

جزوه بیوشیمی

(بخش دوم جزوه)

شمیم خندان علمداری

دانشگاه فنی و حرفه ای دختران ولی عصر (عج)

صنایع غذایی - کنترل کیفیت

۱۳۹۸ - ۱۳۹۹

به نام خدا

با سلام خدمت دانشجویان عزیز؛

باتوجه به وضعیت پیش آمده (بیماری کرونا وایرس) ، جزوه درس بیوشیمی به صورت PDF خدمت شده ارائه شده است . سعی شده است که به صورت روان و شیوا برای شما تهیه شود. در صورتکه پس از مطالعه سوال یا ابهامی برای شما ایجاد گردید می توانید از طریق ایمیل در تماس باشید.

برای همه ی شما عزیزان آرزوی موفقیت و سلامتی دارم

شمیم خندان علمداری

Email: sshamimkh@yahoo.com

کربوهیدرات ها (فصل ۵)

- کربوهیدرات ها فراوان ترین بیومولکول ها در زمین هستند.
- همه ی کربوهیدرات ها جامد هستند.
- کربوهیدرات ها انرژی را هستند و انجام اعمال حیاتی را تسهیل می نمایند، از اینرو از بهترین مواد تغذیه ای برای ورزشکارانند .
- کربوهیدرات ها از اتم های کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده اند.
- مهمترین قند دارای اهمیت فیزیولوژیک گلوکز است که سوخت اصلی بافت های بدن پستانداران می باشد.


اعمال کربوهیدرات در بدن (۳)

- کربوهیدرات نقش عمده ای در تأمین قدرت و انرژی بدن و مغز دارد بدن نمی تواند کربوهیدرات کافی را به تنهایی تأمین کند، لذا لازم است از طریق غذا تأمین شود.
- در مصرف پروتئین بدن صرفه جویی می کند (حفظ پروتئین) : بدن برای تامین انرژی به پروتئین غذا یا بافت های بدن نیاز پیدا نمی کند ← □ به این اثر ، عمل صرفه جویی پروتئین گفته می شود.
- تنها انرژی مورد مصرف در سیستم عصبی است.
- بخشی از ترکیبات ساختمانی بدن را تشکیل می دهند، مانند غضروف ، استخوان ، و بافت عصبی .
- کمک به ساخت بعضی از ویتامین ها : گروه ب
- انتقال پیام


در حالی که بدن از دیگر مواد مغذی ، عمدتاً چربی ها ، می تواند به عنوان منبع انرژی مصرف کند ، مغز تقریباً منحصراً بر گلوکز برای تقویت فعالیت متابولیک روده تکیه دارد. هنگامی که کربوهیدرات ها وارد بدن می شوند به انرژی تبدیل می گردند و مقدار اضافی آنها


در بافتهای چربی ذخیره می‌شود. در همه نقاط دنیا یک ماده غذایی نشاسته‌ای، غذای اصلی مردم است. در بیش از ۵۰ درصد کشورهای دنیا برنج، گندم، ذرت، سیب زمینی و نان، را به عنوان غذای اصلی استفاده می‌کنند. منابع عمده کربوهیدرات ها اغلب غذاهای گیاهی اند که می توان به سبزیجات، غلات و حبوبات اشاره کرد. شیر و لبنیات نیز به میزان کافی کربوهیدرات دارند.

اعمال کربوهیدرات در غذا


 قندها و الکل طعم و بوی ایجاد می کنند

 مواد غذایی کربوهیدراتی رنگ درخشان و روشنی دارند

 قندها و نشاسته به مواد غذایی قوام می دهند .

 فیبرها بافت ماده غذایی را فراهم می کنند

□ کربوهیدرات ها به سه دسته ساده ، مرکب و پیچیده تقسیم می شوند

 ساده ← مونوساکارید

• ساده ترین واحد ساختمانی کربوهیدرات ها ، مونوساکارید است ، که به قندهای ساده نیز معروف هستند

• این گروه از کربوهیدرات‌ها به صورت تک واحدی هستند.

• مونوساکاریدها را در اثر هیدرولیز نمی توان به قندهای ساده تر تبدیل کرد

• مونوساکارید یک ماده شیمیایی است که تمام کربوهیدراتهای پیچیده از آن ساخته می شوند.

• همه‌ی مونوساکاریدها فرمول مولکولی $(CH_2O)_n$ دارند.

• سه کربنه : تریوز ، چهار کربنه : تتروز ، پنج کربنه : پنتوز (مانند ریبوز و دنوکسی ریبوز) ، شش کربنه : هگزوز (مانند گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز)

گلوکز (Glucose): گلوکز بصورت طبیعی در بسیاری از میوه‌ها و گیاهان و در خون انسان وجود دارد. تنها منبع انرژی مورد استفاده سیستم مرکزی اعصاب، گلوکز است.

فروکتوز (Fructose):

- فروکتوز شیرین‌ترین قند طبیعی است.
- فروکتوز نیز در بسیاری از میوه‌ها (فروکتوز در فرهنگ لاتین به معنی میوه) و در عسل وجود دارد.
- فروکتوز در شربت‌های غلیظ، خون جنینی و مایع آمینوتیک وجود دارد ولی این قند در بافت‌های حیوانی یافت نمی‌شود.
- **مهمترین پنتوزها:** ریبوز و دنوکسی ریبوز که در RNA و DNA شرکت دارند.

گالاکتوز

- قندی است سفید از اجزای سازنده قند، شیر و بعضی قندهای گیاهی که در آب به خوبی حل می‌شوند.
- یکی از موادی که از تجزیه قند شیر مادر در بدن کودک، ایجاد می‌شود گالاکتوز است.

مانوز

مانوز یکی از ساکاریدهای ضروری است و در کلم، بروکلی و جوانه‌ها موجود است.

سوربوز

این قند در مرکبات وجود دارد.

☞ **مرکب** ← دو قندیها (دی ساکارید).

- دی ساکاریدها از تشکیل دو مونوساکارید بدست می‌آیند.
- تجزیه (هیدرولیز) دی ساکاریدها، مونوساکاریدها را دوباره بدست می‌دهد.

قندهای این گروه عبارتند از:

• ساکارز، مالتوز و لاکتوز

• ۱- **ساکارز** ☞

- فراوانترین دی ساکارید طبیعی ساکارز (قند معمولی) است. (قند شکر)
- یکی از مواد شیمیایی طبیعی است که بدون تغییر مصرف می‌شود

- ساکارز از نیشکر و چغندر قند استخراج می‌شود
- ساکارز در بسیاری از گیاهان دیگر با غلظت کمتر نیز یافت می‌شود.
- گلوکز + فروکتوز = ساکارز
- فرمول عمومی آنها $C_{12}H_{22}O_{11}$ می باشد.

۲- لاکتوز

- بعد از ساکارز ، فراوانترین دی‌ساکارید طبیعی ، لاکتوز یا قند شیر است.
- این قند ، در شیر انسان و حیوان (در حدود ۵ درصد شیر) یافت می‌شود.
- ساختمان آن از واحدهای گالاکتوز و گلوکز بوجود آمده است

گالاکتوز + گلوکز = لاکتوز

۳- مالتوز

مالتوز دی ساکاریدی است که از ترکیب دو گلوکز تشکیل شده و شیرینی آن به اندازه یک سوم ساکارز است.

گلوکز + گلوکز = مالتوز

پلی‌ساکاریدها (قندهای پیچیده)

- پلی‌ساکاریدها از تعداد زیادی مولکولهای مونوساکاریدها ساخته شده اند.
- سه تا از فراوانترین پلی‌ساکاریدها سلولز ، نشاسته و گلیکوژن می‌باشند که از پیوند تعداد زیادی مولکول گلوکز ساخته شده‌اند.

نشاسته

- کربوهیدرات ذخیره ای در گیاهان (سیب زمینی، نان ، برنج و ...)
- نشاسته به عنوان ماده غذایی در گیاهان ذخیره می‌شود و بسادگی توسط آمیلاز بزاق و لوزالمعده به گلوکز تفکیک می‌شود.

- منابع اصلی نشاسته ، نرث ، سیب زمینی ، گندم و برنج هستند.
- آب داغ باعث متورم شدن دانه‌های نشاسته می شود.
- دستگاه گوارشی انسان قادر به هضم نشاسته است.

👉 سلولز

- سلولز ساختار اولیه دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهد.
- دستگاه گوارشی انسان قادر به هضم سلولز نیست و آن را بدون تغییر دفع می‌کند اما برخی جانوران مثل نشخوارکننده‌ها و موریانه‌ها می‌توانند سلولز را به کمک میکروارگانیسمهایی که در دستگاه گوارش آنها زندگی می‌کنند، هضم کنند. این میکروارگانیسمها با آزادکردن آنزیمهایی به هضم سلولز کمک می‌کنند.

👉 گلیکوژن

- یکی از پلی‌ساکاریدهای اصلی برای ذخیره انرژی در انسان و حیوانات است
- تنها شکل ذخیره انرژی به صورت قند در بدن انسان است (شکل ذخیره شده گلوکز در بدن)
- این ماده در مقادیر نسبتاً بالا ، بخصوص در جگر و در محلهای غیر فعال ماهیچه‌ها ذخیره می‌شود.
- کبد گلوکز اضافه را به گلیکوژن تبدیل و ذخیره می کند

👉 شیرین کننده های مصنوعی

- از جمله «ساخارین» و «آسپارتام» به ما امکان داده اند نوشابه ها، شکلات ها و مرباهای رژیمی تولید کنیم.
- این شیرین کننده ها انرژی قابل ملاحظه ای تولید نمی کنند و برخی از آن ها بدون آن که وارد روندهای سوخت و سازی بدن شوند، دفع می شوند.
- میزان شیرینی این ترکیبات بالاست و کم کالری هستند .

