

Biologicky významné prvky (výběr)

© Biochemický ústav LF MU (J.D.) 2008

Vodík

Latinsky: hydrogenium

Anglicky: hydrogen

Řecky: υδρογόνο

Vodík v lidském těle

- **Elementární plynný vodík** – vzniká v tlustém střevě činností bakterií, součást střevních plynů
- **Kation vodíku (proton) H^+** - v tělesných tekutinách určuje aktuální hodnotu pH, hodnoty pH jsou udržovány v úzkém rozmezí třemi pufracími systémy:
hydrogenuhličitanový, proteinový, hydrogofosfátový
- **Kovalentně vázaný vodík v živinách** – v dehydrogenačních reakcích přenášen na kofaktory NAD^+ , FAD .
Oxidací $NADH$ a $FADH_2$ v dýchacím řetězci se uvolňuje energie a je využita k syntéze ATP

Kyslík

Latinsky: oxygenium

Anglicky: oxygen

Řecky: οξυγόνο

Kyslík je nejrozšířenější prvek v přírodě

- vázaný ve sloučeninách (voda, CO₂, horniny)
- dikyslík (O₂) v atmosféře, ozon (O₃) v ozonoféře
- složení vzduchu: N₂ (78 %), O₂ (21 %), vzácné plyny (1 %)

Zásoby dikyslíku v organismu jsou nepatrné

- volný O₂ v plicíchmax. 1,0 litr
- vázaný na Hb (krev) a Mb (svaly)1,5 litr
- fyzikálně rozpuštěný v ECT0,2 litr

Hlavní biochemická funkce O₂

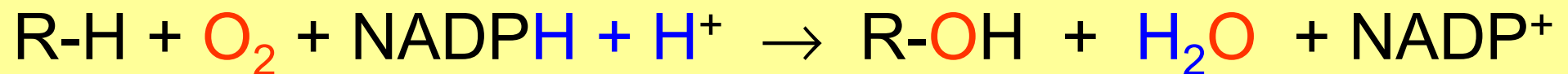
- transportován z plic do krve ve vazbě na Hb, difunduje do buněk a do mitochondrií
- **terminální akceptor elektronů v DŘ**
- podléhá čtyřelektronové redukci na vodu:



Další funkce:

dikyslík se účastní hydroxylačních reakcí

- fenylalanin → tyrosin
- tyrosin → → adrenalin
- cholesterol → → kalcitriol
- cholesterol → → žlučové kyseliny
- hydroxylace xenobiotik



Reaktivní formy kyslíku vznikající v organismu

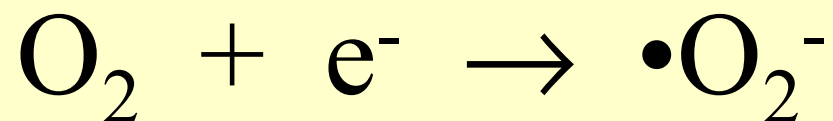
- superoxidový anion-radikál
- hydroxylový radikál
- singletový kyslík
- peroxid vodíku

Pozitivní účinek - baktericidní (respirační vzplanutí)

Negativní účinek - poškození biomolekul (membrány, enzymy, receptory, DNA)

Superoxidový anion-radikál $\bullet\text{O}_2^-$

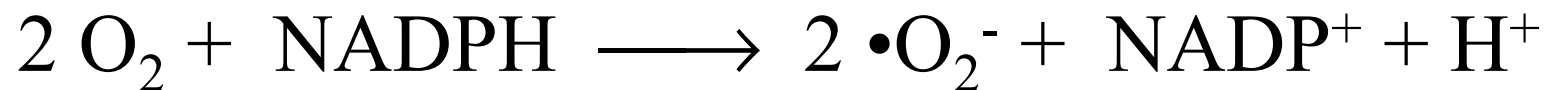
- vzniká jednoelektronovou redukcí dikyslíku
- relativně málo reaktivní



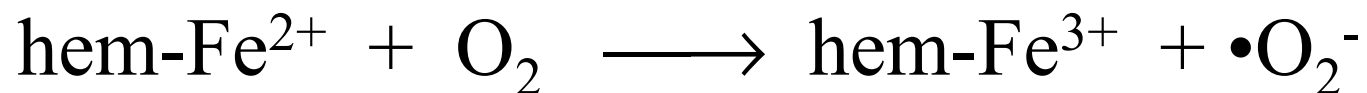
[toto není reakce, pouze jeden redoxní pár]

Tvorba superoxidu v organismu

- **tzv. respirační vzplanutí** (fagocytující leukocyty)



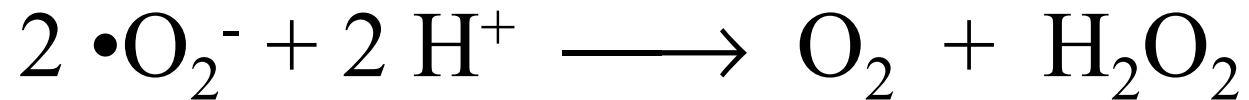
- **spontánní oxidace hemoproteinů**



[toto jsou reakce, tedy kombinace dvou redoxních párů]

Eliminace superoxidu v organismu

- superoxiddismutasa
- katalyzuje dismutaci superoxidu

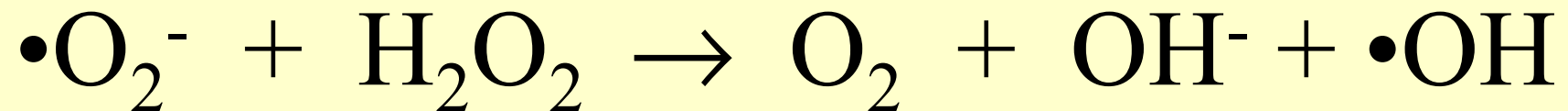


- oxidační čísla kyslíku v reakci:



Hydroxylový radikál •OH

- vysoce reaktivní částice
- reakcí •OH s různými molekulami vznikají sekundární volné radikály
- vzniká ze superoxidu



Reakci katalyzují redukované ionty kovů (Fe^{2+} , Cu^+)

(tzv. Fentonova reakce)

