

از ماده به انرژی

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔ یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم. یا به عبارت ساده‌تر بررسی می‌کنیم که چگونه از گلوکز غذای معرفی، مولکول‌های به‌دست می‌آید.



تنفس یاخته‌ای

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 یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می‌شود؛ مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود (واکنش ۱).



واکنش ۱- تنفس یاخته‌ای

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

ATP مولکول پر انرژی

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

ATP یا آدنوزین تری فسفات، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج *آدنوزین ساخته شده است که به حلقه‌ای است که مونومر محسوب نمی‌شود.

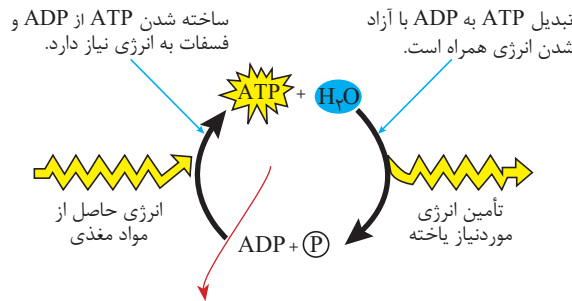
کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه

*آدنوزین مونوفسفات در ساختار RNA به عنوان مونومر وجود دارد.

مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین مونوفسفات)، سپس ADP (آدنوزین دی فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود (شکل ۱).

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

زیست‌شناسی ۳



* تبدیل ADP به ATP با مصرف فسفات و انرژی و تولید آب همراه است.

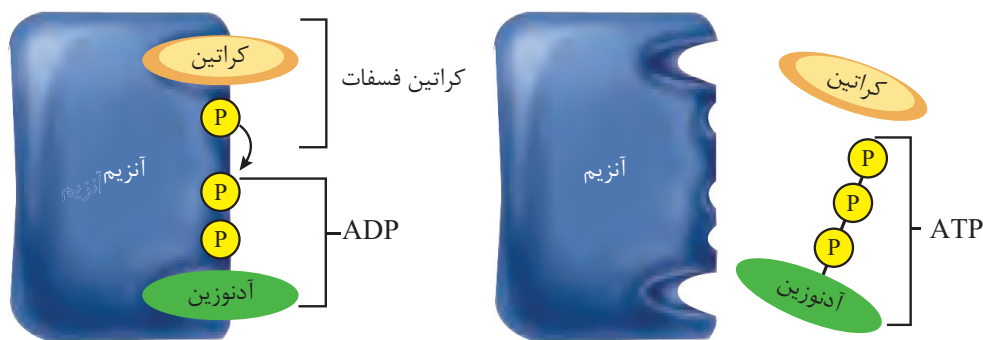
* تبدیل ATP به ADP با مصرف آب و آزاد شدن فسفات و انرژی همراه است.

روش‌های ساخته شدن ATP: دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدن ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش ماده) و افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را

* ساخته شدن ATP در **میتوکندری** و **ساخته شدن ATP به کمک کراتین فسفات** نمونه‌هایی از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده است.

ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده می‌نامند.

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



ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

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

* در ساخته شدن نوری و اکسایشی ATP، فسفات به شکل آزاد از محیط دریافت می‌شود.

۱ آدنوزین

- (۱) دارای ۵ اتم کربن در حلقه قندی خود است.
- (۲) مونومر نوکلئیک اسیدهای تک‌ رشته‌ای محسوب می‌شود.
- (۳) دو حلقه شش ضلعی و یک حلقه ۵ ضلعی دارد.
- (۴) با دریافت یک گروه فسفات می‌تواند در تشکیل کدون آغاز بکار رود.

۲ تبدیل همراه است.

- (۱) ADP به AMP مثل تبدیل کراتین به کراتین فسفات، با مصرف فسفات
- (۲) ATP به ADP مثل تبدیل بیش‌سازهای همانندسازی به مونومر در زنجیره، با آزاد شده یک گروه فسفات
- (۳) ATP به ADP مثل اتصال متیونین به فنیل آلانین با آزاد شدن یک مولکول آب
- (۴) ATP به ADP مثل عملکرد نوکلئازی دنباسپاراز با آزاد شدن یک گروه فسفات

۳ تشکیل ATP به کمک کراتین فسفات

- (۱) رایج‌ترین روش تأمین انرژی برای یاخته‌های ماهیچه‌ای است.
- (۲) بدون تغییر میزان فسفات آزاد محیط صورت می‌پذیرد.
- (۳) با مصرف یون فسفات محیط و همچنین مصرف انرژی همراه است.
- (۴) سبب می‌شود ضمن آزاد شدن انرژی، یون فسفات نیز به محیط افزوده شود.

زیستن با اکسیژن

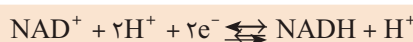
اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز تنفس یاخته‌ای را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

قندکافت (گلیکولیز): ۱ اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، ۲ قندکافت و به معنی تجزیه گلوکز است که ۳ در ماده زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

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

در شکل ۴ می‌بینید که ۵ از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. ۶ از تجزیه این قند، دو قند سه کربنی فسفات به وجود می‌آید. ۷ هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه کربنی تبدیل می‌شود. ۸ هریک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تبدیل می‌شود. ۹ در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به وجود می‌آیند.

