
فسفات های اسیدهای سه کربنی به مولکول ADP منتقل شده و ATP تولید می شود.

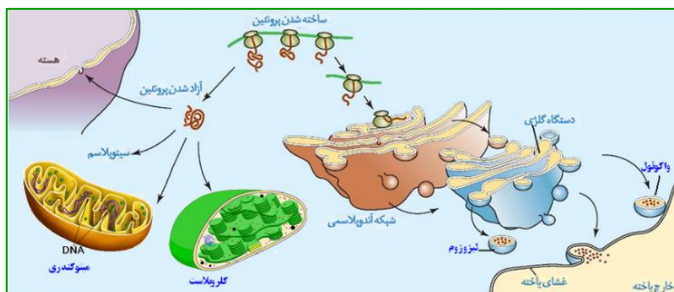


- ۱۷- ساختار راکیزه (میتوکندری)
- ۱- غشا
 - ۱- غشای خارجی صاف
 - ۲- غشای داخلی چین خورده
 - ۲- ماده زمینه‌ای درون راکیزه که حاوی
 - ۱- دناي حلقوي
 - ۲- رنا
 - ۳- رناتن (ريبوزوم)
 - ۴- برخي آنزيم‌ها
 - ۳- فضاها
 - ۱- فضای بین دو غشا
 - ۲- فضایی که توسط غشای درونی احاطه شده است. (فضای داخلی راکیزه)

۱۸- راکیزه مقصد پیرووات در یاخته‌های یوکاریوتی

- مرحله دوم 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 راکیزه به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود.
- آنزیم‌های مورد نیاز برای تولید ATP و مولکول‌های حامل الکترون که در تنفس یاخته‌ای نقش دارند، در روی غشای داخلی راکیزه قرار دارند.
- راکیزه دناي مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد ← پروتئین‌سازی در راکیزه انجام می‌شود.
- در دناي راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.
- همه پروتئین‌ها و آنزیم‌های مورد نیاز راکیزه، درون خود این اندامک وجود ندارند.
- 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.

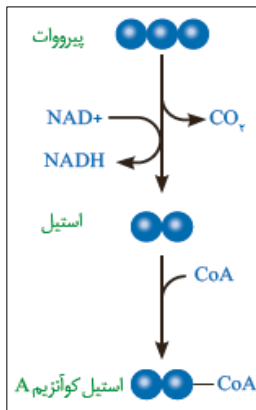


دقت کنید:

پروتئین‌ها و آنزیم‌های موجود در راکیزه دو دسته هستند:

- (۱) پروتئین‌هایی که ژن رمزکننده آن‌ها در دناي حلقوي راکیزه است و توسط رناتن‌های درون راکیزه ساخته می‌شوند.
 - (۲) پروتئین‌هایی که ژن رمزکننده آن‌ها در دناي خطي هسته یاخته است و توسط رناتن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند و سپس به راکیزه می‌روند.
- راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.
 - اهمیت مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته ← در شرایطی که یاخته به انرژی بیشتری نیاز داشته باشد، می‌تواند با تقسیم راکیزه و تولید راکیزه‌های بیشتر، انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.

- پیرووات تولید شده در گلیکولیز از طریق انتقال فعال (با صرف انرژی و برخلاف شیب غلظت) وارد راکیزه شده و در آنجا اکسایش می یابد.



• مراحل اکسایش پیرووات:

- ابتدا پیرووات در راکیزه یک CO_2 از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود ← بنیان استیل به مولکولی به نام کوآنزیم A متصل شده و مولکول استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد.

۱۹- اکسایش پیرووات

- مواد مصرف شده در مرحله اکسایش یک مولکول پیرووات
 - ۱- یک NAD^+
 - ۲- یک کوآنزیم A
- مواد تولید شده در مرحله اکسایش یک مولکول پیرووات
 - ۱- یک NADH
 - ۲- یک CO_2
 - ۳- یک مولکول استیل کوآنزیم A

