

HYDROFILNÍ VITAMINY

Tento výukový materiál je autorským dílem, které je chráněno autorským právem VŠCHT Praha.

Některé části přednášky vycházejí z autorských děl třetích osob, která VŠCHT Praha užívá pro účely výuky svých studentů na základě zákonné licence.

Obsah této přednášky je určen výlučně pro výuku studentů VŠCHT Praha.

Obsah přednášky nesmí být rozmnožován, zaznamenáván, napodobován, publikován ani jinak rozšiřován bez písemného souhlasu majitele autorských práv.

Autorské právo neporušuje ten student VŠCHT Praha, který výlučně pro svou osobní potřebu zhotoví záznam či napodobeninu díla nebo užije dílo jiným způsobem, který dle zákona autorské právo neporušuje.

© VŠCHT Praha 2020

Vitaminy skupiny B, askorbová kyselina

Funkce

Kofaktory enzymů

aktivní formy

enzymová aktivita

Další funkce

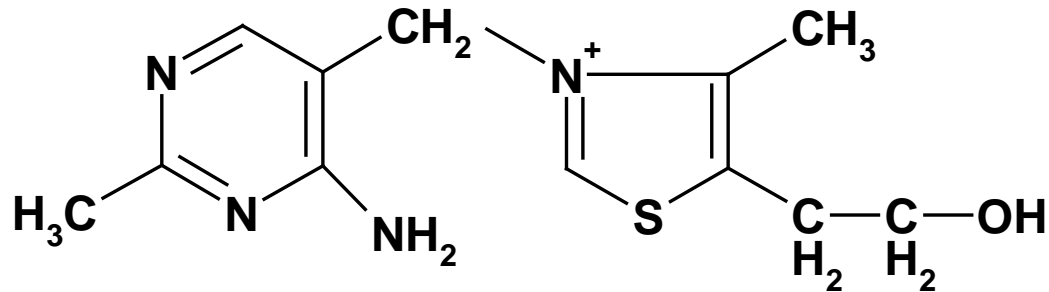
- Specifické – AA
- Nespecifické

Další látky

- Vitaminy ??
specifická funkce ??
deficience ??
potřeba ??

Thiamin

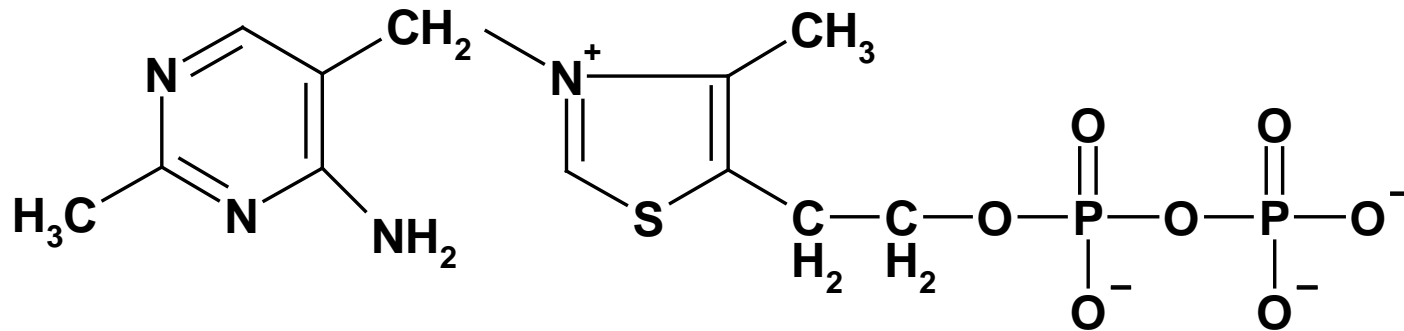
Vitamin B1



4-amino-2-methyl-
pyrimidin

5-(2-hydroxyethyl)-
4-methyl-thiazol

Účinná forma: Thiamin difosfát (TPP)



Přenášená skupina: aldehydová

Enzym: dekarboxylasy, transketolasy

Funkce:

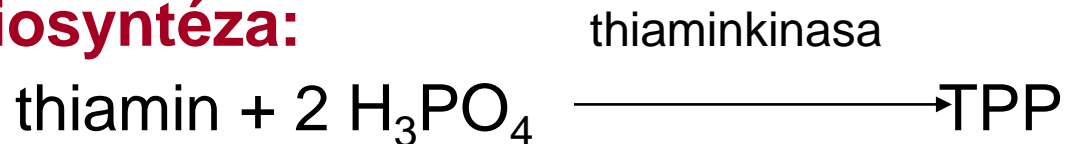
- energetický metabolismus
- podporuje nervový systém,
- užívá se při léčbě diuretiky, kofeinismu a alkoholismu

Deficience: svalová únava, hubnutí, nechutenství apod.; oxidace glukosy jen na pyruvát; nedostatek energie

Karence: Beri-beri; neurologické postižení

Denní potřeba: 2 mg

Biosyntéza:



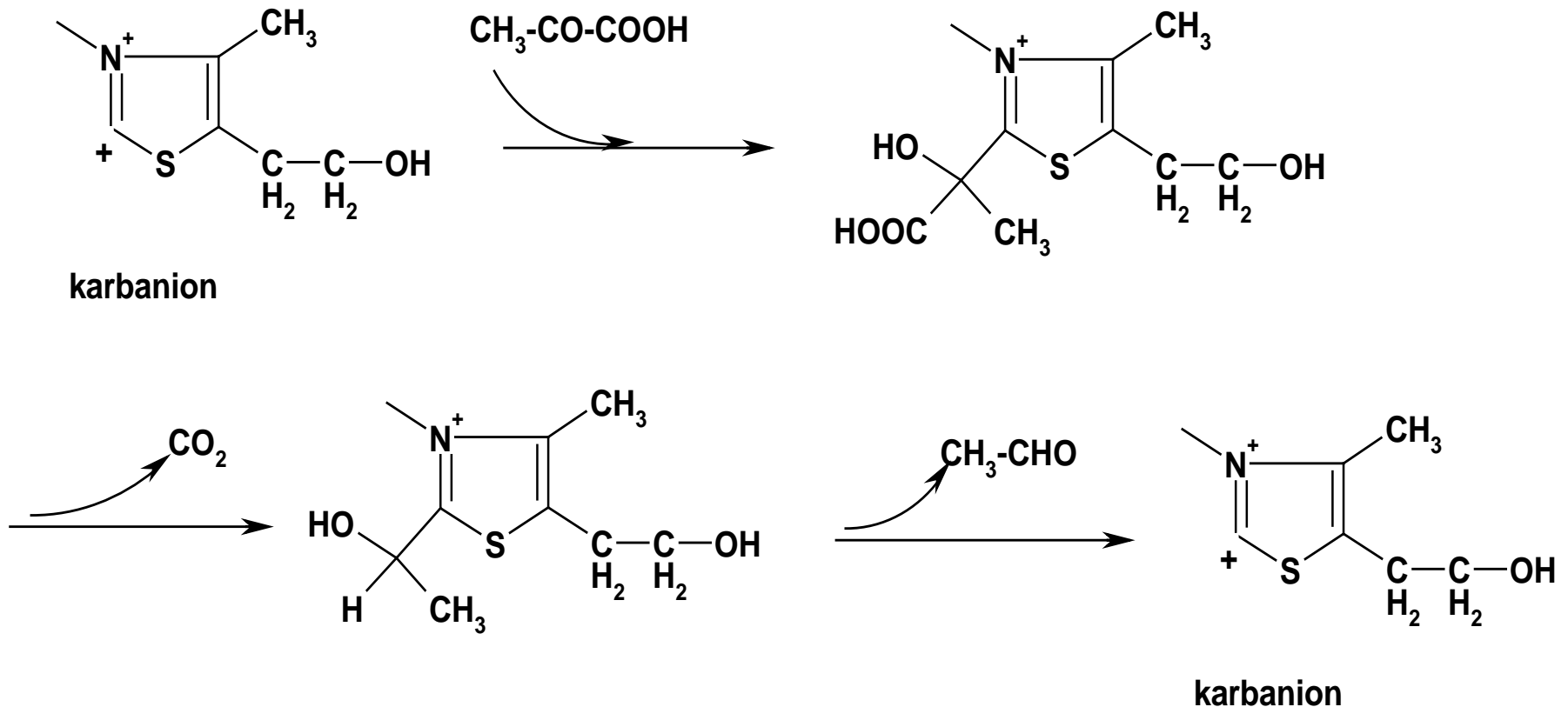
Hlavní zdroje v potravinách:

kvasnice, tmavé a celozrnné pečivo, luštěniny, vepřové maso, vepřová játra

Dekarboxylasy

Dekarboxylace 2-oxo-kyselin - např. při oxidační deaminaci AK; reakce na thiazolovém kruhu