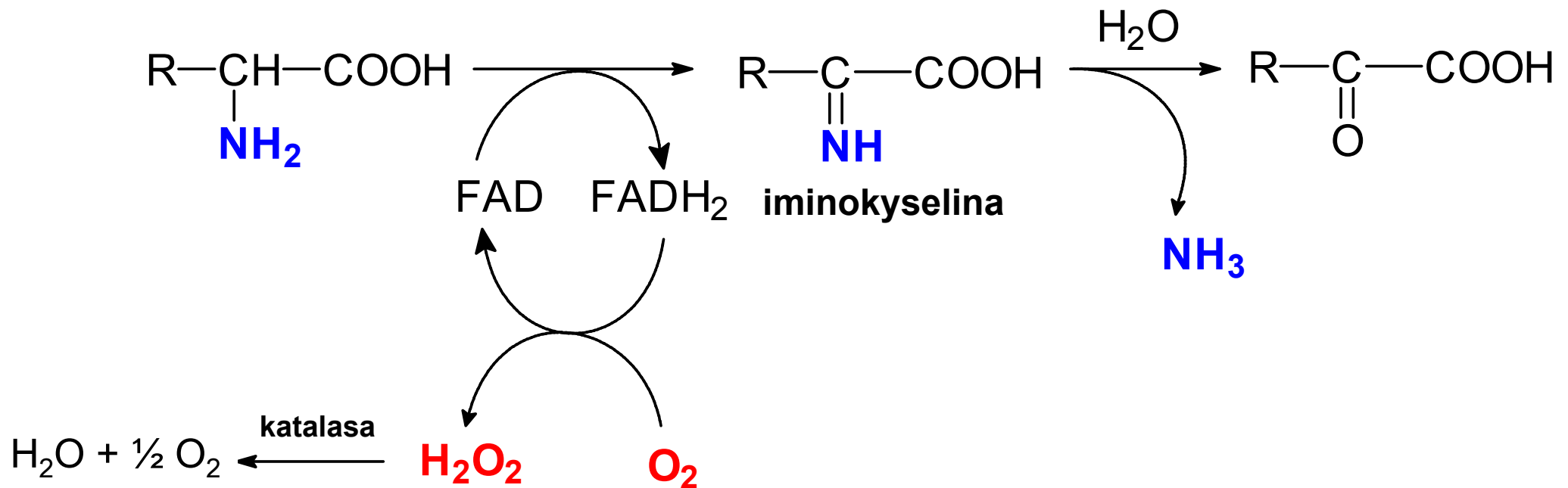
Jazyková poznámka

Termín	Význam
Hydroxid	anion OH^-
Hydroxyl	radikál $\cdot\text{OH}$ nebo skupina $-\text{OH}$
Hydroxy	předpona v názvech organických sloučenin: 2-hydroxypropanová kyselina (mléčná)
Hydroxo	předpona ligandu OH^- v komplexech: $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ tetrahydroxohlinitan sodný

Peroxid vodíku H_2O_2

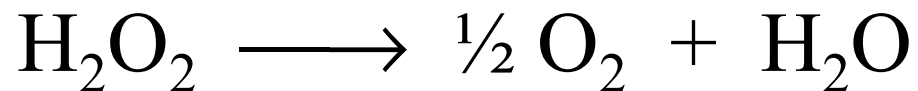
- poměrně nestálá sloučenina, snadno se rozkládá se na vodu a kyslík
- vzniká v organismu při deaminaci AK
- dvouelektronová redukce O_2
- ve Fentonově reakci produkuje $\cdot\text{OH}$
- může oxidovat -SH skupiny enzymů

Oxidační deaminace aminokyselin poskytně amoniak, oxokyselinu a peroxid vodíku



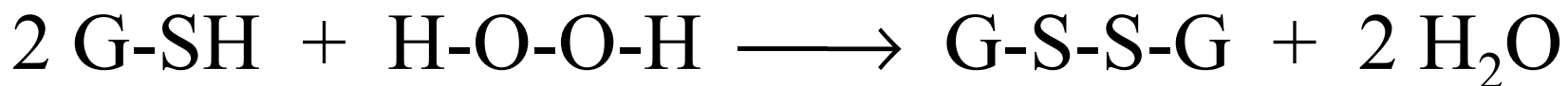
Eliminace H₂O₂ v organismu

- katalasa - disproportionace H₂O₂



- glutathionperoxidasa (obsahuje selenocystein)

druhý substrát - glutathion (G-SH)



Srovnejte: redukce dikyslíku

Typ redukce	Dílčí schéma (redoxní pár)
Čtyřelektronová	$\text{O}_2 + 4 \text{e}^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
Jednoelektronová	$\text{O}_2 + \text{e}^- \rightarrow \cdot\text{O}_2^-$
Dvouelektronová	$\text{O}_2 + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

Antioxidační systémy organismu

- **Enzymy**

superoxiddismutasa, katalasa, glutathionperoxidasasa

- **Nízkomolekulární antioxidanty (lapače radikálů)**

redukující látky obsahující:

fenolovou/enolovou -OH skupinu

-SH skupinu

Hydrofilní a lipofilní antioxidanty

Antioxidant	Zdroje / Komentář
L-askorbát	ovoce, zelenina, brambory
Flavonoidy	ovoce, zelenina, čaj, víno
Dihydrolipoát	vzniká v těle z cysteinu
Močová kys.	katabolit adeninu + guaninu
Glutathion	vzniká v těle z cysteinu
Tokoferol	rostlinné oleje, ořechy, semena, klíčky
Karotenoidy	barevná zelenina, ovoce, nejúčinnější je lykopen
Skvalen	rybí tuk, olivový olej, vzniká při synt. cholesterolu
Ubichinol	vzniká v těle z tyrosinu

Vápník

Latinsky: calcium

Anglicky: calcium

Řecky: ασβέστιο

Výskyt vápníku (hmot. %)

Neživá příroda			Lidské tělo	
Kyslík	50,0	↔	Kyslík	63,0
Křemík	26,0		Uhlík	20,0
Hliník	7,5		Vodík	10,0
Železo	4,7		Dusík	3,3
Vápník	3,4	↔	Vápník	1,5

Vápník je 5. nejrozšířenějším prvkem

Vápník v přírodě

- třetí nejrozšířenější kov, pátý nejrozšířenější prvek vůbec (minerály, horniny, sedimenty)
- nejvíce **CaCO₃ (vápenec, mramor, křída, krasové útvary)**
SK: Vysoké Tatry (žula) × Belianské Tatry (vápenec)
HR: Biokovo, Brač, Kornati ...
GB: White Cliffs of Dover (křída)
CZ: Moravský kras, Macocha (jeskyně, krápníky)
- v moři - korálové útesy, lastury, perly ...