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



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

زیست‌شناسی ۳

* در گلیکولیز، تبدیل قندهای ۶ کربنه به یکدیگر، با تولید ADP همراه است.

* در گلیکولیز تشکیل اولین اسید، نیازمند مصرف NAD^+ و فسفات آزاد محیط است.

* در گلیکولیز تشکیل محصول نهایی با تولید ATP همراه است.

* در گلیکولیز تشکیل قند سه کربنه یک فسفات به تولید یا مصرف ATP و NAD^+ همراه نیست.

۴ در گلیکولیز ضمن تبدیل گلوکز به اسید فسفاتۀ ۳ کربنه، به ترتیب و تولید می‌شود.

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| (۱) $NADH + H^+$ و ADP | (۲) $NADH + H^+$ و ATP |
| (۳) NAD^+ و P, ATP | (۴) NAD^+ و ADP |

۵ در گلیکولیز در مرحله تبدیل قند به اسید می‌شود.

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| (۱) فسفات و $NADH$ مصرف | (۲) فسفات مصرف و NAD^+ تولید |
| (۳) NAD^+ اکسید و فسفات مصرف | (۴) NAD^+ احیا و نوعی قند اکسید |

۶ در هر مرحله از گلیکولیز که با تولید نوعی ترکیب دوفسفاته همراه است

- | | |
|--|--|
| (۱) میزان فسفات آزاد محیط تغییر نمی‌کند. | (۲) ترکیب موردنظر، قند یا اسید است. |
| (۳) افزوده شدن فسفات به قند رخ می‌دهد. | (۴) اکسیداسیون یا احیاء صورت می‌پذیرد. |

۷ تبدیل هر قند یک فسفاتۀ به اسید در قندکافت با همراه است.

- | | |
|---|---|
| (۱) دریافت یک گروه فسفات و از دست دادن یک الکترون | (۲) از دست دادن دو الکترون و احیاء ترکیب نوکلئوتیدی |
| (۳) ایجاد دو پروتون و دریافت یک گروه فسفات | (۴) از دست دادن یک الکترون و ایجاد یک پروتون |

راکیزه مقصد پیرووات

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

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

راکیزه دناي مستقل از هسته و رِناَتَن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئين‌سازي انجام می‌شود. در دناي راکیزه،

ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی از پروتئين‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

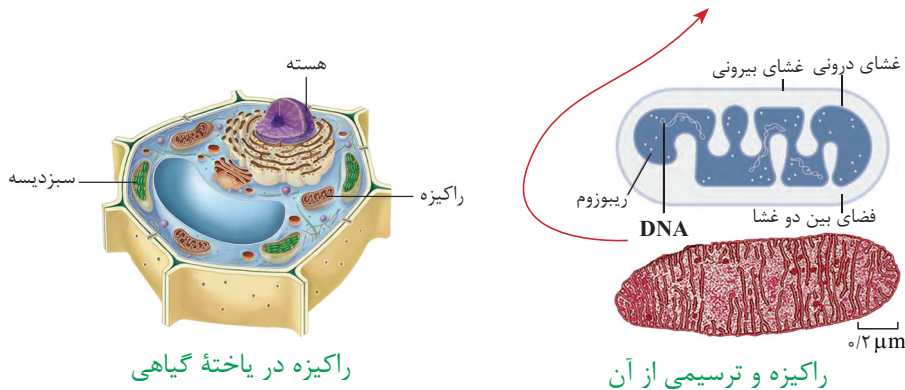
راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.

به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئين‌هایی وابسته است که ژن‌های آنها در هسته قرار دارند و

به وسیلۀ رِناَتَن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

زیست‌شناسی ۳

* درون راکیزه تعدادی مولکول دناي حلقوی وجود دارد که با هم متبند اند.



راکیزه در یاخته گیاهی

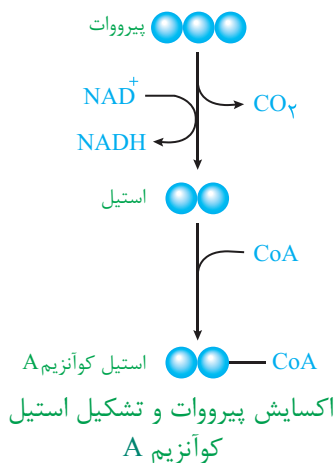
راکیزه و ترسیمی از آن

۸ نمی‌توان گفت هر راکیزه

- (۱) چند نوع دناي حلقوی کوچک دارد.
- (۲) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.
- (۳) دارای ژن‌های مربوط به پروتئین‌های تنفس یاخته‌ای است.
- (۴) واجد تعدادی رناتن در مجاورت دناهای حلقوی است.

۹ کدامیک جمله زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

- «در انسان، هر راکیزه
- (۱) غشاء درونی وسیع‌تر از غشاء بیرونی دارد.
- (۲) عملکرد وابسته به هورمون‌های یددار غده تیروئید دارد.
- (۳) تنها اندامک واجد دناي حلقوی محسوب می‌شود.
- (۴) در توارث سیتوپلاسمی برخی صفات نقش دارد.



