

Otázka: Obecné rysy metabolismu

Předmět: Chemie

Přidal(a): Bára V.

ZÁKLADY LÁTKOVÉHO A ENERGETICKÉHO METABOLISMU

- metabolismus – soubor chemických reakcí probíhajících v živých organismech a mezi organismy a jejich životním prostředím

- 2 hlavní úlohy – zajištění energie a stavebního materiálu organismu

- děje rozdělujeme na 2 typy procesů:

1. **Katabolismus** – část metabolických drah, při kterých jsou látky štěpeny na jednodušší, jedná se o rozkladné (analytické) reakce – oxidace, dehydrogenace – v průběhu dochází k uvolňování energie

2. **Anabolismus** – část metabolických drah, při kterých z látek jednodušších vznikají složitější molekuly, syntetické reakce – redukce, hydrogenace

- děj spotřebovávající energii

Srovnání: mají protichůdný charakter (probíhají mezi stejnými výchozími a konečnými látkami)

v opačných směrech), vzájemně se doplňují (anabolismus využívá produkty katabolismu a naopak), probíhají odděleně v různých částech buňky (často i v různých orgánech). Katabolismus probíhá především v mitochondriích, anabolické děje v cytoplazmě (oddělené děje umožňují nezávislou regulaci).

3. **Amfibolické metabolické dráhy** – část metabolických drah, která není doprovázena výraznou změnou energie, např. citrátový (krebsův) cyklus

Společné rysy metabolismu organismů

1. počet probíhajících typů reakcí v organismu je malý (6 tříd enzymů)
2. centrální úlohu v metabolismu nehraje více jak 100 druhů molekul
3. biochemické děje neprobíhají jednotlivě, ale jsou spojeny do řetězců nebo cyklů, které se navzájem prolínají (doplňují) do tzv. metabolických drah
4. mnohé metabolické dráhy jsou společné všem živým organismům

Třídění organismů s metabolického hlediska

1. podle zdroje přijímané energie:
 - fototrofy – sluneční energie
 - chemotrofy – energie z oxidace chemických látek
2. podle zdroje uhlíku (stavebního materiálu):
 - autotrofní organismy – syntetizují organické sl. z organických zdrojů
 - heterotrofní organismy – jako stav. materiál přijímají organické sloučeniny v potravě
3. podle zdroje (donoru) elektronů (atomů H):
 - litotrofní organismy – zdrojem e- jsou jednoduché anorganické sloučeniny (dusík, sulfa, amoniak, voda);
 - organotrofní organismy – zdrojem e- jsou dehydrogenace organických látek (glukóza, vyšší MK v tucích)

4. podle konečného akceptoru (příjemce) elektronů:

- aerobní organismy – konečným akceptorem je kyslík
- anaerobní organismy – jiná jednoduchá molekula než kyslík

GIBBSOVA (volná) ENERGIE ΔG

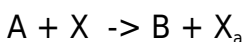
– používá se pro popis chemických reakcí, které probíhají za stálého tlaku a teploty, vyjadřuje samovolnost reakcí za stálého tlaku a teploty, [G] kJ.mol⁻¹

– část chemické energie biomolekul, která se za podmínek v organismu může přeměnit na užitečnou práci

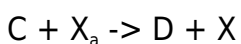
Třídění biochemických dějů podle ΔG

1. exergonické – poskytují energii, $\Delta G < 0$, všechny katalytické děje
2. endergonické děje – vyžadují dodání energie, všechny biosyntetické děje, $\Delta G > 0$, buněčné pohyby, aktivní transporty

Spojení exergonické a endergonické reakce zprostředkovává společný meziprodukt.



