

Vitaminy

Historie

Kazimierz Funk

1884–1967

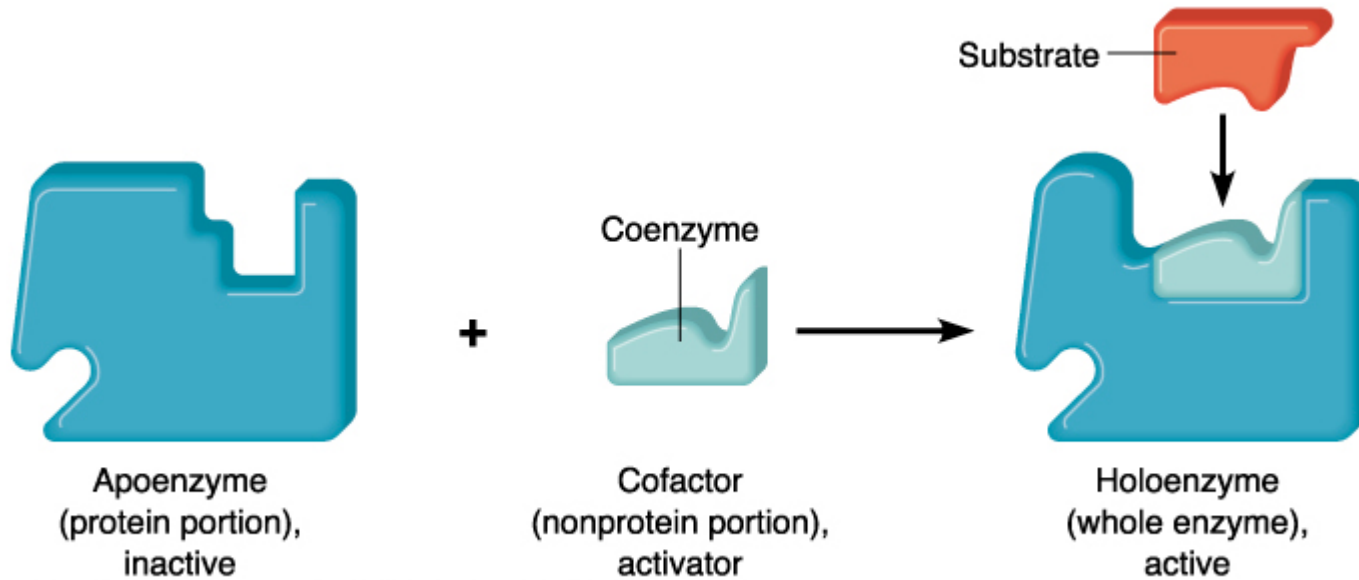
1912: objev vitamínu B₁

adherents.com



Vitaminy

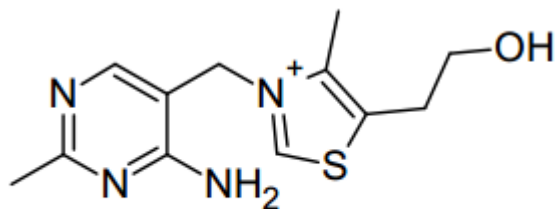
vitamin jako kofaktor



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

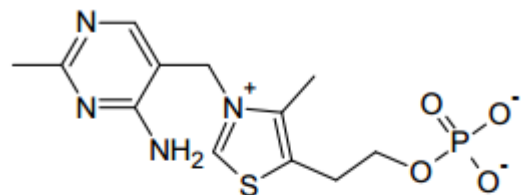
Vitaminy

Thiamin (B₁)

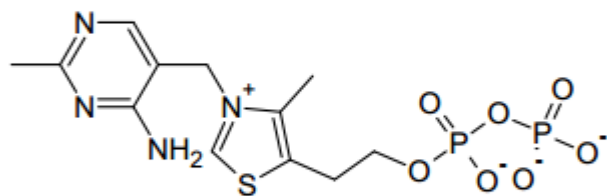


thiamin (volná báze)

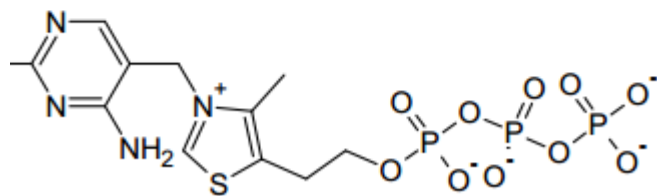
fosfáty thiaminu



thiaminmonofosfát



thiamindifosfát



thiamintrifosfát

Vitaminy

Thiamin (B₁)

denní potřeba ~ 1.4 mg

	Thiamin [mg]
kojenci	0,3
děti	0,7 – 1,2
muži	1,2 – 1,5
ženy	1,0 – 1,1
těhotné a kojící ženy	1,4 – 1,5

Potravina Obsah v mg/kg (mg/dm³) jedlého podílu

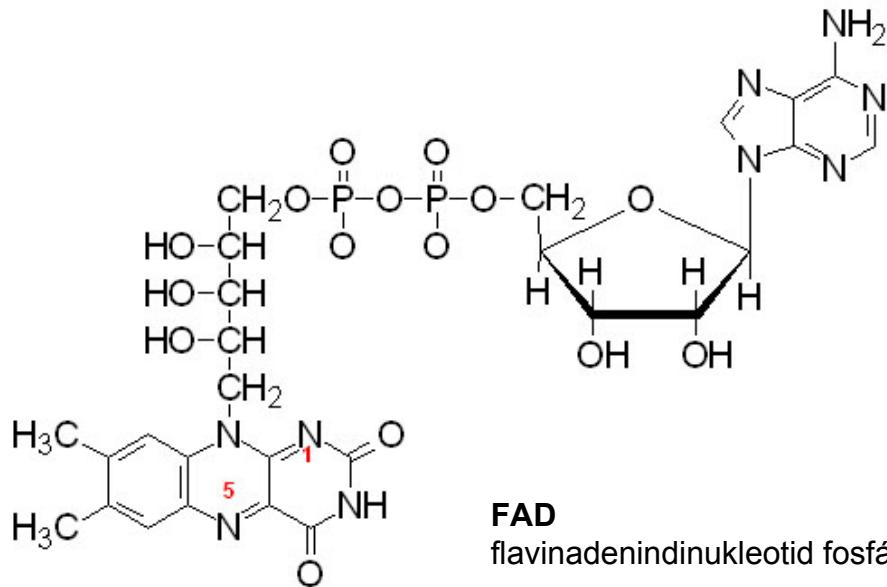
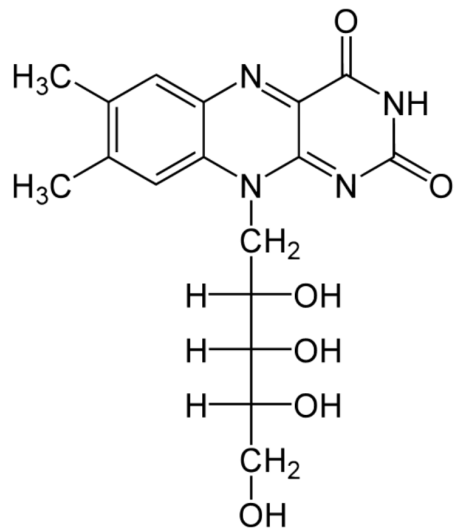
vepřové	3,9 – 11,0
hovězí	0,4 – 1,0
kuřecí	1,0 – 1,5
ryby	0,6 – 1,7
mléko	0,3 – 0,7
sýry	0,2 – 0,6
vejce	0,7 – 1,4
mouka	0,6 – 5,5
chléb	0,6 – 3,0
luštěniny	2,0 – 8,4
zelí	0,5 – 0,6
špenát	0,5 – 1,5
rajčata	0,6
mrkev	0,3 – 1,4
brambory	0,5 – 1,8
jablka	0,4
citrusy	0,4 – 1,0
banány	0,5
ořechy	0,5 – 0,6
droždí	7,1

ztráty při zpracování:

vaření masa	~ 40–60 %
smažení	~ 10–50 %
pečení chleba	~ 25–30 %
vaření brambor (výluh)	~ 25 %
konzervace potravin SO ₂	100 %

Vitaminy

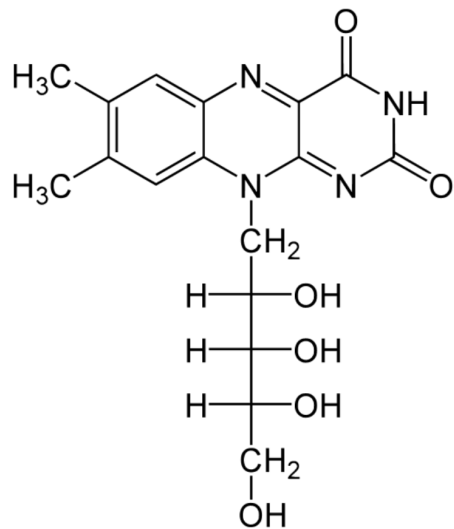
Riboflavin (B₂)



FAD
flavinadeninindinukleotid fosfát

Vitaminy

Riboflavin (B₂)



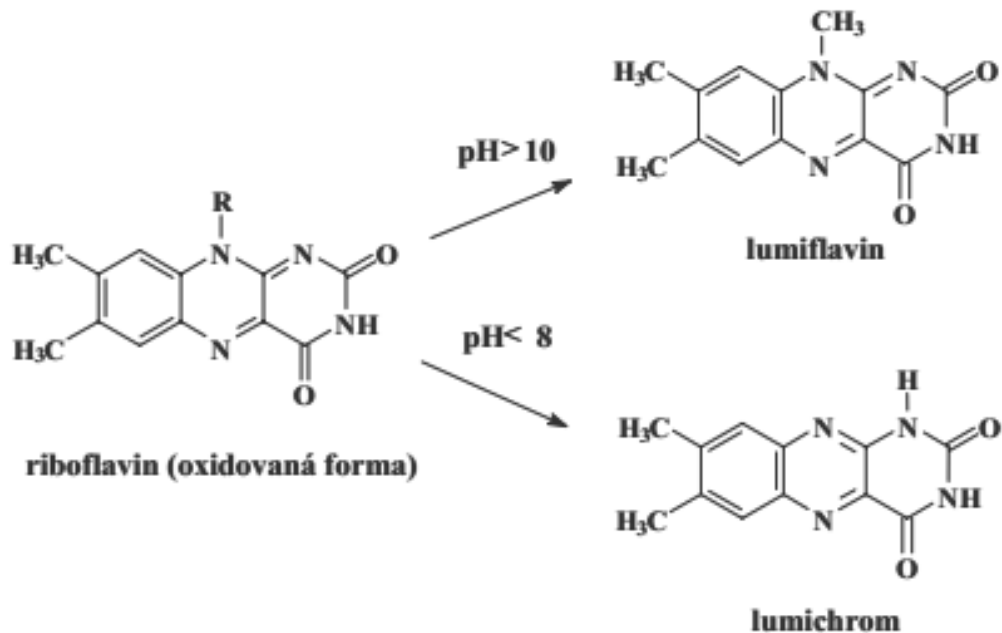
zdroje	(mg/100g)
maso	0,2
játra	3
mléko	0,2
sýry	0,5
pivo	0,05 (rozdíl od thiaminu)

krytí potřeby (%)	
mléko, sýry	40 % hl. riboflavin, vazba na α- a β-kasein
maso	20 % hl. FMN, FAD
cereálie	15 %
vejce	10 % hl. riboflavin
zelenina	10 %

