



زیست دوازدهم

فصل ۵: از ماده به انرژی



FEBRUARY 4, 2021

عبدالعزیز بلوچ

دیپلوم زیست شناسی کنارک





فصل ۵

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.

تنفس یاخته ایی

مجموعه ایی از واکنش های آنزیمی که در طی آن انرژی مواد مغذی (مثل گلوکز) به ATP تبدیل می شود .

ATP شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته ها است . چون انرژی موجود در مواد غذایی، مستقیم برای یاخته ها، قابل استفاده نمی باشد! جانوران طی فرآیند تنفس یاخته ای، با سوزاندن مواد آلی مانند گلوکز، انرژی موجود در مواد غذایی را به انرژی موجود در مولکول های پرانرژی مانند ATP تبدیل می کنند.

(۱) **تنفس هوازی**: فرایندی که طی آن با حضور اکسیژن انرژی مواد مغذی به ATP تبدیل می شود .



تأمین انرژی یاخته ها

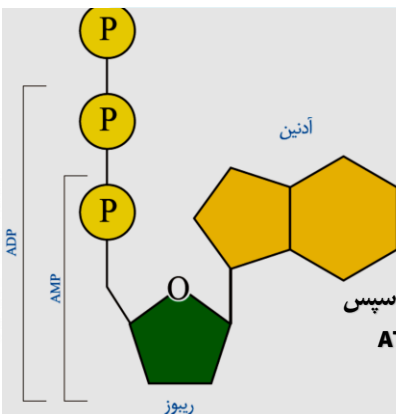
(۲) **روش بی هوازی**: فرایندی که طی آن بدون حضور اکسیژن انرژی مواد مغذی به ATP تبدیل می شود.

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.

دقت کنید هر روش تولید ATP بدون مصرف اکسیژن منظور : (۱) تخمیر (۲) کراتیخ فسفات (۳) ساخته شدن نوری

هیچ جاننداری نمی تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هریک از ویژگی های جانداران (۷ ویژگی حیات که در دهم خوندم) مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

مولکول پرانرژی (ATP)



- (۱) از تجزیه نوکلئوتیدها ماده دفعی نیتروژن دار از کلیه ها دفع می شود .
- (۲) پیوند بین فسفات های پر انرژی هستند ولی نه پیوند بین قند و فسفات .
- (۳) افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می دهد. در نتیجه در ابتدا (AMP آدنوزین مونو فسفات)، سپس ATP (آدنوزین دی فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می شود. (ولی دقت کنید تولید ATP همواره در سه مرحله اتفاق نمی افتد چون ممکنه ADP به ATP تبدیل بشه)

(۱) قند ریبوز (حلقه آل پنج ضلعی)

(۱) آدنوزین

اجزای نوکلئوتید ATP

(۲) باز آل آدنین (پورینی) یک حلقه پنج ضلعی و یک حلقه ۶ ضلعی

(۲) سه گروه فسفات



تبدیل ATP و ADP به یکدیگر



روش های ساخته شدن ATP

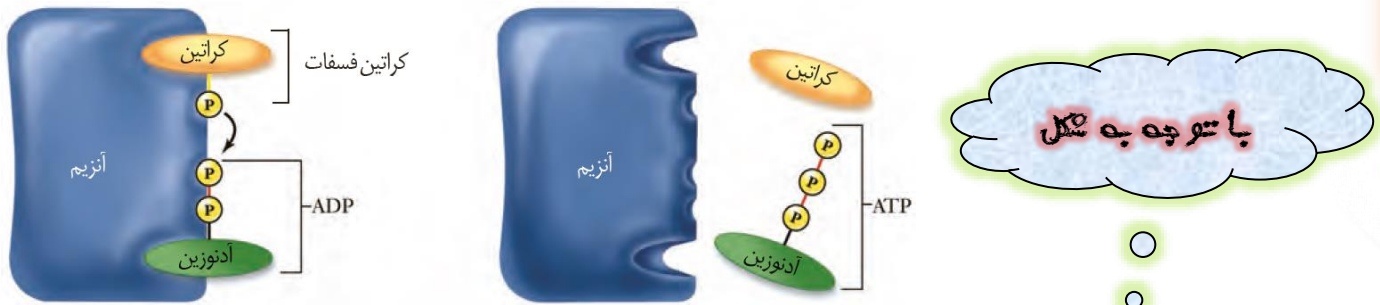
الف) در سطح پیش ماده

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.

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.

دقت کنید هر روش تولید ATP در سطح پیش ماده منظور: ۱) تخمیر ۲) کراتین فسفات ۳) گلیکولیز ۴) چرخه کربس

برای تولید ADP در سطح پیش ماده، از فسفات های آزاد درون یاخته استفاده نمی شود و بنابراین تولید ADP در سطح پیش ماده، باعث کاهش تعداد فسفات های آزاد درون یاخته نمی شود.



۱) این آنزیم دارای بیش از یک جایگاه فعال است. (یکه برای ADP و یکه برای کراتین فسفات)

۲) پیش ماده ها این آنزیم، یک مولکول دوفسفات (ADP) و یک مولکول تک فسفات (کراتین فسفات) هستند.

۳) فرآورده ها آن کراتین و ATP هستند. که کراتین به کراتین تبدیل می شود و از طریق ادرار دفع می شود. (ماده دفعی نیترژن دار است که حاصل تجزیه آمینواسید ونوکلوئوتید نیست)

ب) ساخته شدن اکسایشی

در ساخته شدن اکسایشی، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکتیزه ساخته می شود. و در ساخته شدن اکسایشی، ATP از یون فسفات آزاد درون میتوکندری و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در میتوکندری ساخته می شود.

ج) ساخته شدن نوری

این روش ساخته شدن ATP در سبزدیسه «درون بستره» و با استفاده از فسفاتهای آزاد درون یاخته انجام می شود و از آنجایی که منبع اصلی انرژی مؤثر در تولید ATP نور خورشید است، این روش را ساخته شدن نوری ATP می نامند. این روش ساخته شدن فقط در جانداران فتوسنتز کننده مثل جلبک ها (اسپیروژیر)، گیاهان و در باکتری ها (سیانوباکتری ها و گوگردی) مشاهده می شود.

دقت کنید جانداران فتوسنتز کننده به هر سه روش ATP تولید می کنند .



۱) گلیکولیز

مراحل تنفس یاخته ای

۲) اکسایش پیرووات - کربس - زنجیره انتقال الکترون

۱) گلیکولیز (قند کافت)

اولین مرحله تنفس یاخته ای، قند کافت و به معنی تجزیه گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می شود. تجزیه گلوکز در قند کافت، نه به صورت یک پاره، بلکه به صورت مرحله ای انجام می شود که عبارتند از:

چون انرژی را در قابل مهار نیست

مرحله اول (تشکیل قند سه کربنه دو فسفاته به نام فروکتوز دو فسفاته)

این مرحله انرژی خواه است یعنی انرژی فعالسازی نیاز دارد، که با هیدرولیز ۲ عدد ATP، گلوکز به قند ۶ کربنه دو فسفاته (فروکتوز فسفاته) تبدیل می شود.

مرحله دوم (تشکیل دو قند سه کربنه تک فسفاته)

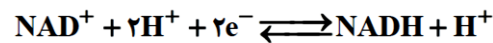
از تجزیه فروکتوز دو فسفاته، دو قند سه کربنی یک فسفاته به وجود می آید.

مرحله سوم (تشکیل دو اسید سه کربنه دو فسفاته)

در این مرحله هر قند سه کربنه تک فسفاته، با گرفتن فسفات معدنی و با از دست دادن دو الکترون و ۲ پروتون اکسید می شود و به اسیدی سه کربنه دو فسفاته تبدیل می شود (در این مرحله برای تولید هر اسید یک عدد NAD^+ با گرفتن الکترون و هیدروژن

احیا می شود و $NADH$ را تولید می کند.)