اکسایش پیروات: گفتیم که در انتهای قندکافت، پیروات به وجود می‌آید. ۱ پیروات از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. ۲ پیروات در راکیزه یک کربن‌دی‌اکسید از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود. ۳ استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد. ۴ در این واکنش NADH نیز به وجود می‌آید (شکل ۶). اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به نام چرخه کربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.

* ورود پیروات به میتوکندری با مصرف انرژی همراه است.

* در زمان تبدیل پیروات به استیل NAD^+ مصرف و NADH و CO_2 تولید می‌شود.

* پیروات مولکولی ۳ کربنه و استیل مولکولی ۲ کربنه است.

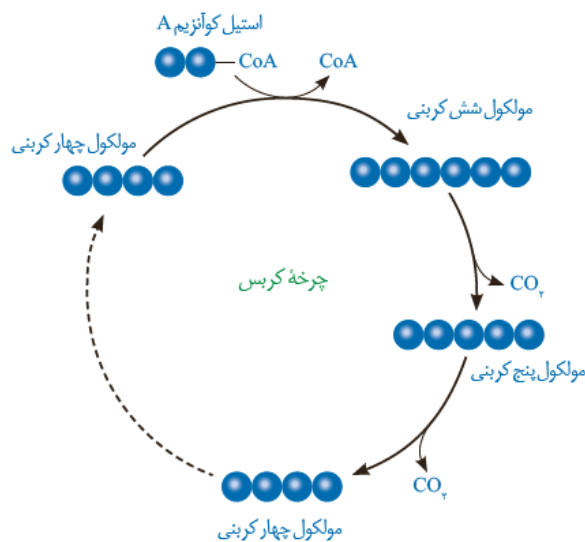
۱۰ اکسایش پیروات و استیل در اشتراک دارند.

- (۱) مصرف NADH و تولید CO_2
- (۲) اکسیداسیون ترکیب ۳ کربنه و تولید NADH
- (۳) تولید CO_2 و مصرف NAD^+
- (۴) مصرف ADP و NAD^+ و تولید NADH



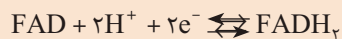
مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می‌شود.

چرخه کربس



شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخه کربس را نشان می‌دهد. در این چرخه، ۱) ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهار کربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، ۲) دو اتم کربن به صورت CO_2 آزاد و ۳) مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود. از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های NADH ، FADH_2 و ATP در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.

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



واکنش ۳

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

۱۱) در نوعی از تنفس یاخته‌ای که طی آن پیرووات اکسایش می‌یابد، لزوماً

۱) FADH_2 احیاء شده و CO_2 تولید می‌شود.

۲) NAD^+ و FAD تولید می‌شوند.

۳) از هر مولکول گلوکز، 4CO_2 آزاد می‌شود.

۴) مولکول‌های ۵ کربنه با تولید CO_2 به دریافت‌کننده استیل تبدیل می‌شوند.

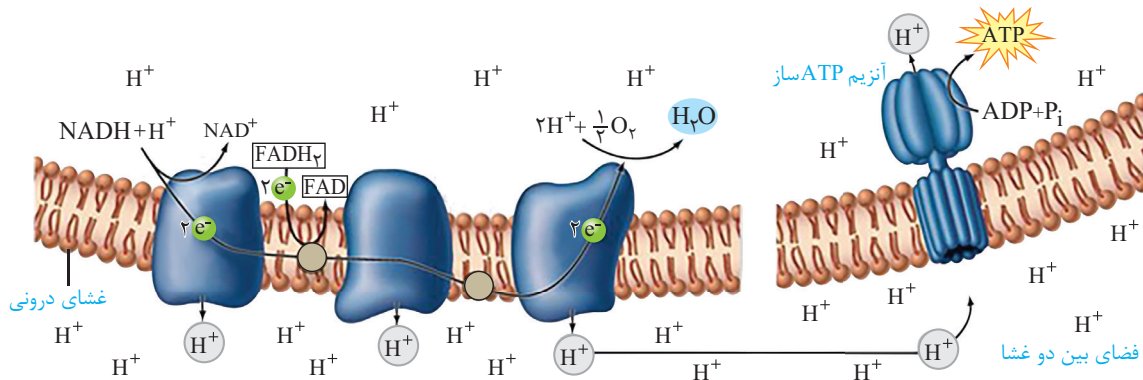
* در چرخه کربس ضمن تولید هر مولکول شش کربنی، کوآنزیم A آزاد می‌شود.

* ترکیب آغازگر چرخه کربس بدون آزاد شدن CO_2 از مولکول قبلی به وجود می‌آید.

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های NADH و $FADH_2$ نیز برای تولید ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟ همچنین براساس رابطه کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می‌شود؟ پاسخ این پرسش‌ها در **زنجیره انتقال الکترون** در غشای درونی راکیزه نهفته است.

زنجیره انتقال الکترون

زنجیره انتقال الکترون ۱ از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و ۲ می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. در این زنجیره می‌بینید ۳ که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. ۴ اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.