- این ترکیبات که مواد غذایی و نوشیدنی های «بدون قند» را به ارمغان آورده اند .

برخی از شیرین کننده های مصنوعی عبارتند از ☞

ساخارین ، آسپارتام ، سیکلامات ، سوکرالوز ، پتاسیم اسسولفام ، آلیتام ، آسه سولفام K ، ...

۱- ساخارین ☞

- شیرین کنندگی ساخارین حدود ۳۰۰ برابر شکر و ۵۵۰ برابر ساکارید است .
- ساخارین قند مصرف روزانه ما نیست ، بلکه ماده ای شیمیایی است و مضر جهت سلامت است .
- در غلظت های بالا دارای طعم تلخ یا فلزی است .
- ساخارین به آسانی تولید ، و در برابر حرارت مقاوم است .
- ساخارین در مقایسه با قندها طبعی کالری ندارد، و موجب افزایش قند خون نمی شود .
- طریقه متابولیسم ساخارین در بدن انسان طوری است که بدون هضم از دستگاه گوارش عبور کرده و تجزیه نمی شود، اما از طریق ادرار بسرعت دفع می شود .
- معمولا قندی که در کارخانجات تولیدی مانند آب میوه های صنعتی، نوشابه، شربت های دارویی، مواد غذایی رژیمی مخصوص افراد مبتلا به دیابت ، نوشابه های رژیمی ،کیک و بیسکویت ، شکلات و انواع خوراکی های شیرین استفاده می شود .
- ساخارین به عنوان نمک سدیم نیز به مصرف می رسد .

• سدیم ساخارین ☞ در انواع غذاها و نوشیدنی ها به عنوان شیرین کننده و تثبیت کننده غیر مغذی

- استفاده می شود . همچنین در خمیر دندان و دهان شویه ها نیز به کار می رود.
- از سدیم ساخارین در صنایع دارویی به عنوان پوشش بر روی دارو استفاده می کنند. همچنین قرص های مولتی ویتامین و قرص های جویدنی به منظور بهبود طعم آنها غالبا حاوی مقداری سدیم ساخارین هستند .

- در مطالعات انجام شده ساخارین (و یا به صورت سدیم ساخارین) ☞ باعث ایجاد پتانسیل بروز سرطان میشود .

۲- آسپارتام(قند رژیمی) ☞

- این شیرین کننده، دویست برابر شیرین تر از ساکارز است .
- آسپارتام در بسیاری از غذا ها و نوشابه ها و به صورت شیرین کننده سر میز غذا مصرف می شود .

- این ماده در صنایع نانوائی ، غلات ، پرکننده های کیک ها ، محصولات قنادی و کیک های پنیر فریز شده استفاده می شود و به خصوص طعم های میوه ای را تشدید میکند .
- در صورت ذخیره در انبار به مدت بسیار طولانی تجزیه می شود و در دمای بالا به مدت زیاد مقاومت نمی کند .

پروتئین ها (فصل ۶)

- **پروتئین ها** به عنوان بزرگترین درشت مولکول های موجود در بدن، از جمله مهمترین اجزای بدن هستند که نقش های بسیار حیاتی و مهمی در بدن را دارند.
- پروتئین ها مواد الی بزرگ و یک از انواع ماکرومولکول های زیستی هستند که از زیرواحد هایی به نام اسید آمینه ساخته شده اند .
- پروتئین ها مثل زنجیری از یک کلاف سه بعدی بسپارهایی هستند که از ترکیب اسیدهای آمینه حاصل می شوند.
- اسیدهای آمینه مثل یک زنجیر خطی توسط پیوند پپتیدی میان گروه های کربوکسیل و آمین مجاور به یکدیگر متصل می شوند تا یک پلی پپتید را تشکیل دهند.
- ترتیب اسیدهای آمینه در یک پروتئین توسط ژن مشخص می شود.
- پروتئین ها از کربن ، هیدروژن ، اکسیژن و ازت ساخته شده اند. وجود عنصر ازت در ساختمان پروتئین ها عنصری اختصاصی است و تمام ویژگی های مولکول پروتئین و اعمال مختلف بدن در حقیقت مدیون وجود عنصر ازت است که در دو دسته چربی ها و کربوهیدرات ها وجود ندارد.
- پروتئین ها عموماً به یکدیگر پیوسته تا یک وظیفه ای را با یکدیگر انجام دهند؛ این موضوع خود باعث استوار شدن پروتئین ها می شود.
- واحد ساختمانی پروتئین ها ، اسید آمینه است ، ۲۰ نوع اسید آمینه در ترکیب مواد غذایی و همچنین در ساختمان بدن انسان وجود دارد.
- در کنار چربی ها و کربوهیدرات ها، پروتئین ها هم بخش قابل توجهی از انرژی بدن ما را تامین می کنند .

● اسیدهای آمینه به سه دسته تقسیم می شوند :

۱. اسیدهای آمینه ضروری

۲. اسیدهای آمینه نیمه ضروری

۳. اسیدهای آمینه غیر ضروری

اسید های آمینه ضروری ← دسته ای از اسیدهای آمینه هستند که بدن انسان قادر به ساختن آنها نیست و یا نمی تواند آنها را به میزان لازم برای تامین نیازهای خود بسازد. مثال : لیزین ، ایزولوسین ، فنیل آلانین

اسید های آمینه نیمه ضروری ← به آن دسته از اسیدهای آمینه گفته می شود که فقط در دوران کودکی و رشد ضروری هستند یعنی اگر به اندازه کافی در رژیم غذایی کودکان نباشد موجب اختلال رشد آن ها می شود.

اسیدهای آمینه غیر ضروری ← اسیدهای آمینه ای هستند که در صورت فقدان آن ها در غذا بدن قادر است از متابولیسم چربی ها، پروتئین ها و عامل آمینی سایر اسیدهای آمینه آن ها را منتشر کند. بنابراین در اعمال حیاتی مشکل ایجاد نمی شود.

خواص پروتئین ها :

پروتئین ها دو دسته اند ← ● پروتئین های رشته ای ● پروتئین های کروی

بعضی از پروتئین ها در آب محلول هستند . معمولاً پروتئین های رشته ای در آب نامحلول هستند. هنگامی که پروتئین ها در برابر عوامل فیزیکی و شیمیایی مثل حررت و محیط اسیدی یا قلیایی قرار می گیرند. ویژگی های طبیعی خود را از دست می دهند. به عنوان مثال پختن پروتئین های غذایی موجب تخریب مولکول پروتئینی آن ها می شود و از نظر فعالیت بیولوژیکی نمی تواند اعمال قبلی خود را انجام دهد، اما از نظر تغذیه ای مشکلی ایجاد نمی کند و به عنوان یک ماده مغذی برای بدن قابل استفاده است.

منابع غذایی پروتئین ها :

پروتئین ها دو منبع دارند ←

(۱) **منابع حیوانی :** که بهترین منبع غذایی پروتئینی یا پروتئین با کیفیت عالی پروتئین سفیده تخم مرغ یا پروتئین تخم مرغ است. به همین علت ارزش بیولوژیکی آن را ۱۰۰ در نظر می گیرند. تنوع در پروتئین های حیوانی بسیار زیاد است؛ از انواع ماهی گرفته تا تمام گوشت و مرغ ها به میزان بسیار زیادی پروتئین نوع حیوانی دارند .

پروتئین شیر و لبنات تقریباً مشابه پروتئین سفیده تخم مرغ است و ارزشی حدود ۹۶ دارد و بعد از آن پروتئین گوشت ها اعم از گوشت سفید و قرمز قرار می گیرد.

بنابراین منابع غذایی حیوانی شامل گوشت ف مرغ ، ماهی ، تخم مرغ ، شیر و لبنیات بهترین منابع پروتئین حیوانی هستند.

(۲) **منابع گیاهی پروتئین ←** غلات و حبوبات است (نان ، برنج ، ماکارونی ، رشته ها، ل.بیا ، عدس و ماش)

- پروتئین ها مواد مغذی اصلی هر سلول زنده هستند. در ساختمان آنها نه تنها کربن، هیدروژن و اکسیژن وجود دارد، بلکه ازت و گاهی گوگرد نیز موجود می باشد.
- پروتئین ها مسئول انجام اعمال گوناگونی هستند. نقش آنها از تشکیل ماده انقباضی عضلات گرفته تا ساختن بعضی از هورمون ها، آنزیم ها و آنتی بادی ها، تبدیل انرژی شیمیایی به کار و انتقال اکسیژن و هیدروژن متنوع می باشد.

مقدار پروتئین ها :

در بین منابع غذایی بالاترین پروتئین در کشتک وجود دارد.

ساختار پروتئین یا ساختمان پروتئین به ساختاری گفته می شود که پروتئین به خود می گیرد. پروتئین دارای چهار نوع ساختار می باشد.

- **ساختار اول:** به توالی پروتئین که به صورت رشته‌ای از اسیدهای آمینه می‌باشد گفته می‌شود. پروتئین‌ها پلی‌مرهایی خطی از اسیدهای آمینه هستند که با پیوند پپتیدی بهم متصل شده‌اند.
- **ساختار دوم:** به نظم‌های موضعی گفته می‌شود که پروتئین در حین تاشدگی به خود می‌گیرد. ساختار دوم پروتئین‌ها خود به چند دسته تقسیم می‌شود:

مارپیچ آلفا ←

- ساده‌ترین و انعطاف‌پذیرترین ترتیب، کونفرماسیونی مارپیچی و راست گرد بود به نام مارپیچ آلفا .
- مارپیچ آلفا یکی از ساختارهای دوم رایج در پروتئین‌ها است. این مارپیچ یک مارپیچ راست‌گرد است که ساختار آن هر $5/4$ آنگستروم یک‌بار تکرار می‌شود.
- در هر دو مارپیچ آلفا، $3/6$ اسید آمینه وجود دارد ← یعنی هر $1/5$ آنگستروم یک اسید آمینه در طول مارپیچ آلفا قرار می‌گیرد.
- هر گروه کربوکسیل و آمین در مارپیچ آلفا با اسید آمینه‌ای با فاصله چهار تا از خود، دارای باند هیدروژنی می‌باشد و این الگو در سراسر مارپیچ، غیر از چهار اسید آمینه در دو انتهای آن تکرار شده‌است.

