

# Koenzymy

**Koenzym** (kofaktor) je nízkomolekulární neproteinová struktura připojená k proteinovému řetězci enzymu. Koenzymy mají důležitou roli v přenosu atomů vodíku, elektronů nebo skupin atomů v průběhu enzymové katalyzované reakce. Podle způsobu vazby k bílkovinné části enzymu rozlišujeme:

- disociovatelné koenzymy
- prostetické skupiny

## Disociovatelné koenzymy

Jsou udržované v kontaktu s enzymem nekovalentní interakcí. Mohou se snadno oddělit od molekuly původního enzymu a navázat se i na jiný. Patří sem například  $\text{NAD}^+$  nebo  $\text{NADP}^+$ .

## Prostetické skupiny

Jsou struktury pevně vázané k enzymu převážně **kovalentními vazbami**. Charakter této vazby dělá z prostetické skupiny stabilní součást enzymu. Patří sem například FMN, FAD a kyselina lipoová.

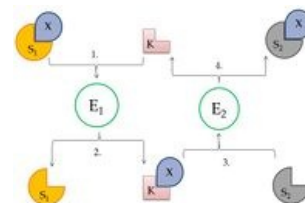
## Působení koenzymů

Je podmíněno dvěma reakcemi. V průběhu těchto dvou reakcí jednak dojde ke katalýze reakce, jednak k současné regeneraci koenzymu. Jak již bylo výše zmíněno, rozlišujeme dva typy koenzymů.

Tyto dva druhy koenzymů se liší způsobem jejich regenerace.

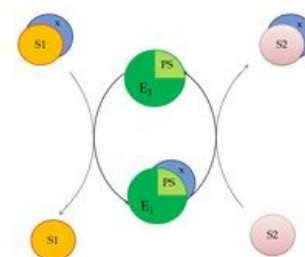
## Katalýza a regenerace disociovatelných koenzymů

Nejdříve přijímá disociovatelný koenzym K, navázaný na apoenzym  $\text{E}_1$ , přenášenou skupinu X od substrátu  $\text{S}_1$ . Dále se komplex  $\text{K}-\text{X}$  naváže na druhý apoenzym  $\text{E}_2$  a předává v této formě přenášenou skupinu X na produkt  $\text{S}_2$ . Zároveň se regeneruje koenzym K



Funkce koenzymů

1. Vznik komplexu 1
2. Regenerace substrátu + přenos x na koenzym
3. Vznik komplexu 2
4. Regenerace koenzymu + vznik produktu



Funkce prostetických skupin

## Katalýza a regenerace prostetických skupin

Průběh reakce u prostetických skupin je kvůli jejich pevné vazbě k apoenzymu odlišný. Hlavní rozdíl je v tom, že katalýzy obou reakcí se účastní pouze jeden apoenzym.

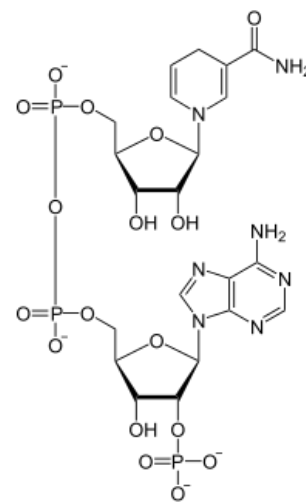
## Funkce koenzymů

Koenzymy jsou důležité pro funkce především enzymů, které katalyzují oxidačně redukční děje (oxidoreduktáz), nebo enzymů katalyzujících přenos skupin (transferáz).

## Koenzymy oxidoreduktáz

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Oxidoredukční enzymy.*

Tyto koenzymy se podílejí na přenosu atomu vodíku nebo elektronů.