زنجیره انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP

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



اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در سه محل از زنجیره انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی NADH و $FADH_2$ فراهم می‌شود. انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟

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

زیست‌شناسی ۳

* غشاء داخلی راکیزه با داشتن چین‌خوردگی زیاد امکان تولید ATP بیشتر را مهیا می‌کند.

* الکترون‌های NADH از ۳ و الکترون‌های $FADH_2$ از ۲ پمپ غشایی می‌گذرند.

۱۲ در زنجیره انتقال الکترون میتوکندری، دهنده الکترون به اولین مولکول زنجیره و گیرنده نهایی الکترون است.

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| (۱) NADH - اکسیژن مولکولی | (۲) $FADH_2$ - یون اکسید |
| (۳) NADH - یون اکسید | (۴) $FADH_2$ - اکسیژن مولکولی |

۱۳ در زنجیره انتقال الکترون میتوکندری، الکترون‌های خارج شده از پمپ غشایی از طریق مولکولی در غشاء چین‌خورده به پمپ بعدی منتقل می‌شوند.

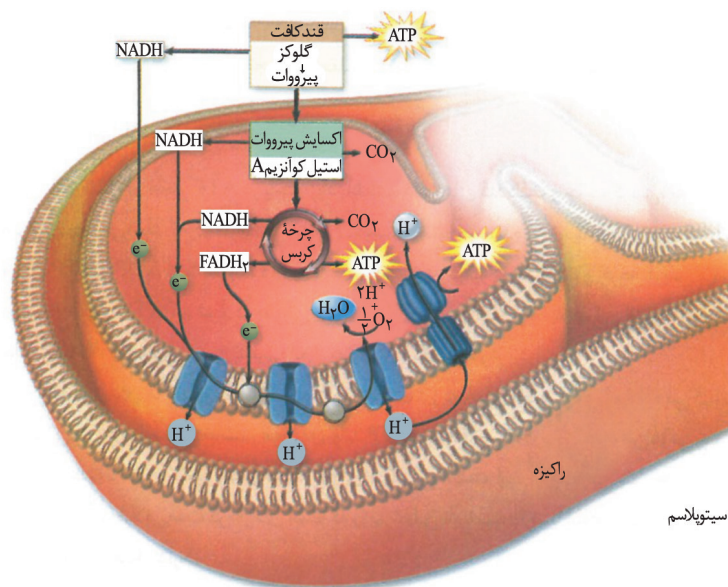
- | | |
|------------------------|------------------------|
| (۱) اولین - لایه داخلی | (۲) اولین - لایه خارجی |
| (۳) دومین - لایه خارجی | (۴) دومین - لایه داخلی |

۱۴ تولید اکسایشی ATP توسط بخش پروتئین ساز و در غشاء چین‌خورده صورت می‌پذیرد.

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| (۱) باریک‌تر - سمت بیرونی | (۲) حجیم‌تر - سمت بیرونی |
| (۳) حجیم‌تر - سمت درونی | (۴) حجیم‌تر - ضخامت |

مروری بر تنفس یاخته‌ای

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



شکل ۹- خلاصه‌ای از تنفس هوازی

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

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

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

زیستن مستقل از اکسیژن



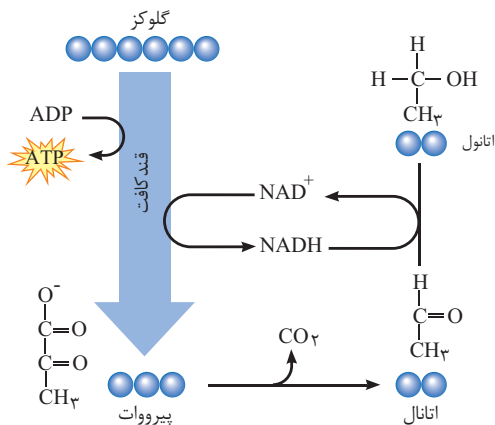
تخمیر

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

تخمیر ۱ از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. **۲** در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **۳** تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم.

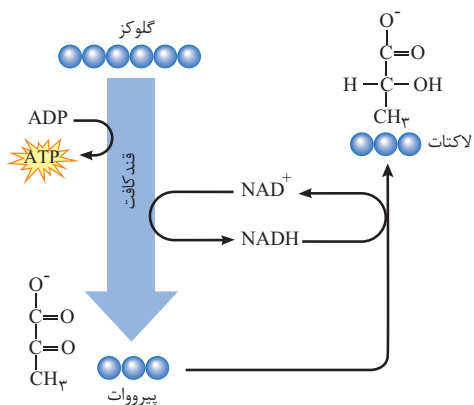
تخمیر الکلی و لاکتیکی **۴** مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفات همراه با ایجاد NADH از NAD^+ است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. **۵** در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها NAD^+ به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم.

زیست‌شناسی ۳



تخمیر الکلی: ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، ۱ پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 ، به اتانال تبدیل می‌شود. ۲ اتانال با گرفتن الکترون‌های NADH اتانول ایجاد می‌کند.

شکل ۱۰ تخمیر الکلی



تخمیر لاکتیکی: در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟ فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).