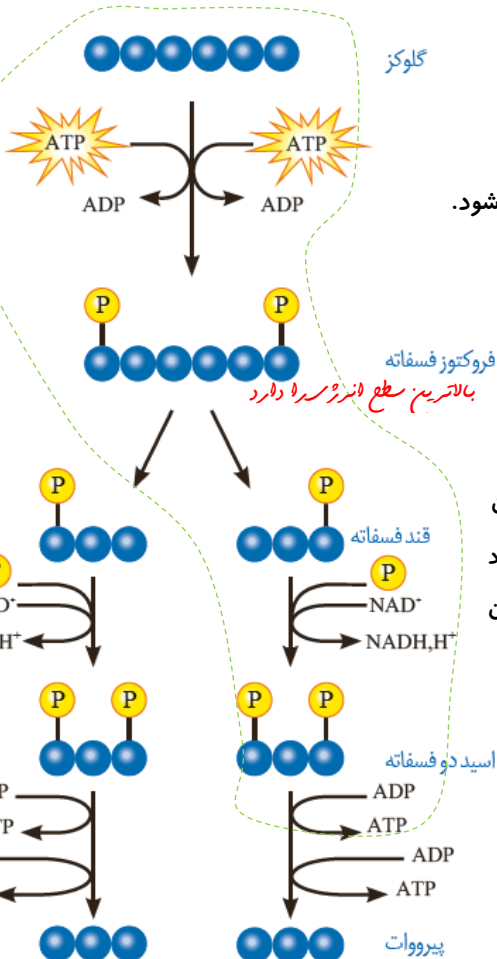
سطح انرژی بیشتر را می میرد



مرحله چهارم (تشکیل دو پیرووات و تولید ATP در سطح پیش ماده)

در این مرحله هر یک از این مولکول های سه کربنی با از دست دادن دو فسفات خود در نهایت به پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تبدیل می شود. (البته توجه کنید تولید ATP در سطح پیش ماده نیز صورت می گیرد)

فروکتوز
قند سه کربنه
اسید سه کربنه
پیرووات





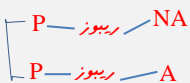
- ۱) گلیکولیز بخش بے هوازک تنفس یاخته، اے است یعنی بدون تولید و مصرف O_2 و CO_2 است .
- ۲) در همه یاخته ها ک زنده گلیکولیز انجام مے شود . (پس در همه یاخته ها ک زنده تولید ATP در سطح پیش ماده انجام مے شود . یا اینکه مے توانند در عدم حضور اکسیژن ATP تولید کنند)
- ۳) مے توان گفت با تولید H^+ در مرحله سوم، PH درون سیتوپلاسم کاهش مے یابد .
- ۴) در همه مراحل گلیکولیز تولید و مصرف ترکیب آله فسفات دار داریم که در مرحله اول
- ۵) در مرحله اول ۲ مولکول ATP و ۲ عدد آب مصرف مے شود و همچنین سه ترکیب آله دو فسفات (ولے دو نوع) تولید مے شود .
- ۶) در مرحله ۴ گلیکولیز براک تولید هر پیرووات ۳ ترکیب آله دو فسفات، مصرف مے شود و همچنین ۲ مولکول آله ۳ فسفات، و ۲ مولکول آب تولید مے شود. (براک تولید هر ترکیب سه کربنه دو فسفات، تعداد 2ATP و 1NADH تولید مے شود .)
- ۷) مولکولے که در هنگام فسفات، شدن گلوکز مصرف مے شود، در نگام تشکیل پیرووات تولید مے شود. (ATP) و همچنین مولکولے که براک ساخت فروکتوز تولید مے شود در هنگام ساخت پیرووات مصرف مے شود. (ADP)
- ۸) گلیکولیز در کل یک فرایند انرژی زا است و له در ابتدا به انرژی فعالسازک نیاز دارد یعنی انرژی خواه است .
- ۹) آنزیم های که در قند کافت موثرند از شبکه آندوپلاسمے و گلژک عبور نمے کنند چون گلیکولیز در سیتوپلاسم انجام مے شود .
- ۱۰) در مرحله گلیکولیز: هر ترکیب ۶ کربنه منظور (گلوکز و فروکتوز فسفات) ، هر ترکیب سه کربنه (قند سه کربنه ، اسید سه کربنه و پیرووات) ، هر ترکیب بدون فسفات (گلوکز و پیرووات)
- ۱۱) هورمون تیروئید مے تواند میزان گلیکولیز را در یاخته ها تنظیم کند . (چون در همه سلول ها گیرنده دارد)
- ۱۲) هر محصول قند کافت منظور $NADH$ ، ATP ، ADP ، H^+ و پیرووات است اما محصول نهائے پیرووات و ATP هستند که در صورت حضور اکسیژن وارد میتوکندری مے شوند .



مولکول های حامل الکترون: $NADH$ (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید) و $FADH_2$ (فلاوین آدنین دی نوکلئوتید)

۱) مولکول های آلی کربن داری هستند که در ساختار آنها باز آلی نیتروژن دارو قند ریوز وجود دارد. (دی نوکلئوتید آدنین دار هستند)

۲) $NADH$ از ترکیب NAD^+ ، H^+ و e^- ساخته می شود. و $FADH_2$ از ترکیب FAD ، H^+ و e^- ساخته می شود.

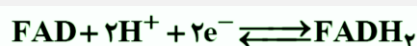
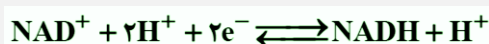


۳) NAD^+ توانایی حمل یک H^+ و دو الکترون را دارد اما FAD توانایی حمل دو الکترون و دو H^+ را دارد.

۴) دقت کنید که NAD^+ و FAD گیرنده الکترون هستند اما $NADH$ و $FADH_2$ حامل الکترون هستند. (NAD^+ هرگز اکسایش نمی یابد و

۵) $NADH$ هم در گلیکولیز و هم در چرخه کربس تولید می شود اما $FADH_2$ فقط و فقط در چرخه کربس یعنی درون میتوکندری (در

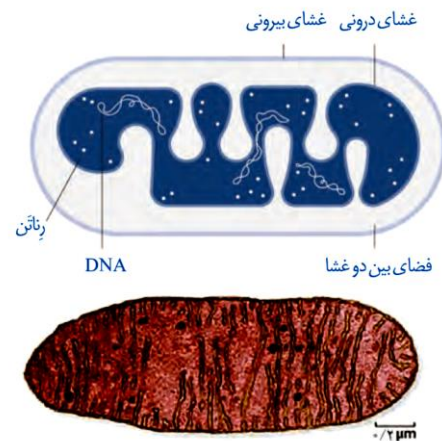
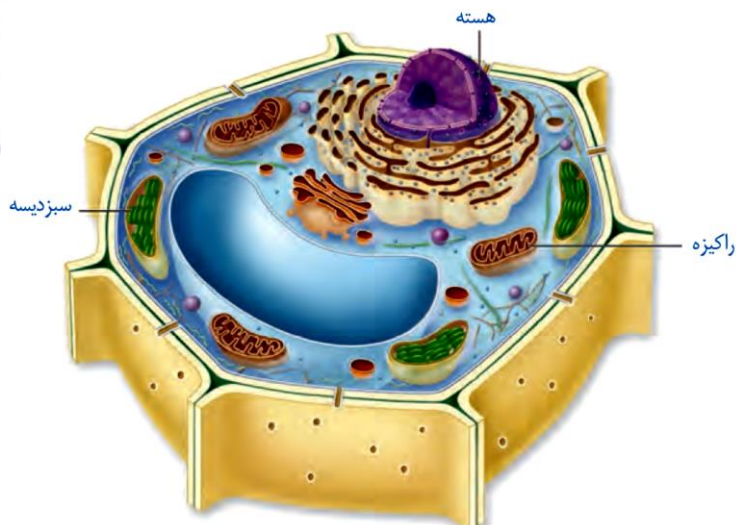
یوکاریوت ها) تولید می شود.



