

Výskyt kadmia a mědi v potravinovém řetězci

Monika Matulová

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Monika MATULOVÁ**
Osobní číslo: **T07107**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Výskyt kadmia a mědi v potravinovém řetězci**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracovat literární rešerši o výskytu a významu rizikových prvků kadmia a mědi v potravinovém řetězci
2. Ze získaných informací sestavit skupinu rizikových potravin s ohledem na význam těchto prvků ve výživě člověka



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BARUŠ, V., TENORA, F., KRÁČMAR, S., PROKEŠ, M., DVOŘÁČEK, J. 1999. Microelement contents in males and females of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea). *Helminthologia*, 36, 4, 283 – 285.

[2] TENORA, F., KRÁČMAR, S., PROKEŠ, M., BARUŠ, V., SITKO, J. 2001. Heavy metal concentrations in tapeworms *Diploposthe laevis* and *Microsomacanthus compressa* parasitizing aquatic birds. *Helminthologia*, 38, 2, 63 – 66.

[3] KRÁČMAR, S., GAJDŮŠEK, S., JELÍNEK, P., ILLEK, J. 2003. Changes in contents of some macro and microelements in goat's colostrum within the first 72 hours after parturition. *Small Rum. Res.*, 49/2, 213 – 218.

[4] KRÁČMAR, S., KUČTÍK, J., BARAN, M., VÁRADYOVÁ, Z., KRÁČMAROVÁ, E., GAJDŮŠEK, S., JELÍNEK, P. 2005. Dynamics of changes in contents of organic and inorganic substances in sheep colostrum within the first 72 hours after parturition. *Small Rum. Res.*, 56, 183 – 188.

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.
Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku těžkých kovů, především pak kadmia a mědi a jejich vstup do potravního řetězce. Řeší jejich následky na lidský organismus a v závěru je uvedeno, jak lze odstranit těžké kovy z životního prostředí a tím i z potravního řetězce.

Klíčová slova: těžké kovy, měď, kadmium, potravní řetězec, životní prostředí

ABSTRACT

This work is focused on heavy metals, especially cadmium and copper and their entry into the food chain. It addresses the effects on the human body, and concludes with how to remove heavy metals from the environment, and thus from the food chain.

Keywords: heavy metals, copper, cadmium, food chain, environment

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Stanislavu Kráčmarovi, DrSc. za jeho trpělivost, ochotu, vstřícnost, cenné rady a připomínky, které mi při zpracování bakalářské práce poskytl.

OBSAH

ÚVOD	10
1 TĚŽKÉ KOVY	11
1.1 CHARAKTERISTIKA	11
1.2 VSTUP TĚŽKÝCH KOVŮ DO POTRAVNÍHO ŘETĚZCE.....	11
1.3 VSTŘEBÁVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ DO ORGANISMU	11
1.4 PŮSOBENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ V ORGANISMU	12
1.5 TĚŽKÉ KOVY V POTRAVINÁCH.....	12
1.5.1 Rostliny	13
1.6 TĚŽKÉ KOVY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	13
1.6.1 Půda.....	13
1.6.2 Voda	14
1.6.3 Vzduch	14
1.7 ŘASY.....	14
2 MĚĎ	15
2.1 CHARAKTERISTIKA	15
2.2 FUNKCE MĚDI V ORGANISMU	15
2.3 VSTŘEBÁVÁNÍ, TRANSPORT A VYLUČOVÁNÍ MĚDI	16
2.4 NEDOSTATEK MĚDI.....	16
2.5 TOXICITA MĚDI.....	16
2.6 ZDROJE VSTUPU DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	17
2.7 MĚĎ V POTRAVINÁCH	17
2.7.1 Maso	18
2.7.2 Rostliny	18
2.8 VÝSKYT V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	18
2.8.1 Voda	18
2.8.2 Půda.....	19
2.8.3 Vzduch	20
3 KADMIUM	21
3.1 CHARAKTERISTIKA	21
3.2 VLIV NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	21
3.3 TOXICITA.....	21
3.4 VSTŘEBÁVÁNÍ DO LIDSKÉHO ORGANISMU	22
3.5 ZDROJE.....	22
3.6 VSTUP DO POTRAVNÍHO ŘETĚZCE	23
3.7 KADMIUM V POTRAVINÁCH	23
3.7.1 Kadmium v potravinách živočišného původu.....	23

3.7.1.1	Maso.....	24
3.7.1.2	Mléko, mléčné výrobky, vejce	24
3.7.2	Kadmium v rostlinách	24
3.8	VÝSKYT V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	24
3.8.1	Půda.....	24
3.8.2	Voda	25
4	ODSTRAŇOVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ	26
4.1	PŮDA.....	26
4.2	ROSTLINY	26
	ZÁVĚR	28
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	29
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	34
	SEZNAM TABULEK.....	35

ÚVOD

Práce je zaměřena na problematiku těžkých kovů, především pak kadmia a mědi a jejich vstup do potravního řetězce.

Neviditelnou hrozbou naší generace jsou těžké kovy a chemické látky, které na nás útočí ze všech stran. Znečištěný je vzduch, který dýcháme a voda, kterou používáme. Velmi záluďné jsou chemické látky v potravě. Jde zejména o stabilizátory, aromatické barvící, konzervační a emulgační látky, které přidávají výrobci při průmyslovém zpracování potravin. Nesmíme podcenit chemické postřiky, hnojiva a látky podávané užitkovým zvířatům.

Všechny tyto látky jsou odzkoušené a prohlášené za neškodné. Ale vždyť jíme mnohokrát za den a toxické látky různě kombinujeme. Dále organismus zatěžujeme nevyváženou stravou z hlediska kyselosti a zásaditosti, bakteriemi, viry, plísněmi, antibiotiky aj. léky, zubními výplněmi, toxickými látkami z dopravních prostředků, radioaktivitou a mnohé další.

1 TĚŽKÉ KOVY

1.1 Charakteristika

Těžkými kovy rozumíme kovy o hustotě vyšší než 5g/cm^3 . Lze je definovat jako stopové chemické prvky určitých vlastností. Mohou mezi nimi být zastoupeny jak kovy podle hmotnosti opravdu „těžké“ (rtuť, měď, olovo, kadmium), tak i kovy, které tak nazvat nelze (beryllium, hliník, baryum), nebo nekovy (chlór, síra) [11].