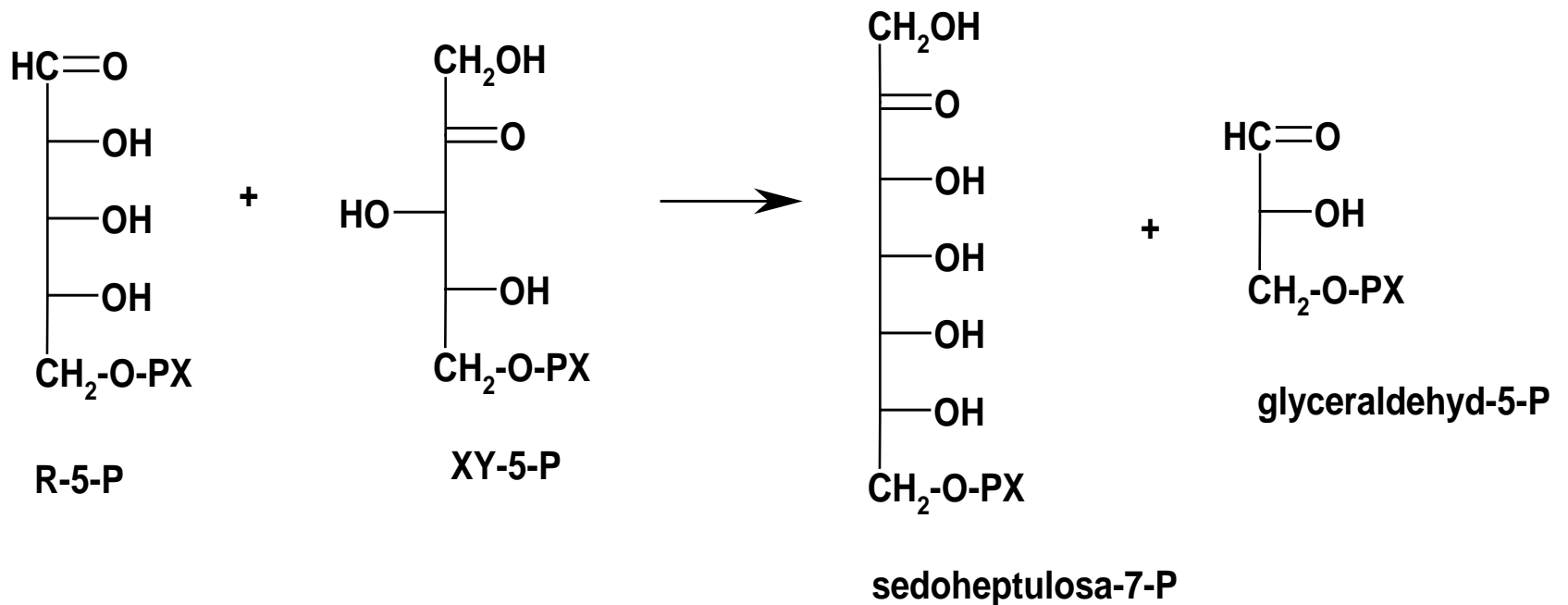
Příklad dekarboxylace pyruvátu (ethanolové kvašení)



Transketolasy

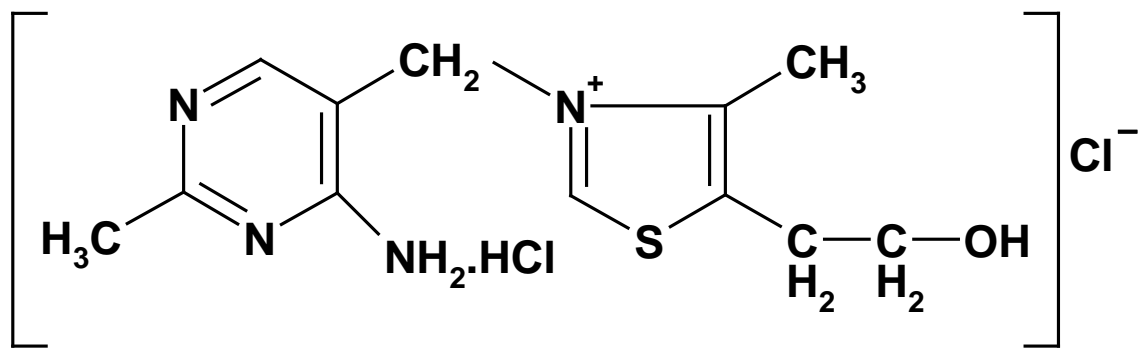
Přenos dvouuhlíkatých zbytků z donoru (2-oxo-sloučenina)
na akceptor (aldehyd)

Pentosový cyklus



Doplňky

- Volná báze
- Častěji jako chlorid-hydrochlorid thiaminu (tzv. thiaminhydrochlorid)
- Používá se i pro fortifikace

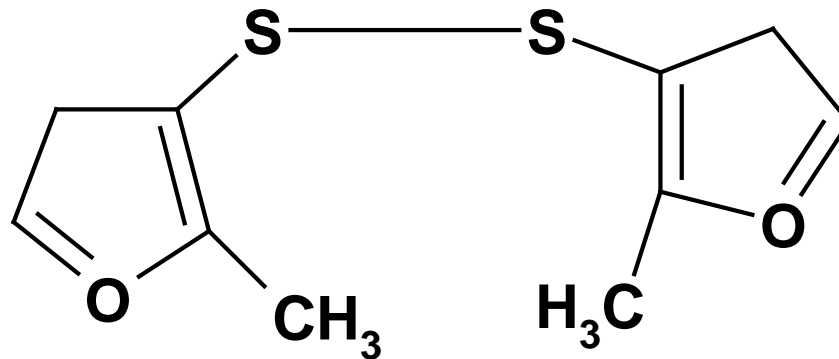


Přídavky do masa

fortifikace + flavour

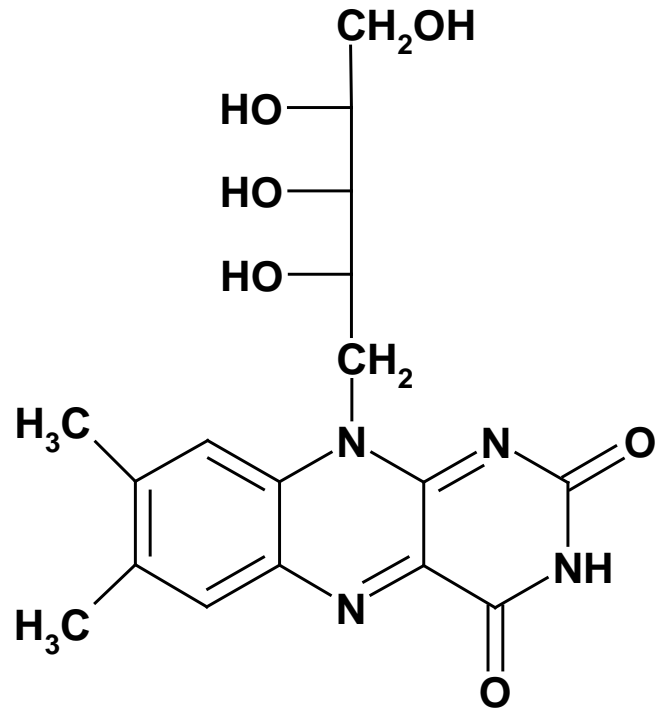
Degradační produkty – často vonné látky a stimulanty masového aroma

Bis(2-methyl-3-furyl)disulfid – masové aroma; prahové koncentrace setiny ng / kg



Riboflavin

7,8-dimethyl-10-(1'-D-ribityl)isoalloxazin



Zdroje: mléko, vnitřnosti, kvasnice

Deficience: zánětlivé poruchy sliznic a kůže (praskání koutků úst ...), oční a nervové poruchy

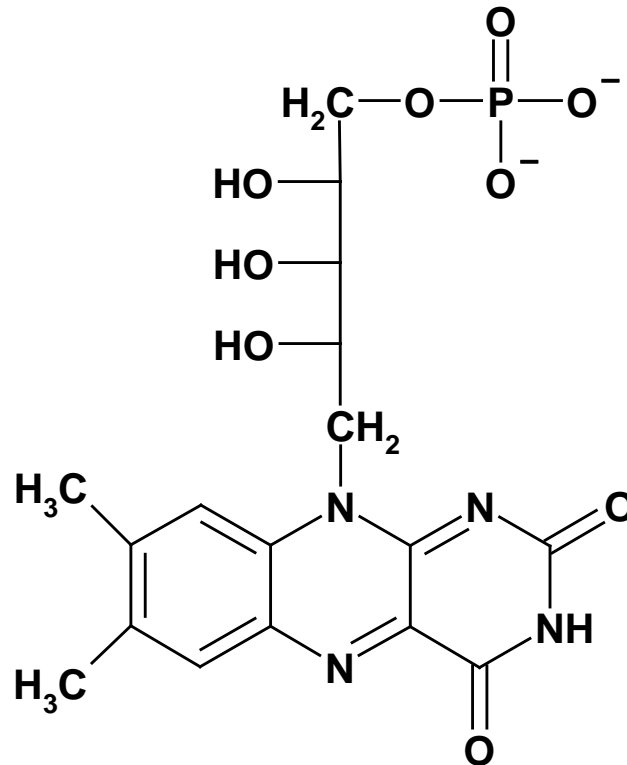
Avitaminosa: x

Účinná forma - flavinové nukleotidy

Flavinmononukletid; FMN; riboflavin-5'-fosfát

Biosyntéza:

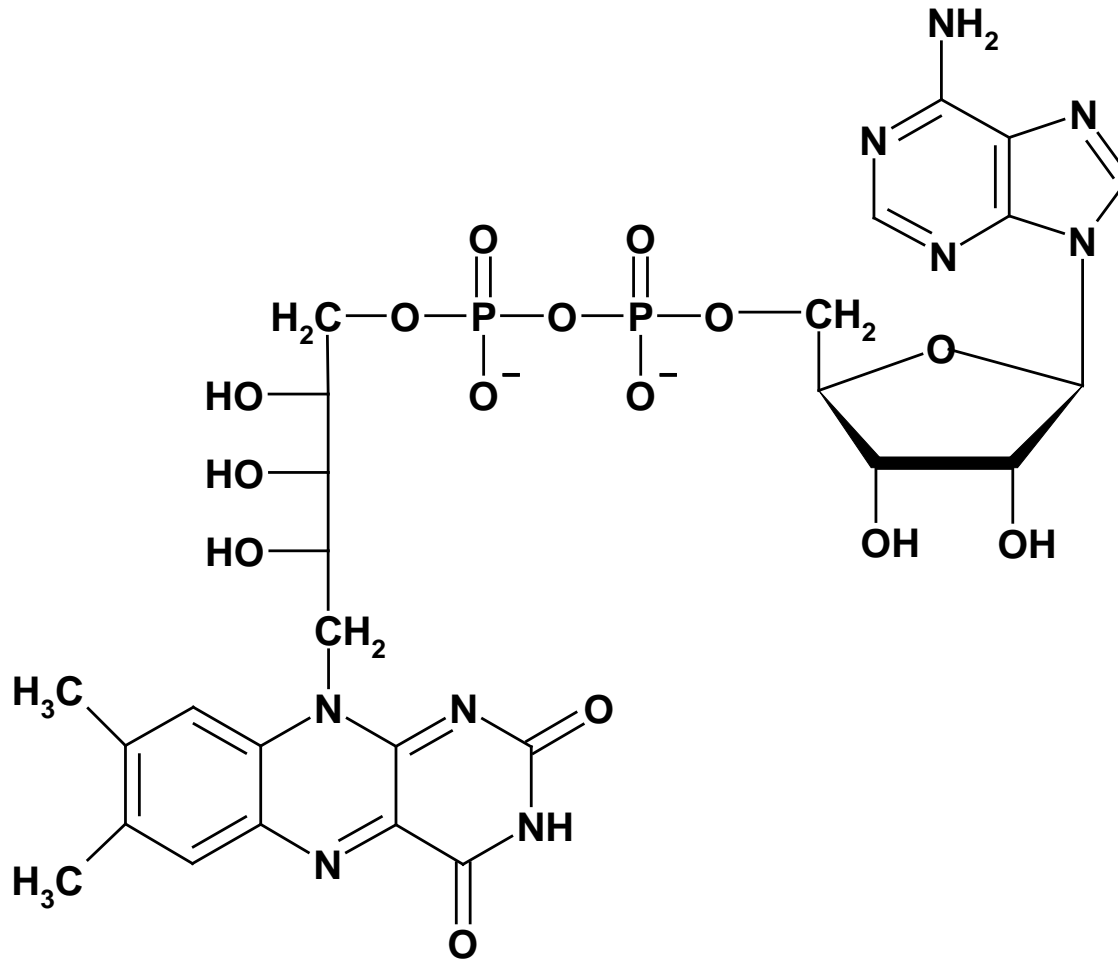
- Riboflavin + ATP \rightarrow FMN + ADP riboflavokinasa
nebo
- Riboflavin + glukosa-1-fosfát \rightarrow FMN + glukosa riboflavinfosfotransferasa



Flavinadenindinukleotid; FAD

Biosyntéza

FMN + ATP + adenosin \rightarrow FAD + PPi FMN-adenyltransferasa



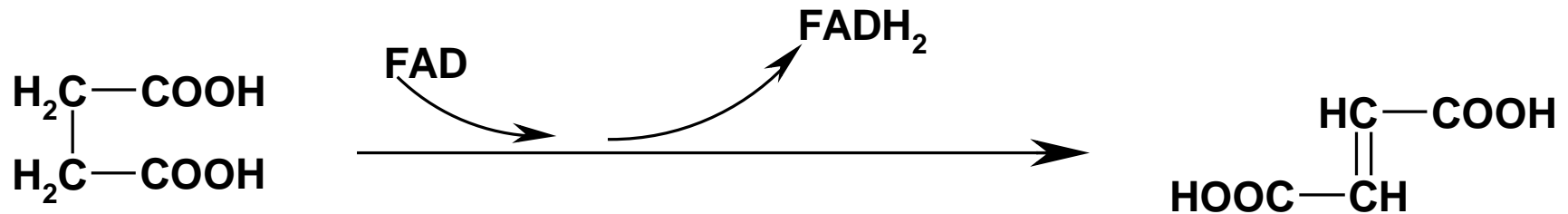
- Přenášená skupina: vodíkový atom
- Kofaktor enzymu: oxidoreduktasy
- FMN a FAD pevně vázány na apoprotein - flavoproteiny
- Denní potřeba: 2 mg

Oxidoreduktasy

- většinou součástí dýchacího řetězce v mitochondriích
- mohou se uplatňovat i jinde:
 - glykolýza - glukosaoxidas
 - oxidační deaminace AK – tvorba iminokyseliny

Funkce

- Jedno- nebo dvouelektronové redox reakce
- Akceptor jednoho vodíku při oxidaci NADH a NADPH
- Akceptor dvou vodíků při desaturaci; např. jantarová → fumarová kyselina



Další flavinové oxidoreduktasy

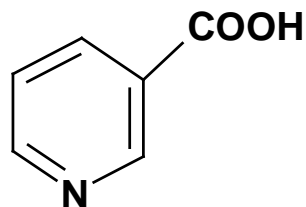
Xanthinoxidasa, aldehydoxidasa, oxidasa D-AK,

Niacin

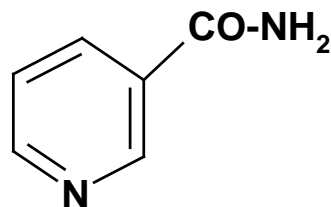
Vitamin PP (pelagra-preventive vitamin)

Pyridin-3-karboxylová kyselina

Amid ...



nikotinová
kyselina



nikotinamid

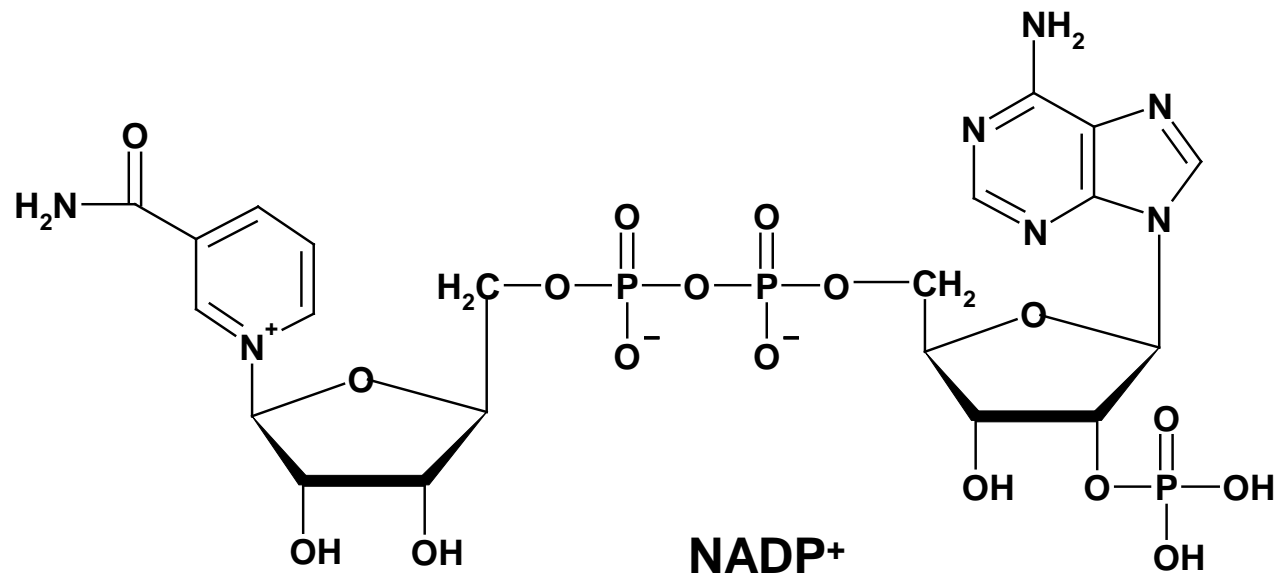
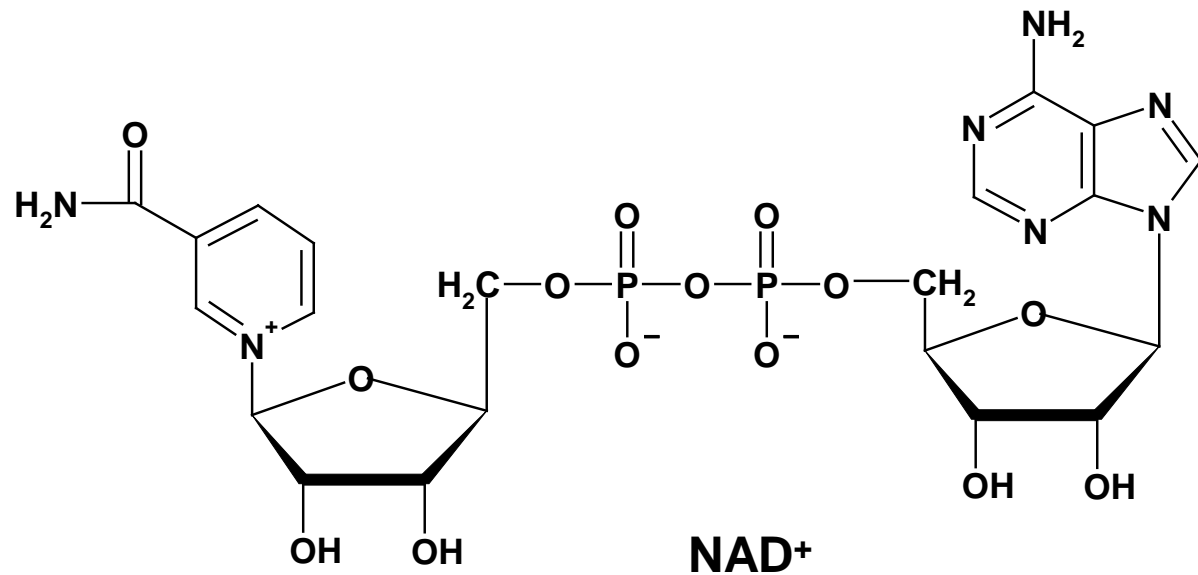
Účinná forma: pyridinové koenzymy - NAD⁺, NADP⁺