راکیزه مقصد پیرووات

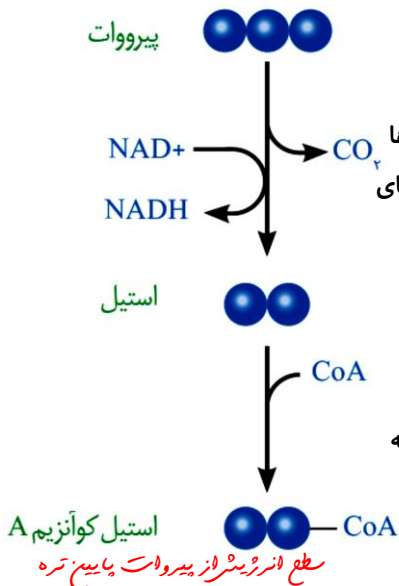
مرحله دیگر تنفس یاخته ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوتها در راکیزه انجام می شود.

- (۱) راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. در نتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می شود. (می توان گفت وسعت غشای داخلی بیشتر است چون چین خورده است)
 - (۲) راکیزه دنا (حلقوی) مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین سازی انجام می شود. (پس فعالیت رنابسپاراز، دنا بسپاراز و رناتخ ها وجود دارد یعنی همانندسازی، رونویسی و ترجمه مشاهده می شود).
 - (۳) در دنا راکیزه، ژنهای مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی (نه همه) از پروتئین های مورد نیاز در تنفس یاخته ای وجود دارند.
 - (۴) راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می شود. (در ماهیچه های اسکلتی که تار تند به کند تبدیل می شود).
- به نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟
- (۵) به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته ای به پروتئین هایی وابسته است که ژنهای آنها در هسته قرار دارند و به وسیله رناتن های سیتوپلاسمی ساخته می شوند. (پس وارد شبکه اندوپلاسمی و گلژی نمی شوند).
 - (۶) دنا درون میتوکندری فقط از یاخته های مادری به ارث می رسد.
 - (۷) ژن بیشتر پروتئین هایی که در راکیزه فعالیت می کنند در هسته قرار دارند. (پس از هر دو والد به ارث می رسند) و دقت کنید هر رنای پیکی که درون میتوکندری ترجمه می شود از روی دنا حلقوی ساخته شده نه خطی.
 - (۸) یاخته های عصبی و ماهیچه ایی میتوکندری دارند و چون در G_0 قرار دارند میتوکندری آنها برخلاف میتوکندری یاخته های دیگر در G_0 تقسیم می شوند نه G_2 .
 - (۹) گلبول قرمز، و در گیاهان تراکتید، عناصر آوندی و آوند آبکش میتوکندری و چرخه کربس ندارند پس ساخته شدن اکسایشی ATP ندارند اما پلاکت میتوکندری دارد.
 - (۱۰) باتوجه به شکل اندازه میتوکندری بزرگتر از 0.2 میکرومتر است و تعداد میتوکندری ها و دناهای درون میتوکندری بیشتر از یک عدد است و دناهای موجود در آن از یک نقطه به غشا متصل نیستند. همچنین می توان گفت در یاخته گیاهی به دلیل واکنش بزرگ میتوکندری ها به حاشیه رانده شده اند.
 - (۱۱) تنفس یاخته ایی لزوماً به میتوکندری نیاز ندارد مثل باکتری های هوازی.
 - (۱۲) درون تار (نه تارچه) یاخته های ماهیچه ایی کند تعداد زیادی میتوکندری وجود دارد. (البته در قاعده یاخته ریزپر دار نفرون و یاخته های عصبی تعداد زیادی میتوکندری وجود دارد).



مرحله دوم تنفس یاخته ای

الف) اکسایش پیرووات



محصول نهایی گلیکولیز که در انتهای آن بوجود می آید پیرووات است. این مولکول در یوکاریوت ها با انتقال فعال وارد راکیزه می شود. (البته از غشای) و در انجا اکسایش می یابد. (در باکتری های هوازی در غشای پلاسمایی انجام می شود).

پیرووات توسط مجموعه آنزیمی که در غشای داخلی راکیزه قرار دارند یک کربن دی اکسید از دست می دهد (پروتون و الکترون هم 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 NAD^+ با گرفتن الکترون و پروتون احیا می شود و $NADH$ را به وجود می آورد. اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام چرخه کربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می گیرد.

دقت کنید پیرووات مستقیم وارد کربس نمی شود بلکه یکی از محصولات آخ وارد کربس و دیگری وارد زنجیره انتقال الکترون می شود.



نکته ها

۱) در تنفس هوازی، اولین مولکول کربن دی اکسید، طی تبدیل پیرووات به بنیان استیل تولید می شود در انسان این CO_2 پس از تولید در ماتریکس میتوکندری، با عبور از ۳ غشاه (دو عدد غشاه میتوکندری و یک عدد در غشاه سلول) از سلول خارج می شود و پس از ورود به خون می تواند فعالیت آنزیم کربنیک انیدراز را در گویچه ها قرمز افزایش دهد و یا در سلول ها گیاهی می تواند با عبور از ۴ غشا (دو غشاه میتوکندری و دو غشاه کلروپلاست) وارد چرخه کالوین در بستره کلروپلاست شود.

۲) به ازای تجزیه هر گلوکز، ۲ مولکول پیرووات، دو مولکول استیل کوآنزیم A و قبل از کربس ۲ مولکول CO_2 تولید می شود و مولکول $NADH$ تولید می شود.

۳) توجه کنید بنیان استیل دو کربنه است اما استیل کوآنزیم A بیشتر از دو کربن دارد چون کوآنزیم A ترکیب آله هست.

۴) در سلول ها یوکاریوتی اکسایش پیرووات برخلاف احیا آن در سیتوپلاسم رخ نمی دهد.

۵) در باکتری ها و یوکاریوت ها در مرحله گلیکولیز NAD^+ الکترون را از ترکیب سه کربنه در یافت می کند.

یاد داشت ها

.....

.....

.....

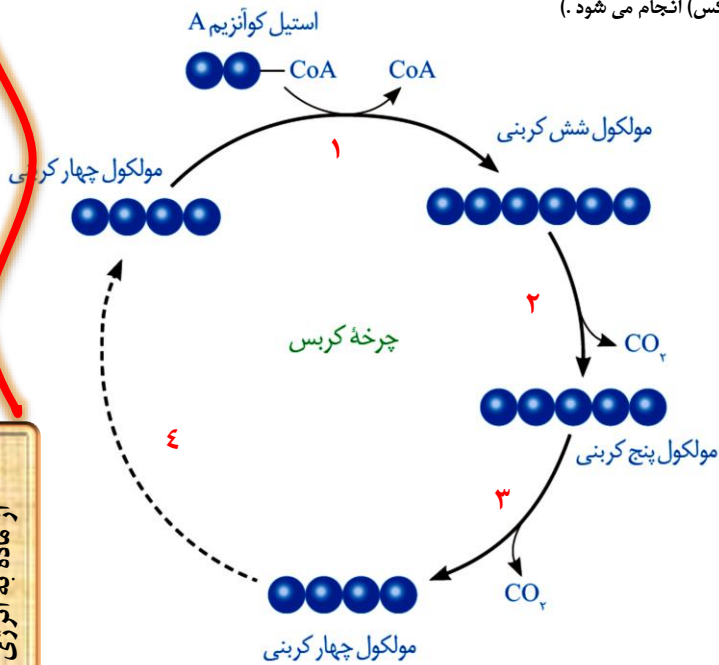
.....