Biochemický význam vápníku

Celkové zásoby: 1,2 -1,6 kg **99 %** v kostech, zubech **1 %** v ECT

- Ca^{2+} je ve všech tělesných tekutinách
- převážně v ECT
- srážení krve

- ICT – nízká konc.
- regulační funkce
- druhý posel
- svalová kontrakce

- mineralizace tvrdých tkání, nerozpustné sloučeniny – apatity (podvojně fosfáty)

Koncentrace Ca^{2+} v tělesných tekutinách

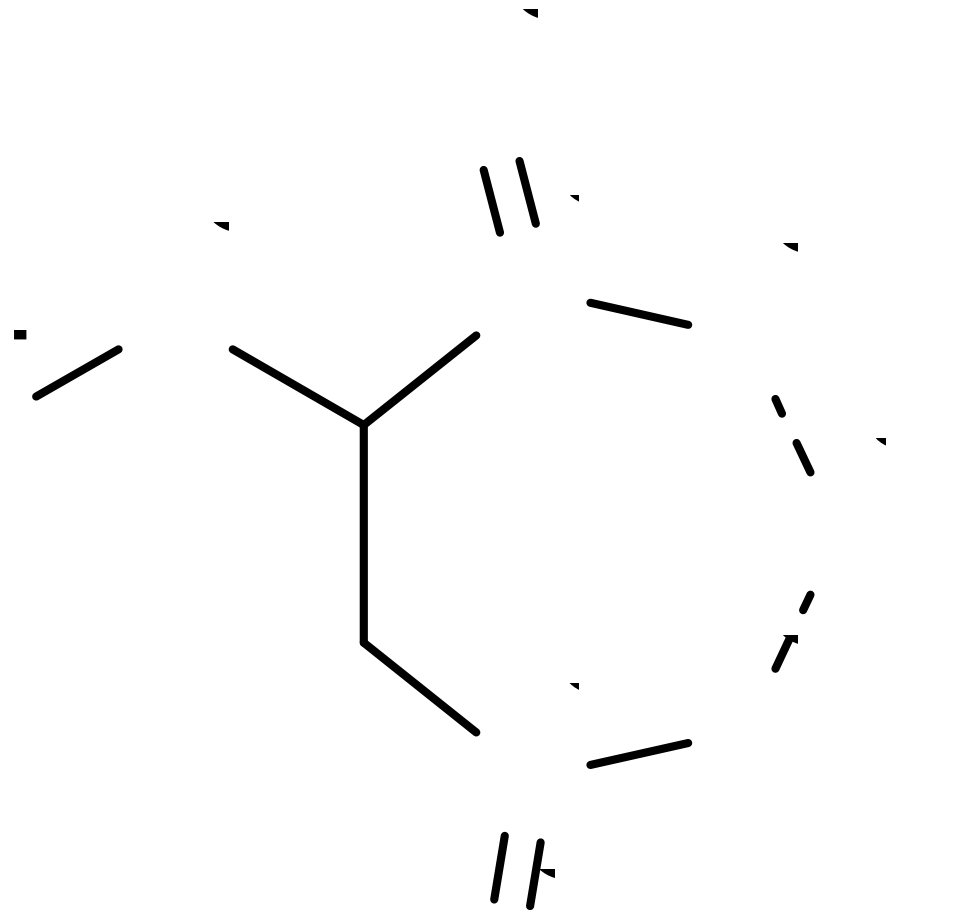
Extracelulární tekutina

- 2,4-2,7 mmol/l
- tři formy:
 - (1) ionizovaný (Ca^{2+})
 - (2) vázaný na proteiny
 - (3) vázaný na organické anionty (citrát, malát, oxalát)

Intracelulární tekutina

- nerovnoměrná distribuce
- cytosol - nízká konc. (10^{-7} mol/l)
- mitochondrie a ER - vysoká koncentrace

Calcium malát je chelát



Hospodaření s vápníkem regulují tři hormony

Parathyrin

- příštítná tělíska
- mobilizuje Ca^{2+}
z kostí

Kalcitriol

- tvoří se z vitamínu D
- podporuje resorpci Ca^{2+}
ve střevě

Kalcitonin

- štítná žláza
- brzdí mobilizaci
kostního Ca^{2+}

Fosforečnan vápenatý $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

- calcii phosphas
- nerozpustný ve vodě
- v tvrdých tkáních jsou různé apatity – podvojně fosforečnany (= dva různé anionty)
- v kostech **hydroxylapatit** $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$
- v zubech **fluorapatit** $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$

Rozpustnost Ca-fosfátů

(viz praktická cvičení, str. 20-22)

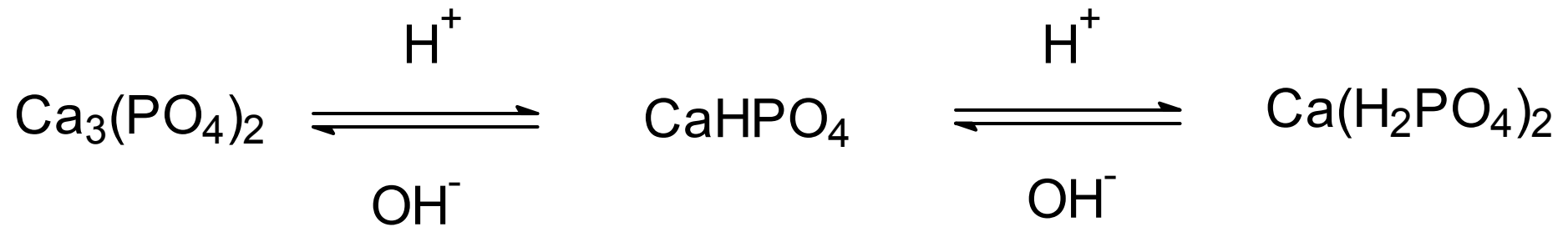
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ nerozpustný

CaHPO_4 nerozpustný

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ **rozpustný** 

Rozpustnost Ca-fosfátů

(viz praktická cvičení, str. 20-22)



nerozpustný

pH > 12

nerozpustný

pH 8-11

rozpustný

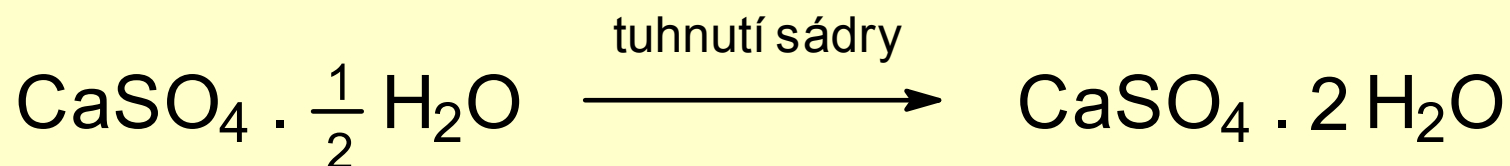
pH 4-6

(močové kameny)

(moč)

Síran vápenatý CaSO_4

- calcii sulfas
- nerozpustný ve vodě Pozor: MgSO_4 je rozpustný (Šaratica, Zaječická)
- hemihydrát ($\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) je **sádra**



přeměna hemihydrátu na dihydrát, zvětšení objemu o cca 1 %

Uhličitan vápenatý CaCO_3 (calcii carbonas) jako léčivo

Externí aplikace

- jemný bílý prášek
- nerozpustný ve vodě
zásypy, tekuté pudry
- zubní pasty
jemné abrazivum

