

# Vitaminy (1. LF UK, NT)

## Definice (atributy) vitaminů

- organické nízkomolekulární sloučeniny,
- funkce biokatalyzátorů (látková přeměna, regulace metabolismu),

Vznik:

- autotrofní organismy: biosyntéza,
- heterotrofní organismy: částečná biosyntéza, potrava, střevní mikroflóra.

## Názvosloví a klasifikace

- souvislost s onemocněním
  - antixeroftalmický faktor **A<sub>1</sub> retinol**
  - antiskorbutický faktor **C askorbová kyselina**
  - antirachitický faktor **D kalciferoly**
  - antiberiberi faktor **B<sub>1</sub> thiamin**
  - koagulační faktor **K<sub>1</sub> fyllochinon**
- velká písmena abecedy, číselné indexy
- jednoduché triviální názvy, systematické názvy

### Ve vodě rozpustné (hydrofilní)

- 1. Thiamin (aneurin, B<sub>1</sub>)
- 2. Riboflavin (laktotlavin, B<sub>2</sub>, G)
- 3. Niacin (nikotinová kyselina, B<sub>3</sub>; nikotinamid, PP)
- 4. Kyselina pantothenová (B<sub>5</sub>)
- 5. Vitamin B<sub>6</sub> (~al, ~ol, ~amin, adermin, B<sub>6</sub>)
- 6. biotin (H)
- 7. Kyselina listová (B<sub>C</sub>, B<sub>9</sub>)
- 8. Kobalamin (korinoidy, B<sub>12</sub>)
- 9. kyselina askorbová (vitamin C)

1.–8. = skupina vitaminů B (B-komplex)

### V tuku rozpustné (lipofilní)

- 10. retinoidy (A)
- 11. kalciferoly (D)
- 12. tokoferoly (E)
- 13. fyllochinon (K)

Exogennost a esenciálnost

- **thiamin** velmi málo střevní mikroflóra
- **niacin** biosyntéza z Trp (1 mg ~ 60 mg)
- **biotin** hodně střevní mikroflóra
- **korinoidy** hodně střevní mikroflóra
- **vitamin K** hodně střevní mikroflóra
- **vitamin D** vitamin nebo hormon
- ve vodě rozpustné: exkrece nadbytku močí, hlavní ztráty výluhem,
  - kofaktory (koenzymy a prostetické skupiny)
- v tuku rozpustné: ukládání v játrech, hlavní ztráty oxidací, možnost hypervitaminosy
  - jiné funkce

## Terminologie

- **hypovitaminosa** příjem v nedostatečném množství
- **avitaminosa** přechodný úplný nedostatek (porucha biochemických funkcí)
- **hypervitaminosa** nadměrný příjem (porucha funkcí) A, D
- **retence** zachování původního množství (v %)
- **restituace** přídavek ~ původnímu množství
- **fortifikace** přídavek na vyšší množství než původní
- **provitamin** prekursor (biologicky inaktivní látka)
- **antivitamin** látka rušící biochemické využití vitaminu (antagonista vitaminu)

# Množství (obsah v potravinách)

- biologické jednotky
- mezinárodní jednotky
  - vitamin A
    - 1 IU = 0,3 µg retinolu = 0,6 µg β-karotenu
    - 1 RE = 1 µg retinolu = 3,33 IU
  - vitamin D – 1 IU = 0,025 µg vitaminu D3 (nebo D2)
  - vitamin E – 1 IU = 1 mg all-rac α-tokoferyl-acetátu
- hmotnostní jednotky

## Potřeba vitaminů

Závisí na:

- druhu organismu
- věku
- fyziologickém stavu

Doporučené denní dávky v ČR (zákon č. 110/1997 Sb.).

## Použití

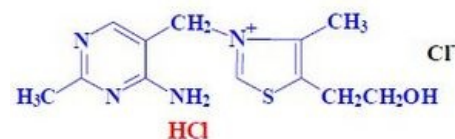
- aditivní (přídavné) látky k restituci a fortifikaci
  - všechny vitaminy
- barviva
  - riboflavin, provitaminy A
- antioxidanty
  - vitamin C, provitaminy A, vitamin E

## Thiamin

Vyskytuje se jako volný, vázaný (fosforečné estery, mono-, di-, trifosfát, difosfát kofaktorem enzymů) nebo v jiných formách (jako thiol, disulfid).