.....



ب) چرخه کربس

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می شود. (این عمل در درون میتوکندری (ماتریکس) انجام می شود.)



۱) در ابتدای این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می شود.

۲) در مرحله دوم ترکیب شش کربنه اکسایش می یابد و با از دست دادن یک مولکول CO_2 به یک ترکیب پنج کربنه تبدیل می شود.

۳) در مرحله سوم ترکیب پنج کربنه اکسایش می یابد و با از دست دادن یک مولکول CO_2 به یک ترکیب چهار کربنه تبدیل می شود.

۴) در نهایت مولکول چهار کربنه تولید شده در مرحله سوم، طی یک سری واکنش با کلی تغییرات (که کتاب نگفته)، تبدیل به ترکیب چهار کربنه آغازگر چرخه می شود و در این مراحل، مولکول چهار کربنی آغازگر چرخه، برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس، مولکول های ATP، NADH و $FADH_2$ در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند. به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه می شود. (چون گلوکز ۶ کربن دارد تا حد تولید ۶ عدد CO_2 تجزیه می شود.) انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول های حامل الکترون ($FADH_2$ و NADH) می شود.

دقت کنید در مرحله اول کربس همانند مرحله اول گلیکولیز ترکیب ۴ کربنه تولید می شود. (البته برخلاف گلیکولیز فاقد فسفات است)



توجه در هر مرحله کربس، برخلاف مراحل گلیکولیز و اکسایش پیرووات دو نوع حامل الکترون تولید می شود. (..... و.....)

در چرخه کربس مولکول های شش و پنج و چهار کربنی هم تولید و هم مصرف می شوند. این مولکول ها فاقد فسفات هستند. و مولکول های ATP، $FADH_2$ ، NADH و CO_2 تولید می شوند ولی مصرف نمی شوند. (البته فراموش نکنید با تولید ATP آب هم تولید می شود.)



۱) از محصولات چرخه کربس NADH و FADH_2 برای تولید ATP بیشتر وارد زنجیره انتقال الکترون می شوند و CO_2 تولید شده نیز می تواند به عنوان پیش ماده برای ساخت اوره، کربنیک اسید (توسط انیدراز کربنیک) و در گیاهان به عنوان پیش ماده رویبیسکو باشد.

۲) در یاخته ها انسان در فضای از سلول که پیروات تولید می شود، استیل کوآنزیم A، FADH_2 و NADH

۳) هر فرایندی که منجر به تولید CO_2 از گلوکز می شود: تنفس یاخته ای، تخمیر الکلی (توجه کنید در تنفس یاخته ای CO_2 فقط در درون میتوکندریک تولید می شود).

۴) طی چرخه کربس همانند گلیکولیز و اکسایش پیروات، اکسیژن تولید و مصرف نمی شود.

۵) CO_2 تولید شده در درون میتوکندریک می تواند از: اکسایش پیروات، چرخه کربس یا تنفس نورک باشد.

۶) در تنفس مولکول CO_2 و آب درون میتوکندریک تولید می شوند و در فتوسنتز در درون کلروپلاست مصرف می شوند.

تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته ای ATP به وجود می آید. جالب است بدانیم که مولکول های NADH و FADH_2 نیز برای تولید ATP مصرف می شوند. چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می رود؟ همچنین براساس رابطه 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 **زنجیره انتقال الکترون در غشا درون راکیزه** نهفته است.

یادداشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره در غشای درونی راکیزه قرار دارند و از مولکول هایی تشکیل شده است که می توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. مولکول های این زنجیره عبارتند از :

(۱) **پمپ های غشایی** : در این زنجیره سه پمپ غشایی وجود دارد (مولکول اول ، سوم و پنجم) که از نوع پروتئین های سراسری هستند و با دو لایه فسفولیپیدی در تماس هستند این پمپ ها برخلاف شیب غلظت با انتقال فعال یون H^+ را از فضای داخلی میتوکندری (ماتریکس) به فضای بین دو غشا منتقل می کنند. (بنابراین pH فضای بین دو غشا اسیدی می شود).

این پمپ ها ATP مصرف نمی کنند بلکه انرژی خود را از الکترونهاي $NADH$ و $FADH_2$ می گیرند.



۱ در زنجیره انتقال الکترون ، الکترونهاي مولکول $NADH$ از هر سه نوع پمپ غشایی و الکترونهاي $FADH_2$ از دو نوع پمپ غشایی عبور می کنند و انرژی پمپ ها را تأمین می کند.

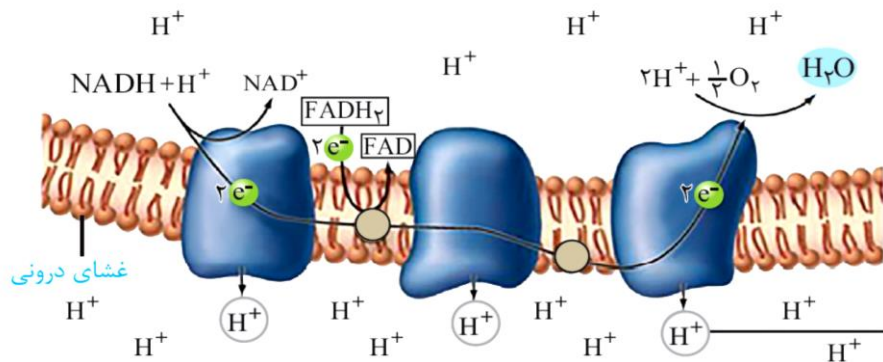
(۲) **مولکول های دیگر** : در این زنجیره علاوه بر پمپ ها دو مولکول دیگر نیز نقش دارند که مولکول دوم و چهارم زنجیره هستند.

مولکول دوم : اولین ترکیبی است که از $FADH_2$ الکترون می گیرد و یا هیدروژن های $FADH_2$ را جدا می کند، نوعی ترکیب آبگریز است (چون فقط با بخش آبگریز دو لایه فسفولیپیدی غشاء داخلی در تماس است).

از این ترکیب الکترون عبور می کند ولی چون فاقد منفذ است پروتون عبور نمی کند (البته در انتقال پروتون نقش دارد) ، پس نمی توان گفت از هر ترکیبی که الکترون عبور می کند، الزاماً پروتون هم عبور می کند ، پروتئین سراسری هم نیست.

مولکول چهارم : این مولکول انتقال دهنده الکترون در زنجیره فقط با یک لایه فسفولیپیدی غشاء داخلی در تماس است ، چون فاقد منفذ است بنابراین پروتون را از خود عبور نمی دهد ، این ترکیب با فسفولیپیدهای لایه خارجی غشای داخلی میتوکندری در تماس است.

آخرین ترکیب زنجیره انتقال الکترون پمپ غشایی است که الکترون ها را در نهایت به اکسیژن مولکولی (آخرین پذیرنده الکترون) می رساند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می شود. در ضمن یون های اکسید در ترکیب با پروتون هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول های آب را تشکیل می دهند



غشای بیرونی



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 (انتشار تسهیل شده)، اما تنها راه پیش روی پروتون ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه ای پروتئینی به نام **آنزیم ساز ATP** 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.

آنزیم ساز ATP

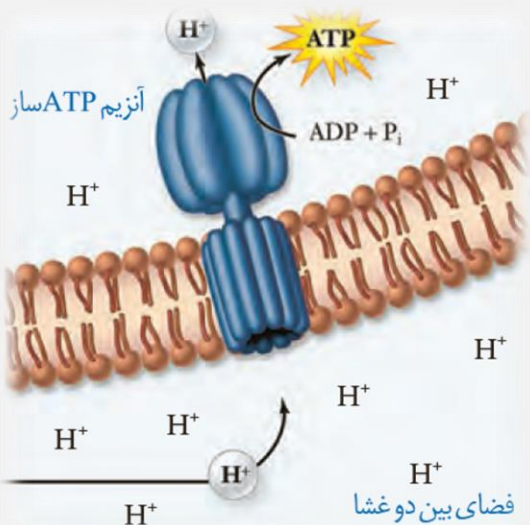
(۱) یک پروتئین سراسری است و با دولایه فسفولیپیدی تماس دارد. و مهم تر این که جزء زنجیره انتقال الکترون نیست.