Vitaminy

Riboflavin (B₂)

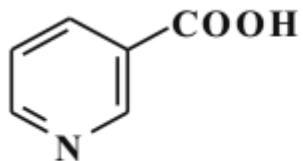
fotolýza riboflavínu



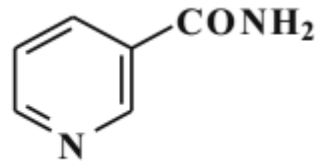
Vitaminy

Niacin

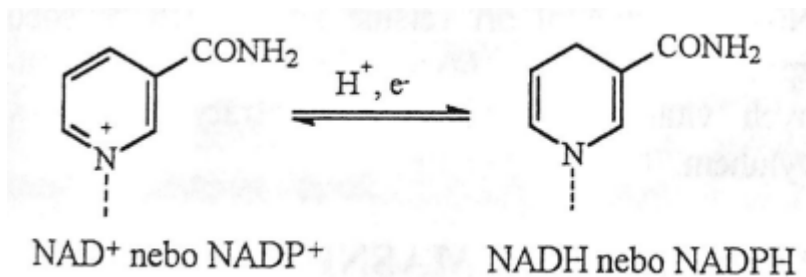
(součást NADH)



nikotinová kyselina



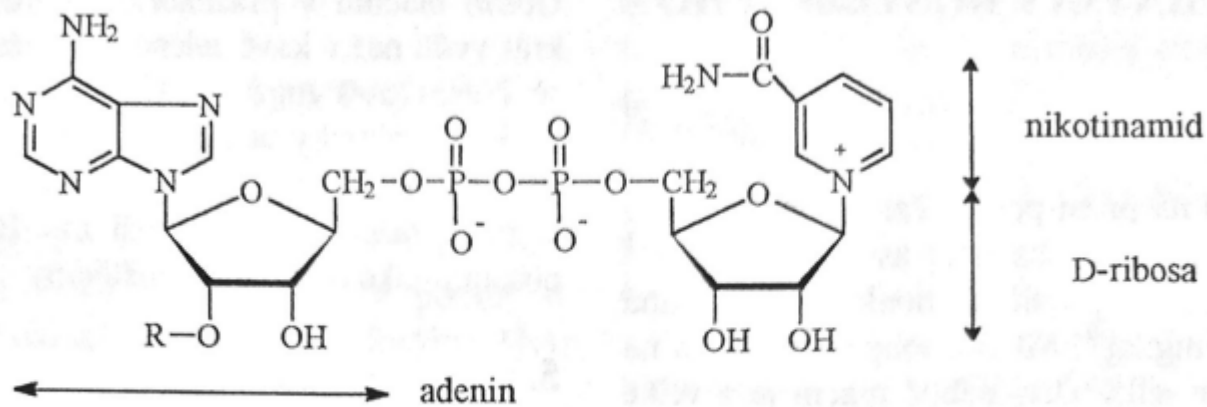
nikotinamid



Vitaminy

Niacin

(součást NADH)



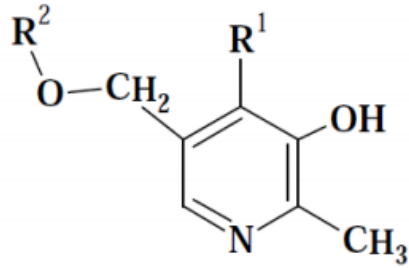
5-14, NAD⁺, R = H,
NADP⁺, R = PO₃H₂

Vitaminy

Vymletí mouky %	40	73	80	94	Celé zrno pšenice
Popel	0,40	0,63	0,90	1,72	1,90
Tuk	1,14	1,55	1,90	2,25	2,30
Bílkoviny	10,10	11,23	12,10	12,50	14,10
Cukry	2,14	3,65	4,85	5,19	5,20
Škrob	82,53	78,65	75,38	68,70	66,20
Vláknina	0,10	0,20	0,28	1,70	2,50
Pentosany	2,59	3,15	3,95	7,25	7,90
Nestanovený podíl	1,00	0,93	0,64	0,94	-

Vitamins

Pyridoxin B₆



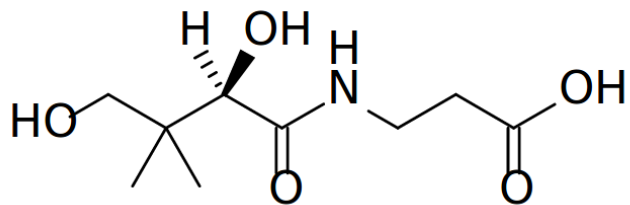
pyridoxin: R¹ = -CH₂-OH

pyridoxal: R¹ = -CH=O

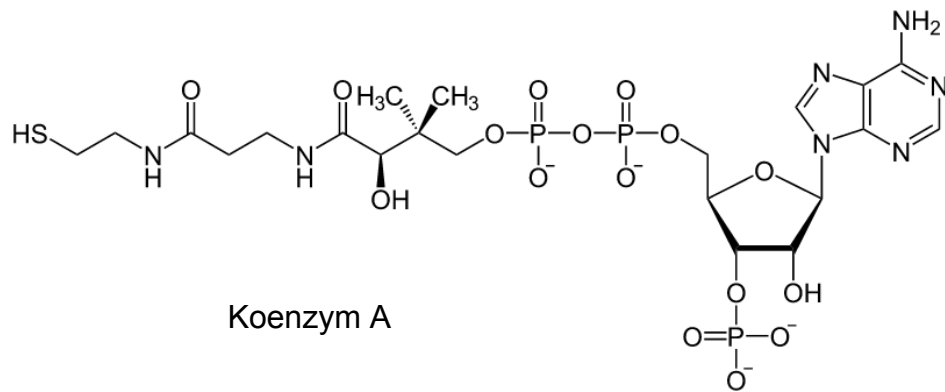
pyridoxamin: R¹ = -CH₂-NH₂

Vitaminy

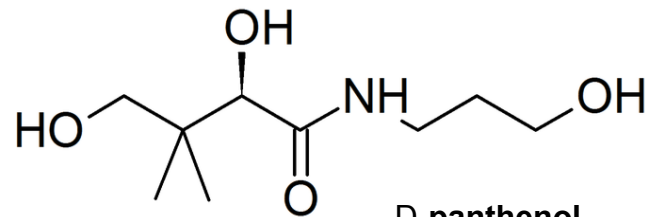
Pantothenová kyselina B₅



(R)-N-(2,4-dihydroxy-3,3-dimethyl-1-oxobutyl)-β-alanin



Koenzym A

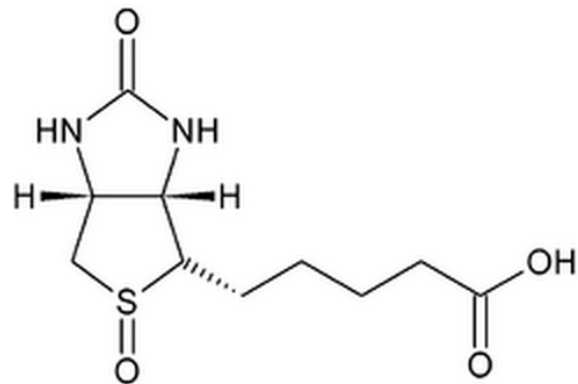
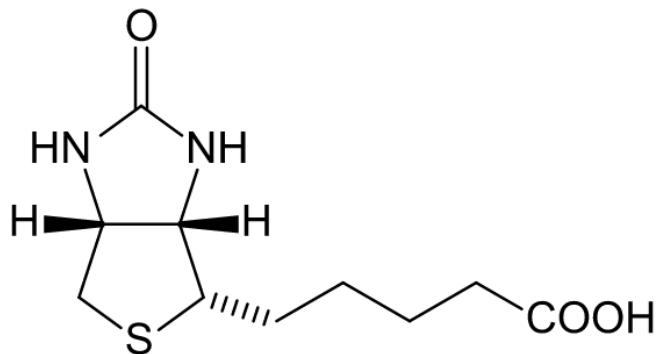


D-panthenol

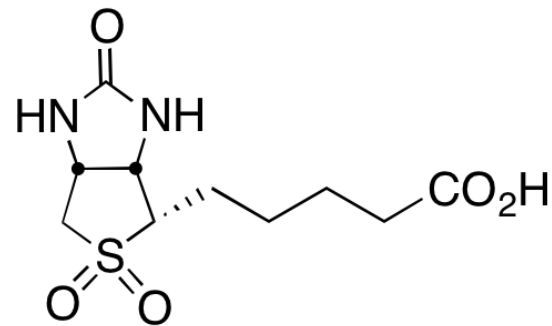


Vitaminy

Biotin (B₇ a dřív H)



biotinsulfoxid (využitelné)

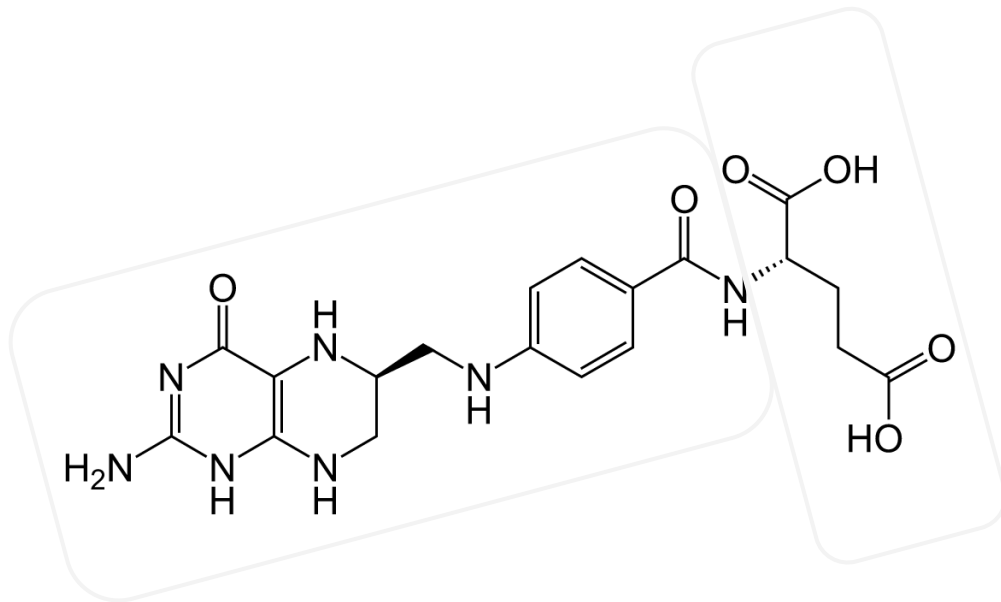


biotinsulfon (nevyžitelný)

