

Otázka: Energetický metabolismus buňky

Předmět: Výživa a léčebná výživa

Přidal(a): vasek

Buňka je z hlediska energie **otevřený systém** – přijímá vhodnou energii z okolí, energii využívá a teplo, které již nedokáže využít, odvádí do okolí.

Energie, která je schopna konat práci se nazývá **volná Gibbsova energie**. Teplo je energie odpadní.

Buňka heterotrofní může využívat pouze energii vázanou v organických látkách (výživa).

Buňka autotrofní má schopnost využívat energii světelnou. Tato energie nemůže být využita přímo, musí se přeměnit na energii chemickou – musí se syntetizovat organické látky.

Nejběžnějším typem autotrofie je **fotoautotrofie (fotosyntéza)** – syntéza glukózy z vody a oxidu uhličitého prostřednictvím slunečního záření.

Méně rozšířená je **chemoautotrofie** – u některých bakterií; nevyužívá světelnou energii, ale energii, která se uvolňuje při oxidaci anorganických nebo jednoduchých organických látek

(oxidují železitě bakterie, sirné methanové)

Energetický metabolismus dělíme na:

1. *katabolismus* – reakce rozkladné, energie se uvolňuje; autotrofní i heterotrofní buňka stejným způsobem
2. *anabolismus* – reakce skladné, energie se spotřebovává; autotrofní bakterie fotoautotrofií nebo chemoautotrofií, heterotrofní přijímají výživu

KATABOLISMUS

- uvolňování energie
- autotrofní i heterotrofní buňky uvolňují energii stejným způsobem
- výchozí látkou pro uvolňování energie je **glukóza**
- energie se uvolňuje **postupně**
- energie z organických látek musí být nejdříve převedena do **makroergních vazeb ATP**

Adenosin = adenin + ribóza

Adenosinmonofosfát AMP = adenin + ribóza + fosfát
- nukleotid bez energie

Adenosindifosfát ADP = adenin + ribóza + fosfát ~
fosfát - jedna makroergní vazba (~)

Adenosintrifosfát ATP = **adenin + ribóza + fosfát ~ fosfát ~**
fosfát - dvě makroergní vazby

Makroergní vazba ~ snadno štěpitelná, uskladněná energie

Hydrolytické štěpení ATP: **$ATP + H_2O \leftrightarrow ADP + H_3PO_4$** (± 50 kJ/mol)

Proces katabolismu lze rozdělit na čtyři etapy:

- **Anaerobní glykolýza:** bez účasti kyslíku
- **Aerobní dekarboxylace:** za účasti kyslíku; dekarboxylace kyseliny pyrohroznové na acetyl (CoA)

Z šestiuhlíkaté látky vzniknou dvě tříuhlíkaté

Z tříuhlíkaté látky získáme **dekarboxylací** látku dvouhlíkatou

- **Cyklus kyseliny citronové (Krebsův cyklus):** glukóza se zcela rozštěpí na oxid uhličitý
- Konečná oxidace v **dýchacím řetězci** (spojení H_2 , který je odebírán s O_2 na H_2O a tvoří se ATP)

Anaerobní glykolýza

Molekula glukózy (6C) se štěpí na dvě triózy (3C) – na kyselinu pyrohroznovou. Proces probíhá anaerobně. Jedná se o komplex reakcí, na kterých se účastní více enzymů. Energie uvolněná rozštěpením glukózy se použije k syntéze dvou molekul (molů) ATP.

Glykolýza probíhá u buněk eukaryotických i prokaryotických v cytoplazmě. Buňky které uvolňují energii jen glykolýzou jsou anaerobní.

Např. kvasinky – alkoholové kvašení: u kvasinek je kyselina pyrohroznová měněna na ethanol. Při tomto ději se již další energie neuvolňuje.

Kyselina pyrohroznová může být zpracována mléčným kvašením na kyselinu mléčnou. Při tomto ději se již energie neuvolňuje.