Nikotinamid adenin dinukleotid; -fosfát

Přenášená skupina: vodíkový atom

Kofaktor enzymů: oxidoreduktasy

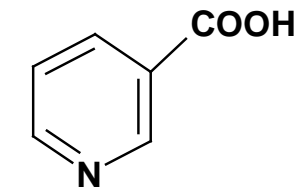
Denní potřeba: 20 mg



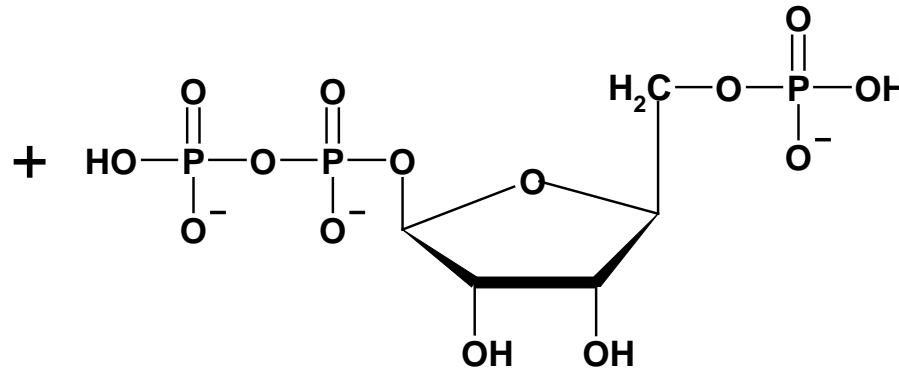
Biosyntéza

NAD⁺ z volné nikotinové kyseliny

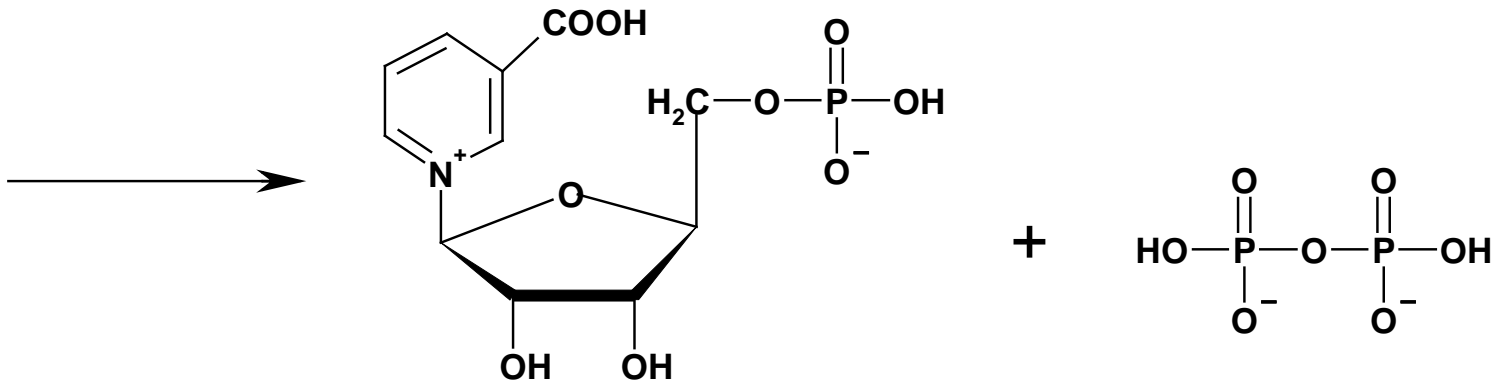
1



nikotinová
kyselina NA



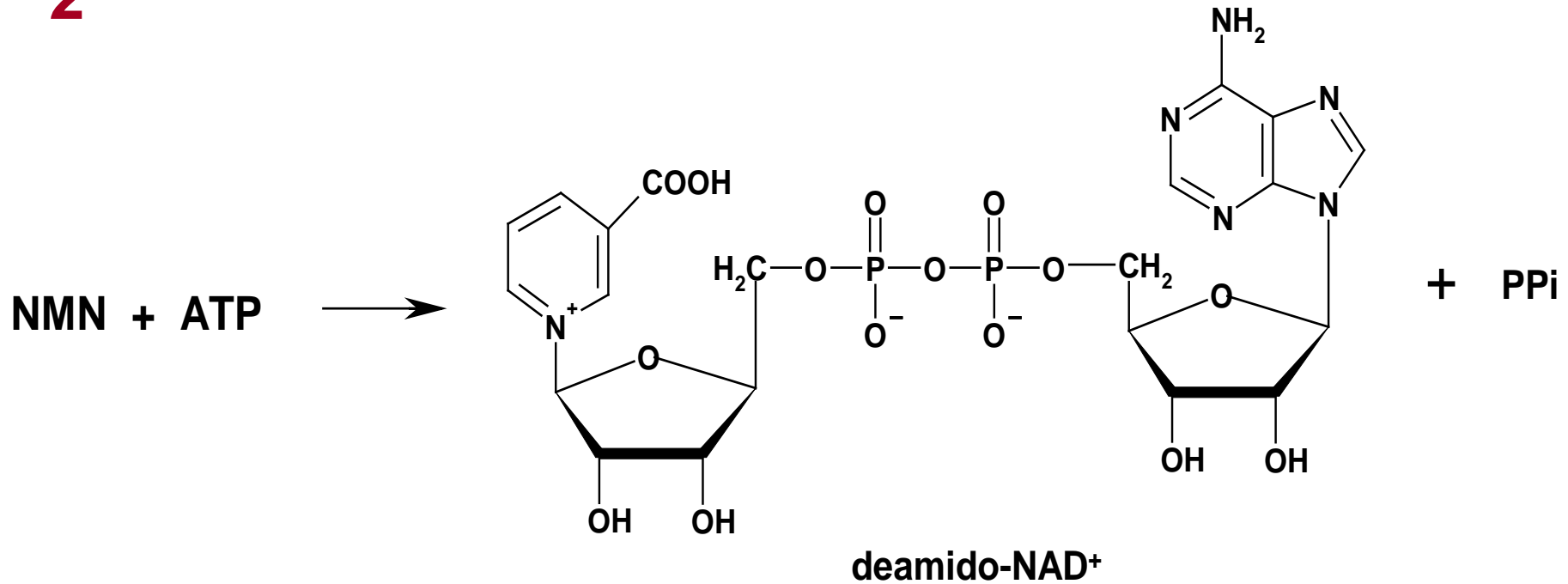
5-fosforibosyl-1-difosfát



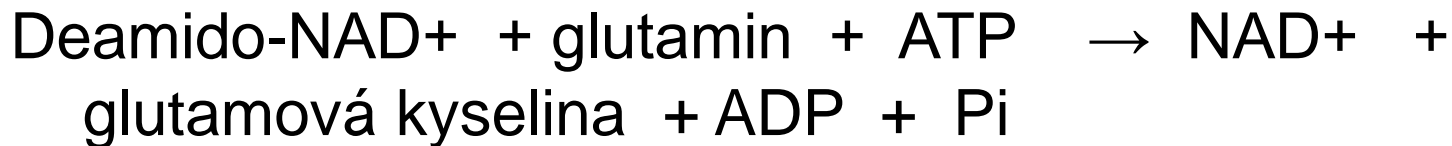
mononukleotid NA (NMN)

difosfát (PP_i)

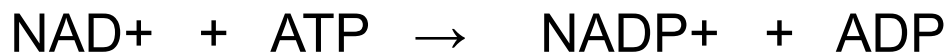
2



3

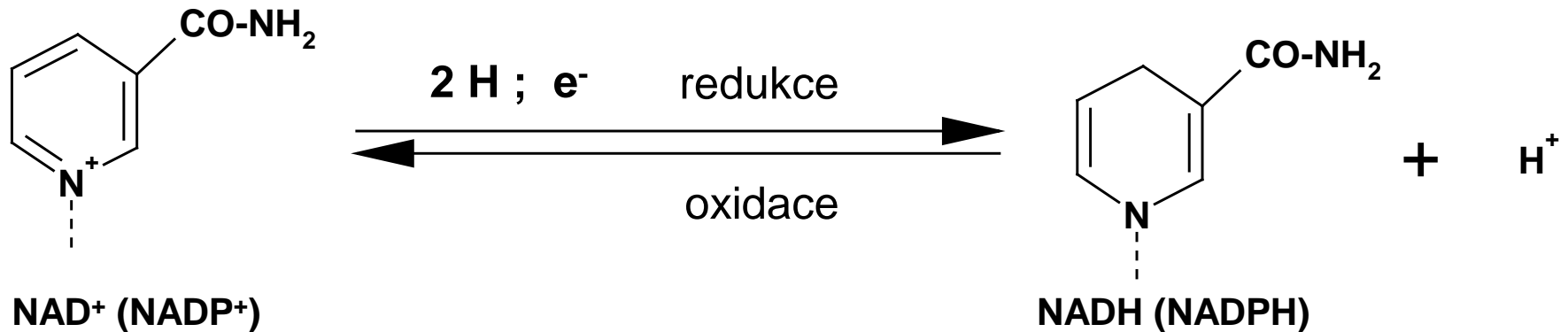


Biosyntéza NADP⁺



Funkce

- Koenzym oxidoreduktas, hlavně dehydrogenas;
v lidském organismu několik set oxidoreduktas
- Redukce: odejmutí 2H substrátu
- Oxidace: předání 2H na akceptor



Funkce

- Oxidace primárních a sekundárních alkoholů;
- Oxidace 2-AK
- Redukce karboxylových kyselin a hydroxykarboxylových kyselin
- Oxidace a redukce aldehydů
-
- Redukce flavinových koenzymů

Zdroje

Kvasnice, maso, játra; méně v obilovinách a luštěninách; velmi málo v zelenině a ovoci

Deficience

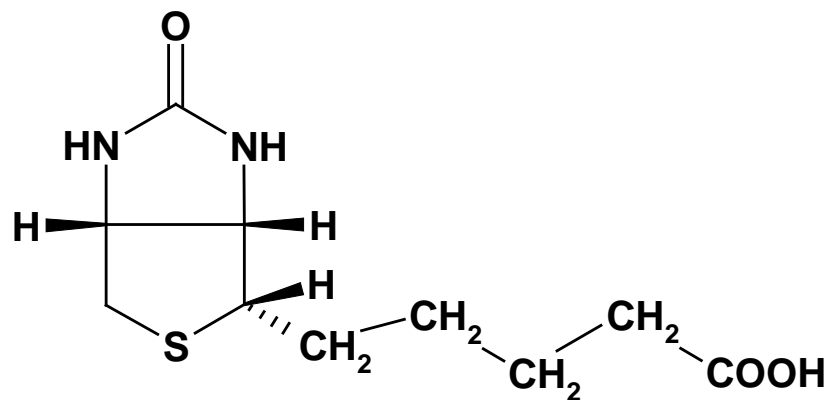
Pelagra – nervové a kožní poruchy (tzv. nemoc 3D – *dermatitis, diarrhoea, dementia*)