Těžké kovy patří do základní skupiny znečišťujících látek, které se sledují v různých složkách životního prostředí. Jde o poměrně rozsáhlou skupinu kontaminantů, vyznačujících se různými, vlastnostmi, účinky i zdrojem původu. Předmětem světového monitoringu jsou především: Hg, Cd, Cr a Pb. Tyto prvky se považují za nejškodlivější pro lidi a zvířata.

Za velmi škodlivé se mohou považovat i některé jiné prvky, které jsou v malém množství v půdě a v rostlinách potřebné. Jsou součástí enzymů a plní různé úlohy při metabolických pochodech a přenosu elektronů. Jakmile se však nahromadí ve velkém množství, mohou působit velice toxicky. Mezi tyto prvky patří např.: Zn, As, Cu a Ni [1,2].

1.2 Vstup těžkých kovů do potravního řetězce

Ke vstupu těchto prvků do potravního řetězce přispívá celá řada zdrojů antropogenního charakteru i přirozeného původu. Hlavními antropogenními zdroji kontaminace těžkými kovy je spalování fosilních paliv, doprava, průmyslová výroba kovů, nadměrné používání minerálních hnojiv a jiných agrochemikálií, aplikace čistírenských kalů do půdy. Mezi přírodní zdroje toxických prvků v životním prostředí patří i zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost. Obsah toxických prvků v potravinách patří mezi hlavní ukazovatele zdravotní nezávadnosti [12].

1.3 Vstřebávání těžkých kovů do organismu

Nejrychleji se těžké kovy vstřebávají v oblasti tenkého střeva. Vstřebané kovy se pak váží na krevní buňky, anebo na komponenty krevní plasmy. V erythrocytech se můžou vázat na metaloproteiny, hemoglobin nebo na membránu erythrocytů [37].

Mnohem toxictěji působí vdechované částice než ty, které přijímáme potravou.

1.4 Působení těžkých kovů v organismu

Kovy v těle působí tak, že:

- Jsou vázány do kostí (např. Cd, Pb)
- umocňují toxicitu jiných kovů
- vytlačují jiné prvky z vazeb.

A to všechno může sekundárně způsobovat další i vážné potíže [12].

Následky otravy se mohou projevovat různě, např. zvracením a krvavými průjmy, po nichž může nastat i smrt. Dochází také k poškození ledvin a jater, osteoporóze či anémii a mnoha dalších [23].

1.5 Těžké kovy v potravinách

Tab. 1: Obsah olova, kadmia, rtuti a arzenu v některých potravinách v mg/kg [12].

Potravina	Olovo	Kadmium	Rtuť	Arsen
Maso vepřové	0,005 - 0,05	0,001 - 0,01	0,002 - 0,006	0,003 - 0,03
Maso hovězí	0,004 - 0,07	0,001 - 0,01	0,001 - 0,003	0,001 - 0,07
Mořské ryby	0,01 - 0,14	0,001 - 0,07 <0,0001 -	0,03 - 0,85	0,5 - 1,4
Mléko	0,001 - 0,002	0,001	<0,001	<0,001 - 0,003
Sýry	0,01 - 0,06	0,005 - 0,02	<0,002	<0,002 - 0,025
Veje	0,001 - 0,01	0,001 - 0,01	0,005 - 0,008	<0,002 - 0,01
Pšenice	0,02 - 0,65	0,02 - 0,35	0,0001 - 0,006	0,005 - 0,29
Sója	<0,002 - 0,32	0,04 - 0,09	<0,004	0,03 - 0,05
Špenát	0,01 - 0,29	0,01 - 0,35	<0,001 - 0,008	0,005 - 0,02
Brambory	0,006 - 0,04	0,002 - 0,06	0,0001 - 0,017	<0,001 - 0,04
Houby	0,01 - 0,2	0,01 - 0,33	0,07 - 0,22	0,01
Pomeranče	0,005 - 0,07	0,001 - 0,007	<0,001	0,004 - 0,02
Kakao	0,03 - 0,07	0,095 - 0,17	<0,004	0,1

1.5.1 Rostliny

Příjem těžkých kovů rostlinami je ovlivňován více faktory; je to jejich obsah v půdě, půdní vlastnosti (pH, bonita aj.), povětrnostní vlivy (množství srážek, rozložení srážek apod.), preferenční schopnosti rostlin (druh rostliny, odrůdy). Rozdíly se projevují rovněž mezi jednotlivými těžkými kovy, jsou dány hlavně jejich rozpustností a pohyblivostí v půdě.

Při výzkumu bylo zjištěno, že nejvyšší obsahy těžkých kovů se vyskytují v kořenech. Pouze část těžkých kovů se dostane z kořenů do stonků a do listů a ještě menší podíl do plodů [25].

1.6 Těžké kovy v životním prostředí

V životním prostoru se výskyt těžkých kovů velmi zvýšil především díky průmyslu. Je jimi kontaminovaná půda, obsahuje je i mnoho materiálů. Těžké kovy se tedy do našeho těla dostávají kontaminovaným jídlem, vzduchem, kůží nebo různými materiály [12].

1.6.1 Půda

Těžké kovy řadíme do skupiny cizorodých látek, které se mohou významným způsobem podílet na kontaminaci zemědělských půd. V přirozených podmínkách se nacházejí v nevelkých množstvích, ale díky antropogenním vlivům se jejich obsah v půdě zvyšuje, a to zejména v povrchové vrstvě humózního horizontu. S tím souvisí i toxicita těžkých kovů, která je závislá na jejich setrvání v půdě. Kumulace těžkých kovů v půdě má výrazný ekologický dopad, protože v orniční vrstvě probíhá nejen intenzivní mikrobiální aktivita, a tím regulace rychlosti koloběhu prvků, ale i jejich vazba na primární produkty, kterými jsou zapojovány do potravinového řetězce.

Forma a množství těžkých kovů v půdách závisí na:

- přirozeném mineralogickém složení půd
- intenzitě zvětrávacích procesů
- obsah jílových minerálů
- množství organických látek a humusu apod.

Významným zdrojem kontaminace půd těžkými kovy se mohou stát průmyslové komposty, k jejichž výrobě byly použity kanalizační kaly nebo netříděné tuhé komunální odpady.