X_a – aktivovaná forma meziproduktu s vysokým obsahem energie, $\Delta G < 0$, vstupuje do vhodného endergonického děje kde dodává ději energii



Makroenergické přenašeče – sloučeniny, které využívají energii uvolněnou v katabolismu

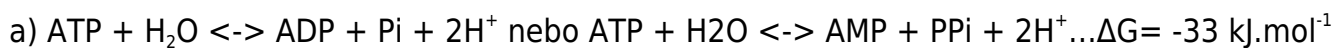
k přeměně na aktivovanou formu s vysokým obsahem energie (ATP, acetylkoenzym A, GTP, UTP, organofosfáty, thioestery)

ADENOSINTRIFOSFÁT - ATP

- makroskopická sloučenina s velkým obsahem energie -> univerzální makroenergetický přenašeč využívaný všemi buňkami

- má strukturu nukleotidu

UVOLŇOVÁNÍ ENERGIE - hydrolyza při 37°C a v neutrálním prostředí

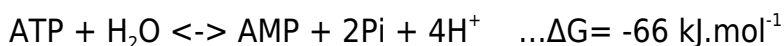


(štěpí se všechny fosfoanhydridové vazby nebo jen prostřední a tím pádem zůstává jedna)

ADP - adenosinfosfát; AMP - adenosinmonofosfát

P_i = HPO₄²⁻ - anorganický fosfát, PP_i - difosfát

sumární rovnice:

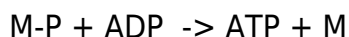


!! Energie vzniká při rozkladu ATP, ne při rozpadu vazby.

SYNTÉZA ATP V ORGANISMU:

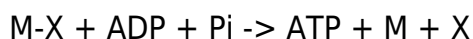
1. substrátová fosforylace

- fosforylačním činidlem je makroergický metabolit povahy organického fosfátu (produkt metabolismu s vysokým obsahem E, ve struktuře vázaný fosfát)

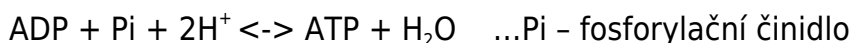


...M-P – metabolit

- fosforylačním činidlem je anorganický fosfát a energie využitá při syntéze ATP se uvolní rozpadem makroergické sloučeniny



2. **tvorba ATP spojená s přenosem e^-** – fosforylačním činidlem je anorganický fosfát, energie potřebná k tvorbě ATP se získává transportem e^- na jejich konečné akceptory (aerobní – kyslík)



1. oxidací chemických sloučenin – OXIDAČNÍ FOSFORYLACE
2. elektrony se uvolní excitací molekul chlorofylu vlivem slunečního záření – fotofosforylace; energie uložená ve struktuře ATP se okamžitě spotřebovává v anabolických dějích

Přebytečná energie se v organismu využívá k biosyntéze zásobních látek (polysacharidy nebo tuky).

Dalším příkladem přenosu energie je AKTIVACE A PŘENOS ATOMŮ H_2 .

Atomy H_2 se účastní redoxních dějů v organismu – v buňce se nenacházejí volné, ale jsou vázané na kofaktory oxidoreduktas. Označují se jako aktivní vodík [H]. Patří mezi ně nikotinamidové koenzymy – aktivní částí koenzymu je nikotinamid (derivát pyridinu).

oxidovaná forma (NAD^+ , $NADP^+$) <- Oxidace — Redukce -> redukováná forma
($NADH+H^+$, $NADPH+H^+$)

-> nikotinamidadeninukleotid NAD^+ ($\text{NADH} - \text{H}^+$) - slouží k přenosu atomů H odebraných substrátům v katabolismu na konečné akceptory např. O_2 - molekulový kyslík, uvolněná energie při přenosu atomu H se ukládá do molekul ATP

-> nikotinamidadeninukleotidfosfát NADP^+ ($\text{NADPH} - \text{H}^+$) - slouží k přenosu atomů H z katabolických dějů do dějů biosyntetických (z katabolismu do anabolismu), v organismu vystupuje jako silné redukční činidlo o vysoké energii

-> flavinadeninukleotid FAD (FADH_2) - prostetická skupina oxidoreduktas (kofaktor oxidoreduktas) přenášející v organismu atomy H

RESPIRACE (DÝCHÁNÍ)

= metabolická dráha, kterou většina chemotrofních organismů získává hlavní podíl energie uložené ve struktuře živin (asi 90%)

- skládá se ze dvou vzájemně propojených procesů:

1. DÝCHACÍ (respirační) ŘETĚZEC
2. OXIDAČNÍ FOSFORYLACE

DÝCHACÍ ŘETĚZEC je posloupnost biochemických dějů, které probíhají na vnitřní membráně mitochondrií.