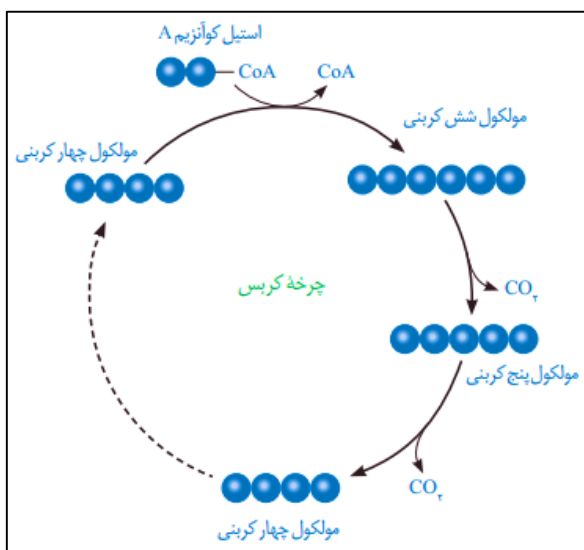
۲۰- اکسایش استیل کوآنزیم A: در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام چرخه کربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می گیرد.

گفتار ۲: اکسایش بیشتر

۲۱- مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت (گلیکولیز) و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می شود.

۲۲- مراحل چرخه کربس

گام اول: استیل کوآنزیم A با مولکولی چهار کربنی ترکیب شده و مولکولی ۶ کربنی ایجاد می شود. ← در این مرحله کوآنزیم A نیز جدا می شود.



مولکول ۴ کربنه + استیل کوآنزیم A ← مولکول ۶ کربنه
کوآنزیم A

گام دوم: با جدا شدن یک مولکول CO_2 از مولکول ۶ کربنی، یک مولکول ۵ کربنی تولید می شود.

مولکول ۶ کربنه ← مولکول ۵ کربنه
 CO_2

گام سوم: با جدا شدن یک مولکول CO_2 از مولکول ۵ کربنی، یک مولکول ۴ کربنی تولید می شود.

مولکول ۵ کربنه ← مولکول ۴ کربنه
 CO_2

گام های بعدی: در طی واکنش های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می دهد، مولکول ۴ کربنی اولیه برای گرفتن استیل کوآنزیم A دیگر، بازسازی می شود.

انجام یک سری واکنش های متفاوت ← مولکول ۴ کربنه (مولکول آغازگر چرخه کربس)

۲۳- از اکسایش هر مولکول ۶ کربنی، در واکنش های چرخه کربس، علاوه بر تولید مولکول CO_2 ، مولکول های NADH ، FADH_2 و ATP در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند.

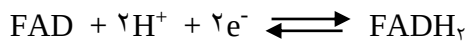
۲۴- در چرخه کربس همانند گلیکولیز، تولید ATP در سطح پیش ماده صورت می گیرد.

۲۵- FADH_2 (فلاوین آدنین دی نوکلئوتید)

- FADH_2 ترکیبی نوکلئوتید دار است.

- حامل الکترون است.

- FADH_2 از FAD مطابق با واکنش رو به رو ساخته می شود:



۲۶- تشکیل ATP بیشتر

* در تنفس سلولی دی اکسیدکربن، آب و ATP تولید می شود.

* مولکول های NADH و FADH_2 که در مراحل گلیکولیز و چرخه کربس ساخته می شوند نیز برای تولید ATP مصرف می شوند.

- سوال ۱:

چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون (NADH و FADH_2) برای تولید ATP به کار می رود؟

- سوال ۲:

آب چگونه در این فرآیند تولید می شود؟

پاسخ این پرسش ها در زنجیره انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه نهفته است.

۲۷- زنجیره انتقال الکترون:

زنجیره انتقال الکترون از مولکول هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه (میتوکندری) قرار دارند و می توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

۲۸- چگونگی تشکیل آب در زنجیره انتقال الکترون راکیزه

الکترون های موجود در زنجیره انتقال الکترون، در نهایت به اکسیژن مولکولی (O_2) می رسند. ← اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید یعنی O^{2-} (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می شود. ← یون های اکسید در ترکیب با پروتون هایی که در بخش داخلی راکیزه قرار دارند، مولکول های آب را تشکیل می دهند.