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

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

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پاراننشیمی (نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبی و شش‌ریشه در درخت حرا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

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

* محصول نهایی تخمیر لاکتیکی ۳ کربنه و محصول نهایی تخمیر الکلی ۲ کربنه است.

* در تخمیر لاکتیکی پیرووات و در تخمیر الکلی اتانال ایجاد می‌شود.

زیست‌شناسی ۳

۱۵) چند مورد وجه اشتراک تخمیر الکلی و لاکتیکی را نشان می‌دهد؟

الف) آغاز با قندکافت

ب) تولید CO_2

ج) احیاء ترکیب ۲ کربنه

د) تشکیل NAD^+

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۱۶) در تخمیر الکلی ضمن مرحله بازسازی NAD^+ صورت می‌پذیرد.

۱) مصرف اتانال

۲) تولید اتانال

۳) مصرف اتانول

۴) تولید CO_2

۱۷) در نوعی تنفس، پیرووات بدون اکسیداسیون و احیاء، تغییر می‌کند، نمی‌توان گفت در این تنفس

۱) در ابتدا آدنوزین تری فسفات مصرف می‌شود.

۲) تبدیل قند به اسید با مصرف NAD^+ رخ می‌دهد.

۳) به ازای مصرف هر گلوکز، ۲ مولکول CO_2 آزاد می‌شود.

۴) محصول نهایی نوعی ترکیب ۳ کربنه فاقد فسفات است.

سلامت بدن: پاداکسندها

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل‌دهنده بافت‌های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژندر فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟

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

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاد اکسندهایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسندها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

تجمع رادیکال‌های آزاد: آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت

تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟

مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازنده یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند.

عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در

عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

اثر الکل: مطالعات نشان می‌دهد که الکل ۱) سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و ۲) مانع از عملکرد

راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. ۳) رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و ۴) در نتیجه مرگ

یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت ۵) اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین

عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

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

توقف انتقال الکترون

مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. سیانید یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسید کربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسید کربن‌اند.

..... سبب افزایش میزان یون اکسید و مانع تشکیل آن می‌شود.

(۲) سیانید - مونواکسید کربن
(۴) سیانید - الکل

(۱) مونواکسید کربن - سیانید
(۳) الکل - مونواکسید کربن



(سراسری ۱۴۰۰)

۱. کدام عبارت، در خصوص زنجیره انتقال الکترون موجود در یاخته عضله توأم انسان صحیح است؟

- (۱) فقط از مولکول‌های حامل الکترون موجود در راکیزه (میتوکندری) استفاده می‌شود.
- (۲) بخشی از مسیر رسیدن الکترون‌ها از حاملین مختلف الکترون به پذیرنده‌های نهایی آن، مشترک است.
- (۳) یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌های فضای بین دو غشای راکیزه (میتوکندری)، آب را تشکیل می‌دهند.
- (۴) انرژی لازم برای پمپ‌کردن الکترون‌ها به بخش داخلی راکیزه، از مولکول‌های حامل الکترون تأمین می‌شود.

گزینه ۲

(سراسری ۱۴۰۰)

۲. کدام گزینه، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

«یاخته‌های گیاهی ممکن است به سبب تجمع محصولات نهایی حاصل از روش‌هایی برای تأمین انرژی، حیات خود را از دست بدهند، در همه این روش‌ها، هم‌زمان با به وجود آمدن می‌شود.»

- (۱) NAD^+ ، کربن دی‌اکسید تولید
- (۲) ترکیب نهایی، $NADH$ مصرف
- (۳) ترکیب سه کربنی، NAD^+ تولید
- (۴) نوعی قند سه کربنی، PDA مصرف

گزینه ۲

(سراسری ۱۴۰۱)

۳. کدام مورد، درباره یک تار ماهیچه‌ای دلتایی درست است؟

- (۱) سیانید می‌تواند با مهار تشکیل آب در فضای بین دو غشای راکیزه (میتوکندری) مانع ساخته شدن ATP شود.
- (۲) محصول حاصل از قندکافت (گلیکولیز) همواره از طریق نوعی پروتئین غشایی به درون راکیزه (میتوکندری) منتقل می‌شود.
- (۳) پاداکسند (آنتی‌اکسیدان)‌ها پس از اکسایش یافتن، می‌توانند نوکلئیک‌اسیدهای راکیزه (میتوکندری) را از اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد حفظ کنند.
- (۴) انرژی لازم برای انتقال H^+ به فضای بین دو غشای راکیزه (میتوکندری)، همواره از الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ حاصل از اکسایش گلوکز تأمین می‌شود.

گزینه ۳

۴. تعدادی از جانداران، برای تأمین انرژی از گلوکز، اسید دو فسفات را طی مراحل ترکیب دوکربنی تبدیل می‌کنند. در همه

(سراسری ۱۴۰۱)

این جانداران، طی این مراحل کدام مورد رخ می‌دهد؟

- (۱) NAD^+ مصرف و CO_2 آزاد می‌شود.
- (۲) ADP مصرف و CO_2 آزاد می‌شود.
- (۳) ATP تولید و $NADH$ مصرف می‌شود.
- (۴) NAD^+ تولید و $NADH$ مصرف می‌شود.