Největší koncentraci těžkých kovů v půdě, vodě i ovzduší nalezneme v okolí průmyslových zón, infrastruktur a starých zátěží. Tento problém se také dotýká velkých měst a průmyslových aglomerací [13,25,20].

1.6.2 Voda

Chemismus povrchových vod je zpravidla určovaný a ovlivňovaný reakcemi mezi vodou v atmosféře, půdou a horninami. V poslední době je však kvalita povrchových vod ovlivňována i antropogenní činností. Mezi cizorodé látky patří kromě jiného právě těžké kovy [24].

Jako bioindikátory pro míru znečištění povrchových vod se hojně využívají vodní organismy, jako např. ryby nebo řasy.

1.6.3 Vzduch

Těžké kovy znečišťují ovzduší zejména při spalování fosilních paliv, při výrobě kovů a vlivem dopravy. Těžké kovy nejsou problémem ovzduší; k překročení jejich limitů dochází naprosto ojediněle a lokálně. Nebezpečí těžkých kovů spočívá spíše v jejich možném přechodu a akumulaci v jiných složkách životního prostředí (půda) [26].

1.7 Řasy

Bylo provedeno mnoho studií, které prokázaly, že mořské i sladkovodní řasy mají vysokou schopnost bioabsorbce těžkých kovů z prostředí. Nejvhodnější pro tyto účely jsou hnědé řasy, především *Fucus vesiculosus*, ale i řasy druhu *Sargassum*. Proto se také často využívají jako ukazatelé těžkých kovů ve vodě.

Příjem a kumulace těžkých kovů řasami jsou ovlivněny různými vlivy: pH, přítomnost dalších kovů, geografická poloha a sezónní změny.

Díky jejich biosorpci, a tedy čištění okolního prostředí, by mohly přispět k zlepšení životního prostředí [46].

2 MĚĎ

2.1 Charakteristika

Měď je chemický prvek v periodické tabulce, který má symbol Cu (Cuprum) a atomové číslo 29. Do této skupiny patří také stříbro a zlato. Je to měkký, kujný a tažný kov červené barvy s vynikající elektrickou a tepelnou vodivostí a najde rozsáhlé využití jako elektrický vodič, stavební materiál a je součástí různých slitin (mosaz, bronz) [3]. Za normálních podmínek je měď málo reaktivní.

Na vlhkém vzduchu za přítomnosti CO_2 se měď pokrývá zelenou vrstvičkou hydroxid - uhličitanu. S halogeny tvoří měď halogenidy CuX_2 , s kyslíkem za vysoké teploty CuO a se sírou Cu_2S . Rozpouští se pouze v kyselinách s oxidačním účinkem (HNO_3 , konc. H_2SO_4) [4].

Měď je také typickým představitelem prvků, které jsou v malém množství pro organismus nezbytné (esenciální) a ve velkém množství toxické (podobně jako nikl a železo). DDD mědi se pohybuje kolem 1 mg/kg. Toxicita je pro savce poměrně nízká. Vysoce toxické jsou měděné ionty pro ryby. Výhodou ovšem je, že měď působí toxicky i vůči mikroorganismům (má baktericidní vlastnosti) [5].

2.2 Funkce mědi v organismu

Měď má relativně málo funkcí na rozdíl např. od zinku. Většina enzymů, ve kterých je obsažena měď, mají úlohu v přenosu kyslíku. Z tohoto hlediska nejrozšířenější enzym obsahující měď je cytochromoxidas. Dalším důležitým enzymem je superoxididismutasa, enzym obsahující měď, který má nepostradatelnou roli ve zhášení volných kyslíkových radikálů, které vznikají při využití kyslíku v buňkách. Dále se měď uplatňuje při tvorbě a formování vazivové tkáně a v metabolismu železa a cholesterolu, metabolismu glukózy a tvorbě hnědého kožního pigmentu - melaninu. Důležitou roli hraje měď i jako antioxidant v imunitním systému. V rostlinách se zúčastňuje na procesech fotosyntézy [6,27].

Měď má také důležitou funkci ve vstřebávání železa a jeho mobilizaci. Je součástí celulasplasminu, který katalyzuje oxidaci dvojmocného železa na trojmocné, a tím umožňuje jeho transport ze zásoby (vazby na feritinu) na transferin v séru [7-10].

2.3 Vstřebávání, transport a vylučování mědi

Měď je vstřebávána ve všech částech tenkého střeva a část také v žaludku. Účinnost vstřebávání je mezi 12 - 56 % z obsahu v potravě. Vstřebání stoupá s klesajícím obsahem mědi v potravě a klesá s přítomností vitamínu C a železa. Po vstupu mědi do buňky střevní sliznice je vázána na bílkovinu metalothionein, o níž soutěží se zinkem a na této nosné bílkovině je měď transportována do krve. Dlouhodobé podávání zinku snižuje vstřebávání mědi, vyvíjí se anemie, šedivění a kroucení vlasů a dochází ke snížení počtu bílých krvinek. V krvi je měď transportována na krevních bílkovinách, především albuminu a transkupreinu do jater, kde je zabudován do jaterních enzymů a do celuroplazminu. Z jater je buď transportována do krve, nebo vylučována žlučí. Ceruloplazmin je bílkovina typu alfa-2-glykoproteinu, která je syntetizovaná v játrech a je hlavním přenašečem pro měď v krvi. Ceruloplazmin nejen přenáší měď do tkání z jater, ale je zároveň účinným zhášedčem volných kyslíkových radikálů, které vznikají vlivem oxidativních procesů v buňkách a jsou zvýšeně produkovány např. při zánětech.

Měď se vylučuje především žlučí do gastrointestinálního traktu a odchází stolicí [6].

2.4 Nedostatek mědi

Příznaky nedostatku mědi nejsou u člověka časté, mohou se vyskytnout u pacientů na nitrožilní výživě nebo u pacientů s nemocemi střev a vstřebávání živin. Nedostatek mědi může vést k chudokrevnosti (anémii), poruchám kostní tkáně (k osteoporóze), v krvi se zvyšují hladiny tuků, ale i glukózy, objevují se poruchy pigmentace, trpí cévní aparát. Příznaky nedostatku mědi jsou: únava, poruchy srdečního rytmu, lomivé a vybledlé vlasy, vysoký krevní tlak, chudokrevnost, poruchy kostí a neplodnost [16]. U člověka známe také vrozenou poruchu metabolismu mědi, známou pod názvem Menkesova nemoc, což je defekt resorpce mědi ze zažívacího ústrojí. Tito nemocní trpí mentální retardací, poruchami pojivové tkáně, pigmentace a kožních adnex [15].