Užívání per os

- bazické vlastnosti
- neutralizuje žaludeční HCl
antacidum
Tums (GB), Rennie (F)
- **suplementace kalcia**
šumivé tablety

Kalcium v šumivých tabletách

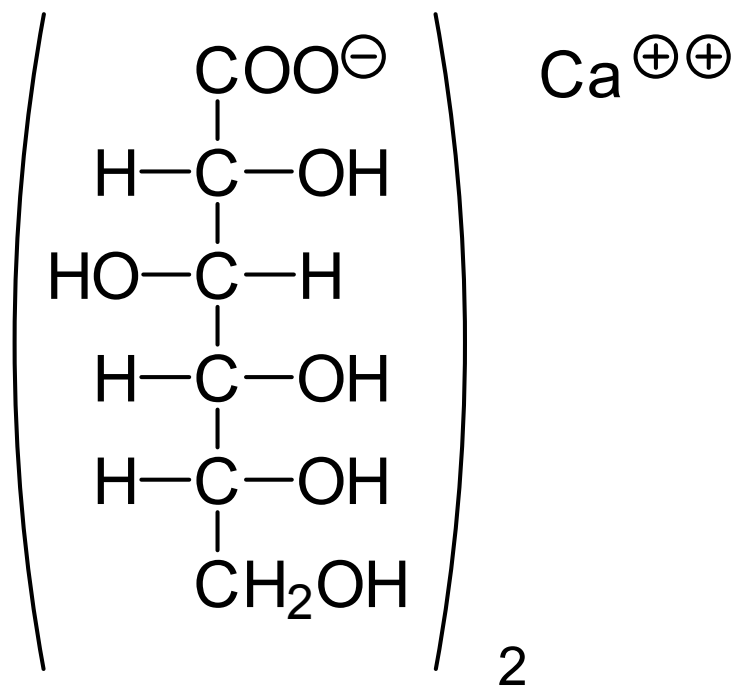
- po styku s vodou reaguje CaCO_3 s citronovou kyselinou za vývoje plynu (= šumění)
- $\text{CaCO}_3 + 2 \text{R-COOH} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + (\text{R-COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$

nerozpustný

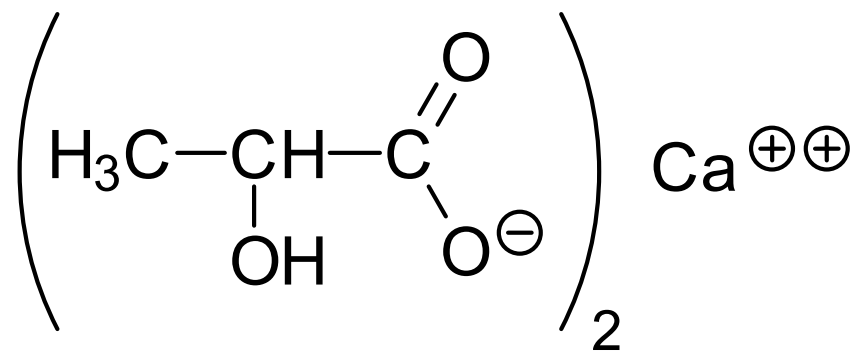
rozpustný

Poznámka: ostatní šumivé tablety obsahují NaHCO_3

Organické soli Ca^{2+}




calcii gluconas

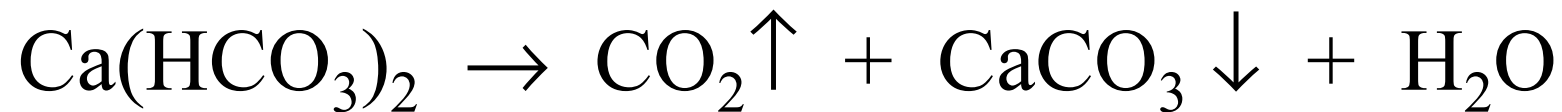


calcii lactas

Použití: perorální suplementace kalcia při prevenci a léčbě osteoporózy, při zvýšené potřebě (gravidita, rekonvalescence)

Hydrogenuhlíčan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

- calcii hydrogenocarbonas
- **existuje pouze ve vodném roztoku** 
- způsobuje přechodnou tvrdost vody
- varem se vypudí CO_2 a vzniká „kotelní kámen“



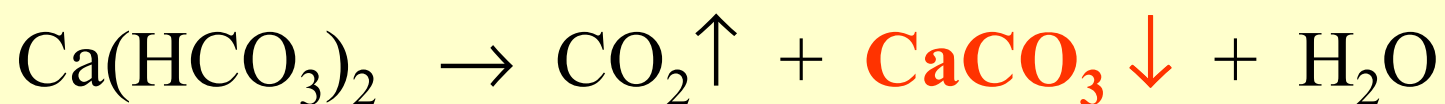
- minerální vody (alkalické)

Ondrášovka, Hanácká kyselka, Bílinská kyselka

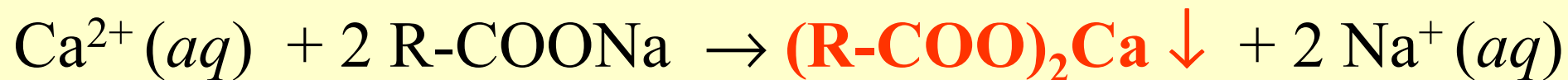
**Tvrdost vody je celk. koncentrace Ca^{2+} a Mg^{2+}
norma: 0,9 - 5,4 mmol/l**

**Tvrdá voda
dělá problémy**

Při varu se v nádobách tvoří usazeniny kotelního kamene:



Použití klasického mýdla je málo účinné:



sraženina vápenatého mýdla

Zdroje vápníku v potravě

Denní potřeba: dospělí 1 g, děti a staří lidé více

Živočišné

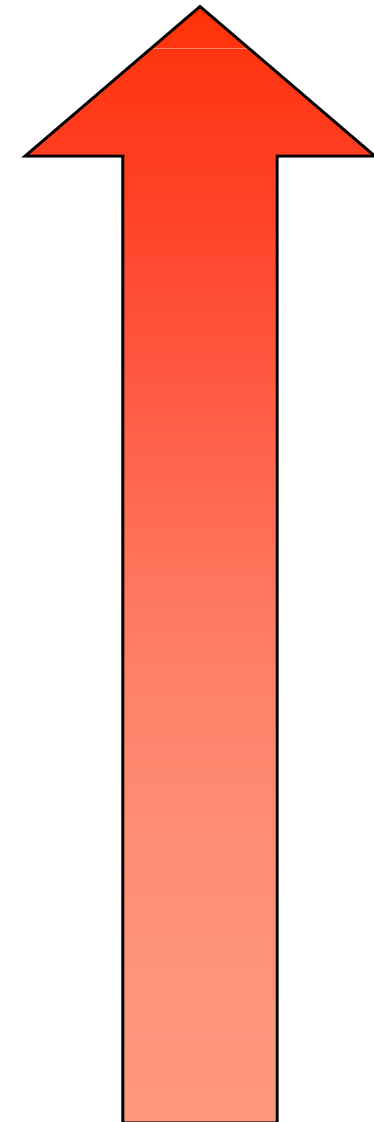
- mléko
- mléčné výrobky
- sardinky
s kostičkami
- využitelnost až 50 %