صفحه‌های بتا ←

- ساختار صفحه‌های بتا، ساختار دوم بسیار کشیده و چین‌دار می‌باشد.
- یکی از تفاوت‌های مهم صفحه‌های بتا با مارپیچ آلفا این است که اسید آمینه‌هایی که معمولاً در ساختار اول زنجیره پروتئینی با فاصله زیاد از هم قرار گرفته‌اند، برای تشکیل این ساختار در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند بنابراین صفحه‌های بتا تمایل به سختی داشته و انعطاف‌پذیری ناچیزی دارند.

• پیوندهای هیدروژنی بین رشته‌ای که میان گروه‌های CO یک رشته بتا و NH رشته بتای مجاور ایجاد می‌شوند، به صفحات بتا پایداری می‌بخشند و باعث می‌شوند که این صفحات ظاهری زیگزاگ داشته باشند.

ساختار سوم ← حالت سه‌بعدی که پروتئین بعد از پیچش به خود می‌گیرد گفته می‌شود.

ساختار چهارم ←

- حالت قرارگیری چند پروتئین در فضا کنار یکدیگر.
- بیشتر پروتئین‌ها از پیوند زنجیرهای پلی پپتیدی مشابه یا متفاوت ساخته شده‌اند، اتصال بین زنجیرها توسط پیوندهای ضعیف تری برقرار می‌گردد.
- این ساختار ترتیب قرارگرفتن زیر واحدهای یک پروتئین را شرح می‌دهد و نقش مهمی در توضیح چگونگی شرکت پروتئین در واکنش‌های شیمیایی دارد.
- روش‌های تعیین ساختار پروتئین، کشف ساختار سوم و چهارم یک پروتئین راهنمای بسیار مهمی برای تعیین کارکرد این پروتئین است. از روش‌های معمول می‌توان به پراش اشعه ایکس و تشدید مغناطیسی هسته اشاره کرد ← این دو روش اطلاعات اتمی خوبی درباره ساختار پروتئین مورد نظر جمع‌آوری می‌کنند.

نکات

- از هیدرولیز پروتئین‌ها اسیدهای آمینه بدست می‌آید.
- با ترکیب اسیدهای آمینه با هم، پلی پپتیدها به وجود می‌آیند. از ترکیب پلی پپتیدها با هم، تعداد قابل توجهی مولکول پروتئین حاصل می‌شود.
- سیستم ایمنی بدن ساختمان پروتئینی دارد.
- هورمون‌ها و آنزیم‌ها که اعمال حیاتی بدن ما را تنظیم می‌کنند از پروتئین‌ها ساخته شده‌اند.
- پروتئین‌ها نقش ساختمانی دارند، بنابراین برای ساخته شدن بافت در ترمیم زخم‌ها و رشد جنین در زنان باردار، نیاز به پروتئین بسیار ضروری است.

- پروتئین ها می توانند ایجاد انرژی کنند اما جایگاه و سهم آن ها نسبت به کربوهیدرات ها و چربی ها خیلی محدود تر است .

زنجیره غذایی و فتوسنتز (فصل ۷)

ماده و انرژی اساس حیات اند، سیر ماده و انرژی در طبیعت آنچنان پیچیده است که مطالعه هر موجود زنده بایستی با توجه به مجموع عوامل زنده و غیر زنده اطراف آن صورت می گیرد، این عوامل به نحوی با یکدیگر در ارتباط هستند که تشکیل یک شبکه غذایی عظیم یا شبکه حیات را می دهند. در زنجیره غذایی شناخته شده برای ما خورشید منبع انرژی است و گیاهان با استفاده از انرژی خورشیدی از راه فتوسنتز غذای خود و سایر جانوران را تامین می کنند. ولی در اکوسیستم دریایی بعضی موجودات انرژی شان را از باکتری های chemosynthetic (شیمیوسنتز) که قادرند از مواد شیمیایی ساده به جای نور خورشید استفاده کنند، به دست می آورند. ماده و انرژی از محیط به گیاه سبز و از گیاه به جانور علفخوار و از جانور علفخوار به جانور گوشتخوار سیر می کند و به این ترتیب نیاز (موجودات زنده به ماده و انرژی برطرف می شود که این مواد محتوی انرژی ترکیبات آلی هستند. این ترکیبات آلی را موجودات فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده می سازند.

فتوسنتز: فرآیندی است که طی آن انرژی نور خورشید در گیاهان سبز به انرژی شیمیایی تبدیل می شود.
شیمیوسنتز: بعضی از باکتریها قادرند با استفاده از انرژی شیمیایی ترکیبات کانی مانند آهن، سولفور، ترکیبات نیتروژن دار، مواد آلی بسازند، این عمل شیمیوسنتز نام دارد.
 گیاهان به نور، آب و محیطی برای رشد (مثل خاک) نیاز دارند، اما غذایشان را چگونه بدست می آورند؟ نکته همین جاست، آنها غذایشان را خودشان می سازند!

گیاهان را موجودات خودپرور (Autotroph) می نامند زیرا توانایی آن را دارند که با جذب انرژی از نور خورشید و سنتز آن، منابع غذایی را برای خود تأمین کنند. اغلب افراد با خود می اندیشند که زمانی که گیاه را در خاک می گذارند، آن را آبیاری می کنند یا در مقابل نور خورشید قرار می دهند، در حال تغذیه گیاه هستند. اما هیچ یک از این موارد به عنوان غذای گیاهان محسوب نمی شوند. گیاهان با استفاده از نور خورشید، آب و گازهای که در اطرافشان است، به تولید گلوکز می پردازند، گلوکز نوعی قند است

که گیاه برای ادامه حیاتش به آن نیازمند است. این فرآیند فتوسنتز نام دارد و تمام گیاهان، قارچ‌ها و حتی برخی از میکروارگانیسم‌ها نیز آن را انجام می‌دهند. برای فتوسنتز گیاه به سه چیز نیاز دارد: دی‌اکسیدکربن، آب و نور خورشید.

مشابه با بدن انسان، گیاهان هم برای ادامه حیات خود نیاز به جذب گازها از محیط اطراف دارند. حیوانات در طی فرآیندی به نام تنفس از محیط اطراف گازهای مختلف را دریافت می‌کنند. در طی تنفس، حیوانات تمام گازهای اتمسفر را وارد می‌کنند، اما تنها گازی که در بدن‌شان باقی می‌ماند و به سرعت خارج نمی‌شود، اکسیژن است. با این حال، گیاهان دی‌اکسیدکربن را جذب و از آن استفاده می‌کنند تا فتوسنتز صورت گیرد. دی‌اکسیدکربن از طریق سوراخ‌های ریزی که روی برگ‌ها، گل‌ها، شاخه‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها قرار دارد وارد گیاه می‌شود. آب نیز در طول فرآیند ساخت غذا در گیاهان نقش مهمی دارد. براساس شرایط محیطی، دسترسی گیاه به آب متفاوت است. برای مثال، گیاهانی که در بیابان رشد می‌کنند، مانند کاکتوس‌ها، نسبت به نیلوفرآبی که داخل آب رشد می‌کند، دسترسی کمتری به آب دارد. اما باید توجه داشت که هر ارگانیسمی که فتوسنتز می‌کند، در درون خود دارای نوعی تطابق، یا ساختار ویژه است که برای ذخیره آب طراحی شده است. در اغلب گیاهان، ریشه‌ها مسئول جذب آب هستند.

آخرین حلقه زنجیره فتوسنتز، نور خورشید است زیرا برای گیاه انرژی لازم را برای تولید قند فراهم می‌کند. گیاه چگونه می‌تواند با دریافت مولکول‌های دی‌اکسیدکربن و آب به تولید غذا بپردازد؟ پاسخ خورشید است. انرژی نوری سبب واکنش‌های شیمیایی در گیاه می‌شود و مولکول‌های دی‌اکسیدکربن و آب را تجزیه می‌نماید. سپس این مولکول‌ها طوری با هم ترکیب می‌شوند که قند (گلوکز) و گاز اکسیژن بدست می‌آید. پس از آنکه قند تولید شد، توسط میتوکندری به انرژی تبدیل می‌گردد و در نهایت در رشد و بازسازی گیاه مؤثر است. اکسیژنی که در طی فرآیند فتوسنتز تولید می‌شود از طریق همان سوراخ‌های ریزی که دی‌اکسیدکربن جذب شد، خارج می‌گردد. حتی اکسیژنی که از طریق این فرآیند آزاد می‌شود، وارد چرخه دیگری می‌گردد. سایر موجودات زنده، مانند حیوانات برای بقای خود از اکسیژن استفاده می‌کنند. اگر بخواهیم برای فتوسنتزی فرمولی بنویسیم، شبیه به رابطه زیر خواهد بود:



کل روند فتوسنتز، انتقال انرژی از خورشید به گیاه است. در هر مولکول قندی که تولید می‌شود، مقداری از انرژی خورشیدی نهفته است که گیاه می‌تواند یا آن را به مصرف برساند و یا ذخیره کند. گیاه نخود

را در نظر بگیرید، اگر این گیاه در حال تولید غلاف‌های جدیدی از نخود است، نیاز به مقادیر زیادی از انرژی قندی دارد تا رشد کند. بدن انسان نیز برای افزایش قد و قوی‌شدن با خوردن غذا همین روند را طی می‌کند. اما گیاهان به‌جای اینکه برای تهیه غذا به فروشگاه مراجعه کنند، به‌کمک نور خورشید و تبدیل آن به قند، غذای خود را تولید می‌کنند. وقتی غلاف نخود کاملاً رشد کرد، گیاه نیاز کمتری به قند دارد و میزان تولیدشده را در سلول‌های خود ذخیره می‌کند. چنانچه یک خرگوش گرسنه از نزدیکی گیاه عبور کند و تصمیم به خوردن آن بگیرد، انرژی نهفته در آن وارد بدن خرگوش می‌شود و او را به خانه‌اش بازمی‌گرداند. انرژی خرگوش از کجا تأمین می‌شود؟ فرآیند فتوسنتز پاسخ این سؤال است. با بهره‌گیری از دی‌اکسیدکربن و آب، غلاف نخود انرژی خورشیدی را برای ساخت مولکول‌های قند بکارگرفت. وقتی خرگوش از نخود تغذیه کرد، او به‌طور غیرمستقیم انرژی خورشید را که در مولکول‌های قند گیاه وجود داشت، جذب کرده‌است.