2.5 Toxicita mědi

Měď je pro člověka relativně toxický prvek. Vdechovaný ve formě aerosolu nebo jemného prachu vyvolává příznaky akutní intoxikace „horečku z kovů“ s příznaky stejnými jako v případě zinku, kašlem, třesavkou, teplotou, malátností a bolestí hlavy. Perorální požití

gramových dávek rozpustných solí mědi vede k iritaci zažívacího traktu se zvracením a průjmami [13]. Chronický nadměrný přívod mědi (250 g) vyústí v jaterní cirhózu, demenci, křeče a vylučování bílkovin v moči [7-10]. Vrozenou poruchou s hromaděním mědi, která se vyskytuje i v dospělosti, je Wilsonova choroba charakterizovaná neschopností vylučovat měď do žluče a tím dochází k její akumulaci v játrech, mozku, ledvinách a v rohovkách. Projevuje se typickým prstencem v rohovkách, neurologickými poruchami, poškozením jater a poruchami pigmentace. K akutní otravě mědí může dojít při pití vody vysoce kontaminované mědí nebo při požití kyselé potravy skladované dlouhodobě v měděných nádobách [6].

2.6 Zdroje vstupu do životního prostředí

- těžba rud - průnikem soli mědi do technologických vod a pak do podzemních vod; rozkladem siřných rud společným působením vody, kyslíku a speciálních bakterií za vzniku kyseliny sírové - vyluhování toxických kovů z hornin
- úprava rud (slévárenské technologie) - při nedokonalých technolog. procesech se Cu ve formě mikroskopických částic nebo polétavého prachu dostává do atmosféry nebo do vodního prostředí
- průmyslové odpadní vody
- městské splaškové vody
- popílek ze spaloven [17].

2.7 Měď v potravinách

Nejvíce mědi mají ořechy, avokádo, houby, ústřice, žampiony, luštěniny, celozrnné potraviny a listová zelenina, ale také játra, kakao, droždí, ovoce jako maliny, ostružiny atd. [18]. Doporučený denní příjem mědi v potravě by se měl pohybovat kolem 1 mg, ale ani dávky až k 0,1 g organismu neškodí [19].

Tab. 2: Obsahu mědi v 1 kg suché hmoty [18].

Potravina	Měď [mg/kg]
Špenát	70
Salát	40
Oves	20
Brambory	18
Játra vepřová	16 - 82
Játra hovězí	12 - 182
Ledviny vepřové	4 - 41
Ledviny hovězí	10 - 37

2.7.1 Maso

U sledovaného hovězího dobytka v průmyslem zatížené oblasti se měď nejvíc kumuluje v játrech a v ledvinách. U nás byly zjištěny mnohem vyšší koncentrace než např. ve Švédsku nebo v Polsku [43].

2.7.2 Rostliny

Rostliny přijímají Cu v malém množství, hlavně ve formě Cu^{2+} . Její obsah v sušině rostlin se pohybuje od 1 - 20 mg/kg. Protože je v půdě silně sorbována, je nadměrné hromadění Cu v rostlinách jen výjimečné. Je to způsobeno i tím, že je pevně vázána v kořenech rostlin a její transport i pohyblivost v nadzemních částech rostlin je malá.

Vyšší nároky na Cu mají obiloviny, hlavně oves, ječmen, pšenice, dále ovocné stromy a špenát [39].

2.8 Výskyt v životním prostředí

2.8.1 Voda

Pochází z dešťové vody, ale také z eroze půdy a břehů, z vulkanické činnosti a případně z lidské a zemědělské činnosti, při které se měď uvolňuje do vody a půdy.

Měď se částečně šíří prostřednictvím vodních toků, kde se její část ukládá, a zbytek se dostává až do moří a oceánů. Celkové množství mědi, které se každý rok uvolní do vodního prostředí v důsledku přirozených procesů, odpovídá čtyřnásobku mědi produkované člověkem.

Ve vodním prostředí disponuje většina organismů mechanismy, které jim umožňují efektivní vstřebávání a maximální využívání mědi.

Do pitné vody se měď dostává hlavně prostřednictvím zkorodovaných měděných trubek. Nejvyšší mezní hodnoty pro měď v pitné vodě činí 1 mg/l [42,28].

Toxicita mědi se zvyšuje s poklesem tvrdosti vody a množstvím rozpuštěného kyslíku, zatímco se snižuje při vysokých koncentracích rozpustných organických látek a tuhých částic. Také pH ovlivňuje míru toxicity mědi pro vodní organismy. Jedním z vodních organismů, u kterých bylo prokázáno negativní působení mědi, jsou ryby, přičemž bylo zjištěno, že měď má schopnost biokumulovat se v rybích tkáních [42].

2.8.2 Půda

Měď se nachází v půdě na celém světě, její rozložení je však nerovnoměrné. Celkové množství mědi v půdě se pohybuje v rozmezí od 2 do 250 mg/kg, přičemž průměrná koncentrace je 30 mg/kg. Určité činnosti spojené se zemědělstvím (používání fungicidů), případně s metalurgickým průmyslem či doly, mají tendenci zvyšovat celkové množství mědi v půdě. Naproti tomu v případě půdy v přirozeném stavu (pastviny, zemědělská půda) bylo zaznamenáno velmi nízké množství mědi.

V půdě se měď nachází ve formě kationtů Cu^{2+} a Cu^+ , přičemž ionty Cu^+ vznikají v půdě pouze redukcí Cu^{2+} v anaerobních podmínkách.

Obecně platí, že půda příliš bohatá na měď může způsobit problém u některých druhů rostlin a živočichů. Některá plemena ovcí snáší nadbytek mědi relativně špatně a jsou citlivější než skot, jehož výživa je na měď bohatá. Tato plemena jsou tedy více vystavena rizikům spojeným s nadbytečným množstvím mědi v půdě [28].

2.8.3 Vzduch

Do ovzduší se měď uvolňuje při těžbě a zpracování měděných rud a při spalování fosilních paliv a odpadů. Atmosférickou depozicí se dostává ze vzduchu do ostatních složek životního prostředí [28].