Zdroje (mg / 100 g):

- obiloviny, luštěniny 0,1–1 hl. volný thiamin,
- maso vepřové 1 hl. difosfát,
- maso hovězí 0,04–0,1,
- ovoce 0,04–0,1,
- zelenina 0,03–0,15,
- brambory 0,05–0,18.

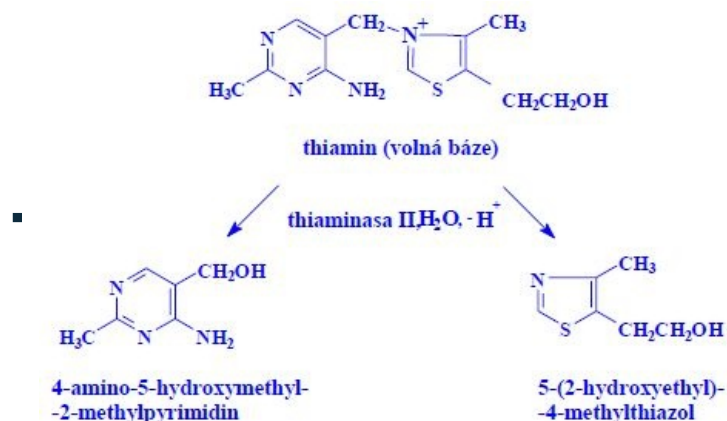


thiamin

Krytí potřeby (%):

- cereální výrobky (chléb) 43 (20)
- maso a masné výrobky 18–27
- mléko a mléčné výrobky 8–14
- brambory 10
- luštěniny 5
- zelenina 12
- ovoce 4
- vejce 2

Reakce



Ztráty

- vaření vepřového masa ~ 40–60 %,
- pečení chleba ~ 25–30 %,
- vaření brambor (výluh) ~ 25 %,
- konzervace nekyselých potravin SO<sub>2</sub> 100 %,

Použití: k fortifikaci (restituci) pšeničné mouky, cereální snídaně, rýže.

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Thiamin*.

## Riboflavin

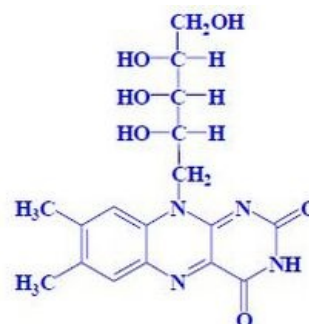
- oxidovaná forma (isoalloxazin, ribitol). Vyskytuje se jako volný, ox. forma flavochinon, red. forma flavohydrochinon (leukoflavin), vázaný (proteiny), kofaktor flavoproteinů (FMN, FAD) a v dalších formách.

Zdroje (mg/100g):

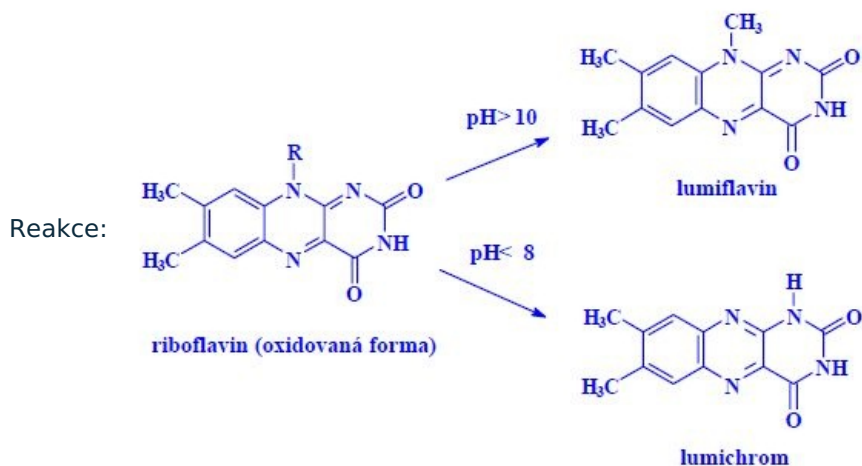
- maso 0,2
- játra 3
- mléko 0,2
- sýry 0,5
- pivo 0,05 (rozdíl od thiaminu)