انسان، حیوانات، قارچ‌ها و برخی از میکروارگانیسم‌ها، مانند گیاهان توانایی تولید غذا را ندارند، اما تغذیه آنها نیز وابسته به فرآیند فتوسنتز است. براساس انتقال انرژی از خورشید به گیاهان، قندها تولید می‌شوند و انسان نیز با مصرف این قندها به انجام فعالیت‌های روزانه خود می‌پردازد. حتی وقتی در حال خوردن مرغ یا ماهی هستیم، درواقع این انرژی خورشیدی است که وارد بدنمان می‌شود، زیرا در نقطه‌ای از طبیعت، موجود زنده‌ای از گیاهی که فتوسنتز کرده‌است تغذیه می‌کند (مثال ماهی، جلبک‌ها را می‌خورد).

● در فتوسنتز ← با کمک انرژی نورانی مواد معدنی (آب ، نمک های معدنی ، کربن دی اکسید) به مواد آلی (پروتئین ، قند ، چربی ، ویتامین ها ، اسید های نوکلئیک) تبدیل می گردند.

● مواد آلی در طبیعت ف بین گیاهان جانوران گوشت خوار و گیاه خوار طی مرحله تغذیه جابجا می شود و نهایتاً به صورت گرما و واکنش های زیستی به مصرف می رسند.

● مواد آلی در جهان باعث ارتباط موجودات زنده با همدیگر می شود و از طریق این مواد موجودات زنده پیوسته با کوجودات دیگر نیز با محیط غیر زنده خود در ارتباط می باشند.

● جانداران در هر اکوسیستم به سه گروه تقسیم می شوند :

(۱) تولید کننده ها

۲) مصرف کننده ها ← مصرف کننده های علفخوار و مصرف کننده های گوشت خوار

۳) تجزیه کننده ها

● به طور کلی تولید کننده ها می توانند مواد آلی را از ترکیب مواد معدنی بسازند و علف خواران این مواد را دریافت کرده بخشی را به مصرف انرژی زایی و انجام واکنش ها می رسانند و بخش زیادی را به صورت مواد آلی جانوری در بدن خود به کار برده یا ذخیره می کنند . جانداران گوشت خوار هم با استفاده از بدن علفخواران همین مواد را به بدن خود می رسانند و در نهایت تجزیه کنندگان نیز بر مبنای نیاز به ماده و انرژی اجساد جانداران را متلاشی و تا حد مواد معدنی تجزیه می کنند. بنابراین بر اساس نیاز به ماده و انرژی جانداران در یک اکوسیستم با هم ارتباط می یابند . در این روابط هر موجود زنده به صورت حلقه ای از یک زنجیر با موجود زنده دیگر مربوط می شود. هر یک از این روابط را یک زنجیره غذایی می نامند.

● رابطه تغذیه ای بین جانداران در یک اکوسیستم را زنجیره غذایی می نامند .

● در تمام زنجیره های غذایی حلقه اول یک گیاه سبز است ، حلقه دوم یک جاندار گیاه خوار است و حلقه بعدی را موجودات گوشتخوار تشکیل می شوند.

● هرگاه یک یا چند جاندار در زنجیره های غذایی متفاوتی مشترک باشند ، به این زنجیره های مرتبط به هم دیگر شبکه غذایی می گویند.

● در فتوسنتز همه نور تابیده شده به گیاه مهار نمی شود ، فقط بخش بسیار کمی از آن حدود ۰,۲ % از نور می تواند مهار شود.

همه مواد آلی ذخیره شده در گیاه خواران به علف خواران نمی رسد ، بلکه بخشی از این مواد به دلیل غیر قابل استفاده بودن به نحوی از دسترس جاندار گوشتخوار خارج می شود و بخشی دیگر هم صرف انرژی زایی یا انجام فعالیت های شیمیایی در بدن آن می شود.

● تمام غذایی که یک جاندار می خورد در بدن تبدیل به ماده آلی نمی شود ، مقداری از این مواد به صورت زیر تلف می شود : (۱) مصرف شدن در فعالیت های انرژی خواه مانند گرما ، تنفس ، حرکت (۲) تلف شدن توسط فرایندهای ادرار یا مدفوع کردن و تعرق

● در یک زنجیره غذایی مقدار ماده انرژی از تولید کننده تا آخرین مصرف کننده همواره مقداری از انرژی و ماده تلف شده و در نتیجه مقدار آن ها در انتقال به حلقه بعدی کاهش می یابد.

● در زنجیره های غذایی مقدار انرژی ثابت نیست ، زیرا در هر جاندار مقداری از ماده به صورت انرژی مصرف شده به طوری که مقدار انرژی که از تولید کننده به مصرف کننده می رسد به تدریج کاهش می یابد.

● فقط ۰,۲ درصد از انرژی تابیده شده خورشید به زمین صرف ماده سازی می شود ، زیرا مقدار زیادی از انرژی به دلایل زیر به دام نمی افتد :

(۱) نفوذ نور در دریاها تا عمق حداکثر ۲۰۰ متر (۲) بازتاب شدن مقداری از نور از سطح زمین (۳) مایل تابیدن نور در مواقعی از روز و نیز در دو قطب زمین (۴) اختصاص حدود یک سوم زمین به خشکی ها

مکانیسم تخمیر و گلیکولیز (فصل ۸)

تخمیر پدیده ای ناشی از مجموعه فعالیت های زیستی است که در آن ترکیبات آلی دارای مولکول های بزرگ به ترکیباتی با مولکول های کوچک تر و ساده تر شکسته و تجزیه (کاتابولیسم) می شود و از فرایند آن علاوه بر ایجاد ترکیبات آلی ساده تر و دی اکسید کربن و انرژی نیز آزاد می شود. به بیان دیگر ، تخمیر تجزیه ناقص بعضی از متابولیت ها (ترکیبات آلی) به ترکیبات ساده تر همراه با انرژی توسط عامل تخمیری است .

انواع تخمیر ها در صنایع غذایی عبارتند از :

● تخمیر توسط باکتری های لاکتیک که شامل تخمیر سبزی ها و میوه ها مانند خیار شور ، کلم شور ، و غیره ، تخمیر فراورده های گوشتی مانند سالامی و غیره و تخمیر فراورده های لبنی مانند ماست ، پنیر و غیره می باشد.

• تخمیر توسط باکتری های اسید لاکتیک که در محصولات حاوی مواد قندی الکل برای تولید سرکه استفاده می شود.

• تخمیر توسط مخمر نانوائی

• تخمیر توسط مخمرها و کپک های تولید کننده اسید لاکتیک که شامل تخمیر نوشابه های لبنی مانند کفیر و تخمیر پنیرهای رنگی مانند کاممبرت و راکفورت می باشد.

• تخمیر توسط کپک های خاص مانند تولید سس سویا

تخمیر و مواد غذایی تخمیری:

تخمیر نیز نظیر خشک کردن و انجماد یک روش برای حفظ و نگهداری مواد غذایی می باشد که تقریباً بدون استثنا مواد غذایی تخمیری، حتی قبل از اینکه بشر هیچگونه اطلاعی در زمینه ی میکروارگانیزم ها داشته باشد، در نتیجه مشاهده اثرات فعالیت آنها کشف گردیدند. بدیهی است آشنایی بشر با این روش بصورت تصادفی و تجربی بوده و در اصل در جریان تولید برخی مواد خاص که از طریق تخمیر انجام می شود اثر محافظت کننده این فرایند نیز برای انسان مشخص شده است.

با وجودی که رشد میکروارگانیزم ها در بسیاری از مواد غذایی نامطلوب است و فساد تلقی می شود، برخی از تخمیرها مطلوب می باشند. مواد غذایی که به روش تخمیر سنتی تولید می شوند عبارتند از:

(۱) نوشیدنی های الکلی

(۲) فراورده های لبنی بخصوص پنیر، ماست، خامه ترش و کفیر

(۳) فراورده های گیاهی، شاخص ترین آنها نان از غلات و فراورده های برنج تخمیری، میوه ها، سبزی ها و بقولات تخمیری، زیتون پرورده و خیارشور، کلم ترش، سس سویا، پنیر سویا، کاساوا، کاکائو و قهوه تخمیری

بطور کلی استفاده از میکروب ها می تواند باعث کم شدن فعالیت آبی، تغییر pH، تولید ترکیبات بازدارنده (الکل، باکتریوسین ها.....) و حذف مواد غذایی که به آسانی توسط ارگانیزم های فاسد کننده مصرف می شوند، گردد. البته امروزه در تخمیرهای غذایی، شرایط فرایند و نگهداری، محیطی را بوجود آورند که در آن انواع خاصی از ارگانیزم ها رشد نمایند و به جای فساد تاثیر مطلوبی بر کیفیت ماده غذایی باقی می گذارند.