3 KADMIUM

3.1 Charakteristika

Kadmium je bílý, lesklý kov, na vzduchu se pokrývá oxidem a je matný. Řadíme jej spolu se zinkem a rtutí mezi přechodné prvky II. skupiny periodické soustavy. Je poměrně měkký, tažný, těžší než zinek méně reaktivní a také relativně prchavý. Nejčastěji se vyskytuje ve formě síranů, siřičitanů, chloridů nebo v biologickém materiálu vázaný na bílkoviny ve formě metalothioneinu. Rozpustné sloučeniny kadmia jsou silně jedovaté. Užívá se do lehce tavitelných slitin (Woodův kov), amalgam na zubní plomby i k ochraně kovů proti korozi. Je také součástí rud doprovázející rudy zinku. V malém množství může být prvek biogenní pro některá zvířata [29,30].

3.2 Vliv na lidský organismus

Příznivý vliv na lidský organismus není dosud znám. Pouze při pokusu na krysách bylo zjištěno, že malý přídavek Cd do potravy, cca 20 - 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny, mírně stimuluje jejich růst, ale neoptimalizuje ho [30].

3.3 Toxicita

Toxicita kadmia spočívá v chemické podobnosti se zinkem. Působí pak velké problémy, protože kadmium může snadno vstupovat do různých enzymatických reakcí místo zinku a tyto biochemické pochody jsou tím negativně ovlivňovány. Příkladem je zablokování insulinového cyklu.

Dalším rizikovým faktorem kadmia je skutečnost, že se jedná o mimořádně kumulativní jed. Přijaté kadmium se uvolňuje jen velmi pozvolna a obtížně. Kadmium negativně ovlivňuje metabolismus vápníku a tím tvorbu vitamínu D. Jako důsledek působení kadmia byly popsány nekrózy (rozpad) a tumory pohlavních žláz, dysfunkce ledvin, resp. poruchy kardiovaskulárního systému [32].

Největší jednorázová dávka bez vlivu na lidské zdraví člověka je cca 3 mg a smrtelná dávka činí 30 mg. Dávka 15 mg/l vody může způsobit zažívací potíže (průjem, zvracení), katar, vředovou gastritidu či plicní infarkt. Mnohem nebezpečnější je dlouhodobé užívání menších dávek. Poškození zdraví se projevuje už při dávce 1 mg/den nebo při příjmu stravy s

obsahem Cd více než 10 mg/kg potravy. Dlouhodobá expozice vdechováním vyvolává rozedmu plic a poškození ledvinových tubulů, vedoucí k vylučování bílkovin v moči. Cd také způsobuje genové mutace.

Větší příjem Cd potravou způsobuje odvápnění kostí a změnu aktivity alkalické fosfatázy. Může negativně ovlivňovat metabolismus Cu, Zn a Fe. Dlouhodobý větší příjem poškozuje játra, ledviny, způsobuje osteomalacii (porucha mineralizace kostí) a anemii [33].

3.4 Vstřebávání do lidského organismu

Absorpce závisí na genetice, věku, nutričních faktorech. Děti absorbují více než dospělí a ženy více než muži.

Absorpce:

- Inhalační - 15 - 40 %
- Orální - 4 - 8 % [34].

Po vstřebání do krevního oběhu se kadmium naváže na albumin (protein geneticky kódovaný). Ten je takto vázaný dopraven do jater, kde stimuluje syntézu proteinu metallothioneinu (tento protein je opět geneticky kódovaný). Komplex kadmium - metallothionein je přepraven do ledvin a filtrován v glomerulech, ale je reabsorbován v jiné části ledvin (proximal tubules). Kadmium-metallothionein komplex je pak degradován zažívacími enzymy (opět kódovanými geneticky), které oddělují z komplexu kadmium a to je pak vylučováno močí [35].

Vstřebatelný podíl kadmia činí v průměru 6 %. Krevní hladina kadmia je u nekuřáků 0,2-3 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, u kuřáků 0,2 - 5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. U kuřáků je podíl inhalační expozice při příjmu kadmia srovnatelný s příjmem tohoto prvku potravou (obsah Cd v tabáku je asi 1 - 2 mg/kg) [45].

3.5 Zdroje

Hlavními zdroji znečištění životního prostředí, a tedy potravního řetězce člověka, jsou těžba rud železa a zinku, spalování fosilních paliv, výroba plastů. Závažným zdrojem jsou opotřebované a nesprávně likvidované akumulátorové baterie. Neméně významným zdrojem je také cigaretový kouř. Kadmium se může dostat do půdy jako součást nekvalitních amonných a především fosforečných hnojiv, ale také aplikací odpadních kalů do půdy [32].

3.6 Vstup do potravního řetězce

Kadmium je velmi dobře přijímáno z půdy rostlinami, a proto se vyskytuje v rostlinných krmivech a potravinách rostlinného původu, a prostřednictvím krmiv jsou kontaminovány i potraviny živočišného původu. Rostliny jej přijímají především prostřednictvím kořenů z půdy, takže mytím nelze jeho obsah zásadně snížit. Jen v menší míře se z některých zdrojů rozšiřuje vzduchem a dostává se na povrch rostlin [31].

3.7 Kadmium v potravinách

Kadmium se vyskytuje v potravinách především ve formě anorganických solí.

Maximální přijatelný denní příjem (ADI) kadmia se pohybuje v jednotkách mikrogramů na kg tělesné hmotnosti, což v přepočtu na 70 kg představuje asi 100 µg/den. Přípustné množství v potravinách se pohybuje většinou v rozmezí 20 - 50 µg/kg. Výrazněji se odchyluje limit pro játra (vepřová 0,5 mg/kg a hovězí 0,8 mg/kg a ledviny NPM = 2,0 mg/kg) [45].

Tab. 3: Přípustný obsah kadmia v potravinách v mg/kg [31].

Potravina	mg/kg
ledviny	2
játra	0,5
maso	0,05
ryby a mořští živočichové	0,05 - 1,0
semena, klíčky, otruby, pšenice, rýže, sója	0,2
zelenina listová, byliny, celer a pěstované houby	0,2
ostatní zelenina a brambory	0,1 - 0,2
ostatní obiloviny	0,1
mléko, pivo	0,01
vejce, cukr	0,02
tvrdé sýry	0,6

3.7.1 Kadmium v potravinách živočišného původu

Podíl potravin živočišného původu se na obsahu kadmia, v porovnání s rostlinnými, uvádí za zanedbatelný.