Rostlinné

- mák, sezam
- ořechy, mandle
- datle
- luštěniny
- využitelnost ~ 10 %

Obsah vápníku v mléčných výrobcích (mg/100 g)

• Sušené mléko	1300
• Parmazán	1200
• Ementál	1000
• Brynza	600
• Tavené sýry	400 - 500
• Jogurty	100 - 160
• Mléko	110 - 130
• Tvaroh	100 - 140
• Máslo	20



Vstřebávání vápníku ve střevě

Podporuje

- vitamin D
- proteiny
- produkty
mléčného kvašení

Omezuje

- nadbytek fosfátů
(*Coca-Cola*)
- oxaláty
- nadbytek vlákniny

Hliník

Latinsky: aluminium

Anglicky: aluminum

Řecky: αλουμίνιο

Hliník se do lidského těla dostává různým způsobem

- všudypřítomný prvek (hlína, prach ...)
- denní příjem hliníku 10 - 100 mg
- možné zdroje: vodovodní voda (čeření síranem hlinitým), kyselá jídla z hliníkových hrnců, prach (inhalace), nadměrné užívání antiperspirantů a antacid
- **hliník se akumuluje v kostech a mozku**
- nejvíce ohroženi: pacienti na dialýze a parenterální výživě

Sloučeniny hliníku jako léčiva

Nerozpustné ve vodě

- suspenze, koloidy
- slabě bazické
⇒ **antacida**
- jemné prášky, velký
povrch ⇒ **adsorbenty**

Rozpustné ve vodě

- slabě kyselé vlivem
hydrolyzy $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
- stahující účinek na kůži
= adstringentní
⇒ **antiperspiranty**

Hliníková antacida

- léčiva, která neutralizují žaludeční HCl
- nerozpustné sloučeniny, nevstřebávají se
- indikace: překyselení žaludku, pálení žáhy, funkční dyspepsie apod.
- nežádoucí účinky: obstipace, mohou ovlivnit vstřebávání jiných léčiv

Hliníková antacida (výběr)

- **hydroxid hlinitý** Al(OH)_3 (aluminii hydroxidum),
koloidní forma se nazývá algeldrat, Anacid (CZ)
- **fosforečnan hlinitý** AlPO_4 (aluminii phosphas)
- **hlinitan hořečnatý** $\text{Mg}_3[\text{Al(OH)}_6]_2$ (magnesii aluminas),
Gastrogel (SK)
- **hexadekahydroxid-uhličitan hořečnato-hlinitý**
 $\text{Mg}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16}$ (hydrotalcitum), Talcid (D)

Střevní adsorbenty

- inertní látky s velkým povrchem
- mají velkou schopnost vázat různé látky (toxiny, léčiva, ale i bakterie, plísně apod.)
- nerozpustné, nevstřebávají se, jsou zcela netoxické
- indikace: dietní chyby, kvasné dysmikrobie, cestovatelské průjmy, intoxikace apod.

Dva typy střevních adsorbentů

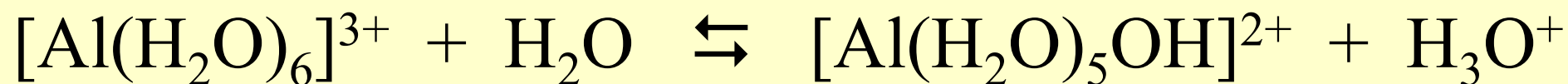
Carbo activatus

- živočišné uhlí
- elementární uhlík
- nepravidelná grafitová modifikace
- nepolární adsorbent
- černý prášek
- barví stolici
- Carbosorb (SK)
- cena: ★

Diosmektit a podobné minerály

- kaoliny, jíly, bentonity
- Mg-Al křemičitan
- $\text{MgAlSi}_4\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- vrstevnatá struktura
- převážně polární adsorbent
- bílý prášek
- nebarví stolici
- Smecta (F)
- cena: ★★ ★★ ★★

Roztoky hlinitých solí mají kyselou reakci v důsledku hydrolyzy aquakationtu



$$\text{p}K_{\text{A}} = 5,00$$

Uvědomte si, že hexaaquakation hlinitý je přibližně stejně kyselý jako octová kyselina ($\text{p}K_{\text{A}} 4,76$)



Rozpustné soli Al^{3+} jako adstringencia

- **chlorid hlinitý** (aluminii chloridum) AlCl_3
kosmetické antiperspiranty
- **octan hlinitý** (aluminii acetat) $(\text{CH}_3\text{-COO})_3\text{Al}$
dermatologie, ORL
- **síran hlinito-draselný** (aluminii kalii sulfas) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$
kamenec, zastavovač krvácení při holení
- **laktát hlinitý** (aluminii lactas) $[\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-COO}]_3\text{Al}$
zubní pasty proti krvácení dásní

Uhlík

Latinsky: carboneum

Anglicky: carbon

Řecky: κάρβουνο

Elementární uhlík vytváří několik allotropických modifikací

- diamant, grafit, saze, koks, fullereny ...
- **adsorpční uhlí** (carbo adsorbens, carbo activatus) – nepolární adsorbent
- připravuje se karbonizací pilin a jiných org. látek
- Užití: průjmy, otravy apod., nutno užívat v dostatečném množství
- černý prášek, barví stolici \Rightarrow může maskovat přítomnost krve

Oxid uhelnatý CO



- Bezbarvý plyn bez zápachu, molekula má charakter dipólu
- **Exogenní zdroje:** nedokonalé spalování uhlíku a uhlíkatých sloučenin (cigaretový kouř, výfukové plyny, stará kamna, neudržované plynové kotle ...)
- **Endogenní zdroj:** katabolismus hemu
 $\text{hem} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{CO} + \text{biliverdin} (\rightarrow \text{bilirubin})$
- **Toxicita:** silná vazba na Fe^{2+} v hemoglobinu, myoglobinu, cytochromech
- **Karboxylhemoglobin (CO-Hb)** – omezení transportu O_2

Karboxylhemoglobin v krvi

Subjekt / Situace	CO-Hb (%)*	
Novorozenec	0,4	} Endogenní CO
Dospělý (venkov)	1-2	
Dospělý (město)	4-5	
Kuřák	10-12	} Exogenní CO
Dopravní policista	12-15	
Otrava	20-50	
Smrt	55-60	

* Procenta z celkového hemoglobinu

Oxid uhličitý CO₂



- carbonei dioxidum
- bezbarvý plyn, těžší než vzduch, snadno zkapalnitelný, termicky stabilní, lineární molekula
- nulový dipólový moment \Rightarrow nepolární molekula \Rightarrow málo rozpustný ve vodě, rozpouští se až pod tlakem
- kyselinotvorný ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$)
- vzniká při dokonalém spalování uhlíku a org. sloučenin (nutný katalyzátor !)