Biotin

Vitamin H

(3 α , 4 β , 6 α)-hexahydro-2-oxo-1*H*-thieno-(3,4-d)imidazol-4-pentaová kyselina

(imidazolový a thiofanový kruh, spojené v *cis*- konfiguraci)



Účinná forma: biocytin

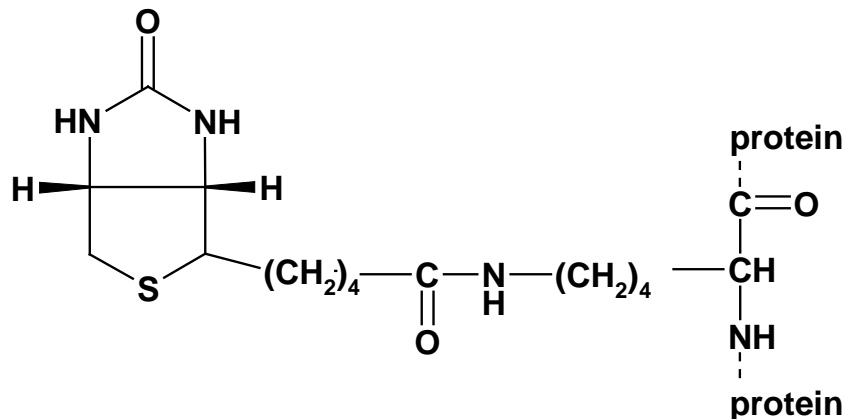
Kofaktor enzymů: karboxylasy; transkarboxylasy;
dekarboxylasy

Přenášená skupina: CO₂

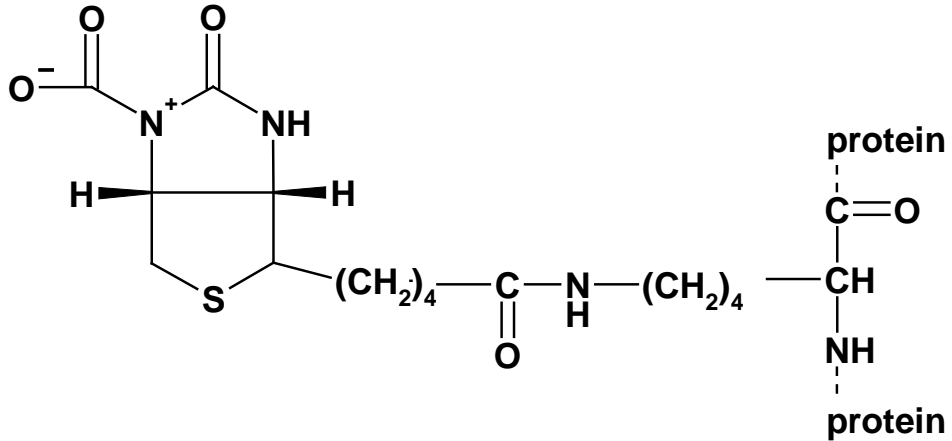
Denní potřeba: 150 – 300 μ g

Biocytin: ϵ -N-biotinyl-L-lysine

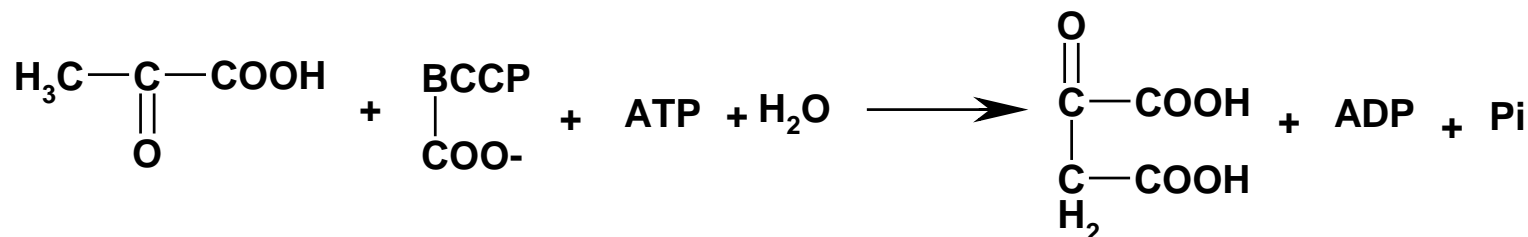
- Obvykle vázaný na protein



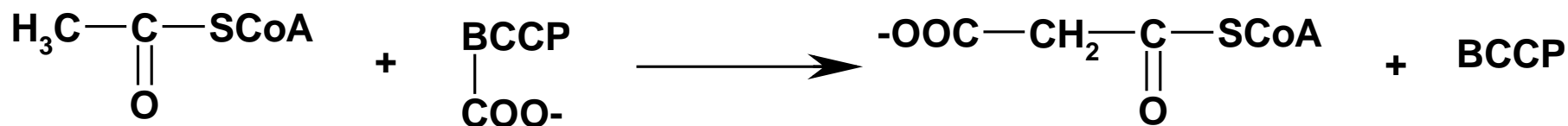
Přenos oxidu uhličitého – ve formě N-karboxy-biotinyl-proteinového komplexu (BCCP – biotin carboxyl carrier protein)



Karboxylace pyruvátu na oxalacetát (citrátový cyklus); pyruvátkarboxylasa



Transkarboxylace acetyl-SCoA na malonyl-SCoA (syntéza mastných kyselin)



Zdroje v potravinách

- Vaječné žloutky, játra, ledviny, kvasnice, rajčata

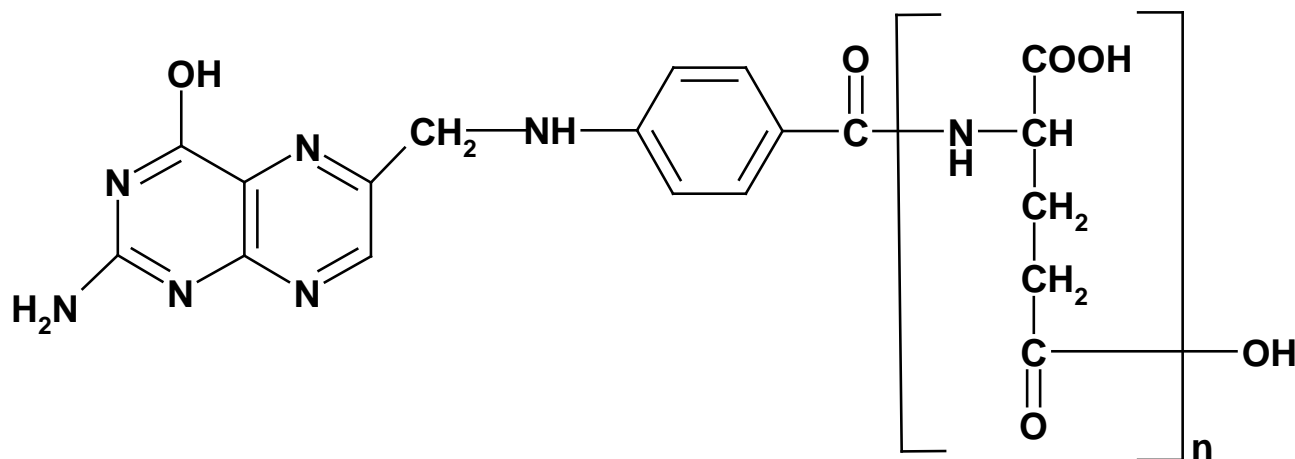
Deficience

- U člověka není známa

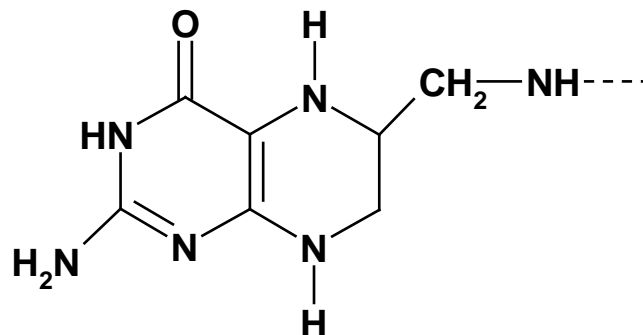
Folacin

B9; folová kyselina; listová kyselina

Různé deriváty listové (folové; pteroylglutamové) kyseliny



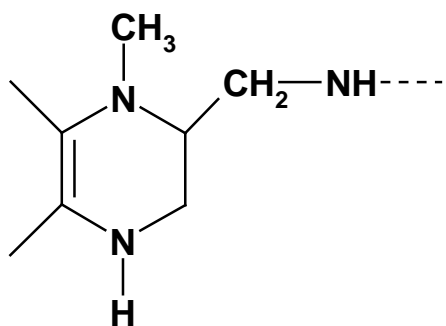
Účinná forma: 5,6,7,8-tetrahydrofoláty (FH4)



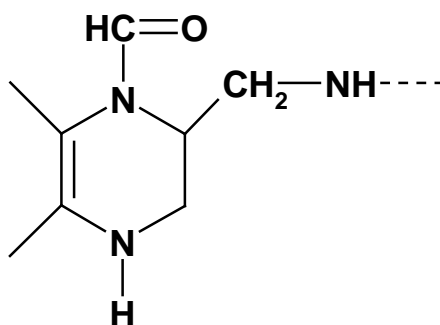
Kofaktor enzymů: transferasy

Přenášená skupina: methyl $-\text{CH}_3$; methylen $-\text{CH}_2-$;
formyl $-\text{CH}=\text{O}$; formiminylyl $-\text{CH}=\text{NH}$