امروزه در جوامع صنعتی پیشرفته اهمیت اصلی اغذیه تخمیر شده بدلیل تنوعی است که در رژیم غذایی بوجود می آورند. اما در بسیاری مناطق توسعه یافته جهان، تخمیر و خشک کردن طبیعی هنوز روش

های اصلی حفاظت مواد غذایی محسوب می شوند و از این نظر نقش اساسی در تداوم حیات این جوامع دارند.

لغت تخمیر (Fermentation) به معنی جوشیدن (حباب دادن) ملایم است. امروزه واژه تخمیر در مورد واکنش ها و فرآورده های مختلفی بکار گرفته می شود که در بعضی موارد صحیح به نظر نمی آید، مثلاً تبدیل لاکتوز به اسد لاکتیک لاکتیس در شرایط بی هوازی بهتر صورت می گیرد و تخمیر واقعی است اما تبدیل الکل اتیلیک به اسید استیک بوسیله باکتری استوباکتر استی در شرایط هوازی بهتر انجام می پذیرد و اگر بخواهیم صحیح تر بگوییم باید به جای تخمیر از واژه اکسیداسیون استفاده کنیم. البته هر دو واکنش تخمیر تلقی می شود. البته اغلب مواد غذایی تخمیری بوسیله فعالیت اسید لاکتیک باکتری ها و قارچ ها به ویژه مخمرها و تا حد کمتری کپک ها تولید می شود. هر دو این گروه ها ویژگی های اکولوژیکی مشابهی دارند بطوریکه قادر به رشد در pH و aw پایین هستند هر چند که تنها اسید لاکتیک باکتری ها و مخمرهای اختیاری می توانند تحت شرایط بی هوازی رشد و تکثیر نمایند در نتیجه این ارگانیزم ها غالباً در فرآورده های تخمیری در حضور یکدیگر فعالیت می کنند و در برخی موارد نیز با یکدیگر همکاری دارند و یک گروه نقش ارگانیزم های مولد فساد را به عهده دارند. واکنش هایی که در برگیرنده کربوهیدرات ها و مواد مشابه کربوهیدرات ها (تخمیر واقعی) هستند، تخمیری یا فرمانتاتیو (Fermantative) نامیده می شود. و از تغییران در مواد پروتئینی تحت عنوان پروتئولیتیک یا گندیدگی یاد می شود و تجزیه مواد چرب، لیپولیتیک نامیده می شود.

فواید تخمیر

- ۱) نگهداری و حفاظت از مواد غذایی
- ۲) ایجاد تنوع در رژیم غذایی
- ۳) جلوگیری از رشد میکروارگانیزم های بیماریزا بویژه توسط اسیدها و الکل ها
- ۴) افزایش اسیدیته توسط تخمیر
- ۵) افزایش مدت ماندگاری بدلیل حضور اسید در برخی فرآورده ها مثل ماست و سوسیس های تخمیری
- ۶) در فرایندهای تخمیر اکثراً مقدار کمی از ماده به انرژی تبدیل شده و محصول آن الکلها، اسیدهای آلی، آلدهیدها و کتون ها هستند.
- ۷) افزایش ارزش تغذیه ای و سلامت بیشتر برخی اقلام غذایی مخصوصاً محصولات گیاهی برای مصرف انسان

۸) در تخمیر بخصوص توسط کپک ها، پوشش غیر قابل هضم و دیواره های سلولی هم بطور فیزیکی

و هم شیمیایی تجزیه می شوند. تخمیر سبب شکسته شدن مواد سلولزی و همی سلولزی توسط آنزیم ها میکروارگانیسم ها و تبدیل آنها به اجزاء ساده که برای انسان قابل استفاده می باشند، بشود. مثلاً در سورگوم سفید که تحت اثر تخمیر اسید لاکتیک قرار گرفته مقدار موجودیت آهن به دو برابر افزایش می یابد. این افزایش با کاهش مقدار فیتات همراه بوده که به نظر می رسد. فیتات در اینجا توسط آنزیم هیدرولیز شده باشد.

۹) افزایش کارایی پروتئین (PER) در اثر تخمیر در مورد غلات و دانه های روغنی که ناشی از در دسترس بودن پروتئین و اسیدهای آمینه می باشد.

۱۰) کاهش ویسکوزیته مواد خمیری حاصل از اختلاط آرد آنها با آب

۱۱) بسیاری از مواد غذایی بطور طبیعی حاوی مواد سمی و اجزاء نامطلوب هستند. تخمیر یکی از روش های مشخص برای حذف این مواد سمی در بعضی از این اقلام غذایی است. در اینجا آنزیم های میکروبی سبب ایجاد تغییراتی در ماده سمی می شوند.

۱۲) حذف گلیکوزیدهای ایجاد کننده گواتر در دانه های شلغم روغنی، گوسیپول در پنبه دانه، افلاتوکسین در بادام زمینی و مواد ایجاد کننده نفخ در لوبیا (رافینوز، استاکیوز، رباسکوز)

۱۳) تولید صنعتی برخی از ویتامین ها نظیر ریوفلاوین، ویتامین B12، پیش سازهای ویتامین C و تولید ویتامین های گروه B در جریان تخمیر بعضی از مواد غذایی گیاهی

عوامل کنترل کننده تخمیر ←

1. اسید

2. درجه حرارت

3. میزان الکل

4. میزان اکسیژن

5. مایه تخمیر (Starter)

6. مقدار نمک

تخمیرهای غذایی

۱) تخمیرهای لاکتیک (Lactic Acid Fermentation): در این تخمیر باکتری ها

با استفاده از ماده غذایی موجود در محیط، اسید لاکتیک تولید می کنند. با تولید این اسید شرایط برای رشد میکروارگانیسم های حساس نامساعد شده و بدین ترتیب از رشد آنها جلوگیری به عمل می آید. اما مقدار اسید لاکتیک تولیدی در این نوع تخمیر در حدی نیست که بتواند به تنهایی نقش حفاظت مواد غذایی را به عهده بگیرد. نقش نگهدارنده تخمیر لاکتیک در واقع ناشی از تولید چند ماده با خصوصیت حفاظت کنندگی و اثر سینرژیستی آن ها در این راستا میباشد.

امروزه از تخمیر لاکتیک در حد وسیعی جهت تولید فرآورده های مختلف غذایی در میان سبزی ها، مواد لبنی نظیر انواع پنیر و ماست و گوشت می گردد. تخمیر لاکتیک اساساً برای گوشت و سایر اقلام غذایی که حاوی پروتئین زیاد و مواد قندی کمی هستند مناسب نمی باشد اما اشکال مختلفی از این نوع تخمیر با نقش حفاظتی و یا تغییر ویژگی های ماده گوشتی - بخصوص در صورتیکه ماده قندی در آن بکار گرفته شده باشد- مورد استفاده قرار میگیرد.

۲) تخمیرهای الکلی: (Alcoholic Fermentation) این نوع تخمیر برای تولید نوشابه های الکلی که مشخصاً شامل آبجو و شرابی باشد، استفاده می گردد. اما نظر به اینکه الکل نمی تواند نقش حفاظت کننده مشخص و مورد نظر را ایفا کند، عمل پاستوریزاسیون در مورد این مواد صورت می پذیرد.

در تولید نان نیز، از این نوع تخمیر استفاده می شود. در اینجا هدف اصلی از تخمیر تولید دی اکسید کربن است که باعث ایجاد بافت متخلخل شود. در این محصول در اثر حرارت، قسمت اعظم الکل تولید شده جدا می شود. مخمر مورد استفاده برای این نوع تخمیر ساکارومایسس سرویسیه می باشد.

در جریان این تخمیر مقداری اسید لاکتیک و اسید استیک نیز تولید می شود که می توانند محیط را برای فعالیت آلفا آمیلاز - که تجزیه کننده نشاسته و فراهم آورنده قندهای ساده و تولید گاز است- فراهم کنند و همچنین میزان چسبناکی خمیر را کاهش می دهد.

۳) تخمیرهای الکلی - اسیدی مخلوط: (Mixed Alcoholic-Acid Fermentation) از این نوع تخمیر در جریان تولید محصولات نظیر سرکه، سس سویا، کفیر، کومیس، کاکائو و قهوه استفاده می شود.

گلیکولیز (قند کافت)

- گلیکولیز یک واژه مرکب یونانی است که از دو بخش glyco به معنای شیرین و lysis به معنای شکستن، تشکیل شده است.
- یک مسیر باستانی است که در اکثر موجودات وجود دارد.
- مجموعه ای از واکنش های درون سلولی است که توسط آن یک قند شش کربنه (معمولا گلوکز) به ترکیبات کربن دار کوچک تری (دو مولکول سه کربنه پیرووات) شکسته می شود.
- شناخته شده ترین مسیر از مسیرهای سوخت و ساز است.
- مسیر گلیکولیز به نام دو دانشمندی که در مشخص کردن این راه بسیار کوشیده اند به راه امبدن-میرهوف نیز معروف است.
- مسیر گلیکولیز اگر از گلوکز آغاز شود شامل ۱۰ مرحله واکنش آنزیمی است.
- گلیکولیز (glycolysis): مسیر متابولیکی است که طی آن ملکول گلوکز طی یکسری واکنش های آنزیمی متوالی به دو ملکول پیرووات تبدیل می گردد.
- مسیر گلیکولیز در تمامی بافت ها انجام می گیرد و هدف از آن شکست گلوکز به منظور تولید انرژی (بصورت) ATP و تولید مولکول های حد واسط برای استفاده در دیگر مسیرهای متابولیکی می باشد. گلیکولیز عمده ترین مسیر در متابولیسم کربوهیدرات ها است چرا که تقریبا تمامی کربوهیدراتها تبدیل به گلوکز و سپس وارد مسیر گلیکولیز میگردند.