(۲) دارای دو نقش است: (۱) نقش کانالی (انتقال پروتون به فضای داخلی میتوکندری) (۲) نقش آنزیمی (ساخت ATP)

(۳) این پروتئین برخلاف پمپ های زنجیره باعث کاهش PH درون فضای داخلی میتوکندری می شوند.

(۴) چون ساخت ATP انرژی خواه است، انرژی مورد نیاز آن از انرژی انتشار

پروتون ها حاصل می شود.



(۵) این پروتئین برخلاف پمپ های غشایی زنجیره، در انتقال الکترون

نقش ندارد.

(۶) این پروتئین برخلاف پمپ ها، باعث کاهش H^+ در فضای بین

دو غشای میتوکندری می شود.

از ماده به انرژی

عبدالعزیز بلوچ

- (۱) تنها عامل که غلظت پروتون ها را در فضای بین دو غشا کاهش می دهد آنزیم ساز ATP است.
- (۲) آنزیم گیرنده الکترون در تنفس ریاضه ایس اکسیداس است که یک ترکیب معدنر هست.
- (۳) در میتوکندری چندین زنجیره (یک نوع) وجود دارد و هر هم از ۵ مولکول تشکیل شده اند. به همین دلیل غشای داخلی زیاده است.
- (۴) هم اجزای زنجیره در ساخت ATP نقش دارند و هر هیچکدام نمی توانند ATP بسازند.
- (۵) آنزیم ساز ATP در ساختار چهارم است چون مجموعه ایس از پروتئین ها است.
- (۶) بر اثر عملکرد آنزیم ساز مولکول آب هم تولید می شود.





۱) الکترون ها $NADH$ از همه اجزای زنجیره عبور می کند. اما الکترون ها $FADH_2$ فقط از چهار جزء زنجیره عبور می کند و از اولین پمپ (اولین پروتئین زنجیره) عبور نمی کند.

۲) $NADH$ نسبت به $FADH_2$ باعث تولید ATP بیشتری می شود چون الکترون ها حاصل از آن پمپ ها بیشتر را فعال می کنند و باعث انتقال H^+ بیشتر می شود.

۳) NAD^+ تولید شده در میتوکندری برای بازسازی $NADH$ در میتوکندری (اکسایش پیرووات) و سیتوپلاسم (گلیکولیز) استفاده می شود. اما FAD ها تولید شده

۴) دومین مولکول زنجیره که در اکسایش $FADH_2$ نقش دارد. از دو منبع الکترون دریافت می کند.

۵) درون فضا داخل میتوکندری هم ATP در سطح پیش ماده تولید می شود (در چرخه کربس) و هم ATP به صورت اکسایش تولید می شود.

۶) در غشا داخل میتوکندری از هر پروتئینی که یو ها H^+ از آن عبور میکند بطور حتم در تولید ATP نقش دارد و برای عبور پروتون ATP مصرف نمی کند. اما ممکن است انرژی مصرف کند. (مثل پمپ ها که از انرژی الکترون استفاده می کنند)

۷) نمی توان گفت از هر ترکیبی که الکترون عبور می کند الزاماً پروتون هم عبور می کند مثل مولکول دوم و چهارم.

۸) نمی توان گفت هر پروتئینی که پروتون ها را عبور می دهد. الزاماً الکترون هم عبور می دهد. مثل آنزیم ATP ساز که الکترون از آن عبور نمی کند.

۹) همواره مقدار تراکم یون ها H^+ در فضا بین دو غشا. از فضا درون میتوکندری بیشتر است. و عواملی که باعث کاهش H^+ در فضا درون میتوکندری می شوند عبارتند از: پمپ ها. تولید آب و بازسازی $NADH$

۱۰) ترشح هورمون ها تیروئید T_3 و T_4 باعث افزایش مقدار تنفس یاخته اک و افزایش تولید ATP در یاخته می شود. (باعث افزایش تولید CO_2 و در پی آن افزایش فعالیت اندراز کربنیک و گشاد شدن رگ ها را داریم)

۱۱) آنزیم ATP ساز و پمپ ها در غشا داخل قرار دارند و با بخش فضا بین دو غشا و فضا داخل راکیزه در تماس اند.

۱۲) برای تجزیه هر گلوکز در تنفس یاخته ۲ مولکول ATP و ۲ مولکول ADP وارد میتوکندری می شود.

۱۳) گلیکولیز و کربس در سیتوپلاسم رخ می دهند اما گلیکولیز در ماده زمینه اک سیتوپلاسم رخ می دهد.

۱۴) برای تبدیل گلوکز به یک پیرووات (اسید سه کربنه بدون فسفات) تعداد $2ATP$ ، $2ADP$ و $1NADH$ تولید می شود و مصرفی ها عبارتند از و

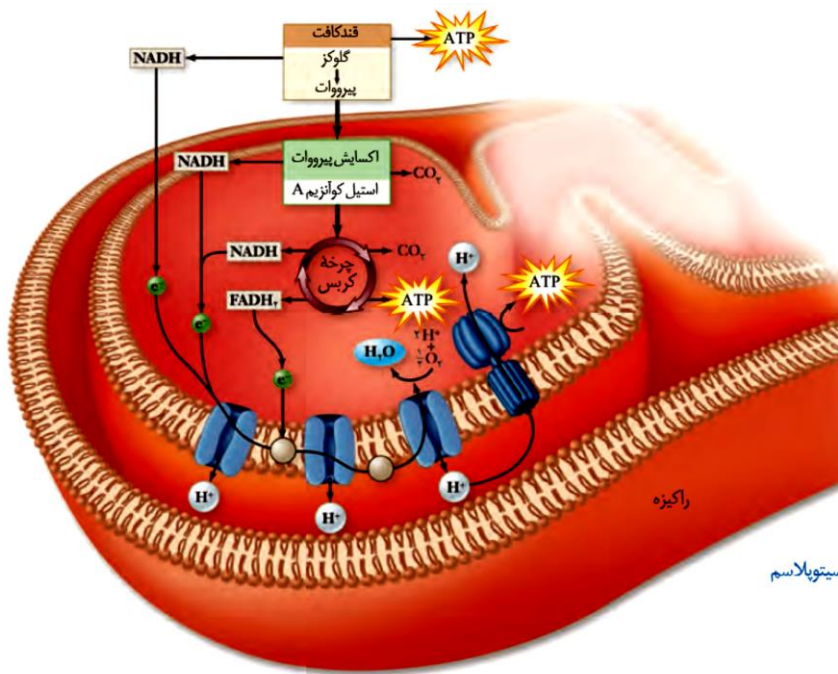
۱۵) برای تبدیل یک قند سه کربنه فسفات دار به یک استیل کوآنزیم A تعداد $2ATP$ ، $2NADH$ و یک CO_2 تولید می شود. و مصرفی ها عبارتند از و کوآنزیم A (یا برای تبدیل اسید سه کربنه دو فسفات به استیل کوآنزیم A چه مولکول های مصرفی یا تولید می شوند)

۱۶) دقت کنید اولین پروتئین زنجیره توانایی جدا کردن H^+ از $NADH$ و همچنین پمپ کردن H^+ را دارد.

۱۷) NAD^+ و FAD را پذیرنده الکترون و مولکول ها $NADH$ و $FADH_2$ حامل الکترون می گویند.