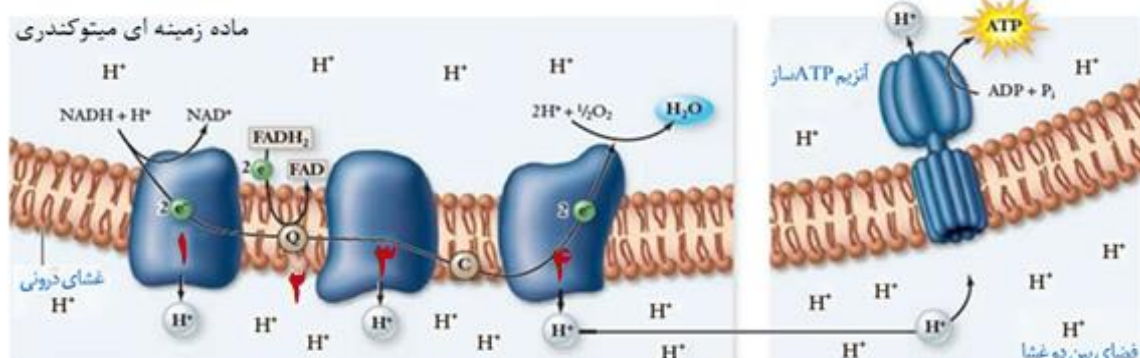
واکنش تشکیل آب در زنجیره انتقال الکترون راکیزه

۲۹- پروتون ها (یون های H^+) در سه محل از زنجیره انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می شوند ← انرژی لازم برای انتقال پروتون ها از الکترون های پراانرژی NADH و FADH_2 فراهم می شود.

۳۰- چگونگی تشکیل ATP در زنجیره انتقال الکترون راکیزه

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 ← تنها راه پیش روی پروتون ها برای برگشتن به بخش داخلی، مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است. ← پروتون ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می گذرند و انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می شود.

۳۱- مراحل کار زنجیره انتقال الکترون به ترتیب:



۱) هر مولکول NADH، ۲ الکترون خود را به اولین پروتئین زنجیره (پروتئین شماره ۱) می‌دهد و به NAD^+ اکسایش می‌یابد.

۲) هر مولکول FADH_2 نیز ۲ الکترون خود را به پروتئین شماره ۲ می‌دهد و به FAD اکسایش می‌یابد.

۳) در اثر عبور الکترون‌ها از پروتئین‌های ۱، ۳ و ۴ و با استفاده از انرژی این الکترون‌ها، این پروتئین‌ها یون‌های هیدروژن (H^+) را از فضای داخلی راکیزه برخلاف شیب غلظت، به فضای بین دو غشا پمپ می‌کنند.

۴) در نهایت الکترون‌ها پس از عبور از چهارمین پروتئین، به اکسیژن مولکولی رسیده و تولید یون اکسید (اکسیژن با دو بار منفی) می‌کنند. سپس یون اکسید با گرفتن دو پروتون (H^+) تبدیل به یک مولکول آب می‌شود.

* در اثر ورود پروتون‌ها (H^+) از بخش داخلی به فضای بین دو غشا و در نتیجه افزایش تراکم H^+ در فضای بین دو غشا، یون‌های هیدروژن از مجموعه پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز و بر اساس شیب غلظت به فضای درونی راکیزه برمی‌گردند. با عبور پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، انرژی لازم برای تبدیل ADP به ATP فراهم می‌شود.

فعالیت ۲:

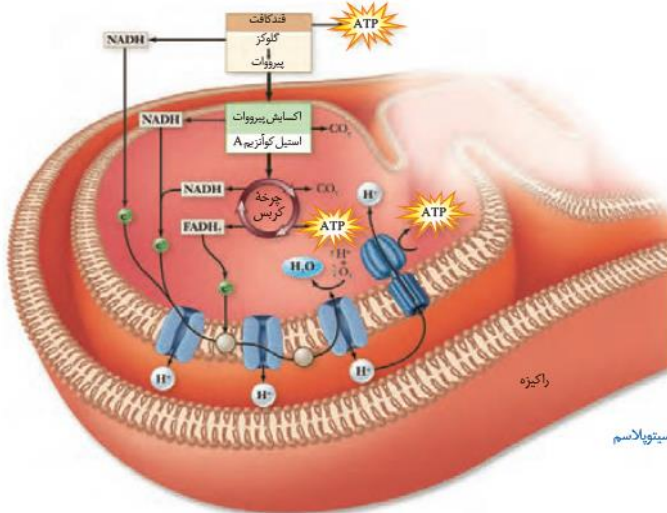
الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP است؟

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

الف) بر اساس آنچه در زنجیره انتقال الکترون مشاهده می‌شود، ساخته شدن ATP با اکسایش مولکول‌های NADH و FADH_2 و در نهایت تولید اکسیژن دو بار منفی (O^{2-}) همراه است.

