

Energetický systém buňky

Buňky vykazují celou řadu funkcí (růst, pohyb, syntetickou aktivitu...), které vyžadují energii. Metabolismus, tedy soubor všech enzymových reakcí, při nichž dochází k přeměně látek a energií je jedním ze základních životních projevů. Ultimatím zdrojem energie všech eukaryontních buněk je Slunce. Podle toho, zda ji získávají přímo, nebo nepřímo je můžeme rozdělit na:

- Fototrofní - získávají energii ze světla pomocí fotosyntézy.
- Chemotrofní - získávají energii pro syntézu organických sloučenin rozkladem látek, které přijímají z okolí.

Dále můžeme rozdělit buňky podle zdroje, ze kterého získávají uhlík

- **Autotrofie** - Tyto organismy získávají uhlík z anorganických látek (zpravidla oxidu uhličitého) a syntetizují si z něj uhlíkaté řetězce. viz Fotosyntéza
- **Heterotrofie** - zdrojem uhlíku pro tvorbu vlastních uhlíkatých řetězců jsou organické látky.
- **Mixotrofie** - kombinace autotrofie a heterotrofie.

Metabolismus

Je látková přeměna je soubor všech enzymových reakcí (tzv. metabolických drah), při nichž dochází k přeměně látek a energií v buňkách a v živých organismech. Podle směru probíhající změny, která se s komplexní organickou molekulou děje, rozdělujeme metabolismus na anabolismus (výstavbový proces, biosyntéza) a katabolismus (rozklad složitějších látek).

a) **Katabolismus** – rozkladné, disimilační děje

- je soubor rozkladných dějů, při nichž z látek složitějších vznikají látky jednodušší (katabolity).
- při katabolismu dochází k štěpení makromolekul na menší molekuly za současného uvolnění odpovídajícího množství energie
- poskytuje stavební materiál a energii pro biosyntetické reakce
- patří mezi exergonické reakce
- po chemické stránce se jedná převážně o oxidace
- katabolismus je regulován hladinou ATP a NADH+H⁺ v buňce

b) **Anabolismus** – syntetické, asimilační děje

- při anabolismu dochází ke tvorbě složitějších makromolekul z jednodušších
- mají endergonický charakter – je spotřebována energie (zdrojem energie pro tyto reakce je hlavně ATP)
- většina reakcí anabolismu probíhá v cytoplasmě
- po chemické stránce se jedná převážně o redukce

Bioenergetika

Buňky jsou chemické soustavy, které se musí řídit všemi chemickými a fyzikálními zákony. Platí:

První termodynamický zákon (zákon zachování energie)

Druhý termodynamický zákon (soustavy se samovolně mění směrem k vyšší entropii)

Živé buňky při své snaze přežít a při svém rozmnožování a utváření složitých organismů vytvářejí pořádek, a tak by se mohlo zdát, že vzdorují druhému zákonu termodynamiky. Jak je to možné? Odpověď je prostá: **buňka není izolovanou soustavou.**

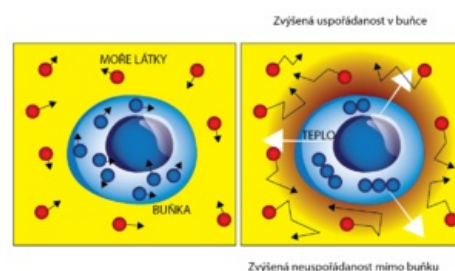
V průběhu chemických reakcí vedoucích k vyšší uspořádanosti se část energie používané buňkou mění v teplo. Toto teplo se rozptyluje do okolí buňky a zvyšuje v něm neuspořádanost, takže celková entropie buňky a okolí vzrůstá přesně tak, jak to vyžadují zákony fyziky.

Gibbsova energie (G)

$G = H - T \cdot S$ T je termodynamická teplota, S je entropie, H je entalpie

- Molekuly v živé buňce jsou vybaveny energií díky svým vibracím, rotacím a díky energii uložené v jejich chemických vazbách.
- Volná energie (G) představuje energii molekuly, která by se dala využít pro užitečnou práci při konstantní teplotě. G se měří v kJ/mol.

ΔG - udává změnu volné energie během reakce



Entropie

Děje exergonické: $\Delta G < 0$

- vzniká energie
- probíhají samovolně
- katabolismus

Děje endergonické: $\Delta G > 0$

- potřeba dodání energie
- neprobíhají samovolně - pouze jako spřažené reakce
- anabolismus

Spřažené reakce

- spojení endergonických a exergonických reakcí.
- reakce lze spřáhnout, jestliže sdílejí alespoň jeden společný meziprodukt.
- výsledná změna volné energie se rovná součtu jednotlivých hodnot ΔG
- reakce, která má kladnou změnu volné energie je popoháněna reakcí a absolutně větší zápornou hodnotou volné energie.

Způsoby získávání energie z nutrientů

Specifické energetické dráhy, které buňka využívá, závisí na tom, zda je buňka prokaryotní nebo eukaryotní. **Eukaryotické, živočišné buňky** (kterými se tento článek pro potřeby studentů lékařských fakult primárně zabývá) využívají **tří hlavních procesů** transformace energie do rychleji využitelnějších forem (rozebrány níže). Všeobecně se však dá říct, že uvolňují energii uloženou v molekulách potravy sérií oxidativních reakcí. Oxidace je typ chemické reakce, při které jsou elektrony transportovány z jedné molekuly do druhé, za proměny kompozice obou molekul. Molekula potravy zde figuruje jako donor. V průběhu každé oxidační reakce zapojené do rozkladu potravy má produkt nižší energii jako reaktant do ní vstupující. Zároveň akceptorové molekuly uloží část této energie pro příští použití. Původně velké makromolekuly opouštějí metabolickou dráhu jako odpadový produkt ve formě oxidu uhličitého. Adenosin 5'-trifosfát, neboli ATP, je nejzastoupenějším buněčným přenašečem energie.

