

Biochemie 4

Významné prvky

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.

Ústav preventivního lékařství

3. října 2008

Anorganické sloučeniny dusíku

Amoniak představuje odpadní produkt při degradaci aminokyselin, u obratlovců je detoxikován na močovinu. Je indikátorem fekálního znečištění vody, případně hnití masa. Z *oxidů dusíku* mají největší význam *oxid dusnatý*, který je mediátorem některých vzruchů v nervové tkáni a hladkém svalstvu, sloučeniny, které ho uvolňují se užívají v léčbě ischemií. *Oxid dusný* má narkotické účinky „rajský plyn“. *Dusitany* mají schopnost vazby na hemoglobin za vzniku relativně stálého *methemoglobinu*, který nepřenáší kyslík. Novorozenci a mladší kojenci jsou citlivější (obsah fetálního hemoglobinu v krvi), proto je v kojenecké vodě limit výrazně přísnější. *Dusičnany* se mohou v GIT redukovat na dusitany a vyvolat stejný efekt, ale redukuje se jich pouze cca 10%, proto je jejich limit ve vodě a potravinách vyšší.

Fosfor

Elementární fosfor (bílá forma) je silně jedovatý.

Fosforečnany se podílí na pufrování pH krve, jsou součástí pevných tkání. V zemědělství se využívají jako součást hnojiv. Komplexní soli, metafosfáty, výrazně zvyšují rozpustnost některých látek ve vodě, byly proto součástí pracích prostředků, ale i fotochemikálií apod. Jejich přechod do odpadních vod (projdou standardní čističkou) vede k *eutrofizaci vod*, která se projevuje explozivním množením řas a sinic v letním období.

Kyslík

Charakteristika 1

Kyslík je nezbytnou součástí řady organických sloučenin. Nejrozšířenější sloučeniny kyslíku v přírodě jsou oxidy mnoha prvků, případně od nich dále odvozené sloučeniny. Běžně se vyskytuje ve dvouatomových molekulách O_2 , působením UV záření vzniká v atmosféře též ozón O_3 , při rozkladu některých sloučenin (ozón, peroxidy) vzniká atomární „kyslík ve stavu zrodu“, který je nejreaktivnější formou kyslíku.

Kyslíková atmosféra na Zemi vznikla působením fotosyntetizujících mikroorganismů, především sinic. „Otrávení“ atmosféry kyslíkem vedlo k vyhynutí řady tehdy dominujících mikroorganismů, jiné se stejnými vlastnostmi se udržují v pro nás exotických ekologických nikách (hluboké geologické vrstvy, horké prameny, bahno pode dnem moří, ale i některé patrie GIT živočichů, vč. člověka).

Charakteristika 2

Na oxidaci, hoření, pohlížíme běžně jako na „energetickou přeměnu paliva“ a zapomínáme na to, že zcela ekvivalentním donorem energie je kyslík, a že je též do určité míry „fosilní palivo“.

Chemik, pracující na Tritonu (největší měsíc planety Neptun), který má atmosféru z metanu, by měl u kahanu bombu s kyslíkem, který by „hořel“ v metanové atmosféře.

Existence kyslíkové atmosféry umožnila vznik organismů s vyšším obratem energie, což je předpokladem i pro větší tělo a větší nervovou soustavu.

Nestabilní sloučeniny kyslíku užívají některé organismy k likvidaci nežádoucích konkurentů nebo parazitů (včetně likvidace bakterií imunitním systémem člověka). Některé skupiny si vytvořily i zvláštní užití, např. brouci skupiny prskavců užívají reakce peroxidu vodíku s chinony za vzniku plynného kyslíku, který natlakuje prostor v jejich zadečku a vystříkne reagující směs na predátora.

Sloučeniny kyslíku

Voda

Nejdůležitější sloučenina z hlediska pozemského života, základ tělesných tekutin a prostředí pro většinu biochemických reakcí.

Peroxid vodíku

Nestabilní sloučenina H-O-O-H. Snadno uvolňuje atomární kyslík.

Kyslíkové radikály

Kyslíkový radikál -O_2^- vzniká v organismu při metabolizaci kyslíku. Fentonovou reakcí předchozího s peroxidem vodíku vzniká radikál -OH . Oba jsou schopny reagovat s dalšími molekulami v těle na řadu nežádoucích sloučenin a přispívat k tzv. oxidačnímu stresu. Mohou mj. poškozovat DNA.

Antioxidanty

Antioxidanty jsou schopné volné radikály navázat a zneškodnit. Rozdělujeme je na **lipofilní**, mezi které patří z látek v potravě tokoferol (vitamín E), β -karoten, lykopen, vitamín A, k nim se připojuje endogenní ubichinol (koenzym Q), a **hydrofilní**, mezi které patří z potravy vitamin C a flavonoidy, organismus si vytváří lipoát, urát a glutathion. Z **prvků** mají antioxidační účinky selen a zinek.

Síra

Síra se v přírodě vyskytuje jako prvek i v řadě sloučenin, především sulfátech a sulfidech. Je důležitou součástí všech bílkovin a pojivových tkání.

Sloučeniny síry

Sulfan je silně jedovatý a páchne po zkažených vejcích. *Oxid siřičitý* je významnou složkou emisí, dávajících vznik kyselým dešťům. *Soli kyseliny sírové* se vyskytují v anorganické přírodě a mají využití i ve zdravotnictví.