ب) غشای درونی راکیزه محل اجزا و پروتئین‌های تشکیل دهنده زنجیره انتقال الکترون است. چین خوردگی بیشتر غشای درونی موجب افزایش سطح این غشا شده و در نتیجه باعث افزایش عوامل زنجیره انتقال الکترون و تولید ATP بیشتر می‌شود.

۳۲- مروری بر تنفس یاخته ای



در فرایند گلیکولیز از گلوکز پیرووات ایجاد می شود.

پیرووات به راکیزه می رود و در آنجا با از دست دادن CO_2 به استیل کوآنزیم A اکسایش می یابد.

استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می شود.

مولکول های حامل اکترون NADH و FADH_2 وارد زنجیره انتقال اکترون می شوند.

در نهایت مولکول های کربن دی اکسید، آب و ATP تولید می شوند.

۳۳- تنظیم تنفس یاخته ای: تولید 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 ۳۰ ATP است.
- تولید ATP در یاخته های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می کند.

۳۴- سوال:

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؟

پاسخ:

تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است.

- اگر ATP زیاد باشد ← آنزیم های درگیر در گلیکولیز و چرخه کربس مهار می شوند ← کاهش تولید ATP
- اگر ATP کم باشد ← آنزیم های درگیر در گلیکولیز و چرخه کربس فعال می شوند ← افزایش تولید ATP

* تنظیم فوق مانع از هدر رفتن منابع می شود.

۳۵- یاخته های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد (گلیکوژن) برای تأمین انرژی استفاده می کنند. ← در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه 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 فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی در اختیار ندارند.

فعالیت ۴:

شاید دیده باشید که در دانه های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آنها رشد و نمو می کند. با توجه به اینکه این دانه ها خشک اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می شود؟ این آب می تواند در تنفس یاخته ای حشره و با انتقال الکترون در زنجیره انتقال الکترون غشاء راکیزه ها تشکیل شود.

گفتار ۳: زیستن مستقل از اکسیژن

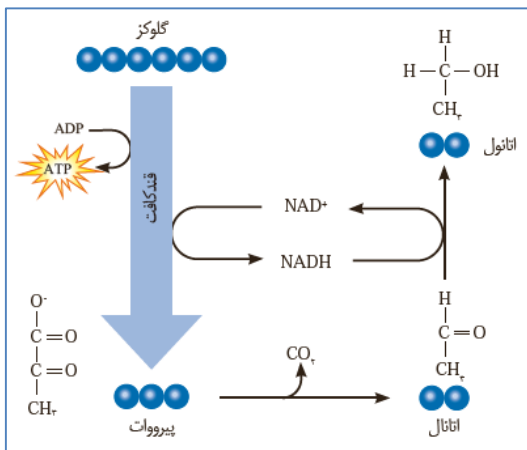
۳۶- تخمیر: از روش های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد.

- در فرایند تخمیر، راکبزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند.
- تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیر هستند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می بریم.
- تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با گلیکولیز آغاز می شوند و پیرووات ایجاد می کنند.
- در گلیکولیز تشکیل پیرووات از قند فسفات همراه با ایجاد $NADH$ از NAD^+ است ← بنابراین برای تداوم گلیکولیز، وجود NAD^+ ضروری است و اگر NAD^+ نباشد گلیکولیز متوقف می شود ← در نتیجه تخمیر انجام نمی شود.
- در تخمیر، مولکول هایی ایجاد می شوند که در فرایند تشکیل آن ها NAD^+ به وجود می آید.

• تخمیر الکلی طی دو مرحله انجام می شود:

۱) پیرووات حاصل از گلیکولیز با از دست دادن CO_2 ، به اتانال تبدیل می شود.

۲) اتانال با گرفتن الکترون های $NADH$ و اکسایش آن به NAD^+ ، اتانول ایجاد می کند.