3.7.1.1 *Maso*

Nejvyšší obsah kadmia se zjistil v ledvinách savců (až 1300 µg/kg) a v ústřicích (až 5000 µg/kg). Extrémně vysoké hodnoty byly zjištěny v tělech mořských raků a krabů.

Největší množství kadmia u domácích a divokých zvířat se ukládá v ledvinách. Nižší hladiny pak byly pozorovány v játrech. Svalovina zvířat kumuluje velmi málo kadmia, a proto neohrožuje zdraví konzumenta [31].

3.7.1.2 *Mléko, mléčné výrobky, vejce*

Stejně jako ve svalovině se ani v těchto živočišných produktech nevyskytuje takové množství kadmia, které by ohrožovalo zdraví člověka.

3.7.2 **Kadmium v rostlinách**

Většina rostlin je vůči kadmiu velmi tolerantní např. rajčata, brambory či ředkvičky a nevadí jim v půdě ani koncentrace nad 150 mg/kg. Jsou však i plodiny citlivé např. špenát, sója, tabák, které reagují negativně už na množství 4 - 13 mg/kg kadmia v půdě. Jsou však příklady, že rostliny akumulují velké množství kadmia, které působí na jejich vlastní vývoj a výnos dokonce příznivě např. kukuřice. Nejvíce Cd akumulují listové zeleniny, hlavně špenát a salát. Vysoký obsah Cd mohou naakumulovat také některé houby. Na kontaminovaných půdách mohou rostliny obsahovat desítky mg/kg Cd.

Semena, zvláště obilky, obsahují Cd v relativně malém množství.

Zvláště ohroženy jsou zemědělské plodiny pěstované na kyselých půdách. Při pH = 4,0 až 5,5 je asi 80 % půdního kadmia schopno migrace. Proto se ke snížení asimilovatelnosti kadmia rostlinami doporučuje úprava půdní reakce vápněním [38].

3.8 **Výskyt v životním prostředí**

3.8.1 **Půda**

Koncentrace kadmia v zemědělské půdě závisí na množství kadmia obsaženém v matečné hornině, z níž je půda tvořena. Dále na použitých hnojivech, příjmu z atmosféry a také vyluhováním.

Větší koncentrace Cd v průměru obsahují sedimentační horniny než vyvřelé a přeměněné. Nejvíce Cd obsahují fosforečná hnojiva, a proto se při dlouhodobém používání těchto hnojiv mírně zvyšuje jeho koncentrace v povrchových půdách [38].

Obsah kadmia v půdě ovlivňuje významně také půdní mikroorganismy. Je známo, že zvýšená koncentrace iontů kadmia v půdním výluhu má silný inhibiční efekt na půdní mikroorganismy a vysoké dávky Cd mohou půdní mikroflóru přímo poškozovat. Výsledkem potom může být negativní vliv na růst rostlin (omezení fixace vzdušného N, brzdění mineralizace apod.) [39].

3.8.2 Voda

Hlavním zdrojem znečištění vod jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud, z hutí, válcoven, z povrchové úpravy kovů, z chemického, textilního a fotografického průmyslu a ze zemědělství (fosfátová hnojiva). Z ovzduší se kadmium dostává do vod prostřednictvím srážek znečištěných exhalacemi.

Kadmium se ve vodě vyskytuje především ve formě $\text{Cd}^{2+} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a případně v iontovém komplexu s některými částicemi (OH^- , Cl^- , $(\text{SO}_4)^{2-}$, huminovou kyselinou).

Vzhledem k toxicitě kadmia musí být jeho obsah přísně sledován. Nejvyšší mezní hodnota kadmia v pitné vodě stanovena v zákoně č 258/2000 Sb. je $5,0 \text{ mg/dm}^3$. Pro povrchové vody je limit stanoven nařízením vlády ČR č. 61/2003 Sb. na $1,0 \text{ mg/dm}^3$.

Průměrný obsah Cd v půdách se pohybuje v rozmezí 0,01 až 1,1 mg/kg. V půdách ČR je (mimo zdroj kontaminace) běžný obsah kadmia 0,2 až 1,5 mg/kg. Kadmium se v půdě kumuluje nejvíce ve vrstvě 0 - 5 cm a s přibývajícím hloubkou jeho koncentrace klesá [41].

4 ODSTRAŇOVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ

4.1 Půda

Prvním článkem vstupu těžkých kovů do biomasy potravního řetězce jsou skrze půdu hlavně rostliny. Jestliže se vytvoří takové vazby kovů v půdě, které nebudou přístupné pro rostliny, zmírní se tak jejich kontaminace. Z jílovitých materiálů jsou schopny takovéto vazby vytvořit např. zeolity a bentonity, které navázáním těžkých kovů sníží jejich koncentraci v půdním roztoku a zvyšují obsah minerálních koloidů.

Takovéto navázání pojmenováváme adsorpce. Což je jednou z fyzikálně chemických metod pro úpravy např. odpadových vod či kontaminovaných půd. Její rychlost závisí na pH okolního prostředí. Je-li pH nižší, zvyšuje se sorpce do půdy. Jestliže chceme zabránit neustálému přemísťování těžkých kovů zejména v půdě, aplikujeme sorbenty do sedimentů, které podporují jejich imobilizaci. Mezi tyto sorbenty patří např. zeolity, bentonity, Slova-kit, aktivní uhlí atd. [46,47].

Mezi dobré sorbenty řadíme také huminové kyseliny. Jde o přírodní organické kyseliny, které mají podobné vlastnosti jako již zmíněné zeolity a bentonity. Mají polyaniontový charakter a váží ionty různými chemickými i fyzikálními mechanismy. Oproti zeolitům mají však větší absorpční kapacitu, která je 7-10x vyšší. Lépe váží dvojmocné kationty (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Cd^{2+}) než trojmocné (Cr^{3+} , Al^{3+}).

S některými kovy vytváří nerozpustné a pro rostliny tak nedostupné komplexy, čímž současně snižují jejich koncentraci v půdní vodě a půdě a zabraňují jejich kumulaci v rostlinách. Jestliže se těžké kovy dostanou až k vyšším organismům, zabraňují jejich kumulaci v orgánech a urychlují jejich vylučování z organismu [49].

4.2 Rostliny

Těžké kovy můžeme odbourat také biologickou cestou. Jak už jsem výše uvedla, mezi takovéto organismy patří také řasy.