خلاصه هایی از تنفس یاخته ای را در شکل زیر مشاهده می کنید. همان طور که می بینید فرایند فندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می شود. پیرووات به راکیزه می رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می شود. در تنفس یاخته ای مولکول های کربن دی اکسید، ATP، FADH₂، NADH و آب تولید می شوند.



از ماده به انرژی



عبدالعزیز بلوچ



یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



تنظیم تنفس یاخته 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 ۳۰ عدد ATP است. (که ۴ عدد در گلیکولیز و کربس و بیش از ۶ برابر در زنجیره)

باکتری ها راکیزه ندارند، پس قندکافت و چرخه کربس در سیتوپلاسم باکتری هوازی انجام می شود و زنجیره انتقال الکترون درغشای پلاسمایی باکتری انجام می شود پس می توان گفت در باکتری هوازی به ازای تجزیه هر گلوکز تا ATP تولید شود .



باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می کند. به نظر شما اگر مقدار ATP دریاخته زیاد باشد، واکنش های قندکافت 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 قندکافت 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. یاخته های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می کنند. (پس اگر در یاخته میزان ATP زیاد باشد انسولین اجازه ورود گلوکز رو نمیده یعنی گلوکز اضافه میره در کبدوماهیچه ذخیره میشه)

در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه چربی ها و پروتئین ها می روند. (وضعیتی مشابه دیابت شیرین) 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.

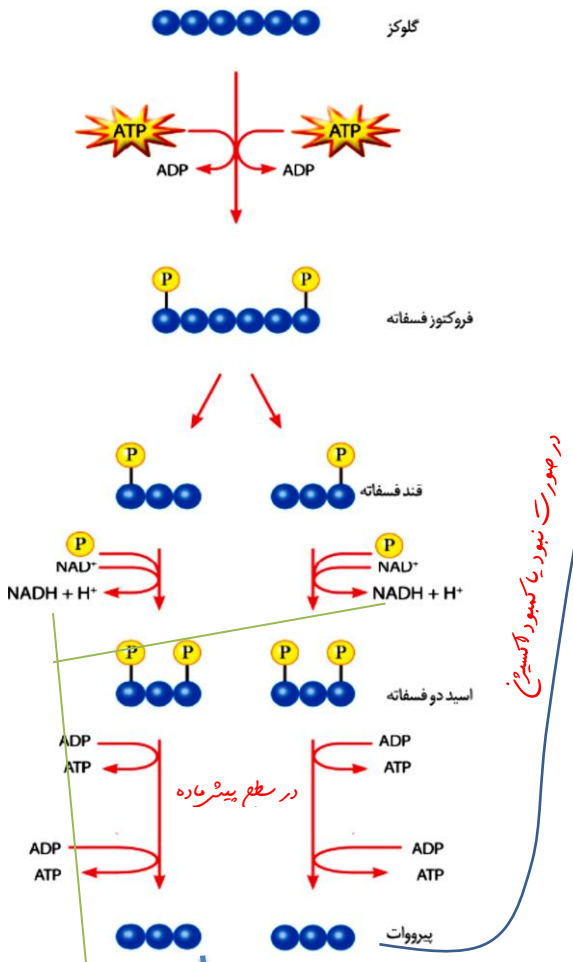
عوارض تجزیه چربی ها:

- تجزیه چربی ها باعث تولید محصولات اسیدی می شود همچنین ورود محصولات اسیدی به خون، باعث کاهش PH خون می شود. در این حالت کلیه ها برای جبران pH و حفظ همئوستازی، ترشح H^+ و باز جذب بیکربنات را افزایش می دهد.
- تجزیه چربی اطراف کلیه باعث افتادگی کلیه ها و تاخوردگی میزانی می شود.

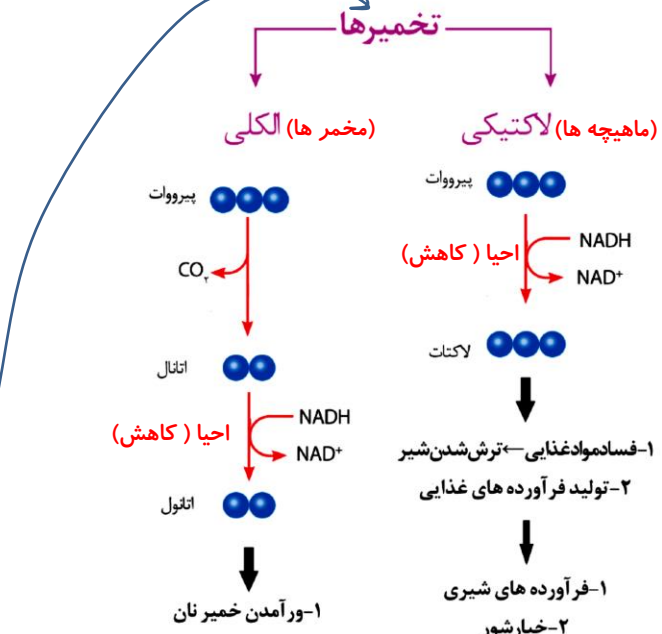
عوارض تجزیه پروتئین ها:

- تضعیف سیستم ایمنی
- تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه اسکلتی
- اختلال در انعقاد خون
- ...

توجه در افراد که مصرف پروتئین در کتخ ها زیاد شود، تولید آمونیاک و لوره نیز زیاد می شود، فعالیت کبد در تولید لوره زیاد می شود (کبد با ترکیب کردن آمونیاک و CO_2 لوره تولید می کند) و دفع مولد زائد نیتروژن در توسط کلیه ها زیاد می شود.



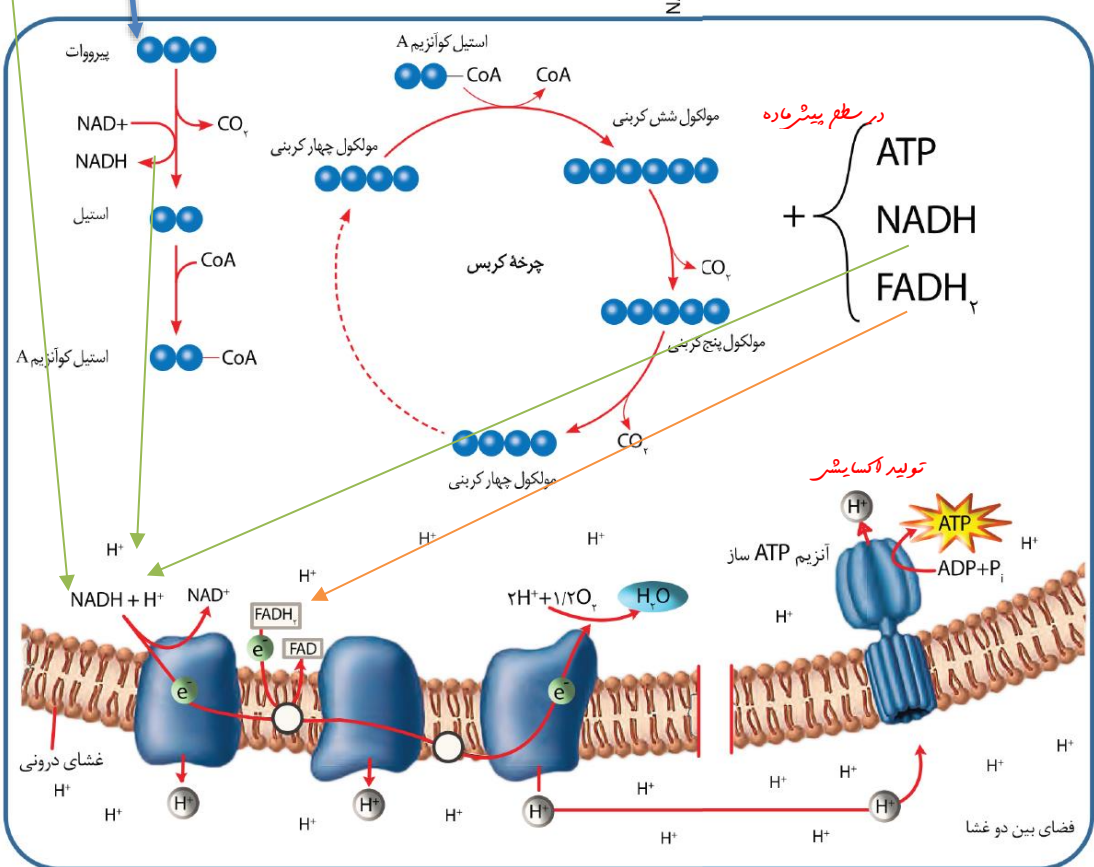
در صورت نبود یا کمبود آکسیژن



ماده زمینه ای سیستوپلاسم

از ماده به انرژی

انتقال فعال (اکسیژن کافی)