• محل: درون سیتوپلاسم

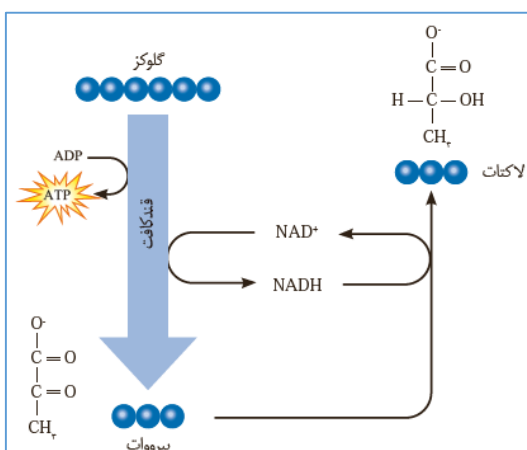
۳۷- تخمیر الکلی

• مثال: ور آمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است.

۳۸- ماهیچه های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه ها تجمع می یابد.

۳۹- ساز و کارهای ایجاد لاکتات در ماهیچه ها: فعالیت شدید ماهیچه ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد راکبزه ها نمی شود ← بلکه با گرفتن الکترون های $NADH$ به لاکتات تبدیل می شود.

• تخمیر لاکتیکی فقط یک مرحله دارد ← پیرووات (۳ کربنی)، به صورت مستقیم با دریافت الکترون های $NADH$ و اکسایش آن به NAD^+ تبدیل به لاکتات (۳ کربنی) می شود.



• محل: درون سیتوپلاسم

• مثال:

۴۰- تخمیر لاکتیکی

انواعی از باکتری ها تخمیر لاکتیکی را انجام می دهند.

۱- بعضی از این باکتری ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می دهد، سبب فساد غذا می شوند.

۲- انواعی از آنها در تولید فرآورده های غذایی به کار می روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فرآورده های شیری و خوراکی هایی مانند خیارشور نقش دارد.

۴۱- تخمیر در گیاهان

گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می کنند، ساز و کارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند:

- ۱- تشکیل بافت پارانشیمی (نرم آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبی
- ۲- شش ریشه در درخت خرا

* هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد.

* تجمع الکلی یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می انجامد، بنابراین باید از یاخته ها دور شوند.

- **ویژگی:** به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل‌دهنده بافت های بدن، به آنها آسیب برسانند.
- رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان هستند.
- در تنفس هوازی، اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون راکتیزه به یون اکسید (O_2^-) تبدیل می‌شود. ← گاهی یون اکسید (O_2^-) با یون های هیدروژن (H^+) ترکیب می‌شوند و مولکول آب به وجود می‌آید.
- گاهی درصدی از اکسیژن ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند ← و به صورت رادیکال آزاد در می‌آیند.
- **مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد:**

- راکتیزه ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات آنتی اکسیدان وابسته اند.
- خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای آنتی اکسیدان‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند.
- آنتی اکسیدان‌ها ← در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

اثر تجمع رادیکال‌های آزاد: اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد ← رادیکال‌های آزاد در راکتیزه 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 آن ها می‌شوند.

۴۲- رادیکال‌های آزاد

۴۲- برخی از عواملی که راکتیزه را در مبارزه و خنثی سازی رادیکال‌های آزاد، با مشکل رو به رو می‌کنند.

۱- الکلی ←

مطالعات نشان می دهد که الکلی سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می دهد و مانع از عملکرد راکتیزه در جهت کاهش آنها می شود. ← رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکتیزه، سبب تخریب راکتیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی کبد می‌شوند. ← به همین علت اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایعترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

۲- انواعی از نقص‌های ژنی ←

گاهی نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می انجامد ← راکتیزه‌هایی که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

۴۴- توقف انتقال الکترون

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

۱- سیانید:

سیانید واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می شود.

۲- گاز کربن مونو اکسید (CO):

گاز کربن مونو اکسید به دو شکل در تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند:

- (۱) 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 کربن مونو اکسید، در واقع در انجام تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند.
- (۲) سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون ها به اکسیژن می شود. ← توقف زنجیره انتقال الکترون

۴۵- منابع تولید کربن مونو اکسید ← ۱- دود خارج شده از خودروها ۲- سیگار