Struktura NADPH

Koenzym	Poznámka
NAD <sup>+</sup>	přenos redukčních ekvivalentů (hydridových iontů: 2 e <sup>-</sup> , 1 H <sup>+</sup> ) z katabolických dějů do dýchacího řetězce
NADPH	redukční činidlo biosyntetických procesů, vzniká především v pentózovém cyklu
FMN	přenos redukčních ekvivalentů (2 e <sup>-</sup> , 2 H <sup>+</sup> ) pomocí dusíkových atomů
FAD	přenos redukčních ekvivalentů (2 e <sup>-</sup> , 2 H <sup>+</sup> ) pomocí dusíkových atomů
Koenzym Q (ubichinon)	součást mitochondriálního dýchacího řetězce
Kyselina lipoová	vázána amidovou vazbou na postranní řetězec lysinu (označuje se pak jako liponamid), obsahuje intramolekulární disulfidovou vazbu, která působí oxidoredukčně a při redukci přechází na dithiol
Hem	přenáší jen elektrony, např. mitochondriální cytochromy dýchacího řetězce, cytochrom P450
Glutathion	antioxidant v erytrocytech, obsahuje redoxně aktivní intramolekulární disulfidovou vazbu – obdobně jako kyselina lipoová
Kyselina L-askorbová	koenzym monooxygenáz a dioxygenáz, podíl na hydroxylaci prolinových a lysinových zbytků při syntéze kolagenu, syntéze katecholaminů a žlučových kyselin
Tetrahydrobiopterin (BH <sub>4</sub> , THB)	koenzym účastní se hydroxylace tyrosinu, fenylalaninu, tryptofanu atd.

## Koenzymy transferáz

Tyto koenzymy umožňují přenos skupin.

Koenzym	Poznámka
Nukleosidtrifosfáty: ATP, GTP, UTP, CTP	přenášejí většinou zbytek kyseliny fosforečné, součástí kináz
Koenzym A	obsahuje -SH skupinu, na kterou může thioesterovou vazbou navázat zbytek karboxylové kyseliny, např. acetylkoenzym A
Tetrahydrofolát (THF)	přenáší jednouhlíkaté zbytky (methyl, formyl, methylen)
Pyridoxalfosfát (PLP)	koenzym důležitý pro metabolismus AMK (transaminace, dekarboxylace)
Fosfoadenosinfosfosulfát (PAPS)	přenáší sulfát
S-adenosylmethionin (SAM)	přenáší methyl např. při přeměně noradrenalinu na adrenalin nebo při syntéze kreatinu, metylace DNA
Kobalaminy	koenzymy methyltransferáz – např. methylace homocysteinu na methionin

## Koenzymy karboxylačních a dekarboxylačních reakcí

Koenzym	Poznámka
Pyridoxalfosfát (PLP)	koenzym důležitý pro metabolismus AMK (transaminace, dekarboxylace)
Kyselina lipoová	vázána amidovou vazbou na postranní řetězec lysinu příslušného apoenzymu → liponamid, který se účastní oxidativní dekarboxylace 2-oxokyselin
Thiamindifosfát (TPP)	koenzym oxidativní dekarboxylace 2-oxokyselin a transketolasy
Biotin	koenzym všech karboxyláz, reaguje s bikarbonátem (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) na karboxybiotin, který přenáší CO <sub>2</sub> na jiné molekuly a vytváří tak v nich karboxylové skupiny (COOH) – příkladem může být syntéza malonyl-CoA z acetyl-CoA nebo oxalacetátu z pyruvátu

# Odkazy

## Související články

- Enzymy
- Vitaminy
- Kofaktory enzymů

## Použitá literatura

- MATOUŠ, Bohuslav, et al. *Základy lékařské chemie a biochemie*. 1. vydání. Praha : Galén, 2010. 540 s. ISBN 978-80-7262-702-8.
- KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. *Barevný atlas biochemie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2012. 512 s. ISBN 978-80-247-2977-0.
- MASOPUSTOVÁ, Nina, NÁDĚJOVÁ, Barbora. Koenzymy.
- Wikipedia: the free encyclopedia [online]