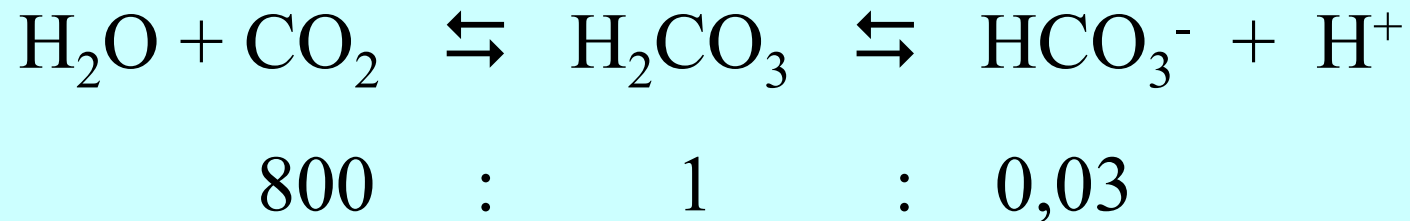
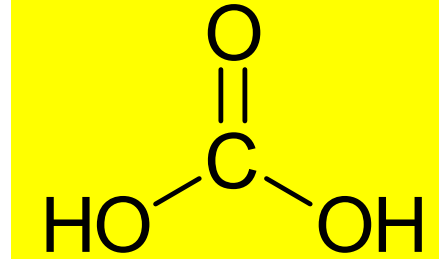
Endogenní tvorba CO₂ (300 - 600 litrů/den)

- oxid uhličitý vzniká v dekarboxylačních reakcích
- oxidační dekarboxylace pyruvátu → acetyl-CoA
- dvě dekarboxylace v CC (isocitrát, 2-oxoglutarát)
- dekarboxylace aminokyselin → biogenní aminy
- 6-P-glukonát → ribulosa-5-P + CO₂ (pentosový cyklus)
- neenzymová dekarboxylace acetoacetátu → aceton
- katabolismus pyrimidinových bází
(cytosin, uracil → CO₂ + NH₃ + β-alanin)
- katabolismus glycinu → CO₂ + NH₃ + methylen-THF



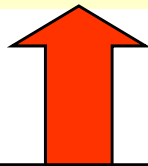
hlavní
zdroje
CO₂

Kyselina uhličitá H_2CO_3



- slabá dvojsytná kyselina ($\text{p}K_{\text{A}1} = 6,37$; $\text{p}K_{\text{A}2} = 10,33$)
- existuje pouze ve vodném roztoku, snadno se rozkládá
- v roztoku zcela převažuje CO_2 ($800 \times$) \Rightarrow proto se užívá tzv. efektivní disociační konstanta:

$$K_{\text{A eff}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3]}$$



Srovnejte: CO₂ ve vodě a krvi



Kapalina	pH	[CO ₂] : [HCO ₃ ⁻]
Perlivá voda ^a	3,50 - 5,00	800 : 0,03
Krev ^b	7,36 - 7,44	1 : 20 ^c

^aUzavřený systém (PET láhev), 25 °C, $I = 0,00$, $pK_{A1} = 6,37$
pH ~ pCO_2 ~ tlaku CO₂ při sycení

^bOtevřený systém, 37 °C, $I_{\text{plazma}} = 0,16$, $pK_{A1} = 6,10$
CO₂ kontinuálně odstraňován, pCO_2 v plicních alveolech ~ 5,3 kPa,
kyselá složka hydrogenuhličitanového pufru

^cviz Semináře, str. 20, příklad 60

Železo

Latinsky: ferrum

Anglicky: iron

Řecky: σίδηρο [sidero]

Železo v lidském těle

- esenciální mikroprvek
- v lidském těle je cca 4-5 g železa
- nejvíce Fe je v hemoglobinu (60-85 %; krev), myoglobinu (10 %; svaly) a ferritinu (10 %; játra)
- **železo je těle vždy vázáno na bílkoviny (hemové a nehemové)**

**volné ionty Fe^{2+}
jsou toxické !**

Hemové proteiny

Protein	Redoxní stav Fe	Funkce
Hemoglobin	Fe^{2+}	transport O_2 v krvi
Myoglobin	Fe^{2+}	zásoba O_2 ve svalu
Katalasa	Fe^{3+}	rozklad H_2O_2
Peroxidasa	Fe^{3+}	rozklad peroxidů
Cytochromy	$\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$	složky dých. řetězce
Cytochrom P-450	$\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$	hydroxylační systém

Nehemové proteiny

Protein	Redoxní stav Fe	Funkce
Transferrin	Fe^{3+}	transport Fe v plazmě
Ferritin	Fe^{3+}	zásoba Fe v buňkách
Hemosiderin	Fe^{3+}	zásoba Fe v buňkách
Fe-S proteiny	$\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$	složky dých. řetězce

Zdroje Fe v potravě

Živočišné

- krev (vepřová, kachní)
- jelita, krvavá tlačěnka
- játra, játrová paštika
- červené maso
- využitelnost ~ 20 %

Rostlinné

- luštěniny
- ořechy
- švestky
- meruňky
- využitelnost ~ 10 %

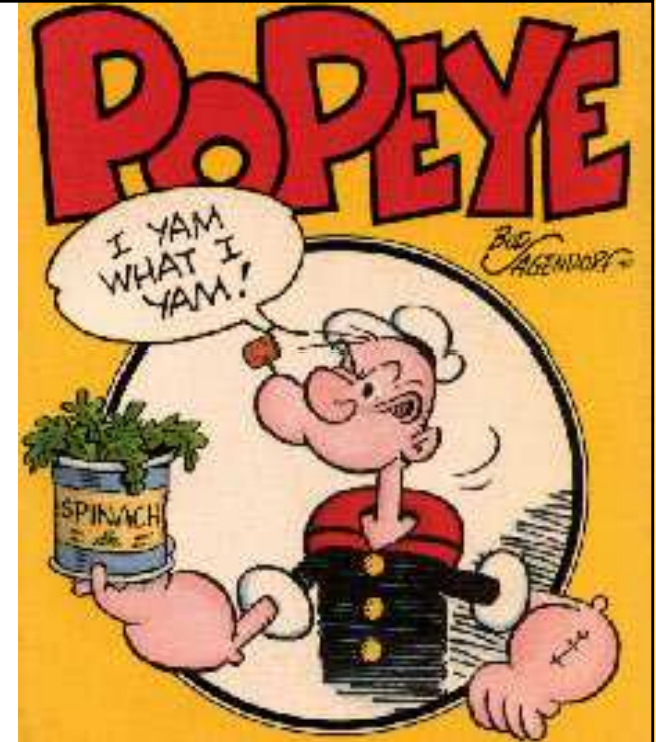
Resorpce železa ve střevě

- **výhradně jako Fe^{2+}**
- nutná přítomnost askorbátu (vit. C),
 Fe^{3+} se redukuje na Fe^{2+}
- denní příjem 10-30 mg
- potřeba 1 mg (muži), 2 mg (ženy)
- **resorpci omezuje:** taniny, polyfenoly (čaj), fytáty, kys. šťavelová (špenát), nadbytek vlákniny (vegetariáni)