Vitaminy

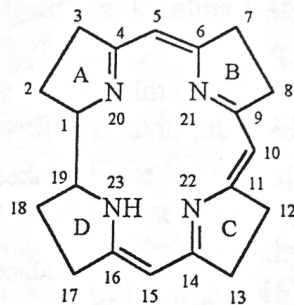
Folacin H, B₉

tetrahydrofolát

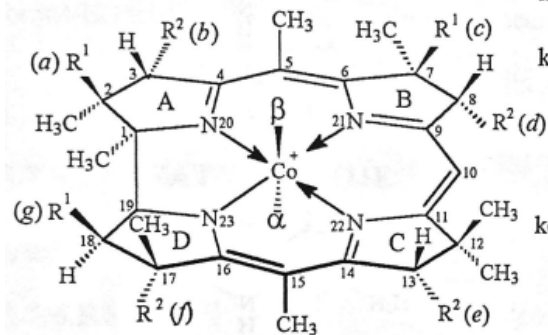


Vitaminy

Korinoidy B₁₂



korin



prekurzory kobalaminů

kobyrinová kyselina $R^1 = -CH_2-COOH$

$R^2 = -CH_2CH_2-COOH$

kobyrová kyselina $R^1 = -CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_2$

$R^2(bde) = -CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_2$

$R^2(f) = -CH_2CH_2-COOH$

kobynová kyselina $R^1 = -CH_2-COOH$

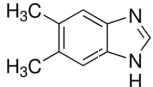
$R^2(bde) = -CH_2CH_2-COOH$

$R^2(f) = -CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH-CH_2\underset{\underset{OH}{|}}{CH}CH_3$

kobinamid $R^1 = -CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_2$

$R^2(bde) = -CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_2$

$R^2(f) = -CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH-CH_2\underset{\underset{OH}{|}}{CH}CH_3$

$\alpha =$  \Rightarrow kobalaminy

Vitaminy

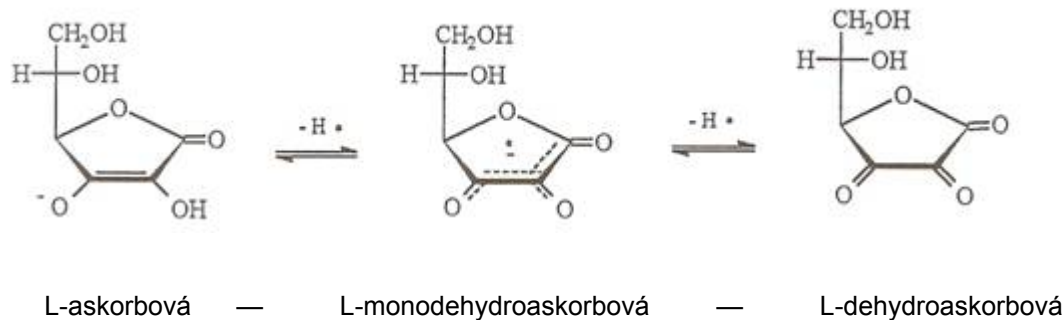
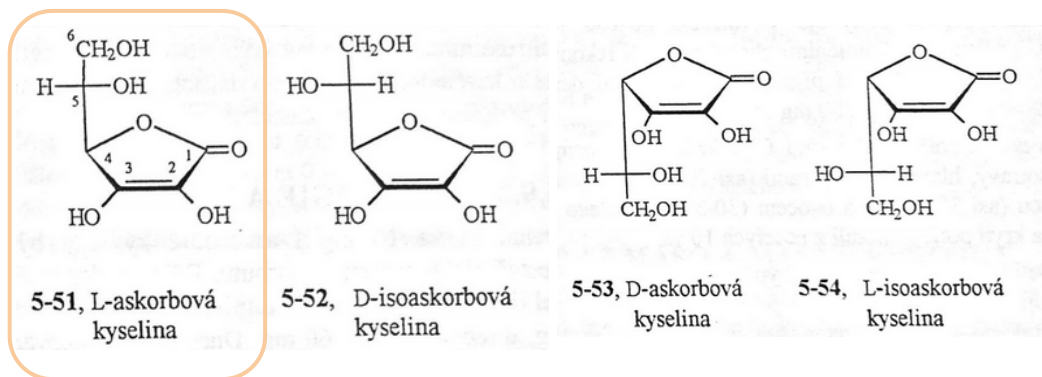
Korinoidy B₁₂

obsah v některých
potravinách

Potravina	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ ($\mu\text{g.dm}^{-3}$) v jedlém podílu
maso vepřové	6-10
maso hovězí	20
maso kuřecí	5
játra vepřová	500-1220
ryby	13-28
mléko	3-38
sýry	6-17
vejce	7