Krytí potřeby (%)

- mléko, sýry 36% hl. riboflavin, vazba na α- a β-kasein
- maso 19% hl. FMN, FAD
- cereálie 15%
- vejce 8% hl. riboflavin
- zelenina 8%



oxidovaná forma (isoalloxazin, ribitol)  
Riboflavin



Ztráty:

- mléko, víno: sluneční přípach,
- vznik <sup>1</sup>O<sub>2</sub> (singletového kyslíku),
- destrukce vitamínu C, retinolu, Met.

Použití k fortifikaci a jako barvivo.

 Podrobnější informace naleznete na stránce *riboflavin*.

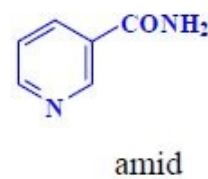
## Niacin

Niacin se vyskytuje málo volný (kyselina-rostliny, amid-živočichové), vázaný (proteiny): NAD (DPN) a NADP (TPN), ev. v jiných formách – trigonellin (káva, luštěniny, obiloviny), čirok, kukuřice.

Zdroje (mg / 100 g)

- maso 5–15
- luštěniny, ovoce, zelenina 0,7–2
- vejce 0,1
- káva – pražená 50, nepražená 2

Krytí potřeby (%)



- maso 33 %
- mléko 13 %
- cereálie 21 %
- brambory 9 %

Reakce – omezená hydrolýza amidu, kyselina stabilní.

Ztráty převážně výluhem.

Použití – fortifikace bílé mouky.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce niacin.*

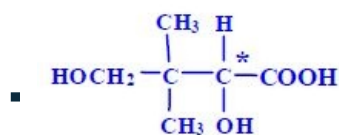
## Pantothenová kyselina

Vyskytuje se jako volná ((R)-isomer) a jako vázaná (CoA, ACP).

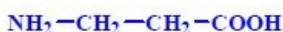
Zdroje (mg / 100 g)

- maso, ryby
- sýry (mléko málo)
- celozrnné cereální výrobky
- luštěniny
- ovoce, zelenina (málo)

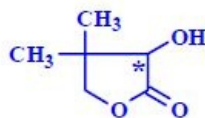
Krytí potřeby je dostatečné. Reakce



pantoová kyselina



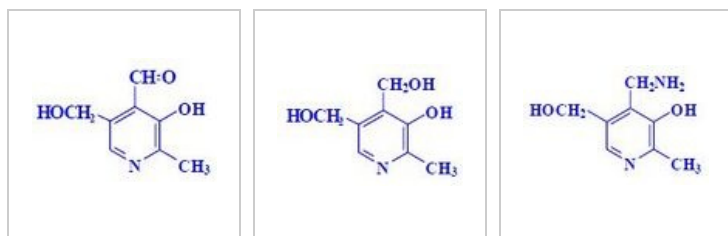
β-alanin



pantolakton

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Kyselina pantothenová.*

## Pyridoxin



pyridoxal

pyridoxol

pyridoxamin

Pyridoxal, pyridoxol a pyridoxamin:

- volné látky,
- jejich 5'-fosfáty,
- 5-O-β-D-glukosid (5–70 % v cereáliích, ovoci, zelenině).

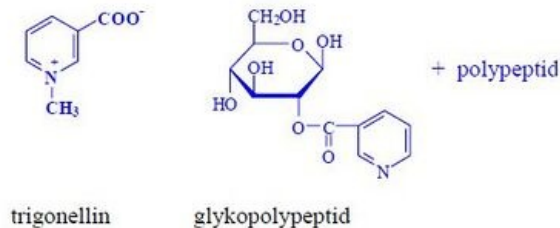
Zdroje

- živočišné potraviny: pyridoxal, pyridoxol,
  - maso, žloutek,
- rostlinné potraviny: pyridoxal, pyridoxamin,
  - obilné klíčky.