گزینه ۲

۵. CO_2 حاصل از یاخته‌های انسان می‌تواند با محصول واکنش دیگری ترکیب شود و در تنظیم pH محیط مؤثر باشد، کدام

(سراسری ۱۴۰۱)

ویژگی، فقط درباره بعضی از این یاخته‌ها صادق است؟

- (۱) با تولید یک مولکول بدون فسفات از ترکیب دوفسفات، انرژی لازم برای تولید ترکیباتی فسفات‌دار را فراهم می‌کنند.
- (۲) می‌توانند از محصول نوعی واکنش آب‌کافت (هیدرولیز)، در اولین مرحله از قندکافت (گلیکولیز) استفاده کنند.
- (۳) قادرند با روش‌های متفاوتی، شکل رایج و قابل استفاده انرژی یاخته را بسازند.
- (۴) آنزیم‌های لازم برای دریافت الکترون از حاملین الکترون را دارند.

گزینه ۳

زیست‌شناسی ۳

۶. نخستین جزء از زنجیره انتقال الکترون یک راکیزه (میتوکندری) که هم الکترون‌های مربوط به NADH و هم الکترون‌های مربوط به $FADH_2$ را دریافت می‌کند، چه مشخصه‌ای دارد؟ (سراسری ۱۴۰۱)

- (۱) پروتون‌ها را به فضای بین دو غشا پمپ می‌کند.
- (۲) ابتدا باعث می‌شود تا اکسیژن به یون اکسید تبدیل شود.
- (۳) ابتدا الکترون‌ها را به دومین محل پمپ کننده پروتون‌ها منتقل می‌کند.
- (۴) می‌تواند مستقیماً تحت تأثیر یون سیانید قرار گیرد و به صورت غیرفعال درآید.

گزینه ۳

۷. چند مورد، معرف نوعی واکنش کاهشی در جانداران است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

- (الف) تبدیل اتانال به اتانول در گیاهان غرقابی
- (ب) تبدیل پیرووات به لاکتات در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی انسان
- (ج) تبدیل پیرووات به بنیان استیل در یاخته‌های کبدی انسان
- (د) تبدیل مولکول پنج کربنی به مولکول چهار کربنی در سیانوباکتری‌ها

(۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۱

گزینه ۳

۸. در خصوص فرایندهای تأمین انرژی از مولکول‌های گلوکز که در یک یاخته ماهیچه اسکلتی فعال انسان می‌تواند رخ دهد، کدام مورد نادرست است؟ (سراسری ۱۴۰۲)

- (۱) با افزایش نسبت ADP به ATP، فعالیت آنزیم‌های چرخه کربس کاهش می‌یابد.
- (۲) فراورده‌های اضافی حاصل از کاهش مولکول‌های پیرووات، به تدریج تجزیه می‌شوند.
- (۳) آب، طی اولین مرحله تنفس یاخته‌ای و طی تخمیر لاکتیکی تولید می‌شود.
- (۴) با تجزیه ترکیب ۵ کربنی، نوعی ترکیب اکسایش یافته تولید می‌شود.

گزینه ۱

۹. مطابق با اطلاعات کتاب درسی، در راکیزه (میتوکندری) یک یاخته فعال جانوری، به دنبال دریافت $2e^-$ و $2H^+$ توسط مولکول پذیرنده، فراورده‌ای تولید می‌شود. ویژگی مشترک این نوع فراورده‌ها، کدام یک از موارد زیر است؟ (سراسری ۱۴۰۲)

- (الف) در واکنش تبدیل مولکول‌های درشت به مولکول‌های کوچک تر مصرف می‌شوند.
- (ب) در طی مرحله قندکافت (گلیکولیز) نیز تولید می‌شوند.
- (ج) در محل‌های متفاوتی از زنجیره انتقال الکترون به وجود می‌شوند.
- (د) در ساختار خود اتم اکسیژن دارند.

(۱) «الف» و «د» (۲) «الف»، «ج» و «د» (۳) «ب» و «ج» (۴) «د»

گزینه ۴

۱۰. کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟ (سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

- «در انسان، فقط آن بخش از آنزیم ATP ساز که در داخلی راکیزه (میتوکندری) قرار دارد،»
- (۱) غشای - حاوی تعدادی قطعات مجزاست
 - (۲) فضای - می‌تواند به عبور پروتون‌ها کمک کند
 - (۳) فضای - منبع رایج انرژی یاخته را رها می‌سازد
 - (۴) غشای - می‌تواند الکترون بگیرد یا از دست بدهد

گزینه ۳

۱۱. با توجه به بخشی از یک چرخه کربس که در آن نوعی پیوند اشتراکی بین فسفات و نوعی نوکلئوتید برقرار می‌شود، کدام مورد

- نادرست است؟ (محل ورود استیل کوآنزیم A به چرخه، به عنوان محل آغاز چرخه در نظر گرفته می‌شود). (سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)
- (۱) بعد از این بخش، آخرین مولکول چهار کربنی به وجود می‌آید.
 - (۲) بعد از این بخش، دو نوع مولکول حامل الکترون تولید می‌شود.
 - (۳) قبل از این بخش، نوعی ماده آلی آزاد می‌شود که برای فعالیت آنزیم ضروری است.
 - (۴) قبل از این بخش، نوعی مولکول ایجاد می‌شود که غالباً از طریق ترکیب با هموگلوبین در خون حمل می‌شود.