عبدالعزیز بلوچ



زیستن مستقل از اکسیژن

گفتار ۳

دیدیم که در تنفس یاخته ای، نوعی ترکیب غیر آلی یعنی اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است. اما تجزیه گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن نیست و در محیط هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود دارد. در این صورت ATP مورد نیاز سلول، بدون نیاز به اکسیژن، از تخمیر تامین می گردد.

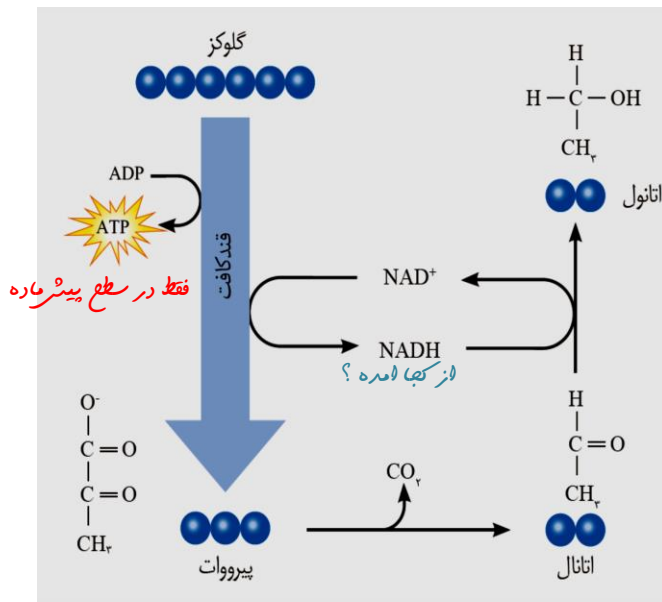
تخمیر از روش های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی** و **تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می بریم.

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می شوند و پیرووات ایجاد می کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفات همراه با ایجاد NADH از NAD⁺ است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت، NAD⁺ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف 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. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می شویم.

تخمیر الکلی

ور آمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. (به دلیل تولید شده) شکل مقابل طرح ساده ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می دهد.

در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO₂، به اتانال تبدیل می شود. اتانال (ترکیب آلی) با گرفتن الکترون های NADH احیا شده و اتانول ایجاد می کند. (پس NADH اکسایش و اتانال کاهش می یابد) توجه کنید گلیکولیز مرحله ای از تخمیر هم محسوب می شود پس در تخمیر ATP تولید می شود. (در مخمر ناخ و برخی گیاهان وجود دارد)



در تخمیر الکلی گیرنده نهایی الکترون اتانال (ترکیب آلی) است و محصول نهایی اتانول است. (هر دو دو کربنه اند)



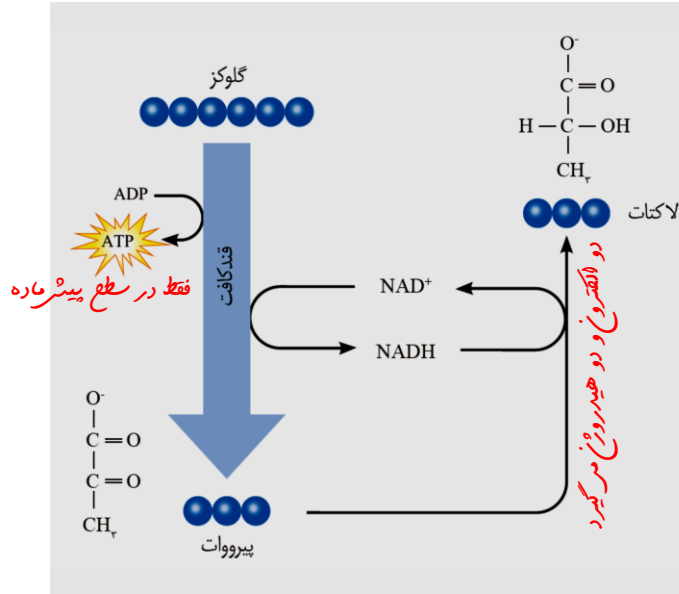
توجه به اندازه تجزیه هر گلوکز به روش تخمیر الکلی، ۲ مولکول CO₂، ۲ مولکول اتانال، ۲ مولکول اتانول تولید و ۲ مولکول NAD⁺ بازسازی می شود.



تخمیر لاکتیکی

در سال گذشته خواندید، 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 قندکافت وارد راکیزه ها نمی شود، بلکه با گرفتن الکترون های NADH به لاکتات تبدیل می شود. (پس پیرووات کاهش و NADH اکسایش می یابد).

تفاوت لاکتیک اسید با پیرووات ؟



در تخمیر لاکتیکی گیرنده نهایی الکترون پیرووات (ترکیب آلی) است و محصول نهایی لاکتات است . (هر دو اسید سه کربنه



بدون فسفات اند)

مقایسه تخمیر الکلی و لاکتیکی

تفاوت ها (در هر نوع تخمیری نمی تواند ...)	شباهت ها (در هر نوع تخمیری)
۱) گیرنده نهایی الکترون در الکلی اتانال (۲ کربنی) و در لاکتیکی پیرووات (۳ کربنی)	۱) به اکسیژن نیاز ندارند .
۲) در تخمیر الکلی برخلاف لاکتیکی تولید CO ₂ داریم .	۲) با گلیکولیز شروع می شوند . (پس تولید و مصرف ATP و NADH دارند).
۳) در تخمیر الکلی، ترکیب دو کربنه و در تخمیر لاکتیکی، ترکیب سه کربنه احیاء میشود	۳) در سیتوپلاسم انجام می شوند .
۴) در تخمیر الکلی، محصول قند کافت احیاء یا اکسایش نمی یابد ولی در تخمیر لاکتیکی، محصول قندکافت مستقیماً احیاء می شود.	۴) تولید ATP در سطح پیش ماده را دارند .
۵) در تخمیر الکلی محصول نهایی ، ATP ، اتانول CO ₂ و در تخمیر لاکتیکی محصول نهایی، ATP و اسید لاکتیک هستند .	۵) بازسازی NAD ⁺ در هر دو انجام می شود.