Pozn.: kyslíkový dluh – svaly pracují a vstřebává se kys. mléčná

Aerobní dekarboxylace

Aerobní dekarboxylace kyseliny pyrohroznové a tvorba aktivované kyseliny octové.

Cyklus kyseliny citronové (Krebsův cyklus)

Glukóza se ve dvou etapách odbourala na acetyl koenzym A. Dále budou vyloučeny dva atomy uhlíku ve formě CO_2 . Acetylový zbytek uvolněný z acetyl koenzymu A se kondenzuje s kyselinou oxaloctovou za vzniku kyseliny citronové. Dehydrogenacemi a dekarboxylacemi vzniká opět kyselina oxaloctová, tím se cyklus uzavírá. Kyselina oxaloctová se může opět kondenzovat s další molekulou acetyl koenzymu A $\Rightarrow$ neustálý průběh reakcí.

Výtěžek: vodíkové atomy, které jdou do dýchacího řetězce.

Dýchací řetězec

Vodík, který byl v předešlých etapách odebírán substrátům je v tomto ději spojen s volným kyslíkem na vodu a tvoří se ATP.

Enzym NADP^+ odebírá organickým látkám vodík. Vodík je rozložen na protony a elektrony. Protony se děje neúčastní a elektrony jsou přenášeny různými přenašeči. Při přenosu elektronů z jedné látky na druhou se uvolňuje energie, která se použije k fosforylaci ADP na ATP. Tak vznikají postupně tři moly ATP. Nakonec se elektrony opět spojí s protony a vzniklý H_2 je oxidován na H_2O .

Protože dochází současně k oxidacím i fosforylacím, tento proces se nazývá **oxidativní fosforylace**. Enzymy oxidativní fosforylace jsou lokalizovány v mitochondriích. Mitochondrie jsou hlavním energetickým centrem buňky.

Přenos dvou atomů H_2 je spojen s vytvořením s tří ATP. Celkově je přenášeno $12H_2$, což znamená, že se vytváří **36 molekul ATP**. Při anaerobní glykolýze jsme získali pouze 2 molekuly ATP, tudíž je toto energeticky výhodnější.

ANABOLICKÉ DĚJE A CHEMISMUS FOTOSYNTÉZY

Fotosyntézu lze rozdělit na *primární a sekundární procesy*.

Původ kyslíku vznikajícím ve fotosyntéze je ve vodě, nikoli v oxidu uhličitém (odlišné izotopy). Kyslík uvolňovaný rostlinami pochází tedy z vody.

Působením světelné energie se voda při fotosyntéze rozkládá = fotolýza vody. Je součástí primárních procesů.

Primární procesy trvají krátce a jsou závislé na světelné energii (dříve nazývány světlá fáze fotosyntézy).

Sekundární procesy probíhají pomalu, nemusí probíhat na světle (proto dříve nazývány temnostní fáze).

Primární procesy fotosyntézy:

Uskutečňují se ve dvou pigmentových systémech dvěma světelnými reakcemi. Ve fotosystému I první světelnou reakcí, ve fotosystému II druhou světelnou reakcí.

Ve fotosystému I je aktivním chlorofylem **chlorofyl aI**, absorbuje fotony s vlnovou délkou 700nm – nazývá se pigment P-700.

Ve fotosystému II je aktivním chlorofylem **chlorofyl aII** – absorbuje fotony s vlnovou délkou 680nm – nazývá se pigment P-680.

V primárních procesech dochází k fosforylacím; protože jsou vyvolány světelnou energií, nazývají se **fotofosforylace**. Fotofosforylace může probíhat cyklicky nebo acyklicky.

Cyklický vznik ATP = cyklická fotofosforylace

Probíhá ve fotosystému I.

Světelná energie dopadá na chloroplast. Dvě molekuly chlorofylu P-700 se excitují dvěma fotony. Vymrští se dva elektrony. Přechází na feredoxin redukující systém. (feredoxin – bílkovina obsahující železo a síru)

Elektrony se vrací zpět na molekuly P-700. Během tohoto přenosu odevzdávají elektrony přijatou světelnou energii, která se využije na tvorbu ATP (P-700 je současně donorem i akceptorem elektronů)

Acyklický vznik ATP = necyklická fotofosforylace

Probíhá ve fotosystému I i II.