Krytí potřeby (%)

- maso 40
- zelenina 22
- mléko 12
- cereálie 10
- ovoce 8
- luštěniny 5
- zelenina 2

Reakce – Maillardova reakce, transaminace.



trigonellin

glykopolypeptid

+ polypeptid

## Ztráty

- sušené mléko 30–70% (reakce s Lys a Cys)

Použití k fortifikaci (dětská výživa).

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Vitamin B6.*

## Biotin

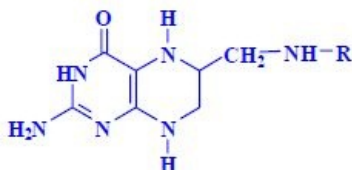
- velmi rozšířen,
- deficience = syrová vejce (avidin).

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Biotin.*


## Folacin

- pteroylglutamová (listová, folová)

- tetrahydrofolová



- zdroje – hlavně listová zelenina.

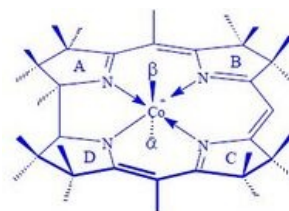
 *Podrobnější informace naleznete na stránce Kyselina listová.*

## Korinoidy

Korinoidy je název skupiny vitamínů B<sub>12</sub>, které se tak nazývají podle své základní struktury (**korin** - schopný vázat **kobalt**). Biochemická funkce korinoidů je účast na přeměně aminokyselin a ribonukleotidů, např. při přenosu methylových skupin nebo vodíku.


Struktura korinoidů je tvořena:

- substituovaným korinovým cyklem s centrálním atomem kovu,
- 4 pyrrolová jádra bez CH<sub>2</sub> můstku mezi A-D,
- centrální atom Co 6 koordinačních vazeb,
- α = 5,6-dimethylbenzimidazol.



Korin s centrálním atomem Co.

### Kobalaminy

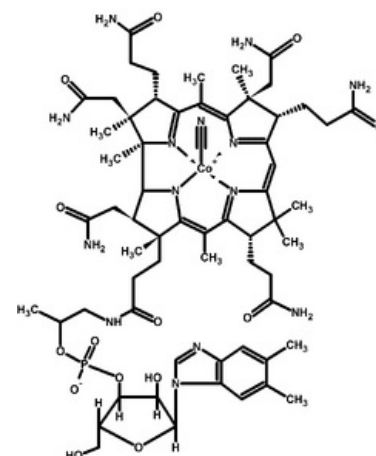
- β = OH **hydroxykobalamin**,
- H<sub>2</sub>O **akvakobalamin**,
- CH<sub>3</sub> **methylobalamin**,
- CN **kyanokobalamin**,
- deoxyadenosylkobalamin koenzym B<sub>12</sub>,
- není přítomen v potravinách rostlinného původu.
-  *Podrobnější informace naleznete na stránce Kobalamin.*

## Vitamin C (askorbová a dehydroaskorbová kyselina)

- redoxní systém
- 4 stereoisomery (volný, vázaný, askorbigen v brukvovitých zeleninách, askorbyl-palmitát (antioxidant))

Zdroje (mg / 100 g)

- **ovoce**
  - šípky 250–1000
  - černý rybíz 110–300
  - jahody 40–70
  - citrusové ovoce 24–70
  - jablka 1,5–5
- **zelenina**
  - petržel kadeřavá 150–270
  - paprika 62–300
  - zelí 17–70
  - brambory 8–40



Vzorec vitamínu B<sub>12</sub>

## Krytí potřeby (%)

- brambory 24
- listová zelenina 13
- ovoce 34
- mléko 9 (5–20 mg/l)

## Reakce

- ztráty výluhem,
- přítomnost O<sub>2</sub>: enzymová oxidace a autooxidace,
- nepřítomnost O<sub>2</sub>: degradace katalyzovaná kyselinami,
  - ztráty celkem: 20–80 %.

