

Typy a produkty bakteriálního metabolismu

Metabolismem rozumíme přeměnu látek a energií, skládá se z anabolismu a katabolismu. **Anabolismus** je souhrn reakcí, kterými si organismus syntetizuje z jednodušších látek látky složitější, energie se spotřebovává (reakce **endergonické**). **Katabolismus** je souhrn reakcí, při kterých vznikají ze složitějších látek látky jednodušší a energie se uvolňuje ve formě práce chemické, mechanické, elektrické, osmotické, světelné či tepelné (reakce **exergonické**).

U zdravého dospělého organismu jsou tyto děje v rovnováze. Obecný přenašeč energie mezi katabolismem a anabolismem jsou **makroergní sloučeniny**, nejvýznamnější je **ATP** (adenosin-5'-trifosfát), mezi další přenašeče chemické energie se řadí 1,3-bisfosfoglycerát, kreatinfosfát, fosfoenolpyruvát a další.

Typy metabolismu

Všechny mikroorganismy lze rozdělit:

- dle toho, jakou využívají energii na
 - **fototrofní** (využívají světelnou energii);
 - **chemotrofní** (využívají energii chemických vazeb);
- dle zdroje redukčních ekvivalentů na
 - **litotrofní** (redukční ekvivalenty získávají z anorganických sloučenin);
 - **organotrofní** (redukční ekvivalenty získávají z organických sloučenin);
- dle zdroje uhlíku na
 - **heterotrofní** (uhlík získávají z organických sloučenin);
 - **autotrofní** (uhlík získávají z oxidu uhličitého);
 - **mixotrofní** (uhlík získávají heterotrofně i autotrofně).

Fotolitoautotrofní bakterie

Získávají energii ze světla, redukční ekvivalenty z anorganických sloučenin, zdrojem uhlíku je CO₂. Mezi tyto bakterie se řadí *Cyanobacteria*, která zaručují **oxygenní fotosyntézu**, H₂O je donorem redukčních ekvivalentů, ve výsledku vzniká jako vedlejší produkt O₂ a hlavní produkt glukóza. Dále se sem řadí bakterie zodpovědné za **anoxygenní fotosyntézu** – *Chlorobiaceae*, *Chromatiaceae* (H₂S je donorem redukčních ekvivalentů), *Chloroflexus* (H₂ je donorem redukčních ekvivalentů).

Fotoorganoheterotrofní bakterie

Získávají energii ze světla, redukční ekvivalenty a uhlík z organických sloučenin. Některé druhy mohou využívat CO₂, jsou mixotrofní. Jako příklad uvedu: *Rhodobacter*, *Rhodopseudomonas*, *Rhodospirillum*, *Rhodomicrobium*, *Rhodocyclus*, *Heliobacterium*.

Chemolitoautotrofní bakterie

Získávají energii a redukční ekvivalenty oxidací anorganických sloučenin a uhlík z CO₂. Do této skupiny řadíme například: **sírné** (*Beggiatoa*), **nitrifikační** (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, které mají nezastupitelnou úlohu v koloběhu N₂), **železité bakterie** (*Acidithiobacillus ferrooxidans* a *Leptospirillum ferrooxidans*).

Chemolithoheterotrofní bakterie

Získávají energii a redukční ekvivalenty oxidací anorganických sloučenin a uhlík z organických sloučenin. Příklady: některé bakterie rodu *Thiobacillus*, *Beggiatoa*, *Nitrobacter*.

Chemoorganoheterotrofní bakterie

Získávají energii, uhlík a redukční ekvivalenty z organických sloučenin. Tyto bakterie jsou z medicínského hlediska nejdůležitější. Patří sem pravděpodobně všechny bakterie v učebnicích lékařské mikrobiologie. Chemoorganotrofní bakterie se ještě dělí dle toho, zda jsou schopny **respirace aerobní, respirace anaerobní či fermentace**.

Fermentace

Fermentace je proces, který uvolňuje energii z cukrů, organických kyselin, purinů nebo pyrimidinů, nevyžaduje kyslík, nevyužívá elektron-transportní systém, produkuje malé množství ATP, oxiduje redukční ekvivalenty (nutné pro glykolýzu) a uvolňuje plyny (CO₂). **Využívá se v průmyslu a v biochemické identifikaci bakterií.** Zjednodušený model fermentace: glukosa prostřednictvím glykolýzy konvertuje na pyruvát, ten je konvertován na laktát (některé *Streptococcus spp.*, *Lactobacillus spp.*) nebo na ethanol a CO₂ (kvasinky) či na propionát (*Propionibacterium spp.*). Konečných produktů bývá více – ethanol, laktát, sukcinát, acetát, CO₂ a H₂ (*Salmonella spp.*, *Escherichia spp.*).