گلیکولیز هوازی و بی هوازی

گلیکولیز هوازی (glycolysis aerobic): در سلول هایی که حاوی میتوکندری هستند و در شرایط هوازی زندگی می نمایند، محصول نهایی گلیکولیز، پیرووات می باشد. علت نامگذاری این است که در این نوع گلیکولیز از اکسیژن برای اکسیداسیون NADH تولید شده طی واکنش های گلیکولیز استفاده می شود.

گلیکولیز بی هوازی (glycolysis anaerobic): در این نوع گلیکولیز محصول نهایی شکست گلوکز لاکتات می باشد. یعنی پیروواتی که در انتهای واکنش تولید می گردد، توسط NADH تولید شده در مسیر گلیکولیز احیاء شده و به لاکتات تبدیل می گردد. گلیکولیز بی هوازی در سلول هایی که حاوی میتوکندری نیستند (مثل گلبول های قرمز) و یادرسلولهایی که در شرایط کمبود اکسیژن قرار گرفته اند انجام و باعث تولید ATP می گردد.

گلیکولیز بی هوازی

در فرایند سریع (بی هوازی) گلیکولیتیک، مقدار محدود اکسیژن موجود است.

بنابراین، پیرووات تولید شده به لاکتات تبدیل می شود که سپس از طریق جریان خون به کبد منتقل می شود. هنگامی که داخل کبد قرار می گیرد، لاکتات در فرایندی به نام چرخه کروی به گلوکز تبدیل می شود. گلوکز سپس از طریق جریان خون به ماهیچه ها می رود. این فرایند سریع گلیکولیتیک منجر به بهبود سریع ATP می شود، اما عرضه ATP کوتاه مدت است.

در روند آهسته (هوازی) گلیکولیتی، پیرووات به میتوکندری به ارمغان می آورد، تا زمانی که مقدار کافی اکسیژن موجود باشد. پیرووات به استیل کوآنزیم A (استیل-CoA) تبدیل می شود و این مولکول سپس چرخه اسید سیتریک (Krebs) را برای تکمیل ATP تحت آزمایش قرار می دهد. چرخه Krebs همچنین تولید نیکوتین آمید آدنین دیونوکلوئوتید (NADH) و فلاوین آدنین دیونوکلوئوتید (FADH₂) را تولید می کند که هر دو سیستم حمل و نقل الکترون را برای تولید ATP بیشتر تولید می کنند. به طور کلی، فرایند گلوکولیت آهسته، نرخ بازگشت دوباره ATP کندتر اما طولانی تر را تولید می کند.

گلیکولیز هوازی

در طی تمرینات کم تمرین و همچنین استراحت، سیستم اکسیداتیو (هوازی) منبع اصلی ATP است.

این سیستم می تواند از کربوهیدرات، چربی ها و حتی پروتئین استفاده کند. با این حال، دوم تنها در دوره های گرسنگی طولانی استفاده می شود. هنگامی که شدت تمرین بسیار کم است، چربی ها عمدتاً مورد استفاده قرار می گیرند یک فرآیند اکسیداسیون چربی نامیده می شود.

اول، تری گلیسیرید (چربی خون) توسط لیپاز آنزیم به اسیدهای چرب تبدیل می شود. این اسید های چرب سپس به میتوکندری وارد می شوند و بیشتر به acetyl-coA، NADH و FADH2 تقسیم می شوند. استیل کولا وارد چرخه کراکس می شود، در حالی که NADH و FADH2 تحت سیستم حمل و نقل الکترونیکی قرار دارد. هر دو پروسه منجر به تولید ATP جدید می شود.

واکنشهای گلیکولیز به صورت خطی پیش می روند. بطوری که ترکیب اولیه پس از طی چند واکنش آنزیمی ترکیبی را می سازد که از لحاظ ماهیت با ترکیب اول کاملاً تفاوت دارد. از این رو گفته می شود که گلیکولیز به صورت راه است راه گلیکولیز اگر از گلوکز آغاز شود شامل ۱۰ مرحله واکنش آنزیمی است.

امبدن تمام مراحل تبدیل گلیکوژن به اسید لاکتیک و میرهوف نحوه شکستن گلوکز را به اسید لاکتیک را کشف کرد. گلیکولیز مجموعه ای از واکنش های درون یاخته ای است که توسط آن یک قند شش کربنه (معمولاً گلوکز) به ترکیبات کربن دار کوچک تری (دو مولکول سه کربنه پیرووات) شکسته می شود. بسیاری از ریزاندامگان بی هوازی برای تامین انرژی مورد نیاز خود کاملاً به گلیکولیز وابسته اند. این مسیر از شناخته شده ترین مسیر های سوخت و ساز است و اگر از گلوکز آغاز شود شامل ۱۰ مرحله واکنش آنزیمی است، که تبدیل به دو پیرووات می شود.

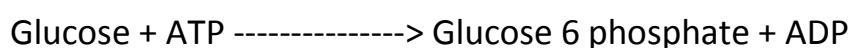
مراحل گلیکولیز :

واکنش ۱ ←

- گلوکز با ورود به سلول فسفوریله شده و تبدیل به گلوکز ۶ - فسفات می شود.
- این واکنش در شرایط درون سلولی برگشت ناپذیر است.

- این عمل توسط آنزیم هگزوکیناز انجام می شود.
- آنزیم های کیناز انتقال دهنده های فسفات هستند.
- آنزیم هگزوکیناز می تواند فسفات را به تمامی قندهای پنج کربنی اضافه کند.
- آنزیم هگزوکیناز یک گروه فسفات را از ATP دریافت می کند و آن را به گلوکز تحویل می دهد.

هگزوکیناز



- هگزوکیناز برای فعالیت نیاز به یون منیزیم دارد و یک ترانسفراز است.
- ATP به صورت کمپلکس با منیزیم در واکنش شرکت می کند و منبع فسفر برای فسفوریلاسیون گلوکز است.

واکنش ۲ ←

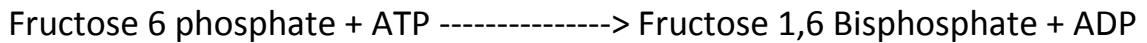
- گلوکز ۶ - فسفات تبدیل به فروکتوز ۶ - فسفات تبدیل می شود.
- این واکنش برگشت پذیر است.

- این عمل توسط آنزیم فسفو هگزوز ایزومراز انجام می شود.
- آنزیم فسفو هگزوز ایزومراز برای فعالیت نیاز به یون منیزیم دارد.

واکنش ۳ ←

- فروکتوز ۶ - فسفات به فروکتوز ۱،۶ - بیس فسفات (با انتقال یک گروه فسفریل از یک مولکول ATP) تبدیل می شود.
- در این مرحله یک ATP مصرف می شود.

فسفوفروکتوکیناز - ۱



- این واکنش برگشت ناپذیر است.
- این عمل توسط آنزیم فسفوفروکتوکیناز - ۱ انجام می شود.
- آنزیم فسفوفروکتوکیناز - ۱ یکی از آنزیم های تنظیمی مسی امبدن میرهوف است و برای فعالیت نیاز به یون منیزیم دارد.
- فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات به شدت ناپایدار است و توسط آنزیم آلدولاز به دو ترکیب تبدیل می شود.

واکنش ۴ ←

- فروکتوز ۱، ۶ - بیس فسفات به گلیسر آلدهید ۳ - فسفات و دی هیدروکسی استون تبدیل می شود.
 - این واکنش برگشت پذیر است.
 - این عمل توسط آنزیم آلدولاز انجام می شود.
- نکته :** از مرحله ۱ الی ۴ ، ۲ ATP مصرف شده است : ۱ ATP در مرحله اول و ۱ ATP در مرحله سوم (مرحله ۱ و ۳ هر دو برگشت ناپذیرند)

نکته : مرحله ۲ و ۴ ، هر دو برگشت پذیرند.

واکنش ۵ ←

- دی هیدروکسی استون فسفات تولید شده در مرحله گذشته نمی تواند در ادامه ی واکنش های آنزیمی شکسته شود.
- دی هیدروکسی استون فسفات به گلیسر آلدهید ۳ - فسفات تغییر می کند

- این عمل توسط آنزیم تریوز فسفات ایزومراز انجام می شود.
- این واکنش دوطرفه است.
- گلیسرآلدهید ۳ - فسفات مصرف می شود بنابراین در واکنش بعدی تمایل واکنش به سمت تبدیل دی هیدروکسی استون فسفات به گلیسرآلدهید ۳ - فسفات دارد.

واکنش ۶ ←

- گلیسرآلدهید ۳ - فسفات به مولکول ۳،۱ - بیس فسفوگلیسرات تبدیل می شود.
- این عمل توسط آنزیم گلیسرآلدهید ۳ - فسفات دهیدروژناز انجام می شود.
- این واکنش برگشت پذیر است.
- واکنش اکسایشی با تولید یک مولکول NADH از NAD⁺ همراه مولکول ۳،۱ - بیس فسفوگلیسرات دارای انرژی آزاد هیدرولیز بالایی است به گونه ای که در ادامه ی واکنش ها از این ترکیب برای تولید ATP از ADP استفاده می گردد.

