

# Inovace studia molekulární a buněčné biologie reg. č. CZ.1.07/2.2.00/07.0354

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# LRR/CHPB2

## Chemie pro biology 2

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Biogenní prvky

Lucie Szüčová

ce do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

**Osnova:** makro a mikrobiogenní prvky, stopové prvky, jejich fce a výskyt v přírodě

**Klíčová slova:** biogenní prvky, uhlík, vodík, kyslík, železo, jód, měď

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Otázky před přednáškou:

- 1) Co jsou to biogenní prvky?
- 2) Jaký je význam železa pro savce?
- 3) Jaký je význam hořčíku pro rostliny?



Investice do rozvoje vzdělávání

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Biogenní prvky

ze všech známých 92 prvků přibližně 25 prvků nezbytně nutných pro život

uhlík (C), kyslík (O), vodík (H) a dusík (N) 96% živé hmoty

fosfor (P), síra (S), vápník (Ca), draslík (K), sodík (Na), chlor (Cl), hořčík (Mg) tvoří dohromady necelá 3% živé hmoty

Dále také známe prvky, jako je například Cu, Zn, Mn, Fe, které tvoří méně než 1% živé hmoty, ale jejich výskyt v organismech je pro život nezbytný

zelené rostliny: ve formě jednoduchých anorganických sloučenin

např. živočichům nestačí jakákoliv sloučenina síry, ale potřebují jednotlivé hotové organické sloučeniny, které obsahují síru: aminokyseliny (např. methionin, cystein)

Investice do rozvoje vzdělávání



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Makro a mikrobiogenní prvky

**A) makrobiogenní:** C, O, H, N, S, K, P, Mg, Ca, Cl, Na, Fe  
tvoří více než 99% hmotnosti živých organismů a jsou pro život nezbytné  
uhlík je základní stavební prvek všech živých organismů

**B) mikrobiogenní (stopové),** v organismu jen stopové množství: Cu, Zn, Mn, Mo, Cr, B, Co, F, I, Se, Si, V (ve formě iontů)

ve velkém množství jsou pro organismy toxické

nezbytné pro enzymatické a katalytické děje

některé stopové prvky jsou nutné pro všechny organismy (Fe), jiné jen pro určité druhy (jód u obratlovců)

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Základní stavební prvek: uhlík

základní stavební prvek živé  
hmoty  
uhlík může tvořit vazby C-C, tzn.  
vytváří řetězce a kruhy

4 elektrony v poslední slupce  
mohou vytvářet  
4 kovalentní vazby

celá řada funkčních skupin může  
přispívat k rozmanitosti života

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

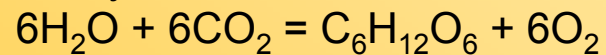
*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



# Vodík (H)

- tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru 75% (hvězdy)
- hlavní součástí vody (stejně jako O) a voda je nezbytná pro život
- voda tvoří 70% lidského těla a je prostředníkem velkého množství chemických reakcí
- ve všech uhlovodících a jejich derivátech
- součástí uhlohydrátů tvořících živé organismy

•voda je nezbytná pro fotosyntézu:



•v chloroplastech některých organismů může vznikat za specifických podmínek  $\text{H}_2$  (*Chlamydomonas reinhardtii*) – zelená řasa, pouze v anaerobních podmínkách! (enzym hydrogenáza), předmětem výzkumu

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Kyslík (O)

- dýchání (nezbytný pro život aerobních organismů)
- atom kyslíku je stavební jednotkou vody
- součástí proteinů, tuků, karbohydrátů (organické sloučeniny)
- schránky měkkýšů, zuby (anorganické sloučeniny)
- produkován rostlinami a řasami při fotosyntéze
- spotřebováván při dýchání

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Dusík (N)

- součástí proteinů (aminokyselin) a nukleových kyselin (báze)
- některé bakterie jsou schopny vázat přímo atmosférický dusík (hlízkové bakterie = na dusičnany)
- rostliny jako dusičnany nebo  $\text{NH}_4^+$  z půdy
- u řady vodních organismů se projevuje tzv. eutrofizace vod (N, P, přemnožení sinic, toxiny)
- některé mořské ryby obsahují trimethylammin oxid jako ochranu před osmotickými jevy (konverze na dimethylamin je zodpovědná za tzv. rybí zápach)