## Enzymová oxidace

- askorbát oxidasa, askorbasa, peroxidasy

výsledná reakce:  $2 \text{H}_2\text{A} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{A} + 2 \text{H}_2\text{O}$

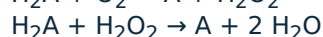
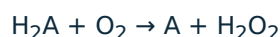
Prevence: blanšírování (předváření), redukce SO<sub>2</sub>

## Autooxidace

- katalyzovaná kovy: Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>

Výsledná reakce:  $2 \text{H}_2\text{A} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{A} + 2 \text{H}_2\text{O}$

Mechanismus:



Důsledky: oxidace jiných složek H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (myoglobin, lipidy, anthokyany)

Prevence:

- kontakt s O<sub>2</sub> (vzduchem),
  - inertní atmosféra, deaerace, glukosaoxidasa+katalasa, HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>, kvašení,
- snížení obsahu Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>,
  - chelatační činidla,
- nepříznivé podmínky (nižší a<sub>w</sub>, pH).

Degradace katalyzovaná kyselinami – aldoketosy, diketosy, furan-2-karbaldehyd.

Použití jako vitamin, antioxidant, chelatační činidlo.

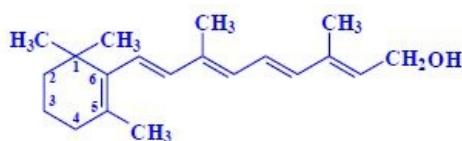
Technologie:

- konzervářská (prevence změn aróma, barvy, odstranění O<sub>2</sub>, inhibice hnědnutí),
- kvasná (prevence zákalů),
- masa (zkvalitnění a urychlení výroby, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>),
- tuků (antioxidant),
- cereální (vznik disulfidů bílkovin v těstě).

 Podrobnější informace naleznete na stránce Vitamin C.

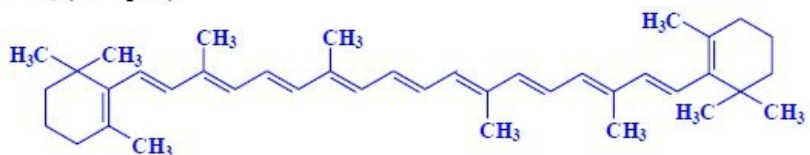
## Vitamin A

- retinol –

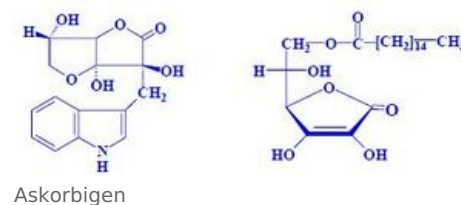
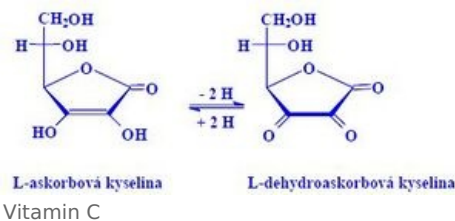


all-*trans*-retinol, vitamin A<sub>1</sub> (diterpen)