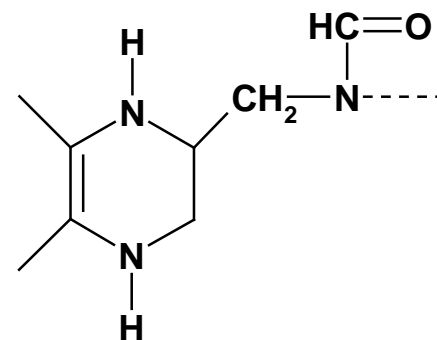
Denní potřeba: 200 – 600 μg



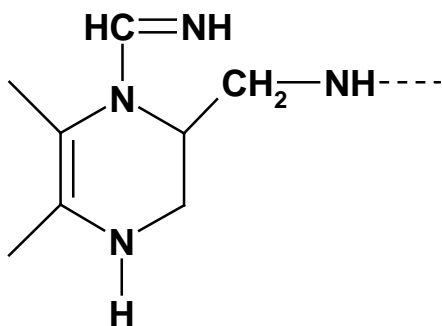
5-methyl-FH4



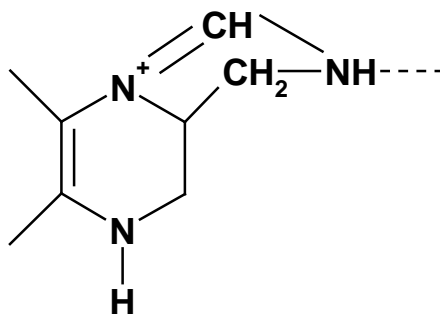
5-formyl-FH4



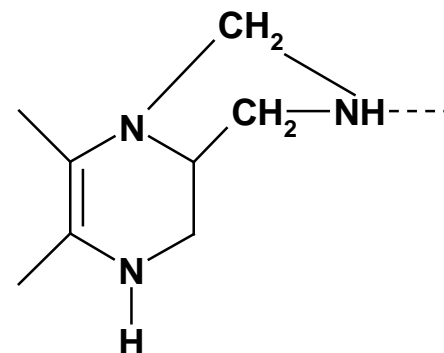
10-formyl-FH4



5-formimino-FH4



5,10-methenyl-FH4



5,10-methylen-FH4

Biosyntéza

- Puriny
- Thymin
- Glycin ze serinu – přenos hydroxymethylové skupiny

Odbourávání homocysteinu – přenos -CH₃
→ methionin

Deficience

Poruchy krvetvorby – makrocytární anemie

Korinoidy

B12; kobalaminy

Účinná forma: kobamidové koenzymy;

struktura – místo –CN skupiny vázán 5-deoxyadenosin

Kofaktor enzymů: isomerasy a další

Přenášená skupina: x

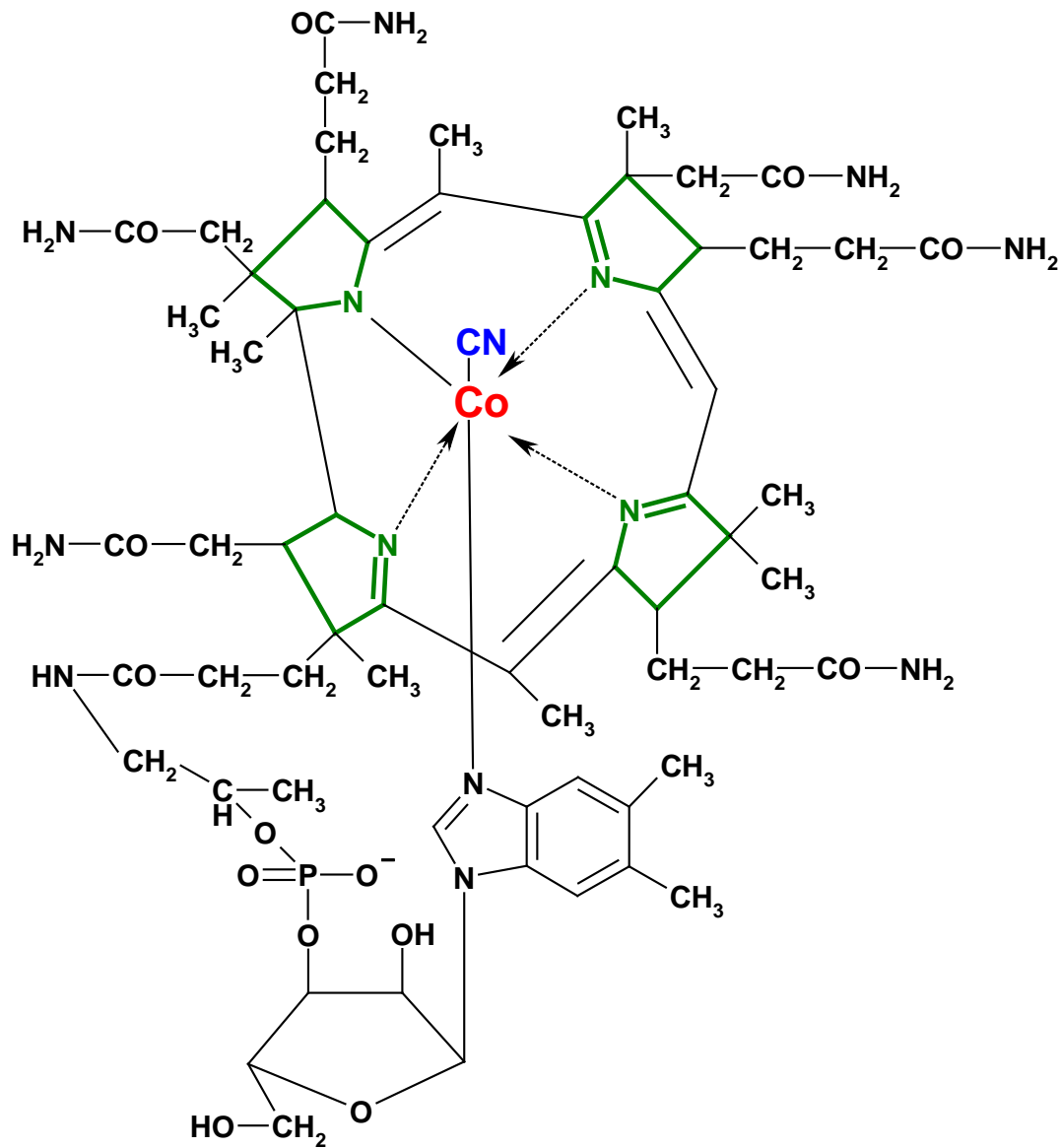
Denní potřeba: 3 µg

Zdroje v potravinách

- Játra, ledviny; méně maso, (mléko, vejce)
- některé mikroorganismy – pivovarské kvasnice *S. cerevisiae* – *fermentace ale není schopna zajistit dostatečný příjem*

Deficience

- Makrocytární anemie – akutní nedostatek erythrocytů a hemu (see folacin)
- Vliv *intrinsic faktoru*



kyanokobalamin

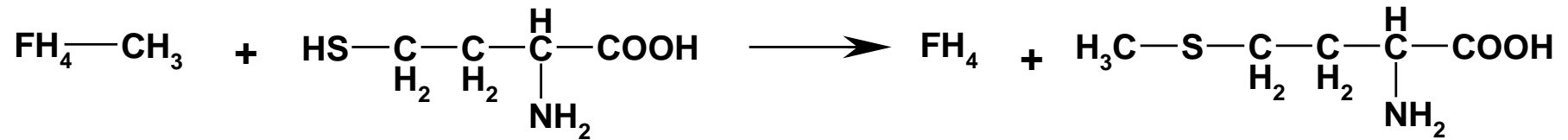
Struktura

- Korinový kruh;
- centrální atom Co;
- 4 – 6 koordinačních vazeb s ligandy;
- 4 vazby na N pyrrolů;
- někdy v α - poloze vázána nukleotidová složka s 5,6-dimethylbenzimidazol em jako bází;
- v β -poloze vázána CN- (kyano-), méně často HO- (hydroxy-) nebo $-\text{NO}_2$ (nitrokobalamin)

Funkce

Přenos methylskupiny

5-methyl-FH4 + homocystein → methionin + FH4

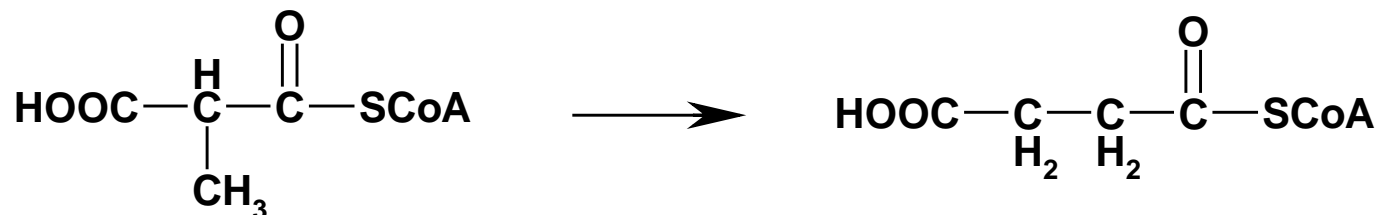


Význam

- Odbourávání homocysteinu – aterosklerosa
- Met jako donor CH₃- skupiny - biosyntéza porfyrinů – hemu

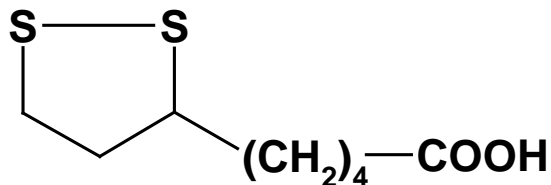
Isomerace

methylmalonylCoA na sukcinylCoA

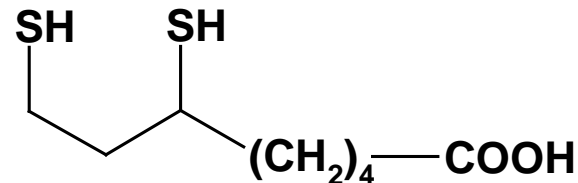


Lipoová kyselina

- α -lipoová kyselina; thiooktová kyselina;
- redukovaná forma dihydrolipoová kyselina (6,8-dimerkaptooktanová)