Investice do rozvoje vzdělávání



Metabolismus dusíku vázaného v proteinech a nukleových kyselinách živočichů končí exkrecí močoviny a kyseliny močové

- charakteristický zápach rozkladu masa způsoben aminy jako jsou putrescin a kadaverin

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Vápník, $\text{Ca}^{2+}$

základní součástí kostí a zubů (99%), ale i ve svalech, krvi (1%)  
udržuje pravidelný srdeční tep

využití  $\text{Ca}^{2+}$  v těle řídí některé hormony štítné žlázy a příštítných  
tělísek

u dětí spolu s vitamínem D brání křivici (rachitis)  
u starších lidí: nedostatkem pohybu a nedostatečným příjmem Ca  
vzniká osteoporóza (řídnutí kostí), osteomalacie (měknutí kostí, u  
nás se již téměř nevyskytuje)

$\text{Ca}^{2+}$  ionty jsou mezibuněčnými messengery v celé  
řadě eukaryotických signálních drah

$\text{Ca}^{2+}$  ionty jsou přenášeny pomocí tzv.  
ionoforů, jako je například ionomycin, tyto  
ionofory mohou vázané ionty přenášet přes  
lipidovou membránu do buněk a organel

anorganicky vázaný vápník je součástí  
schránek těl korýšů a dalších organismů

Investice do rozvoje vzdělávání



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Fosfor, $\text{PO}_4^{3-}$

v organismech se vyskytuje v pětimocné formě, jako fosforečnan (fosfát)

Fosfor se nachází v ATP (jako mono-, di- a trifosfát adenosinu), kde je v něm prostřednictvím makroergických vazeb uložena značná energie, která se uvolňuje hydrolyticky

Fosfát se také nachází v nukleových kyselinách (DNA, RNA)

Dále v buněčných membránách (fosfátová skupina jako součást fosfolipidů)

rostliny přijímají fosfor ve formě aniontů  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a  $\text{HPO}_4^{2-}$  a to zpravidla z půdy

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Sodík, Na<sup>+</sup>

Zásadní význam pro metabolismus živočišných buněk  
(v rostlinách je sodíku naprosté minimum)

Na<sup>+</sup> je nejdůležitějším extracelulárním kationtem, má  
význam při udržování osmotického tlaku

odpovědný za celkový obsah vody v těle savců,  
správnou funkci srdce, regulaci krve a krevních  
tekutin, přenos nervových vzruchů

prostupuje tzv. „**iontovými kanály**“ což jsou **pasivní**  
iontové transportní mechanismy (skrže membrány je  
takto přenášen Na<sup>+</sup> do buňky)  
**batrachotoxin**, jed šípových žáb však například  
zvyšuje mnohonásobně prostupnost iontovým  
kanálem a v tom spočívá jeho aktivita

v iontových pumpách (**aktivní** transport) Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-  
ATPáza, hlavní komponenta Na/K pumpy ( „pumpuje“  
Na<sup>+</sup> z buňky)  
(**digitoxin** z rostliny *Digitalis* vede k inhibici tohoto  
enzymu a nárůstu koncentrace Na<sup>+</sup> v srdečním svalu,  
což má za následek jeho zvýšenou aktivitu) –  
nepumpuje se pryč a zůstává v buňce

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

**Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.**



# Draslík, K<sup>+</sup>

udržuje svalový tonus: buňky, nervy a svaly savců by bez draslíku nemohly správně pracovat

rovnováha tekutin a elektrolytů v buňkách a tkáních a to jak živočichů, tak rostlin

nezbytný pro šíření nervových vzruchů u savců

u člověka: odstraňuje únavu a pomáhá snášet vysoké klimatické teploty, je přirozeným diuretikem a snižuje krevní tlak

U rostlin ovlivňuje příjem jiných iontů, jako např. Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> anebo Mg<sup>2+</sup> ale stimuluje příjem fosfátů, dusičnanů apod.