Vodíkové atomy odebrané substrátům v průběhu katabolických dějů se vážou na kofaktory oxidoreduktas - vznikají jejich redukované formy, které vstupují do dýchacího řetězce, kde jsou oxidovány a kde předávají e^- konečným akceptorům (O_2) za vzniku vody a uvolnění energie.

Z en. hlediska je dýchací řetězec konečnou fází aerobního katabolismu (živočichové, mikroorganismy). Účinné využití energie umožňuje vícestupňový přechod e^- systémem oxidoreduktas zabudovaných ve vnitřní membráně mitochondrie. Enzymové komplexy jsou seřazeny podle stoupající afinity k elektronům (postupně stoupá síla oxidačního činidla - částice, která přijímá elektrony a tím se redukuje a zároveň způsobuje oxidaci jiné částice).

Každý článek řetězce oxidoreduktas je redukován předchozím a redukuje následující článek. Při transportu elektronů systémem oxydoreduktas se postupně uvolňuje energie, která je zdrojem energie pro syntézu ATP.

OXIDAČNÍ FOSFORYLACE

Transport e^- a syntéza ATP jsou navzájem spojeny. Systémem oxidoreduktas se přenášejí pouze e^- atomu H. H^+ jsou uvolňovány do mitochondriální matrix. Energie uvolněná při transportu e^- umožňuje přechod H^+ z vnitřního prostředí mitochondrie do cytoplazmy – dochází tak k okyselení cytoplazmového prostoru a vzniká gradient pH – protonmotivní síla. Koncentrační rozdíl je vyrovnáván návratem H^+ do vnitřního prostředí mitochondrie. Přechod H^+ přes vnitřní membránu mitochondrie umožňuje enzymový komplex – adenosintrifostatasa (ATP-ASA), která se nachází na vnitřní membráně v blízkosti dýchacího řetězce. Skládá se ze dvou dýchacích částí: hlavičky (F_1) – vyčnívá do vnitřního prostředí mitochondrie a enzymový komplex označovaný jako ATP – SYNTHETASA

H^+ nezůstávají v cytoplazmě – vrací se zpět protonovým kanálem. Je uvolněna energie, která se využívá k fosforylaci $ADP + P_i$ na ATP. ATP je malá a není vázána na membránu – může se v buňce snadno pohybovat a je využívána při různých funkcích jako zdroj okamžité energie.

CITRÁTOVÝ CYKLUS (Krebsův)

– metabolická dráha ve které je acetylkoenzym A odbouráván na CO_2 a redukované formy kofaktorů ($FADH_2$ a $3NADH+H^+$, které dále vstupují do respirace)

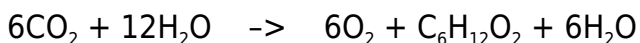
– soubor osmi dílčích reakcí, které probíhají v matrixu mitochondrií

1. Acetylkoenzym A se kondenzuje oxalacetátem za současného hydrolytického štěpení

- vazby acetylkoenzymu. Vzniká citrát (anion šestiuhíkové trikarboxylové kyseliny) a odštěpuje se koenzym A.
2. Citrát se izomeruje na isocitrát.
 3. Isocitrát podléhá oxidační dekarboxylaci za vzniku 2-oxoglutarátu, uvolnění CO_2 a $\text{NADH}+\text{H}^+$.
 4. 2-oxoglutarát podléhá oxidační dekarboxylaci (uvolnění CO_2 a $\text{NADH}+\text{H}^+$). Vznikající produkt se naváže na koenzym A a vzniká sukcinylkoenzym A.
 5. Hydrolitické štěpení vazby sukcinylkoenzymu A za vzniku koenzymu A a GTP (makroenergetický přenašeč do kterého se ukládá energie, substrátová fosforylace).
 6. Sukcinát podléhá dehydrogenaci za vzniku fumarátu a odštěpení FADH_2 .
 7. Fumarát podléhá hydrataci (adice vody na dvojnou vazbu) a vzniká L-malát.
 8. L-malát podléhá dekarboxylaci za obnovení molekuly oxalacetátu.