Vitaminy

C: kys. L-askorbová



biologicky aktivní formy, redoxní systém

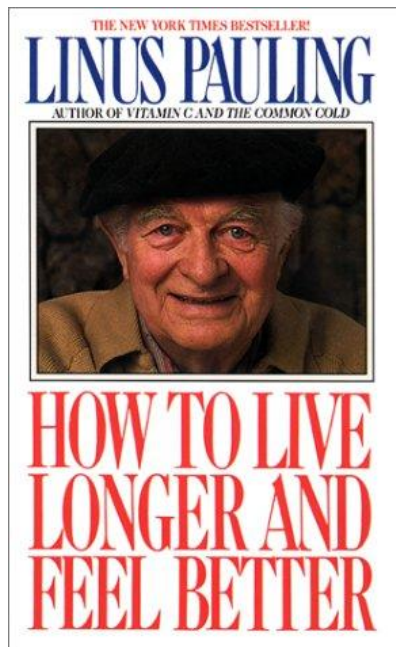
Vitaminy

C: kys. L-askorbová

James Lind

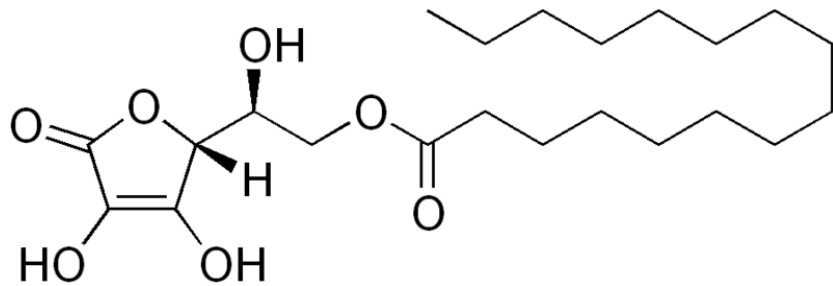


Linus Pauling

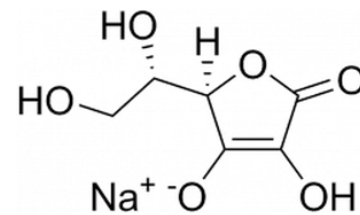


Vitaminy

C jako konzervant



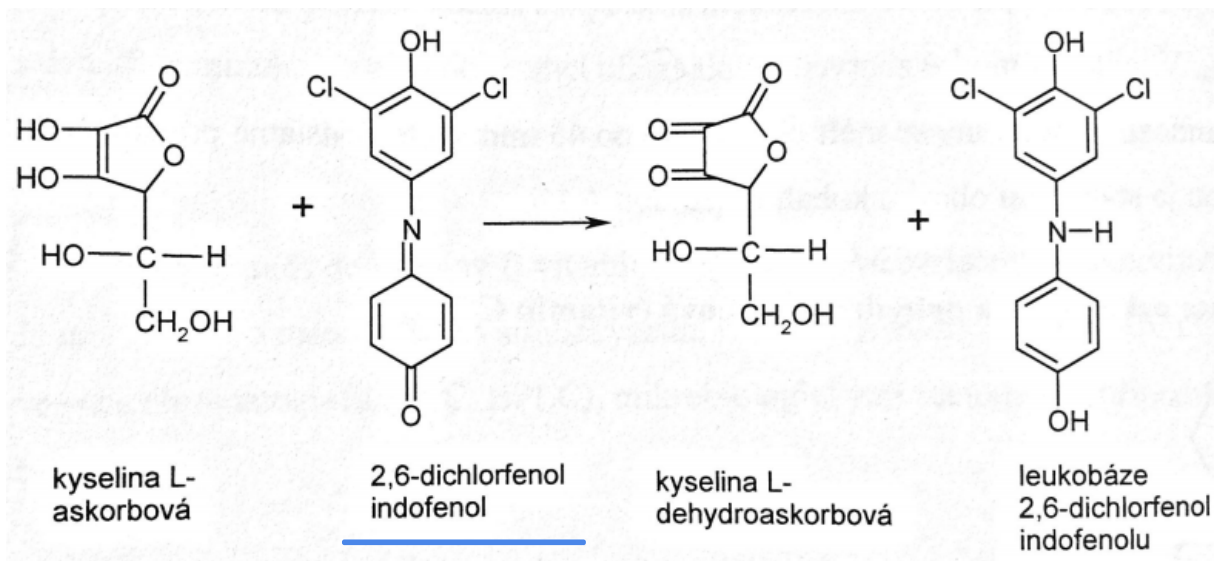
palmitoyl askorbát



askorbát sodný

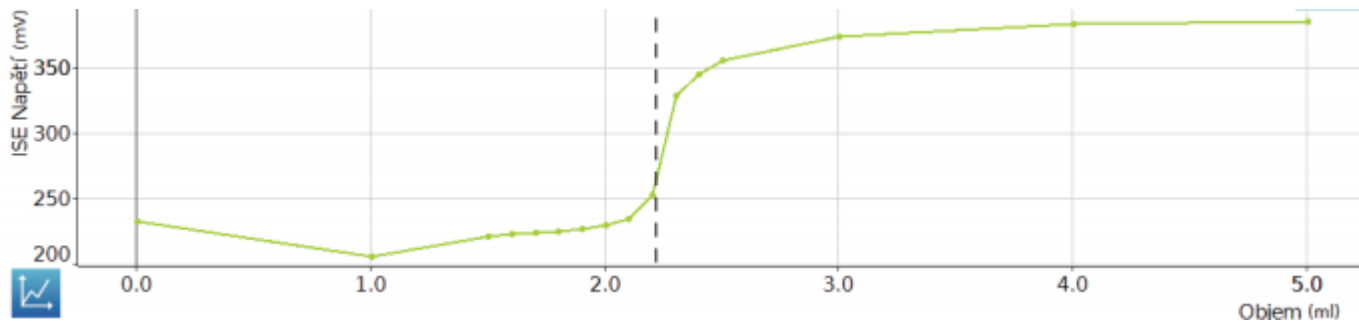
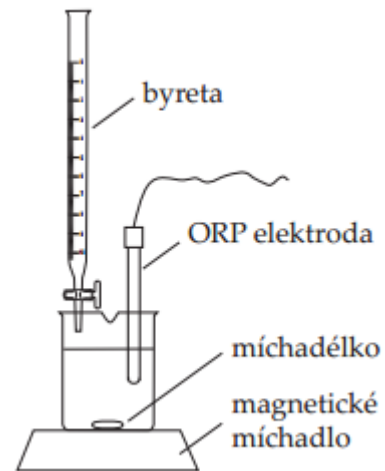
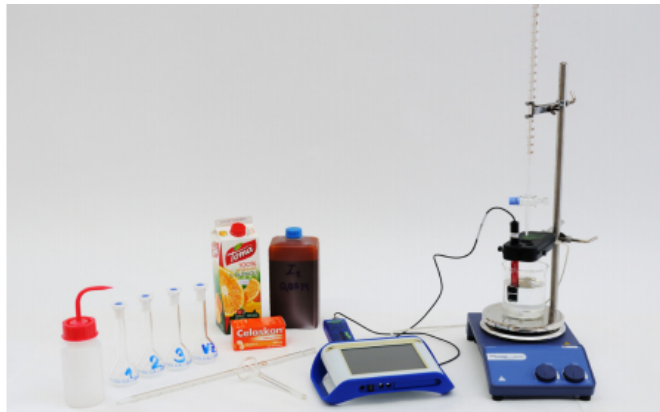
Vitaminy

titrační stanovení vitamínu C



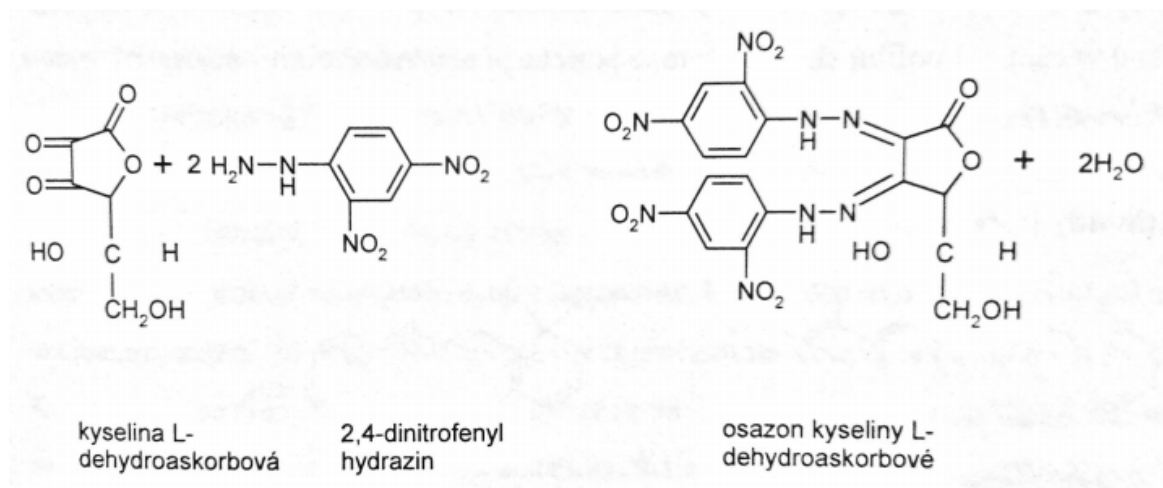
Vitaminy

titrační stanovení vitamínu C
s potenciometrickou indikací



Vitaminy

spektrofotometrické stanovení vitamínu C

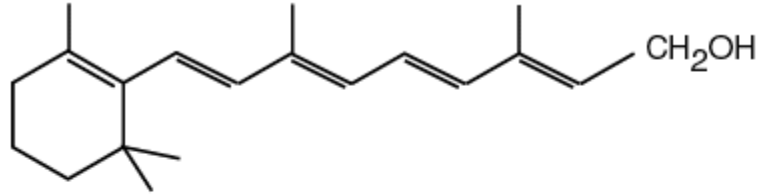


Vitamins

Vitamin

A

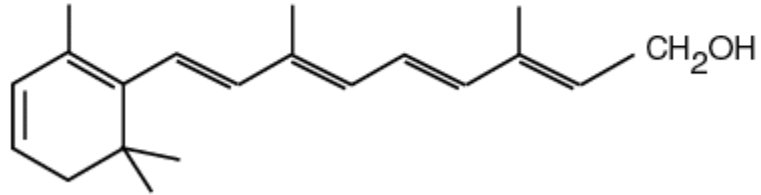
Vitamin A₁



Retinol

all-trans-retinol

Vitamin A₂



3,4-dehydro-retinol

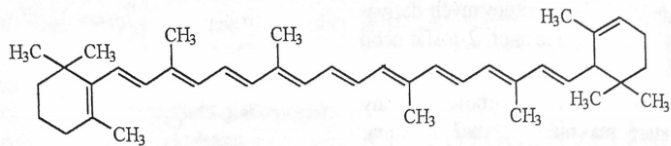
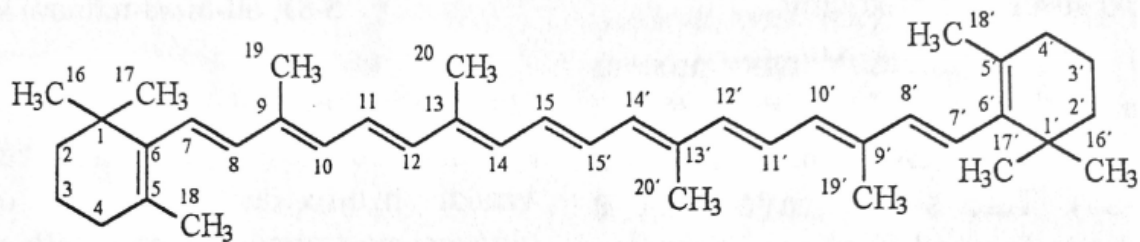
Vitamy

provitamin A:

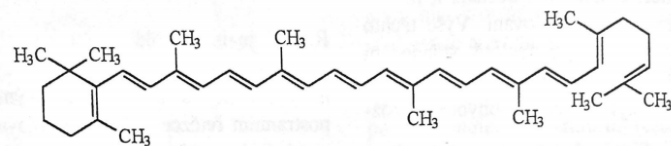
β -karoten

Vitamin

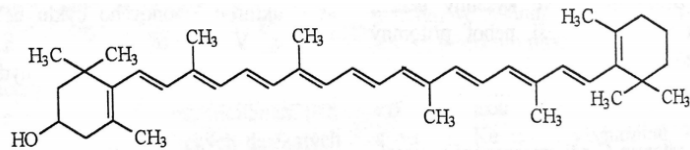
A



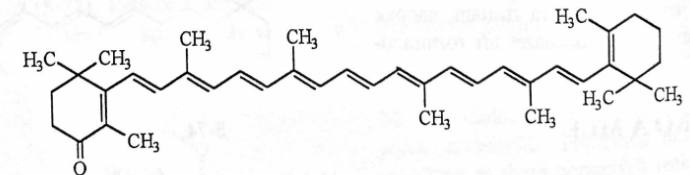
5-76, α -karoten



5-77, γ -karoten



5-78, β -kryptoxanthin



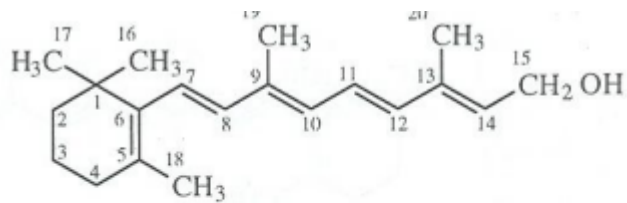
5-79, echinenon

Vitaminy

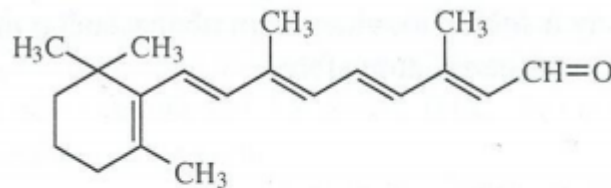
biochemie vidění

Vitamin

A



all-trans-retinol



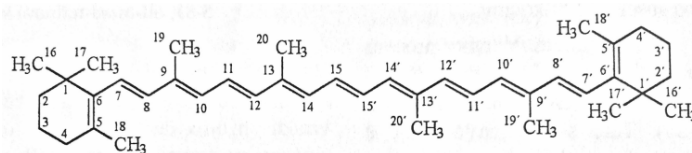
all-trans-retinal

Vitaminy

Vitamin

A

dostupnost β -karotenu



množství β -karotenu pro vznik 1 μg retinolu

mléko, margarín, tuky
~ 4 μg

vařená listová zelenina, karotka na oleji
~ 8 μg

karotka vařená ve vodě
~ 12 μg

syrová karotka
~ nevyužitelný

Retinol Equivalents, International Units

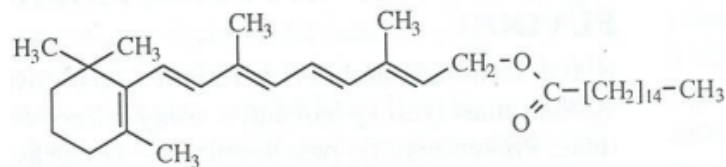
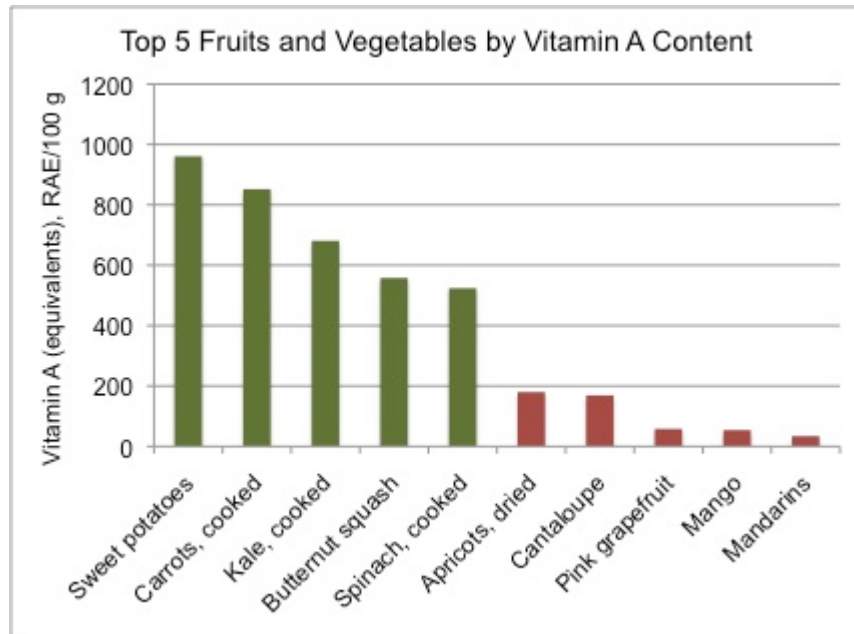
1 RE	= 1 μg all- <i>trans</i> -retinolu
	= 2 μg all- <i>trans</i> - β -karotenu v doplňcích stravy
	= 12 μg all- <i>trans</i> - β -karotenu z potravy
	= 24 μg dalších karotenoidních provitaminů A z potravy
1 IU	= 0,3 μg all- <i>trans</i> -retinolu
	= 0,344 μg all- <i>trans</i> -retinyl-acetátu
	= 0,55 μg all- <i>trans</i> -retinyl-palmitátu

Vitaminy

Vitamin

A

Potravina	mg.kg ⁻¹ (nebo mg.dm ⁻³) v jedlém podílu	
	vitamin A (retinol)	provitamin A
maso	0,1	0,4
játra	30-400	300
mléko	0,3-1,0	0,1-0,6
sýry	1,6-3,2	0,3-8,0
vejce	0,5-1,5	0,1-2,0
ryby	0,5	0,7
máslo	5,0-10	4,0-8,0
jablka		0,1-0,3
meruňky		6,0-20
banány		0,3-2,3
pomeranče		0,5-4,0
melouny		20
mango		20
mrkev		20-95
petržel kořenová		0,1
petržel kadeřavá		30-260
zelí		3,0-74
kapusta hlávková		50
brokolice		25
květák		0,3
salát hlávkový		3,0-25
špenát		50-480
rajčata		3,0-90
papriky		3,8-24
hrášek		3,0
fazolevé lusky		3,0-5,0



trans-retinyl-palmitát

Vitaminy

Vitamin

A

LABORATOŘ Stolní olej vám pomůže připravit si výtažek s beta-karotenem

KONCENTROVANÉ ZDRAVÍ

Z barviva **beta-karotenu** obsaženého v **mrkvi** si naše tělo vyrábí **vitamin A**.
Pomocí stolního oleje můžete tuto látku extrahovat z **mrkvové šťávy**.

Pomůcky a chemikálie

- dvě menší misky
- struhadlo
- trychtýř
- jemné sítko
nebo cedník
- lžička
- uzavíratelná
lahve
- voda
- rostlinný olej
- mrkev

FOTO: JAN PĚŠALA // KOLÁŽ ŠIMON / LN



K nastrouhané mrkvi
přidejte jeden až
dva deciletry vody,
směs dobře promi-
chejte a nechte
deset minut
odstát

Jednu větší mrkev
na jemno nastrouhejte
do misky

Vodu z misky
přeceďte
přes jemné sítko
a následně ji pomocí
trychtýřku přelijte
do uzavíratelné lahve

K oranžově
zabarvené
kapalině
v lahvi
přilijte
přibližně
padesát
mililitrů
rostlinného
oleje

Směs oleje
a vody v lahvi
důkladně
protřepejte

Karotenoidy
včetně beta-karotenu přejdou
při protřepávání do olejové vrstvy,
která se po několika desítkách minut oddělí
od vody a zůstane plavat na hladině

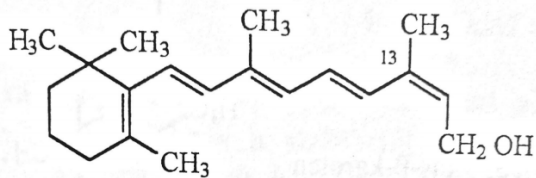
Vitaminy

Reakce retinolu

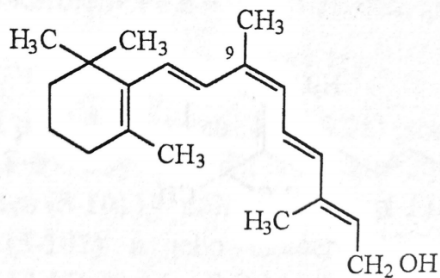
Vitamin

A

izomerace

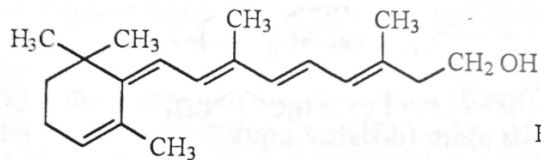


5-87, 13-*cis*-retinol

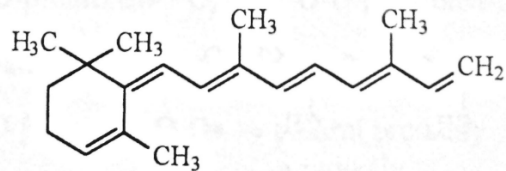


5-88, 9-*cis*-retinol

posun dvojných vazeb

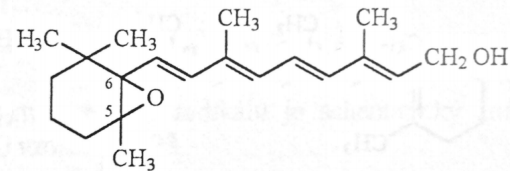


5-89, α -retinol



5-90, all-*trans*-anhydroretinol

oxidace jononového kruhu



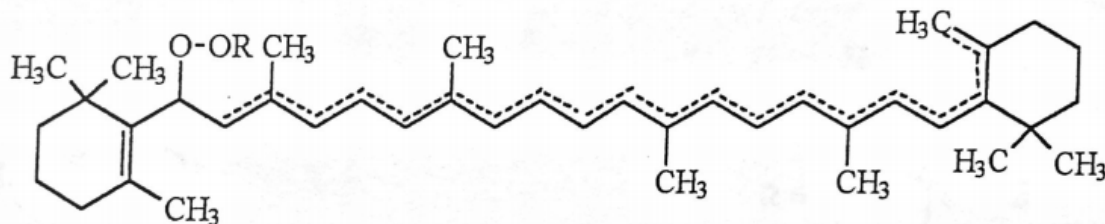
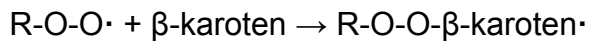
5-91, all-*trans*-5,6-epoxyretinol

Vitaminy

Reakce s volnými radikály

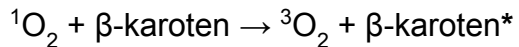
Vitamin

A



5-98, příklad radikálu β -karotenu stabilizovaného rezonancí

zhášení tripletového kyslíku:

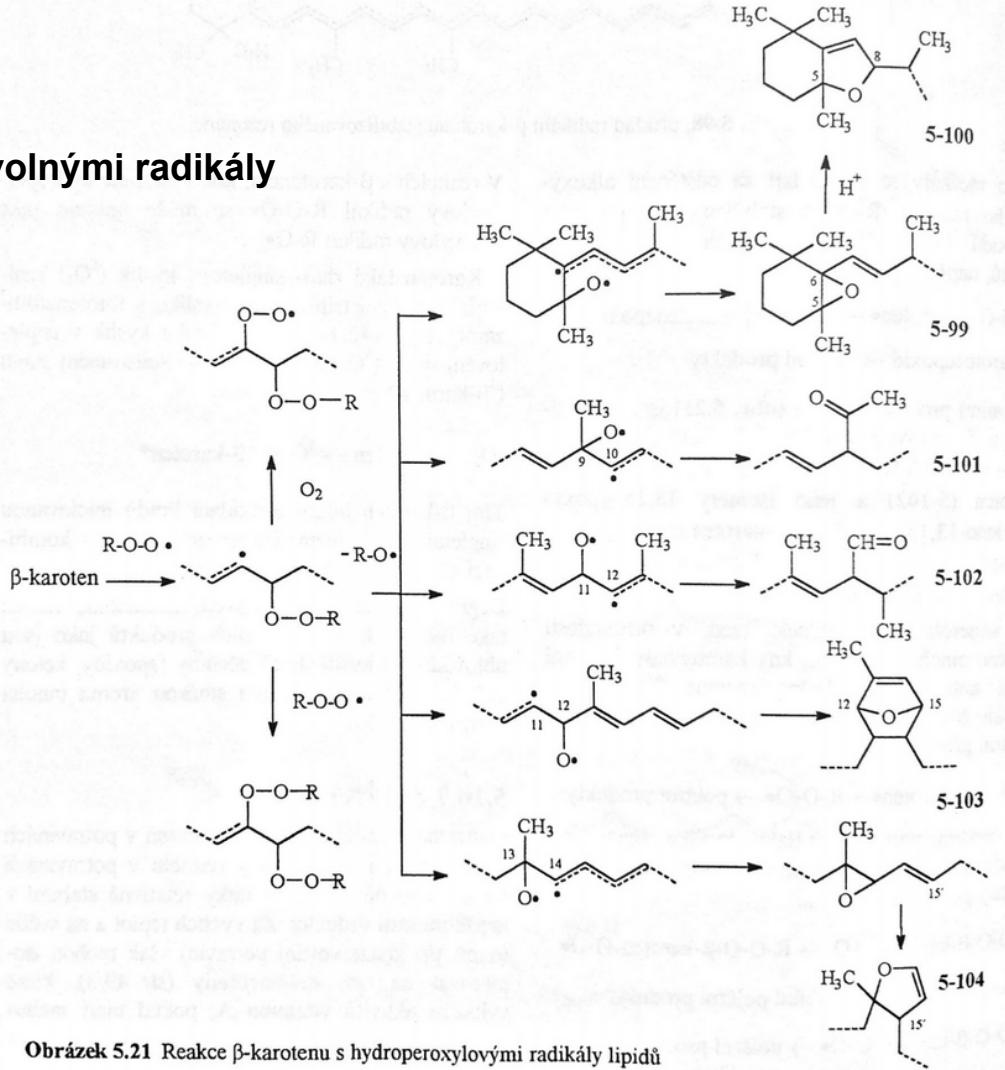


Vitaminy

Vitamin

A

Reakce s volnými radikály



Obrázek 5.21 Reakce β -karotenu s hydroperoxylovými radikály lipidů

Vitaminy

Vitamin

A

Ztráty v potravinách:

přítomnost vzduchu, světla, vyšší teploty

- **isomerace**
- **autooxidace**
- **reakce s produkty oxidace MK**

Vitaminy

Vitamin

A

stanovení obsahu retinolu

úprava vzorku

- homogenizace (mletí za studena, bezpros před stanovením)

získání extraktu

- zmýdelnění
- filtrace
- SPE extrakce (fáze: extrelut®)
- vymytí extraktu (hexan)

stanovení obsahu vitamínu v extraktu

a) chromatograficky

HPLC

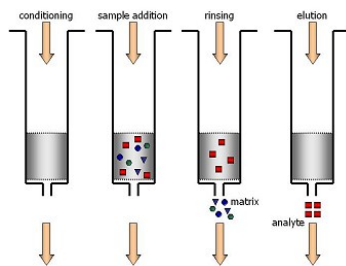
SF: normální fáze (silikagel)