- provitaminy A (retinoidy, isoprenoidy) –



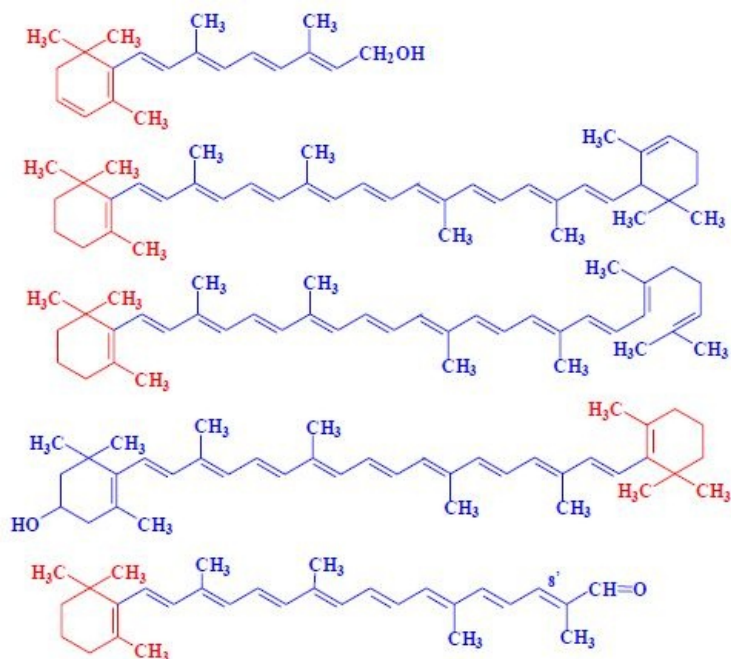
β-karoten (tetraterpen)





Další aktivní látky ( $\beta$ -iononový cyklus)

- 3-dehydroretinol (vitamin A<sub>2</sub>),  $\alpha$ -karoten,  $\gamma$ -karoten, kryptoxanthin,  $\beta$ -apo-8'-karotenal aj.



Zdroje (mg/kg)

- živočišné materiály (retinol / provitaminy A)
  - maso 0,1 / 0,4
  - játra 30–400 / 300
  - máslo 5–10 / 4–8
  - rybí jaterní tuky, margarín
- rostlinné materiály (provitaminy A)
  - mrkev 20–95
  - špenát 50–480
  - meruňky 6–20

Krytí potřeby (%)

- játra 23 estery, hlavně C16:0
- máslo 17
- mléko, smetana 15
- mrkev 14
- margaríny 9 retinyl-acetát

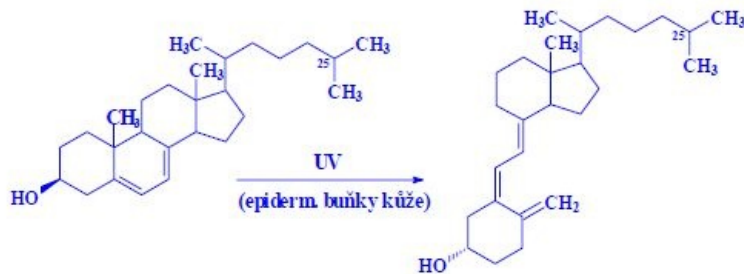
Reakce – isomerace (hlavně 13-cis a 9-cis), oxidace.

Důsledky reakcí

- bělení mouky,
- změny barvy citrusových džusů,
- aróma potravin.

 Podrobnější informace naleznete na stránce Retinol.

## Vitamin D (kalciferoly, 9,10-sekosteroidy)



- cholecalciferol (vitamin D<sub>3</sub>)

7-dehydrocholesterol

(provitamin D<sub>3</sub>)

ergosterol

(provitamin D<sub>2</sub>)

cholecalciferol

(vitamin D<sub>3</sub>)

ergocalciferol

(vitamin D<sub>2</sub>)

Zdroje (μg / kg)

- ryby mořské 50–450
- žloutek 30–50
- máslo 10–20
- játra 2–11
- mléko 1
- smetana 4
- maso 3
  - rybí jaterní tuky, margarín

Krytí potřeby (%)

- margarín 34
- tučné ryby 17
- vejce 16
- mléko, smetana 12
- máslo, sýry 9
- vyšší houby, plísňe (sýry)

Reakce

- autooxidace (alkoholy, ketony)
- pyrolýza (pyro- a isopyrovitaminy D)
- isomerace (isovitaminy D a isotachysteroly)
- fotodegradace (vitaminy D z provitaminů D, tachysteroly, lumisteroly aj.) použití

Fortifikace – margariny, mléko, cereální snídaně.

[Podrobnější informace naleznete na stránce vitamin D.](#)

## Vitamin E ( tokoferoly a tokotrienoly)

6-hydroxychromany, fytol (C<sub>20</sub>), tokol

derivát	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
α-	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>
β-	CH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>
γ-	H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>
δ-	H	H	CH <sub>3</sub>

Zdroje (mg / 100 g)

- rostlinné oleje 50–200,
- části rostlin < 0,5,
- živočišné potraviny málo.