Dále u rostlin podporuje otevírání stomat, při osvětlení se kumuluje ve svěracích buňkách průduchů a naopak za tmy jej ubývá.

K<sup>+</sup> ionty jsou aktivátory více než 60 enzymů, které se účastní procesů, jako je glykolýza, cyklus kyseliny citronové, redukce nitrátu, utilizace energie

Investice do rozvoje vzdělávání



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Síra, S

Některé sírné bakterie tzv. „dýchají síru“ místo kyslíku – tyto bakterie převádějí (redukují) elementární síru na  $\text{H}_2\text{S}$  nebo na jiné sulfidy (zkažená vajíčka)

absorbována rostlinami z půdy jako sulfát  $\text{SO}_4^{2-}$  a redukována na sulfid  $\text{S}^{2-}$  před inkorporací do molekuly cysteinu nebo methioninu: jediná možnost, jak síru mohou přijímat savci a dále ji zpracovávat

Síra se vyskytuje v prosthetických skupinách enzymů: tvoří např. S-S můstek v  $\text{Cu}_A$  vazebném místě enzymu cytochrom c-oxidázy (dýchání, mitochondrie)

S-S vazby (disulfidické vazby) mezi cysteinovými zbytky v peptidech (proteinová struktura) – vlasy, peří, srst-  
nestravitelnost, zápach při hoření

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



# Hořčík, $Mg^{2+}$

globální význam hořčíku je dán jeho výskytem v molekule chlorofylu

Má zásadní význam při přeměně sluneční energie na energii chemických vazeb sacharidů prostřednictvím fotosyntézy z  $CO_2$  a vody

zelené zbarvení rostlin je způsobeno právě přítomností chlorofylu (nejsilněji absorbuje červené a modré světlo)

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Železo, $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$

v lidském těle asi 4-5 g železa ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ )

65-70 % se nachází v hemoglobinu ( $\text{Fe}^{2+}$ )

3-4 % v myoglobinu

asi 1 % v enzymech (cytochromy, cytochromoxidáza, peroxidáza)

0,1 % je tzv. transportní železo (transferin)

15-30 % připadá na zásobní železo, které je vázáno na bílkoviny (ferritin, hemosiderin)

**hemoglobin:** nezbytná sloučenina pro dýchání – přenos kyslíku (porfyrinový skelet složený ze čtyřech pyrolových jader) : v krvinkách

Otrava CO: váže se na Fe místo  $\text{O}_2$  s větší afinitou

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Kofaktor enzymu

- nízkomolekulová neaminokyselinová struktura, která spolu s řetězcem (nebo řetězci) aminokyselin (tedy s bílkovinou) tvoří tzv. složené enzymy. Kofaktory jsou nezbytně nutné pro funkci daného enzymu, bez kofaktoru nemá tento enzym žádnou aktivitu
- jejich fcí je například přenos atomů, nebo elektronů při chemické reakci, která je enzymem katalyzována
- je-li kofaktor pevně vázán na bílkovinnou složku: prostetická skupina

Investice do rozvoje vzdělávání



MS  
MT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Měď, $\text{Cu}^{2+}$

v řadě enzymů vyšších živočichů nezbytné pro životní pochody (metabolismus sacharidů, vytváření kostní hmoty a krevtvorby, fungování nervového systému), distribuována v plazmě prostřednictvím proteinu ceruloplasminu

Pozor! Na nižší organismy působí  $\text{Cu}^{2+}$  jako silný jed!(protiplísňové prostředky)

$\text{Cu}^{2+}$  centrálním kovem hemocyaninu, který u některých měkkýšů a členovců (krabi) funguje jako přenašeč kyslíku – analogie k hemoglobinu u teplokrevných živočichů

U lidí se vyskytuje zhruba 1.2 mg  $\text{Cu}^{2+}$

nedostatek mědi: anémie, ztráta pigmentů a vypadávání vlasů

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Kobalt, $\text{Co}^{2+}$

jako  $\text{Co}^{2+}$  součástí vitamínu B12 (kyanocobalamin), který je nezbytný pro správnou funkci krvetvorby savců, podílí se na syntéze DNA a ATP a je nezbytný pro správnou funkci nervového systému člověka

v kofaktorech enzymů jako například methionylaminopeptidasa 2 (na obrázku) anebo nitryl hydratasa