MF: acetonitril:methanol:voda

detekce: UV, 325 nm (retinol)

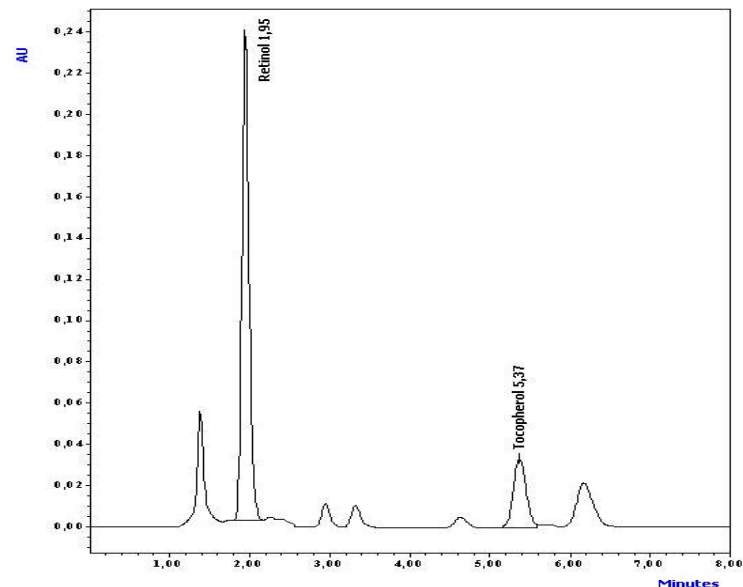
b) spektrofotometricky

bez interferujících složek: 325 nm (retinol)



Chromatogram separace vitamínu a a vitamínu E

Separace retinolu a tokoferolu v reálném vzorku krmné směsi; obsah retinolu: 20 000 m.j./kg, tokoferol - 35 mg/kg
UV detekce: Retinol - 325 nm, Tocopherol - 292 nm



Vitaminy

Vitamin

A

stanovení obsahu provitaminů A

úprava vzorku

- homogenizace (mletí za studena, bezprostředně před stanovením)

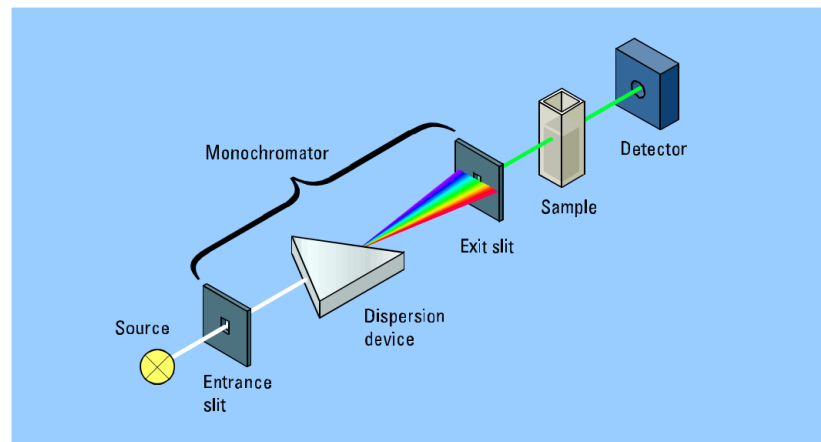
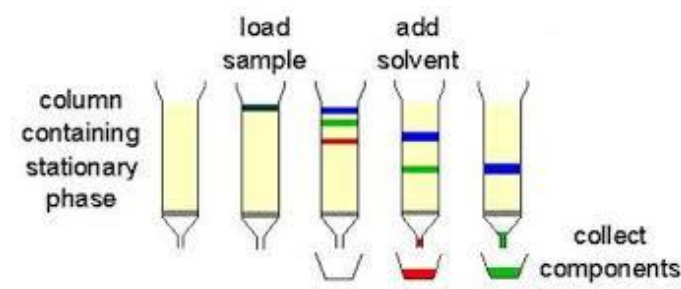
získání extraktu

- roztírání s acetonem, filtrace extraktu
- extrakce kapaliny kapalinou (petrolether)
- oddělení karotenů na sloupcí Al_2O_3
- jímání směsi α - β - a γ -karotenu

stanovení obsahu provitaminů spektrofotometricky

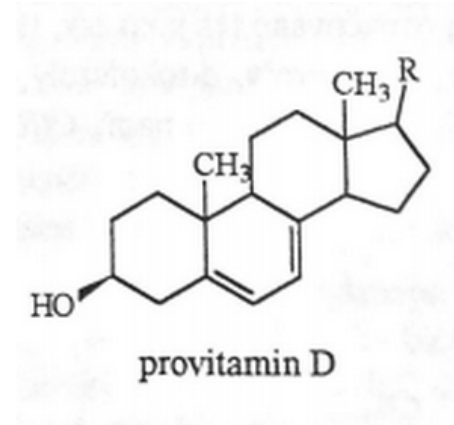
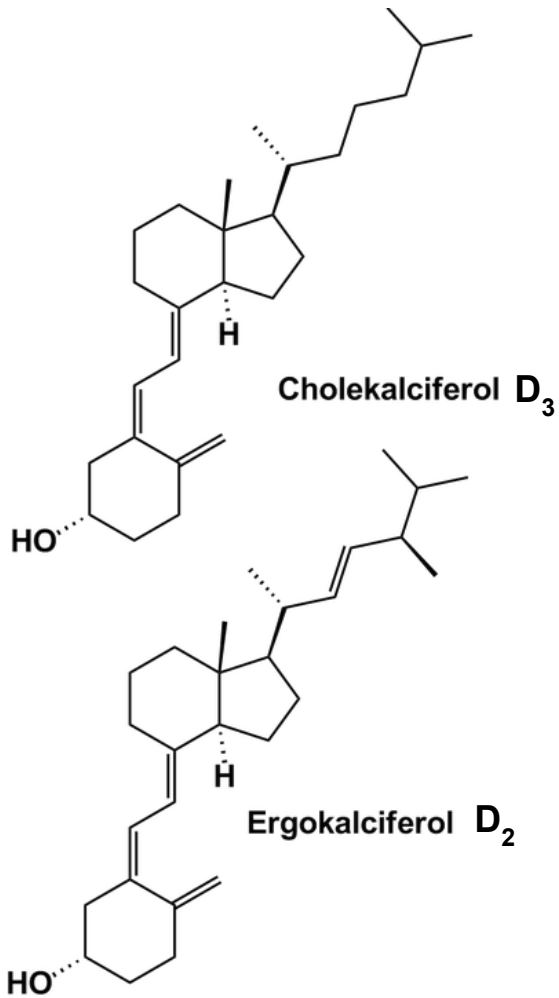
450 nm,

kalibrační křivka β -karotenu



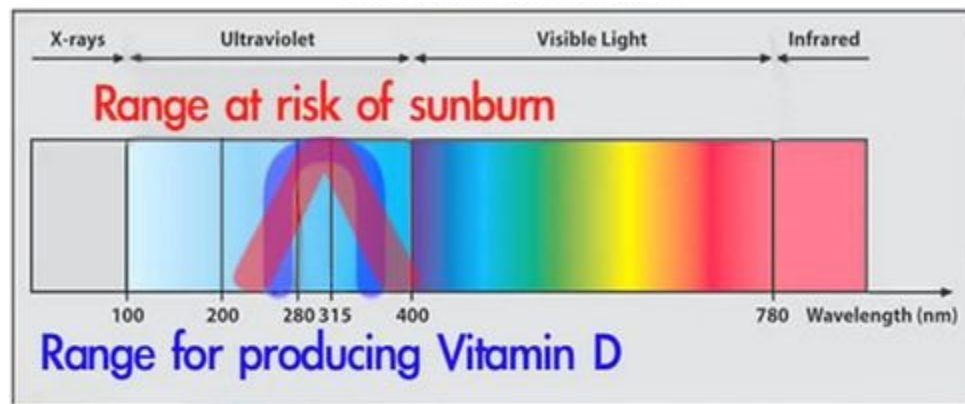
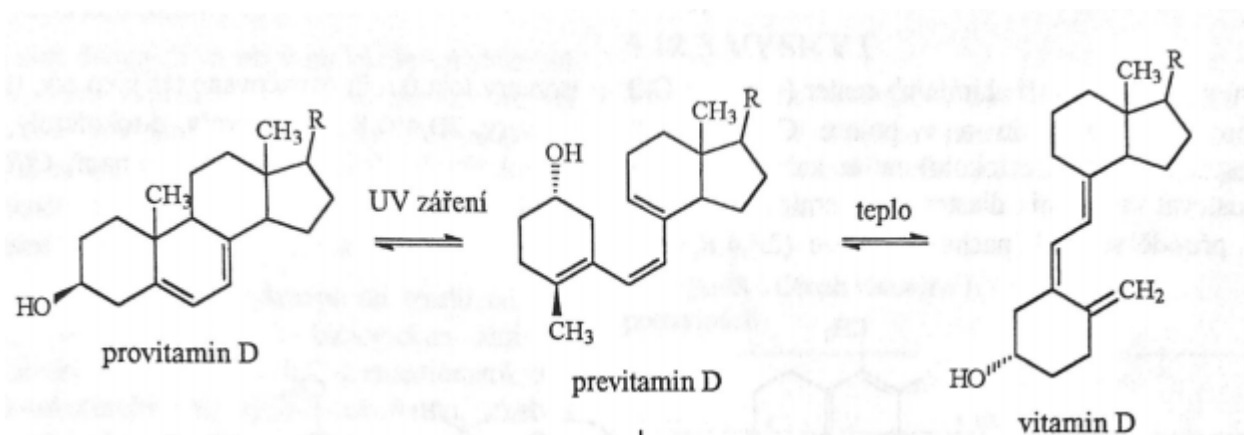
Vitaminy