Selen

Selen je esenciální mikroprvek s „Janusovskou tváří“. Většina jeho sloučenin patří mezi zvláště nebezpečné jedy a mnohé z nich jsou též karcinogenní. Na druhé straně je esenciální a v organismu je využíván ve sloučeninách odstraňujících volné radikály, těžké kovy a další nežádoucí toxické látky; při jeho nedostatku pak mj. roste riziko vzniku rakoviny.

Do člověka se dostává prostřednictvím potravin, do nich z půdního podloží. Nejlépe využitelné jsou selenové analogy cysteinu a methioninu. Vznikají činností bakterií, případně dalších organismů.

Potřeba selenu je $60 - 80 \mu\text{g}\cdot\text{den}^{-1}$, v případě nedostatku se suplementuje seleničnanem sodným nebo selenanem sodným.

Halogeny 1

Fluor

Fluor se vyskytuje především ve tvrdých tkáních (zuby, kosti). Vyskytuje se v kvalitní pitné vodě, některých minerálkách (Mattoni, Poděbradka – obsahují 3 – 5násobek doporučené denní dávky v litru), mořské ryby, černý čaj (krátce vyluhovaný). Fluorid sodný se používá k suplementaci F

Chlor

Chlor se vyskytuje ve formě chloridů, je důležitým iontem intra- i extracelulárních kapalin, kyselina chlorovodíková se účastní trávení. *Kyselina chlorná* HClO a její soli se užívají jako oxidační desinfekční prostředky (Savo).

Brom

Vyskytuje se především v mořských řasách, na rozdíl od předchozích dvou je za pokojové teploty kapalný, je silně leptavý a jedovatý. Jeho biologický význam je nejasný.

Halogeny 2

Jod

Jod se získává z některých mineralizovaných vod a z mořských řas. Je významnou složkou hormonů štítné žlázy. Jeho přirozenými zdroji jsou ryby (mořské víc), mléko a mléčné výrobky, prostřednictvím jodidované soli také masné polotovary a uzeniny, případně pečivo. Samotná jodidovaná sůl (ve slánci na stole) odpovídá jen asi 15 % příjmu soli, tedy i jodu.

Jodová tinktura je roztok jodu v lihu, používá se jako desinfekční prostředek. *Lugolův roztok* obchází malou rozpustnost jodu ve vodě přidávkem KI, vznikají ionty J_n^- , které už ve vodě disociují. Užití je v ORL a mikrobiologii. Moderní přípravky obsahují *povidon*, polymer, vázající na sebe jod (Jodisol, Betadine). *Jodid draselný* se užívá k suplementaci jodu při strumě. *Jodid sodný* a *jodičnan sodný* se přidávají ke kuchyňské soli, druhý z nich je stabilnější.

Železo

Lidské tělo obsahuje 4 – 5 g železa, především v krvi a svalech. Sloučeniny železa jsou využívány k:

- Přenosu kyslíku (hemoglobin, myoglobin)
- Přenosu elektronu na dýchacím řetězci (cytochromy, Fe-S proteiny)
- Základ enzymů (kataláza)

Dále je železo přítomné ve *ferritinu* a *hemosiderinu*, které tvoří zásobní formu, a *transferrinu*, který je využíván k plazmatickému transportu Fe.

Organismus se železem hospodaří velice šetrně, protože biologicky dostupného Fe je v naší potravě chronický nedostatek od dob biologických předchůdců.

Hlavní zdroje Fe jsou maso, vnitřnosti a krev. Rostlinné zdroje mají podstatně horší využitelnost (přítomnost oxalátů a folátů), vyjma některých semen.

Měď

Měď je významným stopovým prvkem, je obsažena v některých enzymech a podílí se i na antioxidačních reakcích. Hlavním zdrojem jsou kakao, ořechy, celozrnné pečivo a luštěniny.

Ve větším množství je jedovatá. Existuje Wilsonova choroba, kdy na základě dědičné metabolické vady dochází ke kumulaci mědi v játrech a oční duhovce.

U některých skupin bezobratlých je měď využívána jako centrální atom krevního barviva, jejich krev je modrá.

Zinek

Zinek je důležitou součástí některých enzymů. Při jeho deficitu dochází ke zhoršení hojení ran i růstů buněk. Klesá i imunita. Vyskytuje se v červeném mase, luštěninách, slunečnicových a dýňových semínkách.

Oxid zinečnatý se používá jako součást zásypů, pudrů, mastí a past v kožním lékařství a kosmetice.

Kontaminující kovy

Řada kovů, které nemají jednoznačné užití v organismu, může do organismu vstupovat a kumulovat se v některých tkáních. V některých případech je to jev využitelný (rostliny jsou schopny „vytáhnout“ toxické kovy ze zeminy a řeší se až jejich popel; jindy je možné na základě analýzy popela rostlin z různých lokalit pátrat po ložiscích kovů).

Kumulují se i *radioaktivní prvky*. Zejména silnými kumulačními organismy jsou houby, půdní i patogenní.

U člověka se řada nežádoucích kovů kumuluje v tvrdých tkáních (kost, zuby), játrech a ledvinách. Arsen se kumuluje v kůži a kožních derivátech, podobně jako vismut a antimón. Kostí a zubů jsou výhodné z hlediska porovnání současné populace s populacemi minulých věků (kostnice apod.).