Soubor:Salmonella enteritidis-DC.JPG
Kultivace *Salmonella enterica enteritidis* na deoxycholát-citrátovém agaru

Respirace aerobní

Soustava dějů – **glykolýza, Krebsův cyklus, dýchací řetězec (elektron-transportní systém)** – vedoucí k transportu elektronů ke **kyslíku**, přitom vzniká **protonový gradient**. Protony mají tendenci procházet pumpou, **ATP synthasou**, která syntetizuje ATP, dokud se gradient nevynuluje. Aerobní respirace probíhá u prokaryotů na cytoplasmatické membráně, u eukaryotů v cytosolu mitochondrií a na vnitřní mitochondriální membráně (jedním z důkazů teorie **endosymbiózy**).

Respirace anaerobní

Využívá **elektron-transportní systém**, na jehož konci není finálním akceptorem elektronů kyslík, ale jiná látka. Touto jinou látkou může být nitrát NO_3^- (je redukován na nitrit NO_2^- nebo až na plyn N_2 – *Paracoccus denitrificans* a pseudomonády) nebo síran SO_4^{2-} (je redukován na hydrogensulfid HS^- , *Desulfovibrio spp.*), CO_2 (redukován na metan CH_4 , *Methanothrix thermophila*) či fumarát (redukován na sukcinát, *Bacteroides spp.*). Dalšími akceptory mohou být ionty selenu, železa, arsenu atd. Při tomto typu respirace se generuje méně ATP, než při aerobní respiraci, protože je využita jen část Krebsova cyklu.



Pseudomonas aeruginosa –
Grammovo barvení

Katabolismus lipidů a proteinů

Pro úplnost třeba zmínit, že bakterie mají lipázy, kterými štěpí tuky na mastné kyseliny a glycerol. Glycerol vstupuje jako glycerinaldehyd-3-fosfát do glykolýzy a mastné kyseliny podléhají beta-oxidaci, při níž se odštěpuje acetylkoenzym A, který vstupuje do Krebsova cyklu. Glycerol a mastné kyseliny mohou vstupovat do anabolismu tuků. Proteázy a peptidázy slouží ke katabolismu proteinů. Z nich vznikají aminokyseliny, které podléhají převážně deaminaci či transaminaci, jejichž uhlíkaté skelety vstupují do Krebsova cyklu či do anabolických reakcí.

Anabolismus

ATP získané katabolickými procesy se spotřebuje při pohybu, pohonu membránových pump a hlavně při anabolismu. Bakterie si syntetizují polysacharidy, peptidoglykan, lipidy (např. fosfolipidy, cholesterol), aminokyseliny, proteiny, puriny, pyrimidiny, RNA a DNA a další.

Interakce metabolismu bakterie-bakterie, bakterie-hostitel

Je třeba si uvědomit, že nedochází k interakci katabolismu a anabolismu ani v bakteriální buňce, ani mezi bakteriemi a ani mezi bakterií a hostitelem. Bakterie žijí v jakési dynamické rovnováze, soupeří o substráty (zvýšení exprese enzymu využívajícího daný substrát), či spolupracují. Tato rovnováha např. ve střevě může být porušena antibiotiky či složkou potravy, která určité bakterie zvýhodňuje.

- Příklad interakce bakterie-bakterie: primární fermentéři produkují jako vedlejší produkt H_2 , který potlačuje regeneraci NAD^+ z $\text{NADH} + \text{H}^+$. Bez NAD^+ by neprobíhala glykolýza. Hladina H_2 je udržovaná díky bakteriím, které využívají H_2 – např. methanogenní, ethanogenní.
- Příklad interakce metabolismu bakterie-bakterie-hostitel: *Clostridia* při zpracování aminokyselin produkují NH_3 , který je využit *Bacteroides spp.* – hydrolyzují oligosacharidové konce glykoproteinů a tím uvolňují další peptidy pro *Clostridia*. *Bacteroides* i *Clostridia* syntetizují krátké řetězce mastných kyselin, které přijímají enterocyty pro hostitele, jenž při svém metabolismu poskytuje CO_2 pro *Bacteroides*.

Odkazy

Související články

- Bakterie
- Metabolismus

Použitá literatura

- TORTORA, Gerard J, Berdell R FUNKE a Christine CASE. *Microbiology : An Introduction*. 2010. vydání. San Francisco : CA: Pearson Benjamin Cummings, 0000. 0 s. ISBN 978-0-321-55007-1.
- FUCHS, Georg a Habs GÜNTHER SCHLEGEL. *Allgemeine Mikrobiologie*. 2007. vydání. Thieme Georg Verlag. 0000. 0 s. ISBN 978-313-4446-081.