D



Vitaminy

D



Vitaminy

D

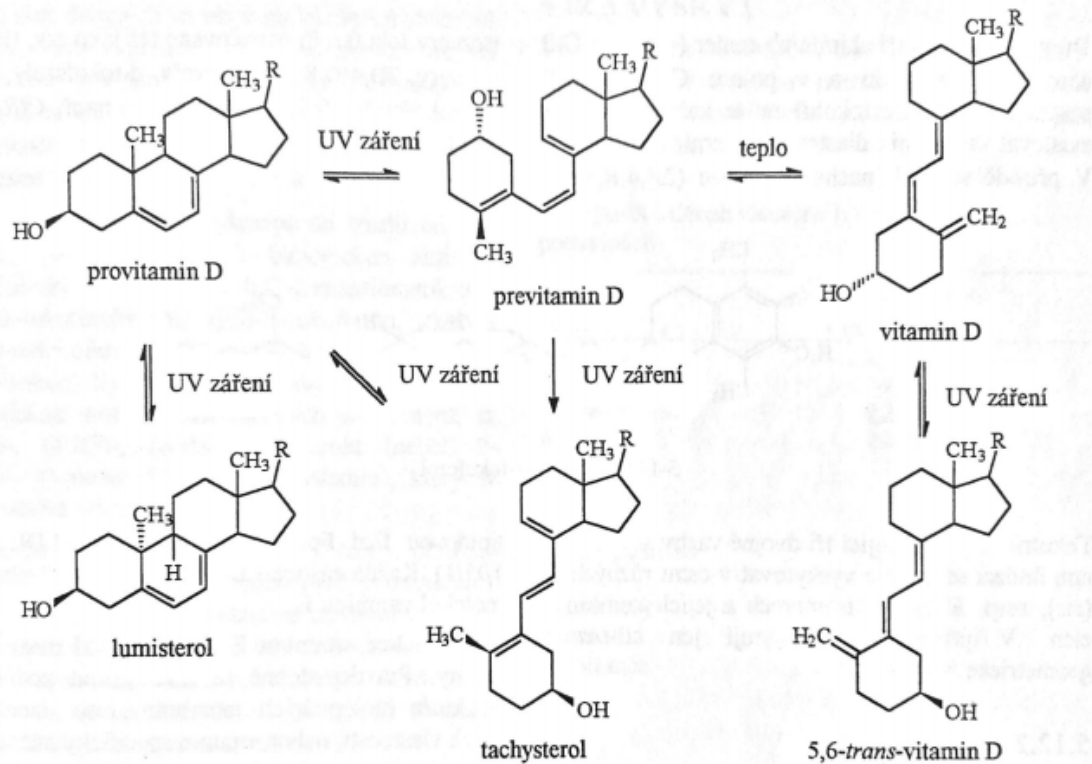
obsah vitamínu D v potravinách živ. původu

ryby mořské	50-450
žloutek	30-50
máslo	10-20
játra	2-11
mléko	1
smetana	4
maso	3

Vitaminy

D

obsah vitamínu D v potravinách živ. původu



Vitaminy

D

Stanovení obsahu vitamínu D

úprava vzorku

- homogenizace (mletí za studena, v temnu, bezprostředně před stanovením)

získání extraktu

- zmýdelnění
- oddělení vitamínu D na sloupcí Al_2O_3 (eluze petrolether:benzen:methanol)
- jímání frakce vitamínu D

stanovení obsahu vit. D: chromatograficky

SF: obrácené fáze C18

MF: methanol-acetonitril

UV detekce 265 nm

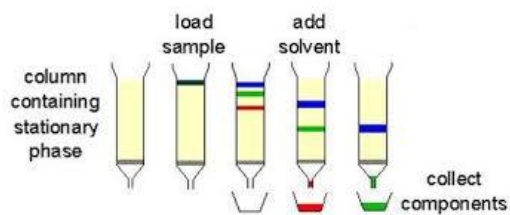
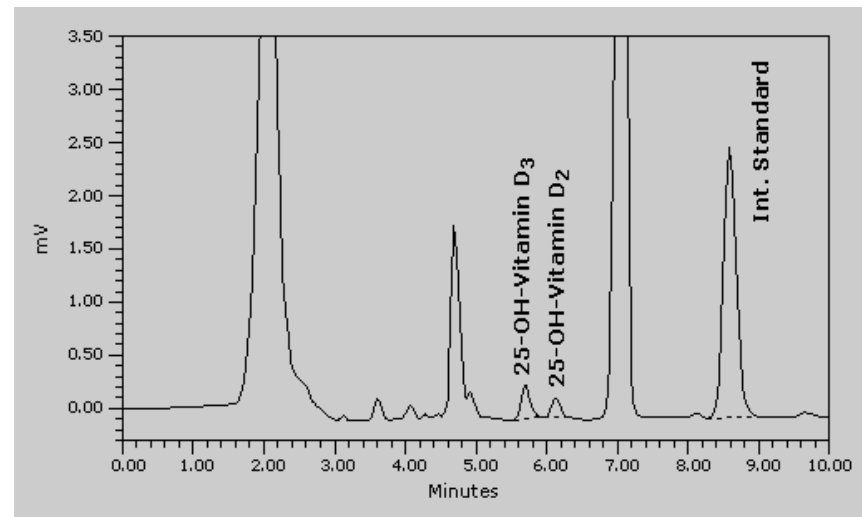
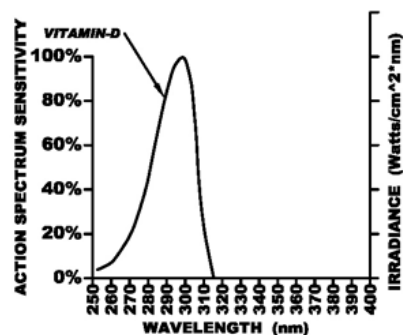


FIGURE 1

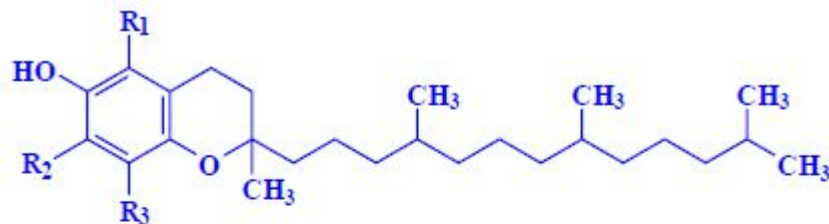
ACTION SPECTRUMS:



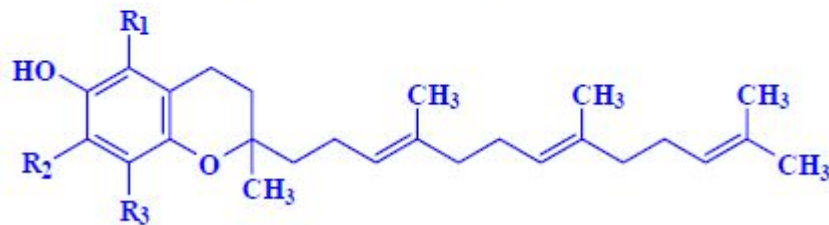
HPLC chromatogram plasmového séra, 265 nm

Vitaminy

E



tokoferoly (*R,R,R*-isomery)



tokotrienoly (*trans*-isomery)

když $R_3 = \text{CH}_3$:

α -tokoferol $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$

β -tokoferol $R_1 = \text{CH}_3, R_2 = \text{H}$

γ -tokoferol $R_1 = \text{H}, R_2 = \text{CH}_3$

δ -tokoferol $R_1 = R_2 = \text{H}$

účinnost vitamínu:

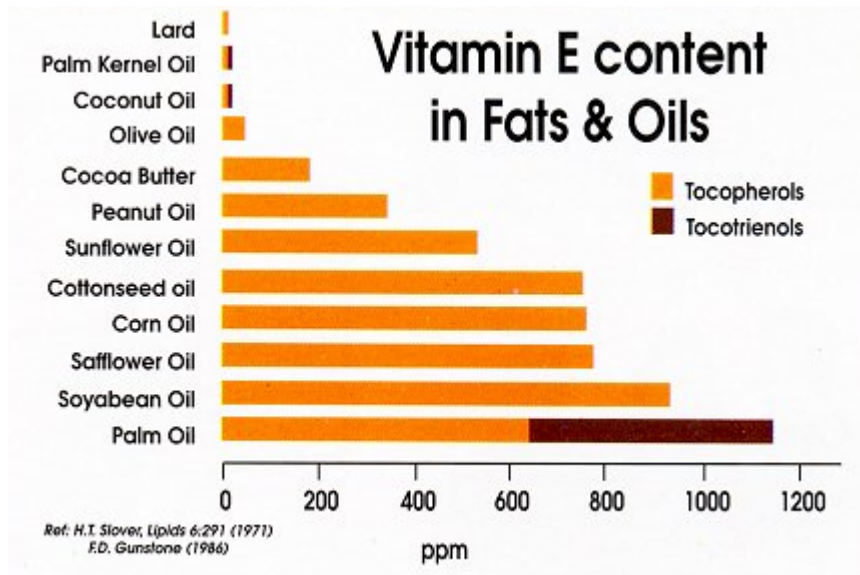
$\alpha > \beta > \gamma > \delta$

účinnost antioxidantu:

$\gamma > \delta > \beta > \alpha$

Vitaminy

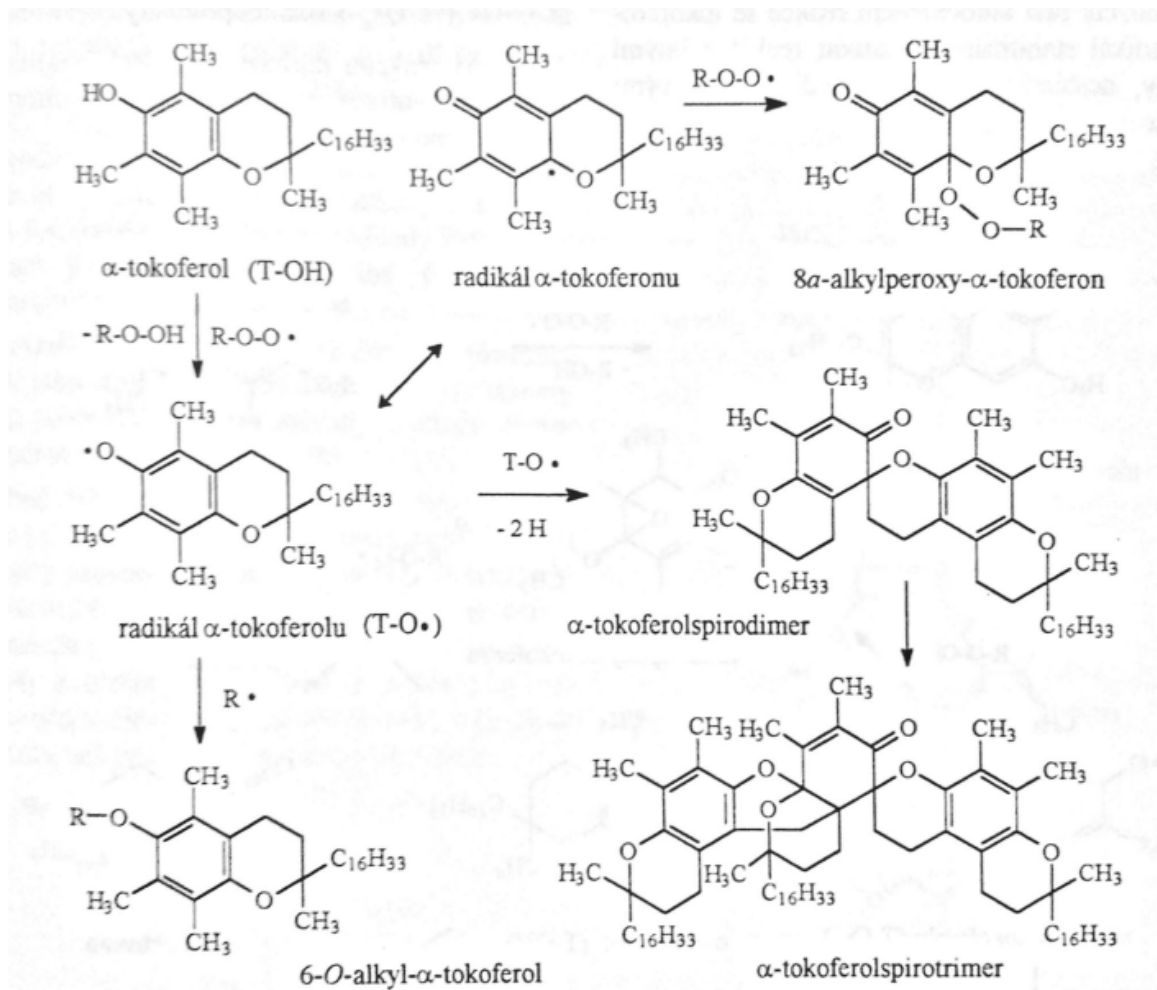
E



Potravina	mg.kg ⁻¹ (nebo mg.dm ⁻³) v jedlém podílu
maso	2,5-7,7
játra	4-14
mléko	0,2-1,2
máslo	10-50
sýry	3,0-3,5
vejce	5-30
ryby	4-80
mouka pšeničná	15-50
rýže	0,4-4,5
sójové boby	2,7-13
jablka	1,8-7,4
pomeranče	2,4-2,7
zelí	0,2-1,1
špenát	16-25
rajčata	3,6-4,9
mrkev	2,5-4,5
brambory	0,6-0,9

Vitaminy

E



Vitaminy

E

Stanovení vit. E

úprava vzorku

- homogenizace (za studena)

získání extraktu

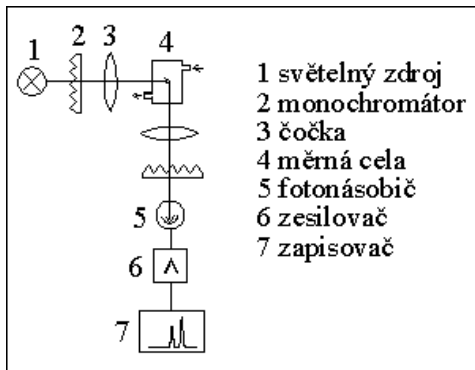
- zmýdelnění (KOH/ethanol)

- extrakce kap-kap.: hexan

→ **chromatografické stanovení**

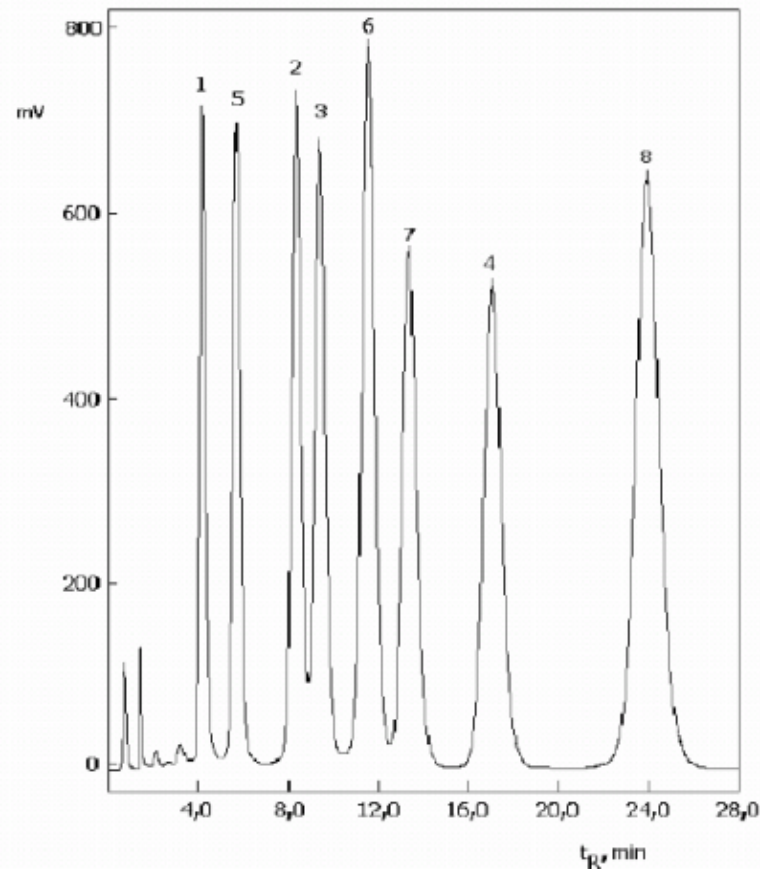
Stacionární fáze: RP i NP (dle ČSN)

fluorescenční detekce



fluorescenční detektor © P.

Čoufal



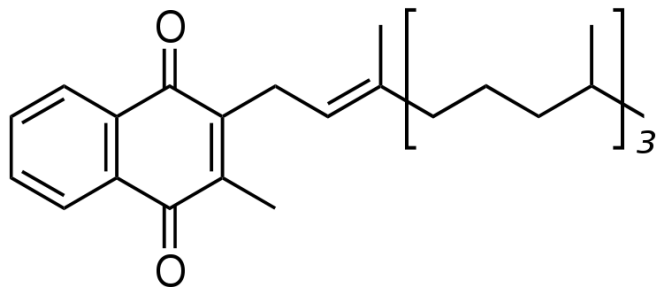
Chromatografická separace tokoferolů a tokotrienolů na normální fázi (silikagel). 1: α -tokoferol; 2: β -tokoferol; 3: γ -tokoferol; 4: δ -tokoferol; 5: α -tokotrienol; 6: β -tokotrienol; 7: γ -tokotrienol; 8: δ -tokotrienol

Hosmanová R., Douša M.: HPLC stanovení obsahu vitamínu E v krmných surovinách, krmivech a potravinách, *Chemické listy*, 101, (2007), s. 578-583.

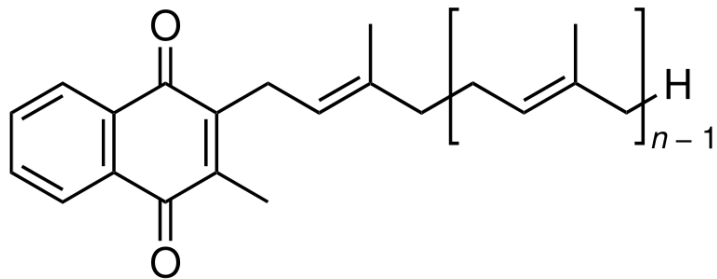
Vitaminy

K

$K_{1(20)}$ fyllochinon



$K_{2(n)}$ menachinon

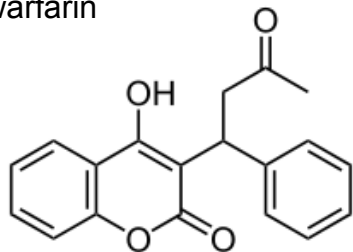


Vitaminy

K

antagonisté K

warfarin



1mg



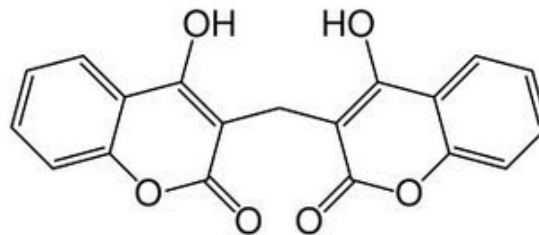
3mg



5mg



dikumarol



komonice bílá

Vitaminy

K

Průměrný obsah vitamínu K v potravinách ($\mu\text{g} / \text{kg}$)

hovězí maso	1.400	brambory	1.000
vepřové maso	1.500	květák	600
drůbež	250	červené zelí	3.200
játra hovězí	2.000	bílé zelí	1.600
játra vepřová	6.000	jahody	1.200
mléko	40	pšenice	400
vejce	1.600	mateřské mléko	10

Vitaminy



Stanovení vitamínu K₁

Fotometricky

čínidlo: **5-imino-3-thio-1,2,4-dithiazol**

vln. délka: 520 nm

složitě interference

Doporučené denní dávky vitamínů a minerálů v České republice:

Vitamín A	800,0 mcg
Thiamin (vitamin B1)	1,1 mg
Riboflavin (vitamin B2)	1,4 mg
Vitamín B6	1,4 mg
Vitamín B12	2,5 µg
Kyselina pantothenová	6,0 mg
Vitamín C	80,0 mg
Vitamín D	5,0 µg
Vitamín E	12,0 mg
Vitamin K	75 µg
Biotin	50 µg
Niacin	16,0 mg
Kyselina listová	200,0 µg
Fosfor P	700,0 mg
Fluoridy	3,5 mg
Hořčík Mg	375,0 mg
Chloridy	800 mg
Chrom Cr	40 µg
Jód J	150,0 µg
Mangan Mn	2 mg
Měď Cu	1 mg
Molybden Mo	50 µg
Selen Se	55 µg
Vápník Ca	800,0 mg
Zinek Zn	10,0 mg
Železo Fe	14,0 mg