Mýtus a fakta o špenátu (*Spinacia oleracea*)

Mýtus z roku 1929:

- špenát je vynikajícím zdrojem železa a dodává velkou sílu (Popeye the Sailor)

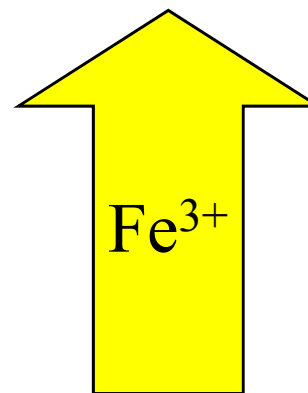
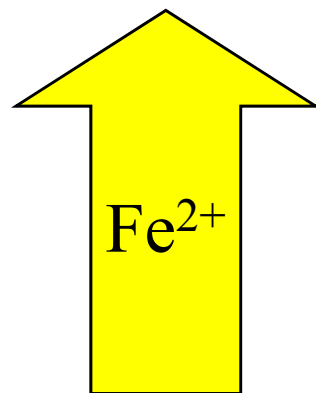


Fakta:

- špenát objektivně obsahuje hodně železa, vázaného na Fe-S protein ferredoxin
- špenát obsahuje hodně šťavelové kyseliny \Rightarrow při vaření vzniká nerozpustný oxalát železnatý/železitý, který se ve střevě neresorbuje \Rightarrow železo je prakticky nevyužitelné

Latinské názvy solí

ferrosi × ferri



Srovnejte a rozlišujte latinské názvy

ferrosi sulfas



ferri sulfas



ferrosi sulfis



ferri sulfis



Soli železa užívané k suplementaci při sideropenii

Perorálně

- soli Fe^{2+}
- síran železnatý
(ferrosi sulfas)
- fumarát železnatý
(ferrosi fumaras)
- glukonát železnatý
(ferrosi gluconas)

Parenterálně

- soli Fe^{3+}
- ferri citras
- **nutná velká opatrnost (!)**,
organismus nemůže
eliminovat injekčně
aplikované železo

Nitroprusid sodný $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$

pentakyanonitrosylželezitan disodný

Analytické činidlo

- důkaz ketolátek
v moči
- diagnost. proužky
Ketophan
- viz praktická cvičení,
str. 31

Léčivo

- natrii nitroprussias
- uvolňuje NO
- vazodilatant
- okamžitý účinek
- nitrožilní infuze

Halogeny

Fluor

Chlor

Brom

Jod

Latinsky:

fluorum

chlorum

bromum

iodum

Anglicky:

fluorine

chlorine

bromine

iodine

Řecky:

φθόριο

χλώριο

βρόμιο

ιώδιο

Halogeny v přírodě

Fluor	minerály: kazivec CaF_2 , fluorapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
Chlor	NaCl (halit), mořská voda (~ 3 %), slaná jezera (až 25 %) Mrtvé moře (IL, IOR), Great Salt Lake (USA)
Brom	mořská voda
Jod	mořská voda, mořské řasy

Halogeny v lidském těle

Fluor	kosti, zuby (fluorapatit)
Chlor	Cl ⁻ je hlavní anion ECT, HCl v žaludku (H ⁺ pochází z H ₂ CO ₃ , Cl ⁻ z plazmy)
Brom	stopy
Jod	štítná žláza (thyroxin, jodované thyroniny)

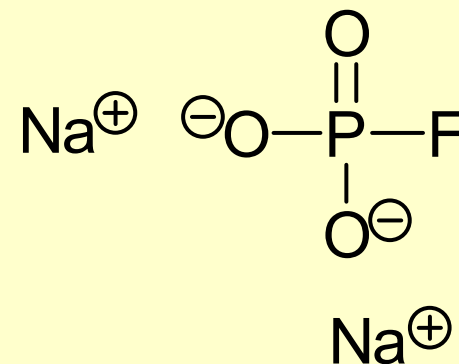
Halogeny v potravinách

Fluor	voda (vodovodní, minerální), mořské ryby, černý čaj (<i>Camellia sinensis</i>) - extrakce 3-5 min.
Chlor	sůl kuchyňská, slané potraviny, slané minerálky
Brom	mořské produkty (ryby, řasy, korýši, hlavonožci)
Jod	mořské produkty, jodovaná sůl, Vincentka*

* viz Semináře str. 9, příklad 32

Vybrané sloučeniny fluoru

- **Fluorid sodný** NaF (natrii fluoridum)
tablety (Rp.) – proylaxe zubního kazu u dětí,
zubní pasty, ústní vody, dental floss
- **Fluorofosfát sodný** Na₂PO₃F (dinatrii fluorophosphas)
zdroj fluoru v zubních pastách apod.,
léčba osteoporózy



NaCl v lékařství

Fyziologický roztok NaCl (natrii chloridi solutio): **154 mmol/l** (0,9 %)

Osmolarita fyziol. roztoku: $i \cdot c = 2 \cdot 154 = 308 \text{ mmol/l}$

Použití: doplnění sodíku a/nebo vody, chirurgické zákroky, výplachy dutiny břišní, čištění kožních ran a vředů, nosný roztok pro jiná léčiva, práce s živočišnými buňkami a tkáněmi

Osmolalita krevní plazmy:

$280\text{-}295 \text{ mmol/kg H}_2\text{O} \approx 2 [\text{Na}^+] + [\text{glukosa}] + [\text{urea}]$

Srovnajte koncentrace iontů (mmol/l)

Krevní plazma	
Na ⁺	Cl ⁻
133-150	97-108

Fyziol. roztok NaCl	
Na ⁺	Cl ⁻
154	154



Tzv. fyziologický roztok NaCl má nefyziologicky vysokou koncentraci chloridových aniontů !!