Distribuce kobaltu v rostlinách závisí na rostlinném druhu: děje se tak odlišně, ale především je kobalt ve formě komplexní sloučeniny

V rostlinách má v přiměřené míře pravděpodobně vliv na formaci chlorofylu b, ve velké míře (za optimem) je pro rostlinu toxický, protože inhibuje aktivní transport

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Chrom, Cr<sup>3+</sup>

- záleží na ox. stavu! Jako Cr<sup>3+</sup> biogenní prvek, jako Cr<sup>6+</sup> potenciální karcinogen!
- Cr<sup>3+</sup> důl. role v metabolismu cukrů a tuků, stabilizuje hladinu krevního cukru, tlumí chuť na sladké, stimuluje účinek inzulínu
- prodáváný doplněk stravy: jako pikolinát chromitý, DDD: 0,1 mg (kontrola tělesné hmotnosti)
- obsažen v celozrnných obilninách, bramborách, švestkách, ořechách, „plodech moře“

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Bór (B)

- Ultramikroelement
- nezbytný pro vývoj rostlin (zejména pro integritu buněčné stěny, v přemíře v půdě však toxický (nekróza listů))
- jistě nezbytný i pro vývoj savců, ale je toho málo známo
- přirozeně se vyskytuje ve všech rostlinách
- vyskytuje se v přírodním antibiotiku boromycinu (izolován ze *Streptomyces*)

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Vanad (V)

- obsažen v řadě enzymů
- v bakteriích, schopných fixace dusíku
- v některých mořských organismech v enzymech vázajících vanad (není jasné, proč akumulují tento kov) – snad proto aby znásobili svou toxicitu pro predátory, parazity a mikroorganismy (100 x více v než v okolní mořské vodě, některé druhy i více)
- vanabiny (analogie k hemoglobinu a hemocyyaninu zřejmě ne)
- v mořských okurkách (sumýši) (10% krevního pigmentu) (žlutá barva krve) – dodnes pochybnosti o vanabinu jako přenašeči kyslíku

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



# Mangan (Mn)

- kofaktory mnoha enzymů, jako jsou některé oxidoreduktázy, transferázy, hydrolázy, lyázy, izomerázy, ligázy, lektiny a integriny
- také v reverzní transkriptáze retrovirů
- polypeptidy (argináza, dipteriatoxin, Mn obsahující superoxid dismutáza (Mn-SOD) – v eukaryotních mitochondriích, bakteriích
- 10 mg Mn, který obsahuje lidské tělo, uložen v ledvinách a játrech
- u rostlin: se uplatňuje při fotosyntéze v chloroplastech (produkce kyslíku)
- zdroj: celozrnný chléb, neloupaná rýže, ořechy
- DDD: 1.4 mg

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Molybden (Mo)

v rostlinách: fixace dusíku (heteroatom aktivního místa enzymu v posledním kroku)

u živočichů a v lidském těle: aktivně v řadě enzymů (20) (heteroatom aktivního místa), jako např. aldehyd oxidáza, xantin oxidáza

enzymů účastných v metabolismu železa a detoxikaci sulfidů (sulfidoxidáza)

prevence zubního kazu a jeho přítomnost zvyšuje tvrdost zubní skloviny

nedostatek vede k anémii, přispívá k zvýšenému výskytu záchvatů astmatu, zvýšené kazivosti zubů a zhoršení ochrany proti infekci močového měchýře, depresi

v 70 kg lidském těle je asi 9.3 mg Mo

hlavním přirozeným zdrojem molybdenu v potravě jsou luštěniny, celozrnné pečivo a listová zelenina, játra (DDD: 50-400 mikrogramů)

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Zinek, Zn<sup>2+</sup>

klíčový faktor pro funkci prostaty a reprodukčních orgánů (nedostatek může vést ke zbytnění prostaty)

podílí se na schopnosti těla „číst“ genetickou informaci

součástí prostatických skupin tisíců proteinů v lidském těle (např. typu „zinc finger“)

součástí enzymu odbourávajícího alkohol

důležitý pro imunitní systém

Zn(II) ionty považovány za *neurotransmitery* (tuto signalizaci používají buňky prostaty, imunitního systému, střev a slinných žláz)