گزینه ۴

۱۲. با توجه به زنجیره انتقال الکترون و تشکیل ATP در راکیزه (میتوکندری) و در ارتباط با ساختاری که توانایی انتقال

پروتون‌ها را دارد و می‌تواند الکترون‌ها را از سطح خارجی غشای درونی راکیزه (میتوکندری) دریافت کند، کدام مورد نادرست است؟

- (سراسری تیر ۱۴۰۳)
- (۱) به طور غیرمستقیم به انرژی شیب غلظت نوعی از یون‌ها نیازمند است.
 - (۲) همواره با انتقال الکترون‌ها به اکسیژن، آب را در بخش داخلی راکیزه (میتوکندری) تولید می‌کند.
 - (۳) قسمت عمده این ساختار، در غشای داخلی راکیزه (میتوکندری) قرار دارد.
 - (۴) به طور غیرمستقیم از یکی از محصولات واکنش‌های قندکافت، الکترون‌ها را دریافت می‌کند.

گزینه ۲

۱۳. مطابق با اطلاعات کتاب درسی، در هر فرد ضمن فعالیت‌های ورزشی زیاد و در جریان تأمین انرژی از مولکول‌های گلوکزی

که از روده جذب شده‌اند، کدام یک از واکنش‌های زیر، در هر دو بخش اصلی سیتوپلاسم یاخته ماهیچه دلتایی انجام‌پذیر است؟

- (سراسری تیر ۱۴۰۳)
- (۱) کاهش نوعی ترکیب دو نوکلئوتیدی
 - (۲) تولید نوعی اسید سه کربنی دوفسفاته
 - (۳) تولید کربن‌دی‌اکسید
 - (۴) تولید مولکول پنج کربنی

گزینه ۱



۱ یا شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا (آدنوزین مونوفسفات)، سپس (آدنوزین دی‌فسفات) و در نهایت (آدنوزین تری‌فسفات) تشکیل می‌شود.



۳ تولید ATP به سه شکل است یکی که در آن فسفات مورد نیاز از یک ترکیب فسفات دار تأمین می‌شود، دیگری که در میتوکندری رخ می‌دهد و دیگری که در کلروپلاست رخ می‌دهد.

۴ ساخته شدن ATP در به کمک کراتین فسفات، است.

۵ اولین مرحله تنفس یاخته‌ای و به معنی است که در انجام می‌شود.

۶ در قندکافت ابتدا از گلوکز و ATP، قند ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند به وجود می‌آید. هریک از این قندها با گرفتن یک گروه به تبدیل می‌شود و هریک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های و به وجود می‌آیند.

۷ NADH حامل است نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه تشکیل می‌شود.

۸ تبدیل گلوکز به فروکتوز فسفات با و تبدیل قند یک فسفات به اسید دوفسفات با و تبدیل اسید دو فسفات به پیرووات با همراه است.

۹ راکیزه مولکول دناي و مخصوص به خود دارد و تقسیم می‌شود.

۱۰ ژن‌های مورد نیاز برای ساخت پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس در و قرار دارد.

۱۱ پیرووات با وارد راکیزه شده سپس شده و از دست داده و به تبدیل می‌شود سپس با اتصال به به تبدیل می‌شود.

۱۲ در چرخه کربس، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A بامولکولی کربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت آزاد و مولکول برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.

۱۳ زنجیره انتقال الکترون از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در قرار دارند و می‌توانند الکترون یا در این زنجیره الکترون‌ها در نهایت به می‌رسند که با گرفتن الکترون به تبدیل می‌شود سپس این ترکیبات در ترکیب با که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های را تشکیل می‌دهند.

۱۴ در زنجیره انتقال الکترون میتوکندری که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در محل از زنجیره انتقال الکترون از به پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پیرانرژی و فراهم می‌شود. سپس تراکم پروتون‌ها در نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد و پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند از طریق مجموعه‌ای پروتئینی به نام به فضای داخلی بازگردند، پروتون‌ها از که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی مورد نیاز برای تشکیل از فراهم می‌شود.

۱۵ اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته، حداکثر ATP است.

- ۱۶ اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در و مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود و بالعکس.
- ۱۷ یاخته‌های بدن در صورت ناکافی بودن ذخیره قندی برای تولید ATP به سراغ تجزیه و می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن و سیستم از عوارض سوءتغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی‌مدت در افرادی است که دارند.
- ۱۸ تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با آغاز می‌شوند و ایجاد می‌کنند؛ برای تداوم قندکافت، ضروری است و در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آن‌ها به‌وجود می‌آید.
- ۱۹ در تخمیر الکلی پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن به تبدیل می‌شود و این مولکول با گرفتن الکترون‌های ایجاد می‌کند.
- ۲۰ در تخمیر پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های به تبدیل می‌شود.
- ۲۱ در تولید فراورده‌های شیرین و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.
- ۲۲ تخمیر و در گیاهان وجود دارد. تجمع یا در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد. بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.
- ۲۳ راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات مثل وابسته‌اند که در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها می‌شوند.
- ۲۴ و انواعی از در عملکرد راکیزه در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.
- ۲۵ سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود.
- ۲۶ گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.
- ۲۷ واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.
- ۲۸ سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون می‌شود، این ماده در و دیده می‌شود.