Komplexní organické molekuly jako cukry, tuky a bílkoviny jsou pro buňky bohatými zdroji energie, která je zde uložena ve formě chemické vazby. Množství energie obsáhnuté v látce je možné změřit jednoduchým zařízením - kalorimetrem. Pro jednotlivé látky konzumované člověkem byli stanoveny tyto hodnoty:

Složka potravy	Energie v kJ/g	Energie v kcal/g
Tuky	37	9
Etanol (konzumní alkohol)	29	7
Sacharidy	17	4
Bílkoviny	17	4
Organické kyseliny	13	3
Polyoly (vícesytné alkoholy, sladidla)	10	2,4
Vláknina	8	2

Ukládání energie

V případě přebytku energie eukaryotní buňky vytvářejí velké molekuly a komplexy molekul za účelem jejího uskladnění. Výsledné polysacharidy a lipidy jsou pak drženy v rezervoárech uvnitř buňky, z nichž některé jsou viditelné i světelným mikroskopem.

Živočišné buňky jsou navíc schopny syntetizovat rozvětvené polymery glukosy známé jako glykogen, jehož granula jsou viditelné elektronovým mikroskopem. Tyto zásoby patří mezi relativně rychle mobilizovatelné (v řádu několika sekund). U sportovců je známý pojem *carbo-loading*, kdy se snaží před velkou soutěží zásoby glykogenu maximalizovat konzumujíc někdy v průběhu 24 hodin i 12 gramů sacharidů na kilogram tělesné hmotnosti^[1]. Za normálních podmínek člověk drží zásobu glykogenu s energií, která mu vystačí na přibližně na jeden den. Rostlinné buňky produkují podobnou molekulu, škrob, který je rovněž uskládán v granulech.

Další způsob využíván jak rostlinami tak živočichy syntéza mastných kyselin. Jeden gram tuku obsahuje asi šest tolik energie jako stejný objem glykogenu^[2], je však pomaleji utilizovatelná. Všechny systémy zásob (od rapidně využitelného ATP přes středně rychlý glykogen až po pomalý tuk) sehrávají důležité role a vzájemně se doplňují. Tuky jsou ukládány kapénkách specializovaných buněk - adipocytů; poskytují člověku zásobu energie na několik týdnů.

Mitochondrie

Mitochondrie jsou kulovité nebo vláknité organely.

- 0,5 μm široké a až 10 μm dlouhé,
- shromažďují se v místech s vysokou metabolickou aktivitou (apikální konce řasinkových buněk, střední segmenty spermií),

- transformují chemickou energii metabolitů obsažených v cytoplazmě v druh energie buňkám snadno přístupný,
- tato **energie** je zčásti **skladována** v makroergních fosfátových vazbách určitých sloučenin (např. ATP) a pohotově uvolňují energii při potřebě buňky,
- vyskytují se v cytoplazmě ve vysokém počtu,
- tvořeny bílkovinami a lipidy společně s DNA a RNA,
- **skládají** se ze:
 1. **zevní mitochondriální membrány**
 2. **vnitřní mitochondriální membrány** vybíhající směrem do nitra ve výběžky = **kristy**,
- membrány uzavírají dva prostory – mezi zevní a vnitřní membránou = *prostor intramembranózní*, souvisí s *prostory intrakristálními* (prostor ohraničený vnitřní mitochondriální membránou je *prostor interkristální* – obsahuje zrnitou hmotu = *mitochondriální matrix*, která je bohatá na bílkoviny s malým množstvím DNA a RNA),
- **kristy** jsou většinou hřebenovité ploché přepážky,
 - buňky secernující hormony mají *kristy tubulární* – tím se zvětší vnitřní povrch mitochondrií – zde jsou umístěny enzymy a ostatní sloučeniny zapojené do oxidativní fosforylace (systém měnící ADP na ATP),
- počet mitochondrií i jejich krist přímo závisí na metabolické aktivitě buňky (například v kardiomyocytech tvoří 40% objemu buňky),
- **bazolaterální labyrint** slouží k přenosu iontů,
- nezbytné v tkáních odkázaných na aerobní způsob získávání energie (nervová tkáň, sítnice),
- *nejsou v erytrocytech*,
- v matrix jsou též lokalizovány enzymy cyklu kyseliny citronové, odbývá se zde i beta oxidace mastných kyselin,
- **endosymbiotická teorie** – kruhovitá dvoušroubovicovitá DNA, RNA tří druhů, ribosomy,
- **funkce** (zkráceně): mitochondrie transformuje chemickou energii metabolitů do formy energie lehce buňkou využitelnou k osmotické, mechanické, elektrické a chemické práci → tj ve formě ATP ale i k tvorbě tepla,
 - na *vnitřní mitochondriální membráně*: oxidativní fosforylace,
 - v *matrix*: beta-oxidace a Krebsův cyklus.

Odkazy

Související články

- Mitochondrie
- mtDNA
- Mitochondriální dědičnost
- Bioenergetika buňky

Reference

1. Fairchild, TJ; Fletcher, S; Steele, P; Goodman, C; Dawson, B; Fournier, PA. "Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise." (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12048325>)
2. <http://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-energy-and-cell-functions-14024533>

Použitá literatura

- JUNQUIERA, L. Carlos, José CARNEIRO a Robert O. KELLEY. *Základy histologie*. 1. vydání. Jinočany : H & H 1997, 1997. 502 s. ISBN 80-85787-37-7.