I některé rostliny plní funkci akumulátorů. Tento obor se nazývá fyto Remediacce. Využívá schopnosti některých rostlin výborné akumulaci těžkých kovů ve velké koncentraci. Vyznačují se poměrně pomalým růstem a nízkou produkcí biomasy, což omezuje jejich použití. Tyto bioakumulátory by měly těžké kovy přijímat i z prostředí s malou koncentrací těž-

to škodlivin. Mezi takovéto hyperakumulátory řadíme např. tařinku zední (*Alyssum murale*) nebo tařinku Bertoloniho (*Alyssum bertolonii*) [50,51].

ZÁVĚR

Těžké kovy, jako měď a kadmium, se v životním prostředí v malém množství vyskytují přirozeně. Až s příchodem civilizace, už v době bronzové při výrobě bronzových nástrojů, se těžké kovy ve větším množství dostávaly do životního prostředí a tím i do potravního řetězce. V dnešní době jsou nejčastějšími zdroji fosforečná hnojiva, spalování fosilních paliv, těžba rud apod.

Měď sama o sobě je stopový prvek a je pro tělo v malém množství potřebná. Ve větším množství je však pro lidský organismus škodlivý. Do životního prostředí v nadměrném množství se dostává zejména díky těžbě rud, ale také odpadní splaškové vody, popílek ze spaloven apod.

Kadmium je i v malých dávkách škodlivé a nemá tedy žádný příznivý vliv na organismy. Hlavními zdroji znečištění kadmia jsou těžba rud železa a zinku, spalování fosilních paliv, výroba plastů, likvidace akumulátorů, ale také cigaretový kouř, fosforečná hnojiva či aplikace odpadních kalů do půdy.

Těžké kovy jsou stále trvajícím problémem nejen kvůli potravnímu řetězci, ač je velmi důležitý, ale také kvůli zachování rázu životního prostředí pro příští generace a spousta odborníků hledá odpověď, co s tím.

Nejlepší by bylo je prostě odstranit, ale je to velice zdoluhavý proces. Můžeme tomu pomoci aplikací zeolitu, bentonitu nebo aktivního uhlí do půd. Velice účinnou se ukázala huminová kyselina, která nejen absorbuje těžké kovy, ale naopak byl prokázán příznivý účinek na živočichy. Můžeme také vyšlechtit rostliny odolné vůči kontaminaci nebo naopak použít velmi kumulativní rostliny, které by odstraňovaly kovy z půd. Ve vodním prostředí by se k těmto účelům daly použít řasy, zejména pak ty hnědé.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OLIVEIRA, LCA. – RIOS, RVA. – FABRIS, JD. – SAPAG, K – GARG, VK. – LAGO, RM.: *Clay – iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water*. In: Applied Clay Science 22(2003) pp. 169-177
- [2] SZARÓ, T. – BAKANDRITSOS, A. – TZITZIOS, V – PAPP, S. – KÓRÓSI, L. – GALBÁCS, G. – MUSABEKOV, K. – BOLATOVA, D. – PETRDIS, D. – DÉKÁNY, I.: *Magnetic iron oxide – clay composites: effect of the layer silicate support on the microstructure and phase formation of magnetic nanoparticles*. In: Nanotechnology 18(2007), 285602
- [3] Měď [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://med.navajo.cz/>
- [4] KRÄTSMÁR, R., ŠMOGROVIČ, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chemia*, VYD 4579/1992, str. 34, Bratislava
- [5] Bezpečnost potravin – měď [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.agronavigator.cz/az/index.htm>
- [6] Vitaminy a minerály – měď [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.nexars.com/cs/med.php>
- [7] FIELDS, M. et al.: *Effect of Copper Deficiency on Metabolism and Mortality in Rats Fed Sucrose or Starch Diets*. Journal of Clinical Nutrition. 1983
- [8] O'DOLL, B. L.: *Present Knowledge in Nutrition*. The Nutrition Foundation, Inc., Washington, 1984
- [9] PETERSON, C. R. et al.: *Copper deficiency in infancy*, J. Clin. Biochem Nutr. 4., 1988
- [10] Funkce mědi [online]. [cit. 2011-03-28]. www.wikiskripta.eu/index.php/Stopové_prvky
- [11] Těžké kovy [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_HIO/kapitoly/Skodliviny/Tezkovyuvod.htm
- [12] Těžké kovy a radioaktivní látky kolem nás [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.pi-centrum.kvalitne.cz/index.php?page=clanek-detail&id=34&PHPSESSID=92dd95188254cc956b92168e2b38e3e3>

- [13] Těžké kovy v půdě [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm
- [15] Měď – esenciální prvek [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.roche-diagnostics.cz/download/la/0204/med.pdf>
- [16] Měď a naše zdraví [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.mineralfit.cz/domaci-lekar-clanek/med-a-nase-zdravi-991>
- [17] Vitaminy a minerály [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.zdraviok.cz/zdravi/51-VITAMINY-A-MINERALY/83-Med>
- [18] Biologická odezva na různé koncentrace esenciálních a toxických kationtů [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.kch.zcu.cz/cz/kfs/ekotox5.pdf>
- [19] Vitaminy, kovy a stopové prvky v lidském těle [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://biolab.webpark.cz/med.htm>
- [20] Biologický význam mědi [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://www.maxi-lekarna.cz/biologicky-vyznam-medi.html>
- [21] WEISSMANNOVÁ DOLEŽALOVÁ, H. et al.: Kontaminace lokalit města Brna těžkými kovy, In. *XIX. Vedecké sympósiium s medzinárodnou účasťou o situácii ekologicky zaťažených regiónoch Slovenska a Strednej Európy*, Hrádok, 2010
- [22] Vliv těžkých kovů na lidský organismus [online]. [cit. 2011-03-29]. Dostupný z: elm-fur.wz.cz/AKE_Vliv_tezkych_kovu.pdf
- [23] MATI, R. et al., IVANČO, J. et al.: Ťažké kovy vo vodných tokoch na Východoslovenskej nížine, In. *XII. Vedecké sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách v Jelšavy – Lubenika a Stredného Spiša*, Hrádok, 2003
- [24] Příjem těžkých kovů plodinami různě kontaminovaných půd [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: <http://stary.biom.cz/sborniky/sb95vana/diez3.html>
- [25] Těžké kovy a arsen [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupný z: vitejtenazemi.cenia.cz/vzduch/index.php?article=167