Dva fotony dopadají na dvě molekuly chlorofylu P-700. Vymrští se dva elektrony. Přechází na feredoxin redukující systém. Nevrací se zpět do P-700, ale jsou doevzdány konečnému příjemci elektronů v chloroplastech redoxního systému NADP^+ . Mezi tím dochází k fotolýze vody, což je základ procesu druhé světelné reakce.

Ve druhé světelné reakci excitují dva fotony dvě molekuly chlorofylu P-680. Vymrští se dva elektrony, doplní chybějící dva elektrony v P-700. Dva elektrony vzniklé při fotolýze vody doplní dva elektrony v P-680. Dva H^+ vzniklé při fotolýze vody se spojí s NADP^+ a dvěma elektrony pocházející z P-700 a vzniká $\text{NADHP}^+ + \text{H}^+$.

Výtěžek primárních procesů fotosyntézy je $\text{NADHP}^+ + \text{H}^+$, ATP, O_2 .

Sekundární procesy fotosyntézy:

Chemická energie vázaná v ATP získaná v primárních procesech se využívá k vázání CO_2 do sacharidů. Redukční látkou při těchto procesech je $\text{NADHP}^+ + \text{H}^+$ získaný v primárních procesech. V této fázi probíhá cyklus reakcí nazvaných podle objevitele Malvina Calvina – **Calvinův cyklus**.

Cyklus začíná 5-ti uhlíkatou látkou (ribulózofosfát). Dochází k fosforylaci na ribulózobifosfát (spotřeba jedné ATP). Ribulózobifosfát je akceptorem CO_2 . Tím vzniká 6-ti uhlíkatá nestálá látka, která se okamžitě rozpadá na dvě molekuly kyseliny fosfoglycerové. Každá z těchto molekul je dále fosforylována, spotřebovává se druhá ATP a vzniká kyselina bifosfoglycerová. Redoxním systémem $\text{NADHP}^+ + \text{H}$ jedodáván vodík, tím dochází k redukci na dvě molekuly fosfoglyceraldehydu. Kondenzací obou molekul se vytváří jednoduché cukry a obnoví se ribulózofosfát. K tomu aby došlo ke vzniku jedné molekuly glukózy, musí cyklus proběhnout 6x.

Zisk: 1 molekula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Spotřeba: 18 ATP (6×3); 6 CO_2 (6×1); 12 $\text{NADHP}^+ + \text{H}$ (6×2)

V současné době jsou známy dva způsoby vázání oxidu uhličitého v rostlině:

1. způsob:

Akceptorem oxidu uhličitého je ribulózabifosfát, rozpadá se na dvě molekuly kyseliny fosfoglycerové (tříuhlíkaté). Proto se rostliny, u nichž je oxid uhličitý vázán tímto způsobem nazývají C3.

Produkty fotosyntézy – sacharidy – bývají u těchto rostlin z 50% odbourány již při fotosyntéze dýcháním neboli fotorespirací.

2. způsob:

Akceptorem oxidu uhličitého je fosfoenolpyruvát, který se po navázání oxidu uhličitého mění na oxalacetát – má čtyři uhlíky, proto se rostliny s tímto cyklem nazývají C4.

Mají odlišný metabolismus a fotorespiraci menší, poskytují proto vyšší výnosy (kukuřice, tropické trávy...). Tento cyklus se nazývá **Hatchův-Slackův**. Vyskytuje se u rostlin suchého stanoviště. V noci, kdy převažuje dýchání, neodchází oxid uhličitý do vzduchu, ale shromažďuje se v jablečnanu, odkud ho ve dne rostlina využívá. Fotosyntéza probíhá i při zavřených průduších.

1. [Metabolismus buňky - maturitní otázka z chemie](#)
2. [Metabolismus - maturitní otázka z biologie](#)
3. [Metabolismus na buněčné úrovni - maturitní otázka z biologie](#)