Zdroj: korýši, ústřice, obilniny, maso, slunečnicová semínka

DDD: 8-9 mg denně

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

# Jód, I<sup>-</sup>

součástí thyroidních hormonů: tyroxinu (T4) a triiodothyroninu (T3)

je zásobně uložen v těle v proteinu thyroglobulinu

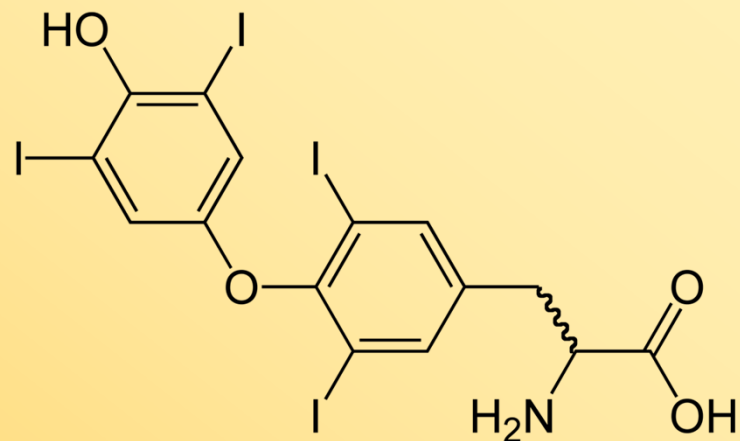
štítná žláza absorbuje uvolněný jód přímo z krve a do krve uvolňuje oba hormony T4 a T3

oba hormony regulují bazální metabolismus a růst (děti)

DDD je 150 microg/den

obsažen v mořské vodě, řasách, mořských plodech, rybách  
(I<sup>-</sup>), sůl obohacená jodem

nedostatek jódu: zbytnění štítné žlázy (struma)



# Selen (Se)

nezbytný prvek pro správnou funkci srdce  
snižuje nebezpečí tvorby sraženin – trombů  
významný antioxidant, součástí enzymu  
glutathionperoxidázy (chrání tělesné tkáně před  
poškozením volnými radikály)  
v živých organismech jako dimethyl selenid,  
selenomethionin, selenocystein (analoga methioninu a  
cysteinu)  
sulfid seleničitý se používá jako součást šampónů proti  
lupům (zabíjí houbu způsobující lupy)

Čína: kešanská nemoc (endemická v některých  
oblastech) nedostatek selenu: srdeční selhání  
malých dětí

Přirozený výskyt: vnitřnosti, maso, ryby, korýši,  
měkkýši, mléčné výrobky (máslo), citrusové  
plody, avokádo, celozrnné obilniny

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Důležité izotopy

všechny atomy stejného prvku mají stejný počet protonů a jiný počet neutronů – izotopy ( $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ )

v přírodě: směsi izotopů ( $^{12}\text{C}$  (99%),  $^{13}\text{C}$  (1%) a  $^{14}\text{C}$  (st.)

účinné aplikace v biologii: určování stáří fosilií ( $^{14}\text{C}$ ) sledování metabolismu org. ( $^3\text{H}$ ) izotopy se liší hmotností ale mají stejné chemické chování

standards při MS ( $^2\text{H}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) NMR ( $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{195}\text{Pt}$ )

Izotopy používané v nukleární medicíně:  $^{131}\text{I}$  a  $^{32}\text{P}$  se užívají jako radioizotopy v nádorové terapii (jód při nádorech štítné žlázy, fosfor při abnormální produkci červených krvinek kostní dřeně), novinka  $^{10}\text{B}$ , který se kumuluje v nádorové tkáni,  $^{60}\text{Co}$  se používá k ozařování nádorů,  $^{62}\text{Cu}$ ,  $^{18}\text{F}$  se používá jako zobrazovací značka v tzv. pozitronové emisní tomografii (PET)

Investice do rozvoje vzdělávání



*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*

# Děkuji Vám za pozornost

**Investice do rozvoje vzdělávání**



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*