FOTOSYNTÉZA (Biosyntéza sacharidů)

- metabolická dráha, při které za účasti slunečního záření a chlorofylu dochází k přeměně vody a CO_2 na molekulu glukosy $\text{C}_3\text{H}_{12}\text{O}_6$



- provádějí ji fotosyntetizující autotrofní organismy (rostliny, zelené řasy, sinice), u eukaryotních fototrofních organismů probíhá v chloroplastech

- silně exotermní děj

- probíhá ve dvou spojených fázích:

1. **PRIMÁRNÍ FÁZE** - probíhá pouze za slunečního záření na membránách tylakoidů, en. slunečního záření se mění na energii excitovaných e^- , které se přenáší systémem oxidoreduktas za tvorby molekul ATP a vzniku redukovaného koenzymu $\text{NADPH}+\text{H}^+$

- u vyšších rostlin se skládá ze 4 dějů:

- fotchemická excitace fotoreceptorů

- fyzikální děj, při kterém dochází k zachycení slunečního záření molekulami fotoreceptorů (org. sloučeniny vázané na proteiny, které mají schopnost absorbovat slunečního záření - umožněno systémem konjugovaných vazeb)

- florofyty, karotenoidy

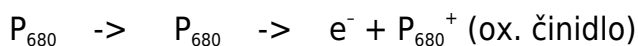
- uplatňují se 2 fotosystémy:

Fotosystém I - reakční centrum s absorpčním maximem 700 nm

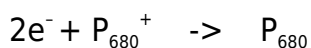
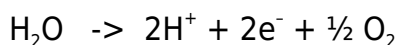
Fotosystém II - absorpční maximum 680 nm

- po absorpci vznikají excitované e^- (přechází do vyšších mag. vrstev)

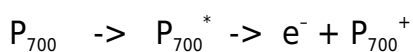
- fotooxidace vody (fotolýza)



- reakční centrum fotosystému 680 předává excitované e^- systému oxidoreduktas a získává tak kladný náboj \rightarrow vzniká silné oxidační činidlo, které může přijímat H_2O



- fotoredukce $NADP^+$



- uvolněné e^- mohou vstupovat do dvou dějů:

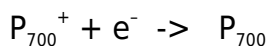
Redukce $NADP^+$



Cyklická fosforylace

- e^- přecházejí přes systém oxidoreduktas a navrací se zpět do reakčního centra fotosystému,

které se dostaví do původního stavu



- fotofosforylace

- uvolněné e^{-} procházejí systémem oxidoreduktas a dochází ke stupňovitému uvolňování energie, která slouží k přenosu H^{+} z kapalně vyplně chloroplastu do cytoplazmy \rightarrow vzniká gradient pH - koncentrační rozdíl \rightarrow postupně dochází k jeho snížení a návratu H^{+} do vnitřní tekuté náplně chromoplastu prostřednictvím ATP-ASY

- uvolněná energie se používá při fosforylaci ADP anorganickým fosfátem

\rightarrow produkty: ATP, $NADP+H^{+}$, $\frac{1}{2} O_2$

2. **SEKUNDÁRNÍ FÁZE** (temnostní) - nezávislá na světle, probíhá v kap. výplni chloroplastů

- v průběhu metabolické dráhy jsou molekuly CO_2 postupně začleňovány do organické sloučeniny za účasti redukčního činidla $NADPH+H^{+}$ a ATP

- nejčastěji probíhá jako cyklický děj, jeho metabolickou dráhu lze rozdělit do třech fází:

- fixace CO_2 v organické molekule

- redukce 3-fosfoglycerátu aktivovaného CO_2

- část vznikajících trifosfátů přechází přes membránu chloroplastu do cytoplazmy a dochází k aldolové kondenzaci trios a fosfátů za vzniku fruktosa-1,6-disfosfátu

- dochází k odštěpení anorganického fosfátua izomerací vzniká glukosa-6-fosfát (obrázená glykolýza s jinými enzymy), která slouží k biosyntéze stavebních a zásobních polysacharidů

- meziprodukty mohou být přeměněny na pyruvát a acetylkoenzym A v přítomnosti anorganických zdrojů dusíku, vznikají amk, vyšší MK a ostatní přírodní org. látky

- regenerace akceptoru CO₂ (ribulosa-1,5-difosfátu)

- z části molekul glycerinaldehyd-3-fosfátu je ve složitém metabolickém ději za spotřeby ATP obnovena ribulosa-1,5-difosfát

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