توجه

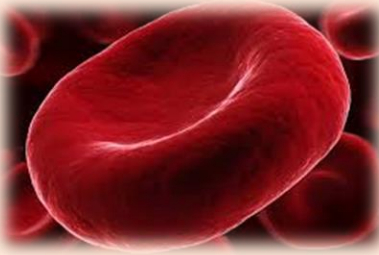
در بین یاخته های بدن، یاخته های ماهیچه ای و گلبو لهای قرمز (به دلیل نداشتن راکیزه) تخمیر لاکتیکی دارند . (البته در

برخی باکتری ها و گیاهان هم تخمیر لاکتیکی وجود دارد)





در مورد گلبول قرمز (RBC)



- ۱) گلبول قرمز بیشترین یاخته های خونی هستند و در انسان و بیشتر پستانداران میتوکندری ندارد.
- ۲) چون میتوکندری ندارد پس اکسایش پیرووات ندارد (یعنی تولید CO_2 و استیل کوآنزیم A ندارد)
- ۳) چون میتوکندری ندارد پس چرخه کربس ندارد (یعنی مصرف استیل کوآنزیم A و تولید $FADH_2$ ندارد).
- ۴) چون میتوکندری ندارد پس زنجیره انتقال الکترون ندارد (یعنی مصرف O_2 ، $FADH_2$ و تولید اکسایشی ATP ندارد).
- ۵) می توان گفت در تنفس به ازای مصرف هر گلوکز ۲ عدد ATP تولید می کنند.
- ۶) گلیکولیز دارد پس اتفاقاتی مثل تولید ATP در سطح پیش ماده، تولید ترکیب سه کربنه دو فسفات و ... دارد.

انواعی از باکتری ها تخمیر لاکتیکی 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 خیار شور 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 (نرم آکنه ای) هوادار در گیاهان آبی و شش ریشه در درخت حرا از این سازوکارهاست. 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.

یادداشت ها





۱) در تخمیر لاکتیکه CO_2 تولید نمی شود. پس می توان گفت که انجام تخمیر لاکتیکه در عضلات باعث کاهش فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک و در نتیجه کاهش تولید بیکربنات و یون H^+ درون گویچه قرمز اطراف آن ماهیچه می شود. اما به دلیل تولید لاکتیک اسید باعث افزایش ترشح H^+ و باز جذب بیکربنات می شود.

۲) در ماهیچه ها اسکلتی هم اکسایش پیرووات و هم احیا پیرووات انجام می شود اما در گویچه ها قرمز فقط احیا پیرووات انجام می شود و اکسایش پیرووات در گویچه ها قرمز مشاهده نمی شود.

۳) یاخته ها ماهیچه اسکلتی از یاخته های هستند که می توانند اکسایش پیرووات (درون راکیزه) و احیا پیرووات (در ماده زمینه اکسیژن) انجام دهند. ولی در گویچه ها قرمز فقط احیا پیرووات را داریم. (چون)

۴) دقت کنید در تخمیر لاکتیکه یاخته ها ماهیچه اسکلتی، لاکتیک اسید تولید می شود و باعث تحریک گیرنده درد می شود و همچنین توجه کنید که پیرووات تجزیه نمی شود بلکه کاهش می یابد.

۵) گلبول قرمز و یاخته ها ماهیچه اسکلتی تخمیر لاکتیکه دارند و هر دو در سیتوپلاسم خود ترکیب آهن دار دارند که
.....

۶) در قارچ (مثل مخمر) راکیزه وجود دارد اما می توانند به روش تخمیر هم، انرژی مورد نیاز خود را تامین کنند.

۷) در ماهیچه ها تند روش تامین انرژی بیشتر تخمیر هست اما در ماهیچه ها کند که میتوکندری بیشتر دارند تنفس یاخته ای هوازی بیشتر است. پس در رگ ها ماهیچه قرمز فعالیت انیدراز بیشتر است.

۸) در یاخته ها ماهیچه ای برخلاف یاخته کبدی گیرنده نهایی می تواند ترکیب آلپ یا غیر آلپ باشد و در حضور یا عدم حضور O_2 می تواند NAD^+ را بازسازی کند.

۹) مخمران برخلاف تارها ماهیچه ای در حضور یا عدم حضور O_2 ، CO_2 را تولید می کنند پس بنابراین می توان گفت در یاخته ماهیچه ای اگر CO_2 تولید شود قطعاً تنفس هوازی هست.

۱۰) اگر گفته شود تنفسی که در آن پیرووات بدون کاهش یا اکسایش مصرف می شود منظور تخمیر الکلی هست.

۱۱) در ماهیچه ها تند (سفید) تعداد میتوکندری کمتر است پس چرخه کربس کمتر در نتیجه تولید CO_2 و مصرف O_2 کمتر است.

۱۲) با تبدیل یک قند سه کربنه تک فسفات به اتانول تعداد $2ATP$ ، $1NADH$ و $1CO_2$ و $1NAD^+$ تولید و مصرفی ها عبارتند از یا برای تبدیل گلوکز به یک اتانول تعداد و و تولید و مصرفی ها عبارتند از
.....

۱۳) توجه کنید تخمیر همان بازسازی NAD^+ در حضور یک پذیرنده آلپ هیدروژن هست.

۱۴) مخمران و یاخته ماهیچه اسکلتی در صورت وجود O_2 تنفس هوازی دارند اما در صورت عدم حضور O_2 به ترتیب تخمیر الکلی و لاکتیکه انجام می دهند.



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 دهنده بافت های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، (نه بی هوازی) وجود دارد.

اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{2-}) 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.

راکیزه ها برای مقابله با **اثر سمی** رادیکال های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته اند، میوه ها و سبزیجات دارای پاد اکسنده هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. (ترکیبات رنگی در گریچه (مانند آنتوسیانین در ریشه چغندر قرمز، کلم بنفش و میوه هایی مانند پرتقال توسرخ) و ترکیبات رنگی در کروموپلاستها (مانند کاروتنوئیدها) نقش پاداکسنده (آنتی اکسیدان) دارند) پاداکسنده ها در واکنش با رادیکال های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول های زیستی و در نتیجه تخریب بافت های بدن می شوند.

تجمع رادیکالهای آزاد

الکل و انواعی از نقص های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی سازی رادیکال های آزاد مشکل ایجاد می کنند. در چنین شرایطی، رادیکالهای آزاد در راکیزه تجمع می یابند و آن را تخریب می کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می شود.

الف- اثر الکل:

۱) الکل سرعت تشکیل رادیکالهای آزاد از اکسیژن را افزایش می دهد (۲) مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می شود. رادیکال های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته های کبدی و بافت مردگی (نکروز کبد) می شوند.

ب- نقص ژنی:

گاه نقص در ژن های مربوط به پروتئین های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن **پروتئین های معیوب** می انجامد راکیزه ای که این پروتئین های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکالهای آزاد، عملکرد مناسبی ندارد

توقف انتقال الکترون



الف) سیانید:

مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می شوند. سیانید یکی از این ترکیب هاست که **واکنش نهایی** مربوط به انتقال الکترونها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می شود. (ترکیبات سیانیددار توسط گیاهان تولید می شوند، که تاثیری بر تنفس یاخته ای خود گیاه ندارد اما وقتی جانور گیاه را می خورد، این ترکیب تجزیه و سیانید که سمی است از آن جدا می شود و تنفس یاخته ای جانور گیاه خوار را متوقف می کند).

ب) گاز کربن مونواکسید:

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 مونواکسید کربن، در واقع در انجام تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته ای اثر می گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترونها به اکسیژن می شود. (دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسید کربن هستند)

سیانید و مونواکسید کربن با مهار آخرین پروتئین زنجیره باعث :

- ۱) مانع انتقال الکترون به اکسیژن و کاهش تولید O^{2-} می شود و در پی آن تولید آب در بستره کاهش می یابد.
- ۲) با کاهش فعالیت پمپ ها مقدار H^+ در فضای بین دو غشا کاهش و در نتیجه فعالیت آنزیم ATP ساز کمتر می شود یعنی تولید اکسایشی ATP کاهش می یابد.
- ۳) مانع تجزیه NADH می شود در نتیجه بر بازسازی NAD^+ تاثیر می گذارد و می تواند بر چرخه کربس نیز تاثیر بگذارد.





A large area of horizontal dotted lines for writing, starting below a solid blue line and extending to the bottom of the page.