واکنش ۷ ←

- ۳،۱ - بیس فسفو گلیسرات تبدیل به ۳ - فسفو گلیسرات تبدیل می شود.
- در این واکنش با تبدیل ADP به ATP یک فسفوریل منتقل می شود.
- دو عدد ADP به ATP تبدیل می شود
- اولین ATP تولید شده در واکنش گلیکولیز در این مرحله است.
- این عمل توسط آنزیم فسفو گلیسرات کیناز انجام می شود.
- این واکنش برگشت پذیر است.
- یک واکنش از نوع فسفرگیری در سطح سوپسترا است.

واکنش ۸ ←

● ۳ - فسفو گلیسرات به ۲ - فسفو گلیسرات تبدیل می شود.

● این عمل توسط آنزیم فسفو گلیسر و موتاز انجام می شود.

● این واکنش برگشت پذیر است.

واکنش ۹ ←

● ۲ - فسفو گلیسرات به فسفوانول پیرووات تبدیل می شود.

● یک مولکول آب برداشت می شود.

● این عمل توسط آنزیم انولاز انجام می شود.

● این واکنش برگشت پذیر است.

● فسفو انول پیرووات توانایی بالایی در انتقال گروه فسفوریل پرانرژی دارد که در مرحله بعدی از آن استفاده می شود.

واکنش ۱۰ ←

● فسفوانول پیرووات به پیرووات تبدیل می شود.

● این واکنش توسط آنزیم پیرووات کیناز انجام می شود.

● در این مرحله ADP به ATP تبدیل می شود.

● مرحله پایانی مسیر امبدن - میرهوف است.

● مرحله آخر واکنش یک طرفه است.

● پیرووات حاصل ، بسته به شرایط سلول ، وارد مسیرهای دیگری می شود.

هر $NADH > 2.5 ATP$ -----

نکته : با توجه به مطالب گفته شده 2 NADH تولید می شود و دو عدد از آن مصرف می شود، در نتیجه کل مسیر گلیکولیز 7 ATP تولید می کند ، پس کارایی پایینی دارد.

نکته : در کل مسیر گلیکولیز ، موارد مصرفی و واکنش دهنده ها عبارتند از ← یک گلوکز ، 2 $2 \text{ Pi} , 2\text{ADP} , \text{NAD}^+$

نکته : در کل مسیر گلیکولیز ، فرآورده ها عبارتند از ← دو پیرووات ، 2 NADH ، 2 ATP ، 2 H_2O

نکته : برخی موجودات به دلیل اینکه آب مصرف نمی کنند از آب تولیدی در گلیکولیز مصرف می کنند.

نکته : موجوداتی که از نظر بیولوژیکی پیشرفته هستند ، به دلیل مصرف انرژی زیاد آنها ، توانایی استفاده از گلیکولیز را ندارند و بنابراین به متابولیسم هوازی نیاز دارند.

بسته به جاندار و شرایط سه سرنوشت متفاوت در انتظار این دو پیرووات می باشد.

۱) تخمیر (Fermentation) ← اتانول

پیرووات به استال دهید (با از دست دادن یک CO_2) تبدیل می شود ، و پس از آن به (با استفاده از یک NADH) به اتانول تبدیل می شود.

۲) اکسیداسیون کامل (Complete oxidation) ← $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

پیرووات (یک CO_2 از دست می دهد) و به استیل کوآنزیم A تبدیل می شود و در ادامه ی فرآیند اکسیداسیون قرار می گیرد.

۳) Lactation ← لاکتات

مستقیماً یک NAOH مصرف می کند و به لاکتات تبدیل می شود.

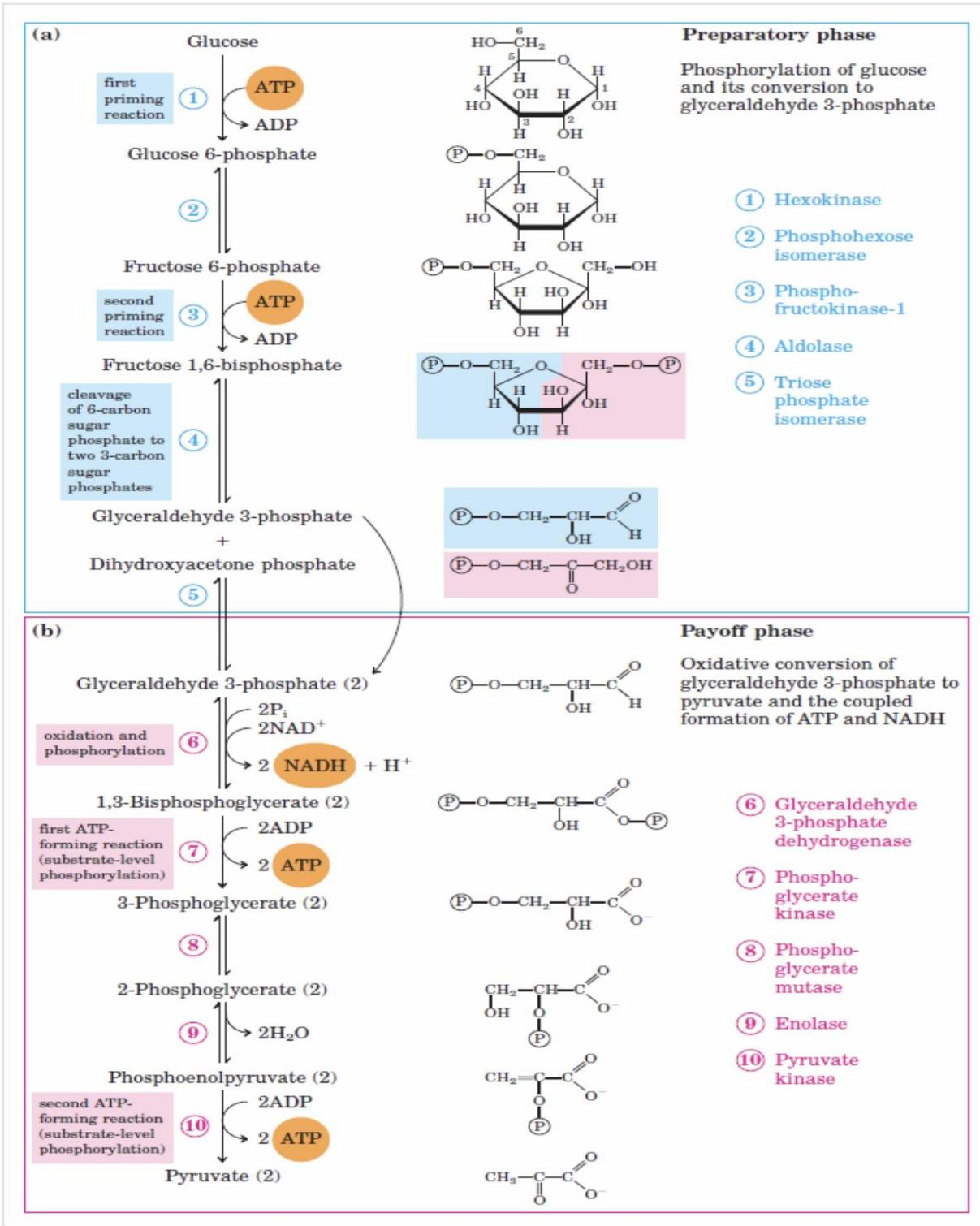
نتیجه گیری :

راه گلیکولیز مکانیسم بیوشیمیایی است که از آن طریق انرژی شیمیایی گلوکز دوباره در سایر فرایندهای بیوشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمع بندی ترکیبات مصرف شده و مواد تولید شده معلوم می‌شود که تا مرحله تولید گلیسرآلدهید ۳- فسفات دو مولکول ATP مصرف می‌شود. از سوی دیگر در تبدیل دو مولکول گلیسرآلدهید ۳- فسفات به پیرووات نیز چهار مولکول ATP تولید می‌گردد. با کم کردن تعداد ATP مصرف شده از تعداد تولید شده، میزان کل انرژی حاصل از راه گلیکولیز دو مولکول بود.

ATP خواهد

در صورتی که گلیکوژن به عنوان منبع انرژی بکار رود مرحله اول گلیکولیز حذف می‌شود. بدین معنی که ابتدا گلیکوژن تحت اثر آنزیم فسفریلاز a به گلوکز ۱- فسفات تبدیل می‌گردد و در مرحله بعد گلوکز ۱- بوسیله آنزیم فسفوگلوکوموتاز ، به گلوکز ۶- فسفات مبدل می‌شود. در این حالت گلوکز ۶- فسفات راه گلیکولیز را طی می‌کند. بدین ترتیب تعداد ATP تولید شده برابر سه مولکول خواهد بود. تخریب گلوکز به این مرحله پایان نمی‌یابد. بلکه مراحل آن بوسیله پیرووات در میتوکندری ادامه پیدا می‌کند و طی آن بقیه انرژی نهفته در مولکول آزاد می‌شود .

Shamim



مسیر گلیکولیز

اکسیداسیون و احیا (فصل ۹)

واکنشی که در آن ، تبادل الکترون صورت می گیرد ، واکنش اکسیداسیون – احیا

Oxidation – reduction نامیده می شود.

در واقع در عمل اکسیداسیون – احیا ، تغییر عدد اکسایش برای اتم های درگیر اتفاق می افتد.

فرایند احیا (کاهش) فرایندی است که در آن یک جسم (احیا کننده) الکترون از دست می دهد و عدد اکسایش یک اتم کاهش می یابد. بر عکس فرایند اکسایش فرایندی است که در آن یک جسم (اکسید کننده) الکترون می گیرد و عدد اکسایش یک اتم افزایش می یابد.