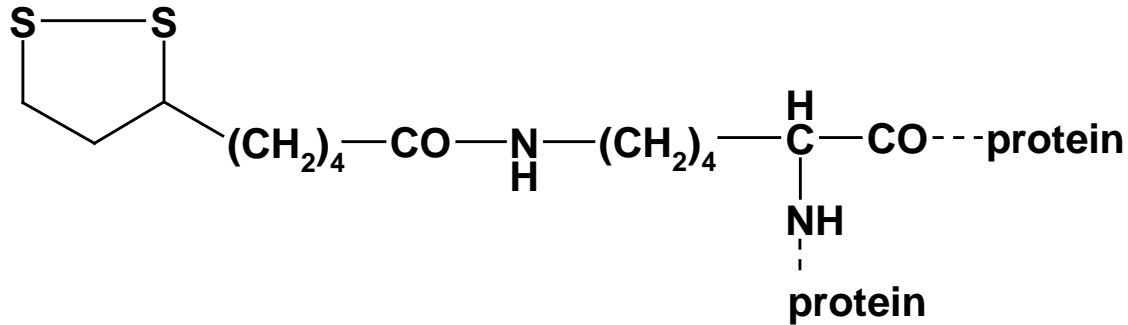
thiooktová kyselina



6,8-dimerkaptooktanová kyselina

Lipoová kyselina jako kofaktor

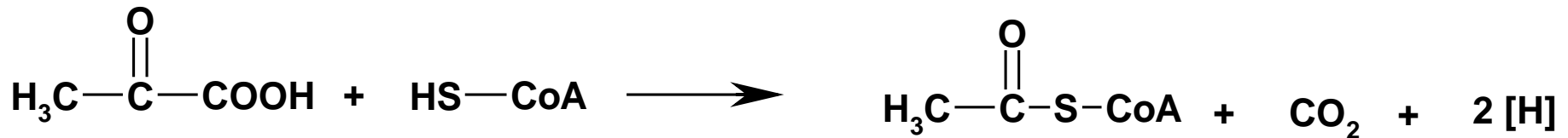
- Účinná forma: lipoamid (vázaná na protein přes koncovou aminoskupinu lysinu)
- Kofaktor enzymů: acyltransferasy
- Přenášená skupina: acyl
- Denní potřeba: ???



lipoamid

Funkce

- Oxidační dekarboxylace pyruvátu a 2-oxoglutarátu



- Velmi silný antioxidant
- Vitamin ???

Deficience ???

Zdroje v potravinách

- Játra, kvasnice

Pantothenová kyselina

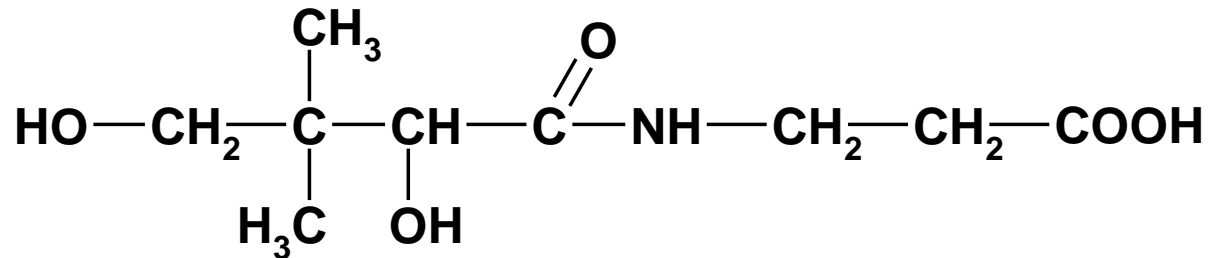
B5

(R)-2',4'-dihydroxy-3',3'-dimethylbutyryl-3-aminopropionová kyselina

nebo

D-(+)-2',4'-dihydroxy-3',3'-dimethylbutyryl-β-alanin nebo

D-(+) resp. (R)-pantoová kyselina vázaná amidovou vazbou na β-alanin



Účinná forma: koenzym A; HS-ACP – acyl carrier protein

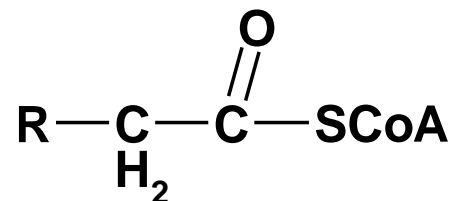
Přenášená skupina: acyl

Kofaktor enzymů: oxidoreduktasy

Denní potřeba: 7 - 15 mg

Funkce koenzymu A

- Přenos acylových skupin
- Vytváří s nimi thioestery - kondenzace

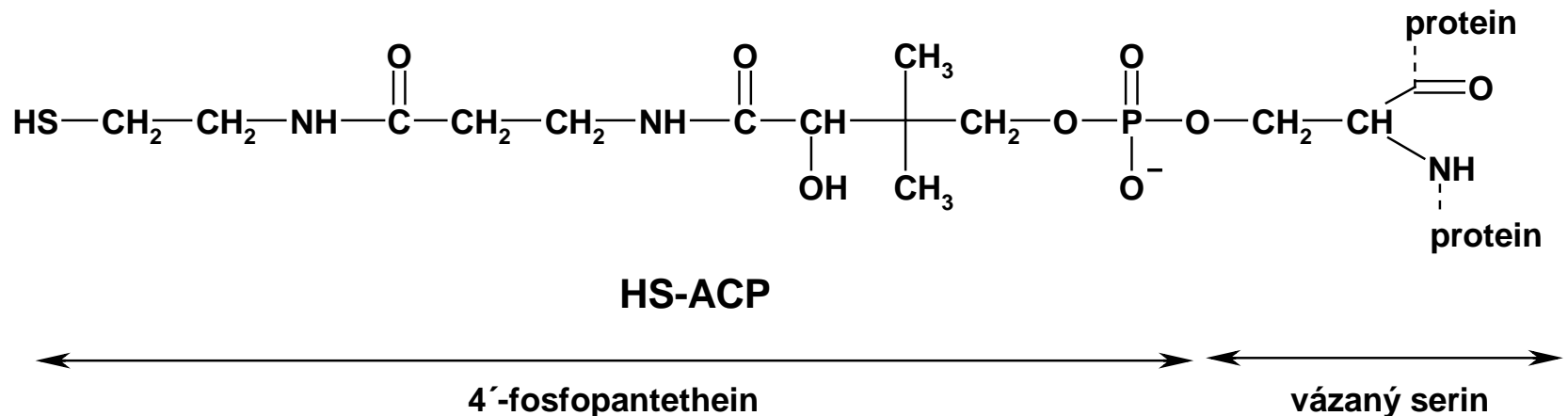


Přenášené acyly

- Mastných kyselin
- 3-oxo-karboxylových kyselin

HS-ACP – acyl carrier protein

- Termostabilní protein – 77 aminokyselin
- 4'-fosfopantethein je vázán na hydroxylovou skupinu bílkovinného serinu
- Biosyntéza mastných kyselin – přebírá acyly z acetyl-SCoA a malonyl-SCoA



Zdroje v potravinách

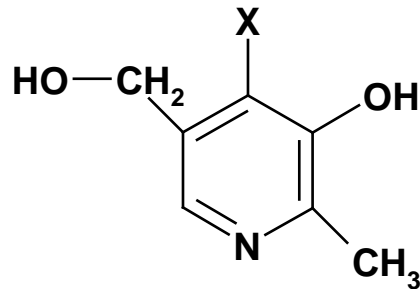
Játra, ledviny, vaječný žloutek, luštěniny, kvasnice; maso a obiloviny méně