Bilance chloridů

- Běžný denní příjem potravou: 5-12 g NaCl
- **Ztráta chloridů**: zvracení, narušena acidobazická rovnováha v ECT \Rightarrow zvýšená koncentrace $\text{HCO}_3^- \Rightarrow$ alkalóza
- **Nadměrný příjem chloridů**: infuze fyziol. roztoku, narušena acidobazická rovnováha v ECT \Rightarrow snížená koncentrace $\text{HCO}_3^- \Rightarrow$ acidóza

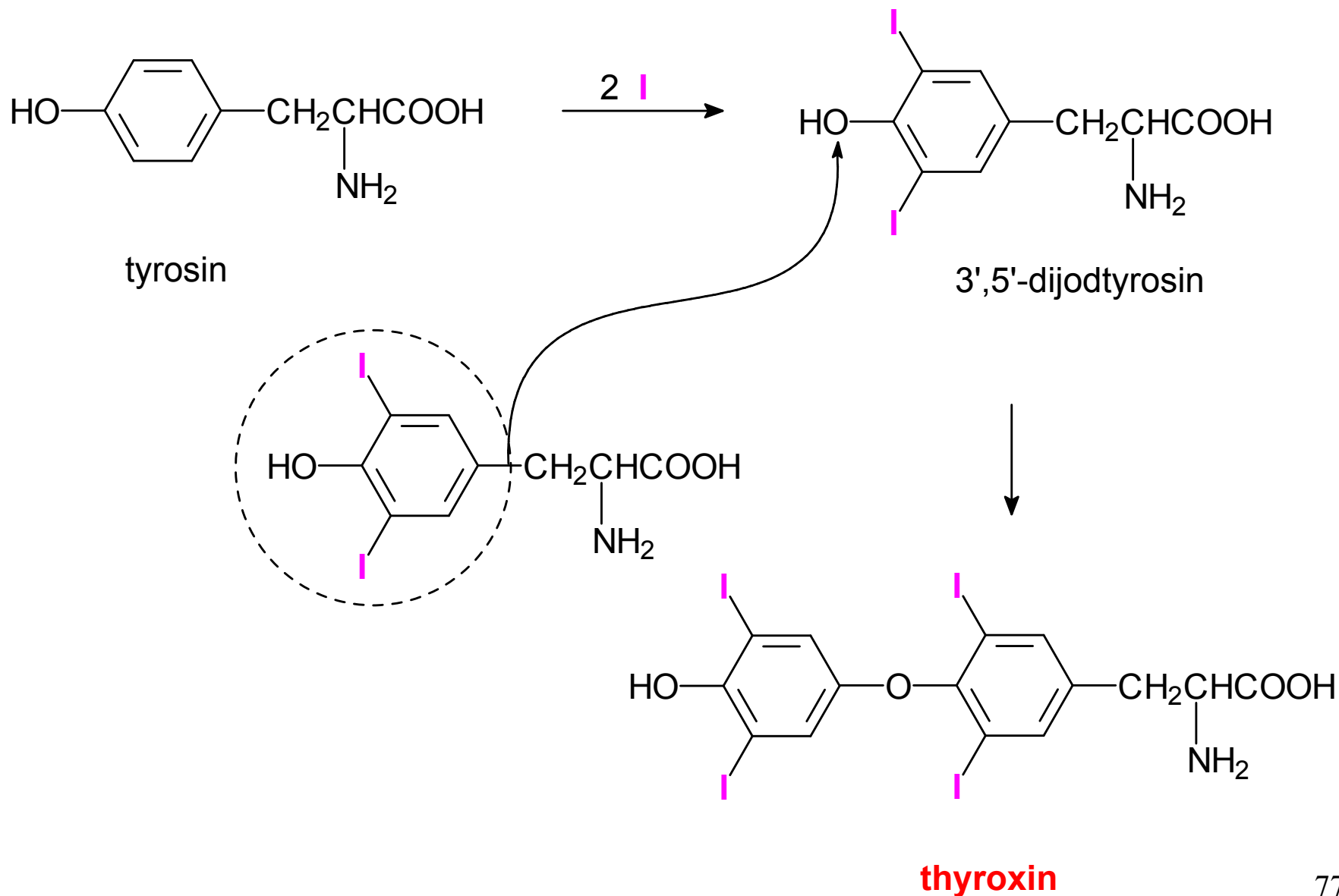
HCl se tvoří v žaludku

- acidum hydrochloricum, silná kyselina
- H^+ pochází z H_2CO_3 (parietální buňky), Cl^- z ECT
- koncentrace $\sim 0,1$ mol/l, **pH 1-2**
- baktericidní účinek
- denaturace bílkovin – napomáhá trávení
- aktivace pepsinu (pepsinogen \rightarrow pepsin)
- nedostatečná i nadměrná sekrece HCl jsou patologické stavy

Biochemický význam jodu

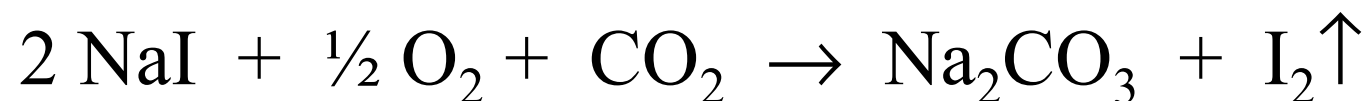
- esenciální mikroprvek
- denní dávka jodu: 150-300 μg
- nutný k tvorbě jodovaných thyroninů, aminokyseliny thyroxin, trijodthyronin - nezbytné pro zdárný vývoj organismu

Přeměna tyrosinu na thyroxin



Jodace soli

- 35 mg I / kg soli (od roku 1946)
- **jodid sodný** NaI, jodid draselný KI, nevýhoda: málo stabilní, při zvlhnutí - oxidace kyslíkem a následná sublimace elementárního jodu:



- **jodičnan sodný** NaIO₃ – dlouhodobě stabilní
- **Pozor:** velkoodběratelé používají většinou nejodovanou sůl (pečivo, uzeniny apod.)

Elementární jod jako léčivo

- **Výhody:**
mohutný baktericidní, antimykotický,
protivirový účinek
- **Nevýhody:**
značný alergizační potenciál
opatrnost u chorob štítné žlázy (!)
pouze krátkodobé aplikace

Roztoky elementárního jodu

Jod je nepolární, nerozpustný ve vodě, rozp. v org. rozpouštědlech

Roztok	Latinský název	Složení
Jodová tinktura	tinctura iodi	$I_2 + \text{ethanol}$
Lugolův roztok	solutio iodi aquosa	$I_2 + KI + H_2O$
Jodovaný povidon ^a	sol. povidoni iodinati	$I_2 + \text{povidon}^b + H_2O$

^aKomerční přípravky: Jodisol, Betadine, Jox

^bSyntetický polymer **polyvinylpyrrolidon**