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



۳ تولید **ATP** به سه شکل است یکی **در سطح پیش ماده** که در آن فسفات مورد نیاز از یک ترکیب فسفات‌دار تأمین می‌شود، دیگری **اکسایشی** که در میتوکندری رخ می‌دهد و دیگری **نوری** که در کلروپلاست رخ می‌دهد.

۴ ساخته شدن **ATP** در **ماهیچه** به کمک کراتین فسفات، در **سطح پیش ماده** است.

۵ اولین مرحله تنفس یاخته‌ای **قند کافت** و به معنی **تجزیه گلوکز** است که در **ماده زمینه سیتوپلاسم** انجام می‌شود.

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

۷ **NADH** حامل **الکترون** است دو نوکلئوتید دارد و از **NAD⁺** به اضافه **الکترون و پروتون** تشکیل می‌شود.

۸ تبدیل گلوکز به فروکتوز فسفات با **مصرف ATP** و تبدیل قند یک فسفات به اسید دوفسفات با **مصرف NAD⁺** و تبدیل اسید دو فسفات به پیرووات با **مصرف ADP** همراه است.

۹ **راکیزه تعدادی** مولکول **دنا مستقل از هسته** و **رنا تن** مخصوص به خود دارد و همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.

۱۰ ژن‌های مورد نیاز برای ساخت پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس در **راکیزه و هسته** قرار دارد.

۱۱ پیرووات با **انتقال فعال** وارد راکیزه شده سپس **اکسید** شده و **CO₂** از دست داده و به **استیل** تبدیل می‌شود سپس با اتصال به **کوآنزیم A** به **استیل کوآنزیم A** تبدیل می‌شود.

۱۲ در چرخه کربس، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی **چهار کربنی**، کوآنزیم A جدا و مولکولی **شش کربنی**، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت **CO₂** آزاد و مولکول **چهار کربنی** برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.

۱۳ زنجیره انتقال الکترون از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در **غشای درونی راکیزه** قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. در این زنجیره الکترون‌ها در نهایت به **اکسیژن مولکولی** می‌رسند که با گرفتن الکترون به **یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی)** تبدیل می‌شود سپس این ترکیبات در ترکیب با **پروتئین‌هایی** که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های **آب** را تشکیل می‌دهند.

۱۴ در زنجیره انتقال الکترون میتوکندری که پروتون‌ها (یون‌های **H⁺**) در **سه محل** از زنجیره انتقال الکترون از **بخش داخلی** به **فضای بین دو غشا** پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی **NADH** و **FADH₂** فراهم می‌شود. سپس تراکم پروتون‌ها در **فضای بین غشایی** نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد و پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند از طریق مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** به فضای داخلی بازگردند، پروتون‌ها از **کانالی** که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی مورد نیاز برای تشکیل **ATP** از **ADP** و **گروه فسفات** فراهم می‌شود.

۱۵ اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار **ATP** تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته **یوکاریوت**، حداکثر **ATP ۳۰** است.

- ۱۶ اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در **قندکافت و چرخه کربس** مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود و بالعکس.
- ۱۷ یاخته‌های بدن در صورت ناکافی بودن ذخیره قندی برای تولید ATP به سراغ تجزیه **چربی‌ها و پروتئین‌ها** می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن **ماهیچه‌های اسکلتی** و سیستم **ایمنی** از عوارض سوءتغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند.
- ۱۸ تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با **قندکافت** آغاز می‌شوند و **پیروات** ایجاد می‌کنند؛ برای تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آن‌ها NAD^+ به‌وجود می‌آید.
- ۱۹ در تخمیر الکلی پیروات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 به **اتانول** تبدیل می‌شود و این مولکول با گرفتن الکترون‌های **$NADH$ اتانول** ایجاد می‌کند.
- ۲۰ در تخمیر **لاکتیکی** پیروات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های **$NADH$** به **لاکتات** تبدیل می‌شود.
- ۲۱ **تخمیر لاکتیکی** در تولید فراورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.
- ۲۲ تخمیر **الکلی و لاکتیکی** در گیاهان وجود دارد. تجمع **الکل یا لاکتیک اسید** در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد. بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.
- ۲۳ راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات **پاداکسنده** مثل **کارتونوئیدها** وابسته‌اند که در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها می‌شوند.
- ۲۴ **الکل** و انواعی از **نقص‌های ژنی** در عملکرد راکیزه در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.
- ۲۵ **الکل** سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود.
- ۲۶ گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های **زنجیره انتقال الکترون** به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.
- ۲۷ **سیانید** واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.
- ۲۸ **گاز مونوکسید کربن** سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون می‌شود، این ماده در **سیگار و دود خارج شده از خودروها** دیده می‌شود