Deficience

U člověka není známa

Pyridoxin

B6



	Pyridoxol	Pyridoxal	Pyridoxamin
X =	CH ₂ -OH	CH=O	CH ₂ -NH ₂

Účinná forma: pyridoxalfosfát

Kofaktor: aminotransferasy, dekarboxylasy AK

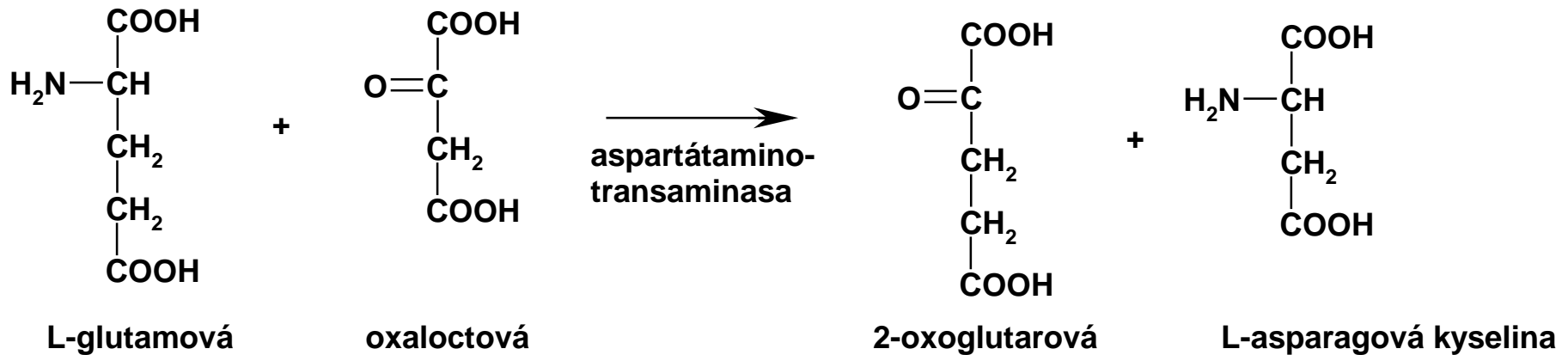
Přenášená skupina: amino skupina

Denní potřeba: 2 mg

Zdroje: Obiloviny, kvasnice, játra, maso, listová zelenina, mléko, vejce

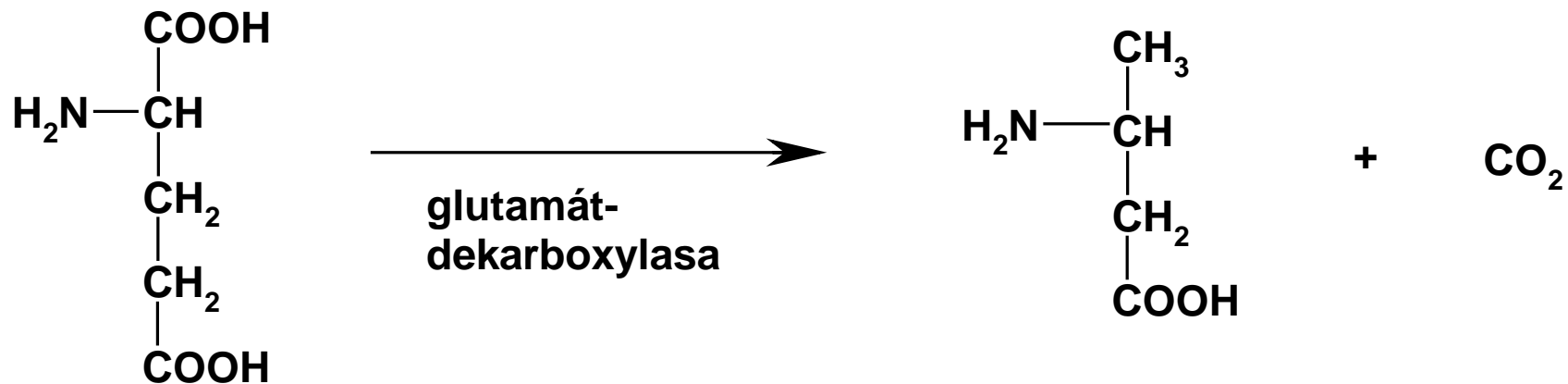
Deficience: Nespecifické projevy – souvisí s nedostatkem ostatních vitaminů skupiny B

Transaminace - AK + oxokyselina; např.



- Dvoustupňové reakce
- Pyridoxalfosfát + AK 1 → pyridoxaminfosfát + oxokyselina 1
- Pyridoxaminfosfát + oxokyselina 2 → AK2 + pyridoxalfosfát

Dekarboxylace - např. glutamové kyseliny



L-glutamová kyselina

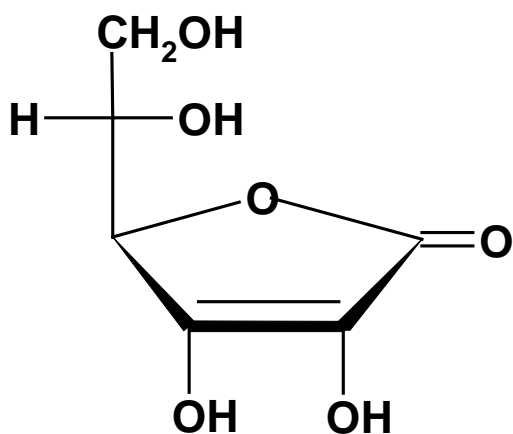
3-aminomáselná kyselina

Racemizace aminokyselin

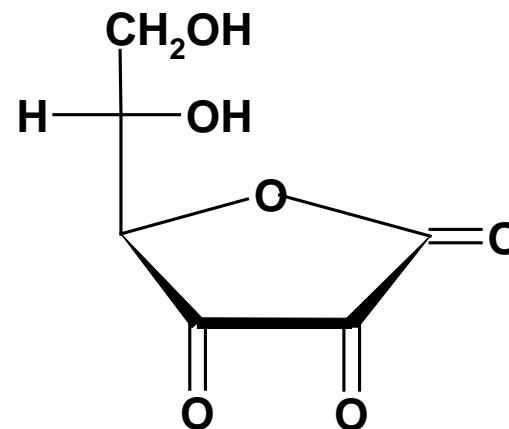
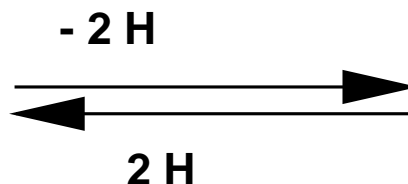
- L-forma → D-forma

Askorbová kyselina

Vitamin C; L-askorbová kyselina;
redox systém s L-dehydroaskorbovou kyselinou



L-askorbová kyselina



L-dehydroaskorbová kyselina

Antioxidant

Askorbová kyselina jako kofaktor

Účinná forma: L-askorbová kyselina

Kofaktor enzymů:

oxidoreduktasy;

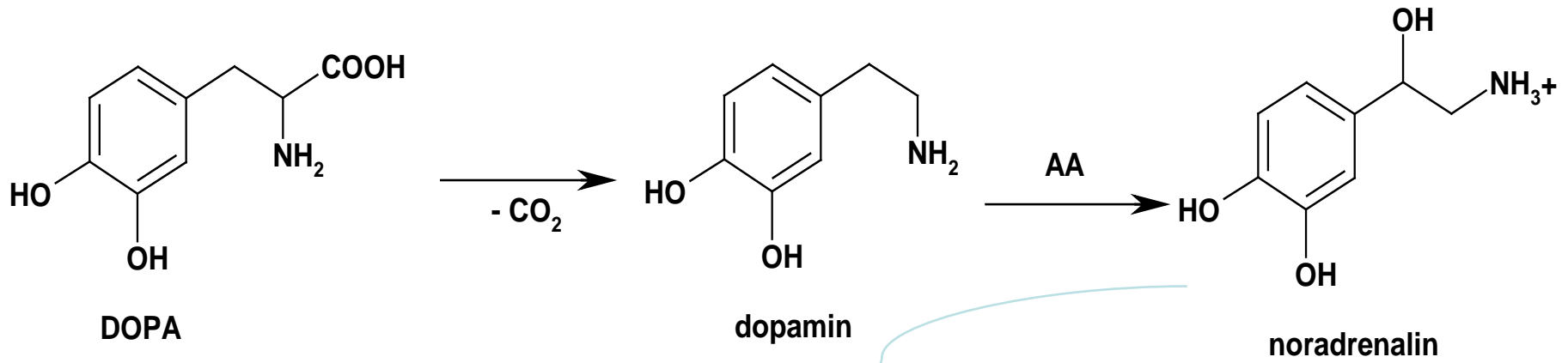
přenos vodíku a elektronů z výchozích substrátů až na kyslík

kofaktor hydroxylací

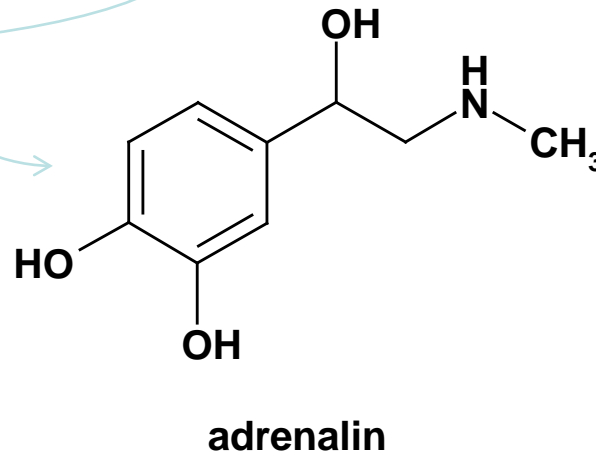
- Pro → Hypro; syntéza kolagenu
- Vznik tyrosinu z fenylalaninu
- Hydroxylace dopaminu na noradrenalin
- Biosyntéza steroidních hormonů v nadledvinkách
- Přenášená skupina: -OH

DOPA, dopamin

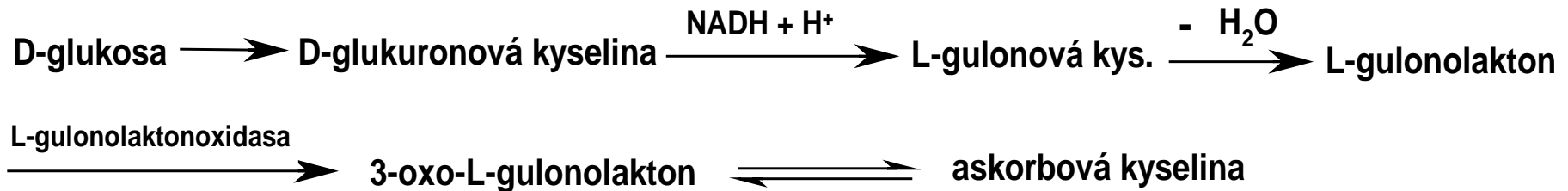
DOPA – dihydroxyfenylalanin



Methylace (Ad-Met)



Biosyntéza – kromě primátů



Antioxidační efekt

- Hydrofilní
- Lipofilní – ve formě esteru (depsidu) s FA – hlavně askorbylpalmitát

Denní potřeba:

70 mg

Zdroje v potravinách

Ovoce, zelenina

Deficience

Skorbut

Infekce, únava

Další „vitaminy“

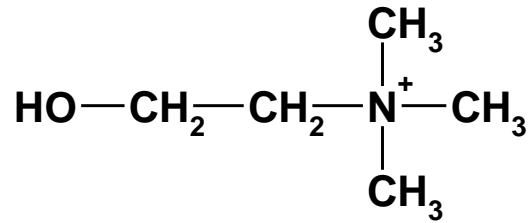
Vitaminy ???

Funkce - obvykle nespecifické

Potřeba neznámá nebo velmi vysoká

Deficience neznámá

Cholin



Funkce

- Fosfatidylcholin
- Acetylcholin
- Lipotropní faktor – VLDL
- Betain

