

Makroergní sloučeniny

Makroergní sloučeniny jsou látky obsahující makroergní vazby, tedy takové vazby, které při svém rozštěpení uvolňují velké množství energie.

ATP

ATP je hlavní a univerzální makroergní sloučenina. Zajišťuje částečné uskladnění, ale zejména přenos volné energie (G) v buňce. Kromě ATP existují i jiné makroergní sloučeniny, které jsou schopné štěpením uvolnit větší množství energie. ATP se využívá nejvíce. Podílí se na tom relativní stabilita anhydridové vazby, která odolává spontánní hydrolýze, na rozdíl od ostatních anhydridů, a štěpí se jen v přítomnosti enzymů.

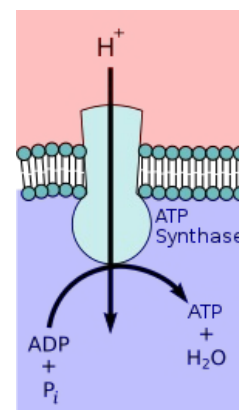
K regeneraci ATP je pak možné využít látek s negativnějšími hodnotami volné energie, např. fosfoenolpyruvát, kreatinfosfát, 1,3-bisfosfoglycerát.

Vznik ATP

ATP může v buňce vznikat:

- **Fosforylaci na substrátové úrovni.** Jedná se o energetické spřažení exergonní reakce se syntézou ATP z ADP a P_i . Nejčastěji se popisují tři reakce: dvě jsou součástí **glykolýzy** (přeměna fosfoenolpyruvátu na pyruvát a 1,3-bisfosfoglycerátu na 3-fosfoglycerát), jedna je součástí **Krebsova cyklu** (přeměna sukcinyl-CoA na sukcinát).
- **Aerobní fosforylace a dýchací řetězec.**

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Dýchací řetězec a tvorba ATP*.



ATP syntáza

Uvolnění energie z ATP

Hydrolýza ATP probíhá v několika krocích:

1. $ATP \rightarrow ADP + P_i$ ($\Delta G = -30,5 \text{ kJ/mol}$);

V ADP se nachází ještě jedna makroergní vazba, která může být využita.

Protože je ale použití ADP místo ATP problematické kvůli substrátové specifitě enzymů, obvykle proběhne za katalýzy **adenylátkinázou** reakce:

2. $2 ADP \rightarrow ATP + AMP$

a využívá se vytvořené ATP.

Z ATP se účinkem některých enzymů přímo uvolňuje difosfát (pyrofosfát, PP_i):



PP_i je možné za uvolnění energie dále štěpit enzymem **difosfatázou** (pyrofosfatázou).

Jiné makroergní sloučeniny

- **Ostatní nukleosidtrifosfáty** jsou méně univerzální a používají se pro specifické účely. Např. UTP slouží k aktivaci sacharidů pro jejich vstup do metabolických drah.
- **Enolfosfáty** obsahují skupinu $-OH$, jež se estericky váže na fosfát. Nejdůležitější představitel, fosfoenolpyruvát (PEP), je makroergní sloučeninou s energeticky největším potenciálem ΔG (až $-61,9 \text{ kJ/mol}$). Proto je také reakce přeměny PEP na pyruvát nevratnou reakcí glykolýzy.
- **Acylfosfáty** obsahují anhydridovou vazbu $-COOH$ s fosfátem. Řadí se k nim karbamoylfosfát (využívaný při syntéze močoviny) nebo 1,3-bisfosfoglycerát (meziprodukt glykolýzy).
- Mezi další makroergní sloučeniny patří **guanidinfosfáty** (např. kreatinfosfát) nebo **thioestery a thioétery** (deriváty HS-CoA, SAM). Někdy se můžeme setkat s pojmem **nízkoenergetické fosfáty**. Podle klasické definice je makroergní sloučenina taková, která dokáže po zániku vazby uvolnit energii minimálně 25 kJ/mol . Mezi nízkoenergetické fosfáty patří například glukóza-6-fosfát a uvolňují méně energie, mezi 9 až 20 kJ/mol .