• اکسایش و کاهش به تنهایی انجام پذیر نیستند. چون یک ماده نمی تواند کاهشده شود مگر آن که همزمان ماده ای دیگر، اکسیده گردد، ماده کاهشده شده، عامل اکسایش است و بنابراین عامل اکسند نامیده می شود و ماده ای که خود اکسید می شود، عامل کاهشده می نامیم.

• همچنین در هر واکنش، مجموع افزایش اعداد اکسایش برخی عناصر، باید برابر مجموع کاهش شماره اکسایش عناصر دیگر باشد. برای نمونه در واکنش گوگرد و اکسیژن، افزایش شماره اکسایش گوگرد، ۴ است. کاهش شماره اکسایش، ۲ است، چون دو اتم در معادله شرکت دارد، کاهش همه ۴ است.

پتانسیل اکسیداسیون و احیا

پتانسیل ردوکس یا پتانسیل اکسیداسیون – احیا ، قدرت احیا کنندگی یک سیستم را نشان می دهد. به عبارت دیگر امکان انجام یک واکنش اکسیداسیون – احیا را به کمک پتانسیل ردوکس می سنجند. به این ترتیب می توان انتظار داشت NADH که پتانسیل ردوکسی برابر -0.32 mV دارد قادر به احیا تمامی ترکیباتی چون فلاوپروتئین ها ، یوبی کینون و سیتوکروم b، c، aa3 باشد که پتانسیل ردوکس آن ها بالاتر است.

نکته مهمی که ذکر آن در اینجا ضروری به نظر می رسد این است که با وجودی که به عنوان مثال NADH قادر به احیای تمامی ترکیبات با پتانسیل ردوکس بالاتر از خود است ، اما چون اگر تفاوت پتانسیل ردوکس بین دو ماده بسیار زیاد باشد انرژی به طور غیر کنترل شده و مخرب آزاد می شود ، در سیستم های زیستی به گونه ای عمل شده است که عمل اکسیداسیون – احیا تدریجی و به طور متوالی

صورت گیرد ، تا انفجار انرژی انجام نشود. با کمک رابطه زیر می توان مقدار انرژی آزاد حاصل از واکنش های اکسیداسیون – احیا را تعیین کرد :

$$\Delta G^0 = -nf \Delta E^0$$

n : تعداد الکترون مبادله شده در واکنش اکسیداسیون – احیا

f: عدد فاراده و برابر 96500 J/V/mol \approx

ΔE^0 : تغییرات پتانسیل ردوکس در یک واکنش اکسیداسیون – احیا در شرایط استاندارد

- قدرت اکسیداسیون و احیای یک ماده ← عبارت است از گرفتن یا از دست دادن الکترون
- هنگامی که یک ماده الکترون از دست می دهد ← اکسید
- هنگامی که یک ماده الکترون می گیرد ← احیا
- اکسید شدن ممکن است با اضافه شدن اکسیژن انجام شود.
- قدرت اکسیداسیون و احیای یک سیستم با علامت Eh نشان داده می شود.
- واحد اندازه گیری Eh ← میلی ولت
- ماده ای که اکسید شده باشد ← قدرت الکتریکی مثبت خواهد داشت .
- ماده ای که احیا شده باشد ← قدرت الکتریکی منفی خواهد داشت .
- در صورتیکه تراکم اکسید کننده و احیا کننده برابر باشد ← قدرت الکتریکی صفر می باشد.
- قدرت اکسید یا احیا کنندگی ماده غذایی و فشار جزیی اکسیژن در سطح آن ، در نوع میکروارگانیسم رشد کننده در ماده غذایی و در تغییرات حاصل از آن تاثیر می گذارد.
- اصولا میکروارگانیسم ها دارای حساسیت های متفاوت نسبت به قدرت اکسیداسیون و احیای محیط کشت خود هستند.

• از نظر قدرت استفاده از اکسیژن آزاد، باکتری ها در سه دسته هوازی (نیار به اکسیژن دارند) ، بی هوازی (در غیاب اکسیژن آزاد بهترین رشد را دارند) و اختیاری (در هر دو شرایط به خوبی رشد می کنند) قرار دارند.

• مکروارگانیسم های هوازی برای رشد و تکثیر خود احتیاج به Eh مثبت (اکسید شده) دارند (باسیلوس) و گروه بی هوازی به Eh منفی (احیا شده) نیازمندند، یعنی برای رشد، نیاز به حالات احیاکنندگی دارند ← به عنوان مثال : کلستریدیوم ها ، از جمله باکتری های بی هوازی هستند و برای رشد و تکثیر نیاز به حدود ۲۰۰ میلی ولت Eh دارند.

• از جمله ترکیبات غذایی که کمک به ابقای حالات احیا می کنند ، گروه های سولفیدریل در گوشت ها و سایر گروه های احیاکننده، و موادی مثل اسیدآسکوربیک و قندهای احیاکننده در میوه ها و سبزی ها هستند.

• بیشتر کپک ها و مخمرها که در سطح غذاها یا داخل آن ها رشد می کنند هوازی هستند و تعداد کمی هم به طور اختیاری تمایل به هوازی بودن دارند.

• Eh غذاهای گیاهی به ویژه آب میوه ها و سبزی ها بین ۳۰۰+ الی ۴۰۰+ میلی ولت است ← باکتری های هوازی و کپک ها عامل اصلی فساد این نوع مواد غذایی هستند.

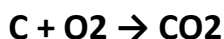
• Eh گوشت معمولی ۲۰۰- میلی ولت است، در صورتی که گوشت چرخ کرده حدود ۲۰۰+ میلی ولت Eh دارد.

واکنش های اکسیداسیون – احیا و آنزیم های مسئول:

از آنجا که مقدار قابل توجهی از انرژی موجود در مواد غذایی از طریق واکنش های اکسیداسیون و احیا به دست می آید، درباره انواع روش های اکسیداسیون و احیا صحبت می کنیم .

انواع اکسیداسیون :

(۱) ترکیب با اکسیژن ← مانند اکسید شدن کربن و ایجاد CO₂:



۲) از دست دادن هیدروژن با ایجاد یک پیوند دوگانه ←



۳) از دست دادن الکترون ←



هر سه نوع واکنش اکسیداسیون - احیا در جانداران انجام می شود و از آنجا که تقریباً تمامی واکنش های زیستی توسط انواع آنزیم های اکسیدوردوکتاز صورت می گیرند که در این قسمت معرفی می شوند :

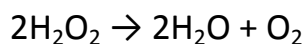
انواع آنزیم های اکسیدوردوکتاز:

• **اکسیدازها** ← این آنزیم ها هیدروژن را از سوبسترا جدا کرده و در اثر ترکیب آن با اکسیژن معمولاً آب تولید می شود. بعضی از اکسیدازها نیز آب اکسیژنه تولید می کنند. در ساختمان این آنزیم ها مس وجود دارد. از اکسیدازهای معروف که می توان مثال زد؛ مونوآمینو اکسیدازها و سیتوکروم اکسیدازها

• **دهیدروژنازها** ← این آنزیم ها نمی توانند از اکسیژن به عنوان پذیرنده هیدروژن استفاده کنند، بنابراین هیدروژن را از سوبسترا جدا کرده، آن را به ترکیبات پذیرنده دیگر هیدروژن منتقل می کنند. حذف هیدروژن بدون حضور اکسیژن صورت می گیرد. به عبارت دیگر هیدروژن از یک سوبسترا گرفته شده به سوبسترای دیگر که ناقل هیدروژن است منتقل می شود. در این صورت ناقل از حالت اکسیده به صورت احیا شده در می آید. در زنجیره تنفسی در نهایت هیدروژن منتقل شده توسط یک اکسیداز به اکسیژن منتقل می گردد. در ساختمان این آنزیم ها FAD یا NADP، NAD، FMN وجود دارد.

• هیدروپراکسیدازها ←

این آنزیم ها از آب اکسیژنه و یا پراکسید آلی به عنوان سوبسترای اکسید کننده استفاده می کنند . کاتالاز پراکسیدازی است که سوبسترای اکسید شونده و احیا شونده آن هر دو اب اکسیژنه می باشند.



• اکسیژنازها ←

این آنزیم ها باعث انتقال مستقیم اکسیژن به درون مولکول سوبسترا می شوند و بر حسب آنکه یک یا دو اتم اکسیژن را وارد سوبسترا کنند به دو دسته مونواکسیژنازها و دی اکسیژنازها تقسیم می شوند:

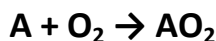
الف) مونواکسیژنازها :

این آنزیم ها هیدروکسیلاز نیز نامیده می شوند. باعث ورود یک اتم اکسیژن به سوبسترا می شوند، اتم دیگر مولکول آب را تشکیل می دهد. این آنزیم ها را اکسیژناز با عملکرد مختلط نیز می نامند.



ب) دی اکسیژنازها :

این آنزیم ها که اکسیژناز های واقعی نیز نامیده می شوند ، باعث ورود یک مولکول اکسیژن به درون سوبسترا می شوند ، مانند هوموژانتیزات دی اکسیژناز.



واکنش های انرژی زا و انرژی خواه

به صورت کلی واکنش های اکسیداسیون ، مقداری انرژی آزاد می شود و در واکنش های احیا، مقداری

انرژی مصرف می شود. به دلیل اینکه انرژی حاصل از واکنش های اکسیداسیون در سیستم های غیر زیستی به صورت حرارت آزاد می شود، از این رو به واکنش هایی که طی آن انرژی گرمایی تولید می شود، گرمازا و واکنش هایی که طی آن انرژی گرمایی مصرف می شود، واکنش های گرماگیر اطلاق می شود.

Shamim Khandan Alamdari