- [26] HIŠČÁKOVÁ, M. et al.: Koncentrácia kadmia, medi a zinku v mlieku dojníc z oblastí zaťažených priemyselnými emisiami, In. *XII. Vedecké sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubenika a Stredného Spiša*, Hrádok, 2003
- [27] Měď kolem nás [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupný z: www.medportal.cz/zivotni-prostredi/med-okolo-nas
- [28] Měď a její sloučeniny [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupný z: http://www.irz.cz/repository/latky/med_a_jeji_slouceniny.pdf
- [29] PEČ, P., PEČOVÁ, D., Učebnice středoškolské chemie a biochemie. Olomouc (2001), ISBN 80-7182-034-2
- [30] SKALICKÁ, M. et al.: Účinok kadmia a chrómu na hladinu glukózy u hydiny, In. *XII. Medzinárodné sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubenika a Stredného Spiša*, Hrádok, 2003
- [31] Bezpečnosť potravín - kadmium [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupný z: <http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76662 htm>
- [32] Těžké kovy v životním prostředí a jejich vliv na lidský organismus [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupný z: <http://hygienu.gastronews.cz/tezke-kovy-v-zivotnim-prostredi-a-jejich-vliv-na-lidsky-organismus>
- [33] Health effects of cadmium exposure -- a review of the literature and a risk estimate [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupný z: http://www.sjweh.fi/show_abstract.php?abstract_id=281
- [34] Těžké kovy [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupný z: <http://www.chemi.muni.cz/~vlasta/TOPO2007-05osnova.pdf>
- [35] Kovy kolem nás [online]. [cit. 2011-04-12]. Dostupný z: http://www.joalis.eu/UserFiles/File/bulletiny_cs/kovy_kolem_nas.pdf
- [36] GOLIAN, J., CHOVANEC, M., SOKOL, J., RAJSKÝ, D.: Obsah kadmia vo vybraných potravinách a pokrmoch, In. *XIII. medzinárodné sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubenika a Stredného Spiša*, Hrádok, 2004
- [37] MLYNÁR, R. et al.: Obsah ťažkých kovov v krvnom sére dojníc pasených v imisne zaťaženej oblasti Stredného Spiša, In. *XIII. medzinárodné sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubenika a Stredného Spiša*, Hrádok, 2004

- [38] BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 2, Vstupy prvků do půd zvětráváním hornin, atmosférickými spady, aplikací hnojiv a ostatních surovin ve srovnání s výstupy erozní činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin*. Praha : Agrospoj, 1994. 159 s. ISBN 80-7084-090-0 .
- [39] Těžké kovy v půdě [online]. [cit. 2011-04-12]. Dostupný z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pudaTk.htm
- [40] Cadmium Levels in Soils and Crops in the United States [online]. [cit. 2011-04-12]. Dostupný z: http://dgc.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_31/SCOPE_31_2.05_Chapter10_119-146.pdf
- [41] Testy fytoxicity a jejich využití pro hodnocení vlivu xenobiotik [online]. [cit. 2011-04-12]. Dostupný z: http://is.muni.cz/th/106666/prif_m/Text_prace_DIPLOMKA.pdf
- [42] Měď ve vodním prostředí [online]. [cit. 2011-04-19]. Dostupný z: <http://arnika.org/chemicke-latky/med>
- [43] SKALICKÁ, M. et al.: Výskyt mědi u hovadzieho dobytku z priemyselne zaťaženej oblasti, In. *XIII. Medzinárodné sympóziium o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubeníka a Stredného Spiša*, Hrádok, 2004
- [44] Koncentrace těžkých kovů ve složkách potravního řetězce [online]. [cit. 2011-04-19]. Dostupný z: <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber11/ber11-185.pdf>
- [45] Těžké kovy [online]. [cit. 2011-04-20] <http://hygiena.gastronews.cz/tezke-kovy-v-zivotnim-prostredi-a-jejich-vliv-na-lidsky-organismus>
- [46] MIŠURCOVÁ, L., KRÁČMAR, S., STRATILOVÁ, I., HEDVÁBNÝ, J.: Obsah kadmia a olova ve vybraných vzorcích sladkovodních a mořských řas, In. *XVI. Vedecké sympéozium s medzinárodnou účastou o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy – Lubeníka a Stredného Spiša*, Hrádok, 2007
- [47] HECL, J.: Zníženie mobility ťažkých kovov v podě aplikáciou zeolitu, In. *XVII. vedecké sympóziium s medzinárodnou účastou situácia v ekologicky zaťaženej regiónech Slovenska a strednej Európy*. Hrádok, 2008

- [48] ŠESTINOVÁ, O. et al.: Vplyv kompozitního sorbentu na akumuláciu ťažkých kovov v sedimentech vodného diela Ružín I. In. *XVII. vedecké sympóziium s medzinárodnou účasťou situácia v ekologicky zatažených regiónoch Slovenska a strednej Európy*. Hrádok, 2008
- [49] VAŠKO, L. et al.: Humínové kyseliny jako intenzifikačný faktor při výrobe biopotravin. In. *XVII. vedecké sympóziium s medzinárodnou účasťou situácia v ekologicky zatažených regiónoch Slovenska a strednej Európy*. Hrádok, 2008
- [50] ABOU-SHANAB, R. A. I., ANGLE, J. S., CHANEY, R. L. Bacterial inoculans affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate and high Ni soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, Vol. 38, p. 2882–2889, ISSN: .
- [51] ZURAYK, R., SUKKARIYAH, B., BAALBAKI, R., ABI GHANEM, D. Ni phytoaccumulation in *Mentha aquatica* L. and *Mentha sylvestris* L. *Water, Air and Soil Pollution*, 2002, Vol. 139, p. 355–364, ISSN: .

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DDD Doporučená denní dávka

ADI Maximální přijatelný denní příjem

NPM Nejvyšší přípustné množství

SEZNAM TABULEK

Obr. 1: Obsah olova, kadmia, rtuti a arzenu v některých potravinách v mg/kg [12].....	12
Obr. 2: Obsah mědi v 1 kg suché hmoty [18].....	18
Obr. 3: Přípustný obsah kadmia v potravinách v mg/kg [31].....	23