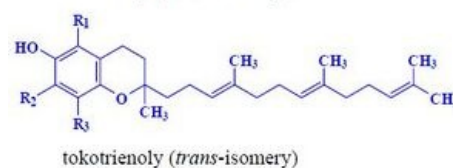
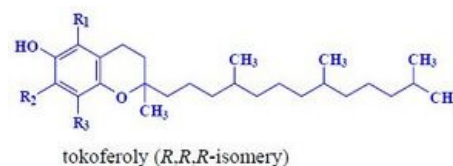
- aktivita vitaminu: α-T > β-T > γ-T > δ-T α-TT

(1,00-0,27-0,13-0,01-0,30), v závislosti na obsahu nenasycených mastných kyselin v potravě

- antioxidační účinky: δ-T > γ-T > β-T > α-T (vitamin E a Se)

Reakce – oxidace, chinon, dimery aj. produkty.

[Podrobnější informace naleznete na stránce vitamin E.](#)

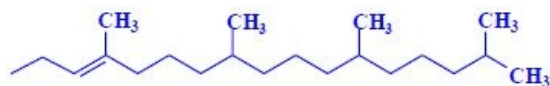
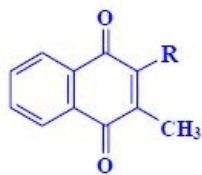




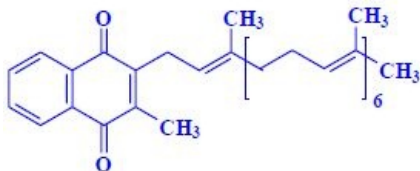
# Vitamin K

Struktura podobná struktuře koenzymů Q, 1,4-naftochinon

- terpenoidní řetězec (fytol C<sub>20</sub>), základní látka menadion



- **vitamin K<sub>1</sub>** (fyllochinon)



- R = fytol C<sub>20</sub>
- 4 isoprenové jednotky (3 redukované)\*
- **vitamin K<sub>2</sub>** (farnochinon) mikroflora zažívacího traktu
- 7 isoprenových jednotek (běžně 4–10, dokonce 0–13)
- (30 atomů C = difarnesyl), 3-multiprenyl-

Zdroje (mg / 100 g)

- listová zelenina (zelí, špenát) 3–4
- hrášek, rajčata (maso včetně jater) 0,1–0,4
- mléko 0,002–0,02
- játra vepřová (formy) K1, MK-4, MK 7–10

Reakce

- fotodegradace
- oxidace (epoxidy, 2,3-epoxidy)

 Podrobnější informace naleznete na stránce [Vitamin K](#).

## Další biologicky aktivní látky

Hlavně vitaminy skupiny B (B-komplexu)

- B<sub>8</sub>, B<sub>4</sub>... adenylová kyselina (adenin)
- B<sub>13</sub>... orotová kyselina
- B<sub>15</sub>... pangamová kyselina
- B<sub>t</sub>... karnitin
- B<sub>x</sub>, H<sub>1</sub>... 4-aminobenzoová kyselina, lipoová kyselina
- F... esenciální mastné kyseliny
- P... rutin (bioflavonoidy)
- U... S-methylmethionin, cholin, myo-inositol, taurin, koenzymy Q

## Odkazy

### Vnitřní odkazy

- Vitamin A
- Thiamin
- Riboflavin
- Niacin
- Kyselina pantothenová
- Pyridoxin
- Vitamin C
- Vitamin D
- Vitamin E
- Vitamin K
- Folacin

- Biotin
- Vitaminy rozpustné v tucích
- Vitaminy rozpustné ve vodě
- Vitaminy v dietě

## **Zdroj**

- DAVÍDEK, Jiří. 7. *VITAMINY* [online]. [cit. 2012-03-12]. <<https://el.lf1.cuni.cz/p64776446/>>.