

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VYBRANÉ ANORGANICKÉ KONTAMINANTY V POTRAVINÁCH A
MOŽNOSTI JEJICH STANOVENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA KROUPOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VYBRANÉ ANORGANICKÉ KONTAMINANTY V POTRAVINÁCH A MOŽNOSTI JEJICH STANOVENÍ

SELECTED INORGANIC POLLUTANTS IN FOODSTUFFS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

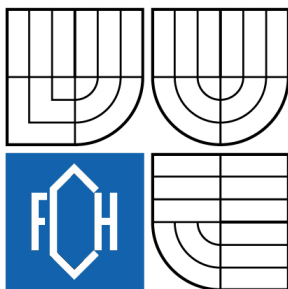
KATEŘINA KROUPOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA VITOULOVÁ, Ph.D.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce	FCH-BAK0187/2007	Akademický rok: 2007/2008
Ústav	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka)	Kroupová Kateřina	
Studijní program	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor	Biotechnologie (2810R001)	
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.	
Konzultanti bakalářské práce		

Název bakalářské práce:

Vybrané anorganické kontaminanty v potravinách a možnosti jejich stanovení

Zadání bakalářské práce:

Vypracování literární rešerše z dostupné knižní a časopisecké literatury na téma:

1. Výskyt vybraných kontaminantů v potravinách (As, Cd, Pb, Hg...)
2. Účinky vybraných kontaminantů na lidský organismus
3. Možnosti stanovení vybraných kontaminantů (příprava vzorků pro analýzu, metody používané pro stanovení kontaminantů)

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Kateřina Kroupová
student(ka)

Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.
Vedoucí práce

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2007

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce je věnována problematice výskytu anorganických kontaminantů v potravinách. V úvodu se zabývá výskytem jednotlivých vybraných prvků v potravinách. Koncentrace těchto prvků je nejdůležitějším faktorem pro posouzení jejich toxického působení na člověka. Aby bylo zabráněno možnému škodlivému vlivu na lidský organismus, jsou určeny limitní hodnoty koncentrací těchto prvků v jednotlivých potravinách. Práce se proto opírá o legislativu České republiky. Pozornost je také věnována biologickému monitorování, které je nezbytné k preventivním opatřením. Ve třetí kapitole jsou stručně popsány metabolické pochody jednotlivých prvků a jejich toxické účinky. Pro kvalitativní a kvantitativní vyhodnocení vzorku instrumentální analytickou metodou je nezbytné vzorek správně odebrat a před samotnou analýzou příslušně upravit. Metodika odběru vzorků a metody používané ke stanovení vybraných prvků jsou uvedeny ve čtvrté a páté kapitole.

Práce poskytuje komplexní pohled na problematiku vybraných toxických látek v potravinách a zároveň může sloužit jako podklad pro navazující diplomovou práci.

ABSTRACT

This bachelor thesis is focus on occurrence of inorganic pollutants in foodstuffs. The introduction is dedicated to apperance of individual selected elements in foodstuffs. Concentration of these elements is very important factor for examination of toxic effects for the human organism. If we want to avoid the harmful effects to the human organism, we have to define border limits. Work is based on the legislative of Czech republic. Second part of this study is focused on the biological monitoring. The biological monitoring is important for precautionary measures. In the third part of this study are described toxic effects of these elements to the human organism. Before qualitative and quantitative analysis by instrumental techniques is important to properly take the sample. In the fourth and fifth part of this work are mentioned methods used for determination of these elements and methods of taking samples.

This bachelor thesis provide complex view on the problems of pollutants in foodstuffs and it should be used as a base for following diploma thesis.

KLÍČOVÁ SLOVA

Atomová absorpční spektrometrie, Atomová fluorescenční spektrometrie, Arsen, Biologické monitorování, Diferenční pulzní voltametrie, Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, Kadmium, Mineralizace, Olovo, Optická spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, Rtuť, Toxické účinky

KEYWORDS

Atomic absorption spectroscopy, Atomic fluorescence spectroscopy, Arsenic, Biological monitoring, Differential pulse voltammetry, Inductively coupled plasma mass spectroscopy, Cadmium, Mineralization, Lead, Inductively coupled plasma with optical emission spectroscopy, Mercury, Toxic effect

KROUPOVÁ, K. Vybrané anorganické kontaminanty v potravinách a možnosti jejich stanovení. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Evě Vitoulové, Ph.D. za hodnotné rady a odborné vedení během mé práce.

OBSAH

ÚVOD	6
1 TOXICKÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH.....	7
1.1 VÝSKYT ARSENU V POTRAVINÁCH	7
1.2 VÝSKYT KADMIA V POTRAVINÁCH.....	8
1.3 VÝSKYT OLOVA V POTRAVINÁCH.....	9
1.4 VÝSKYT RTUTI V POTRAVINÁCH.....	10
2 BIOLOGICKÉ MONITOROVÁNÍ EXPOZICE KOVŮ	13
2.1 PRINCIP BIOLOGICKÉHO MONITOROVÁNÍ.....	13
2.1.1 <i>Ukazatel expozice</i>	13
2.1.2 <i>Biologický limit</i>	13
2.2 PŘEDPISY	13
2.3 BIOLOGICKÉ MONITOROVÁNÍ VYBRANÝCH KONTAMINANTŮ.....	13
3 METABOLISMUS A TOXICKÉ ÚČINKY VYBRANÝCH PRVKŮ.....	15
3.1 TOXICKÉ ÚČINKY ARSENU	15
3.2 TOXICKÉ ÚČINKY KADMIA.....	15
3.3 TOXICKÉ ÚČINKY OLOVA.....	16
3.4 TOXICKÉ VLASTNOSTI RTUTI	16
4 PŘÍPRAVA VZORKŮ PRO ANALÝZU VYBRANÝCH PRVKŮ	18
4.1 ODBĚR VZORKU.....	18
4.1.1 <i>Klasifikace odběru vzorku podle jeho skupenství</i>	18
4.1.1.1 Tuhé vzorky.....	18
4.1.1.2 Kapalné vzorky	18
4.1.1.3 Plynné vzorky.....	18
4.2 ROZKLAD VZORKU	18
4.2.1 <i>Mineralizace</i>	19
4.2.1.1 Mineralizace suchou cestou	19
4.2.1.2 Mineralizace mokrou cestou	19
5 METODY POUŽÍVANÉ KE STANOVENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ	21
5.1 DIFERENČNÍ PULZNÍ VOLTAMETRIE (DPV).....	21
5.2 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE (AAS)	22
5.3 OPTICKÁ EMISNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM.....	24
5.4 ATOMOVÁ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE.....	25
5.5 HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM (ICP MS).....	25
ZÁVĚR.....	30
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	34
SEZNAM PŘÍLOH	35
PŘÍLOHY	36

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá vybranými anorganickými kontaminanty v potravinách. Práce je zaměřena na vybrané prvky, jimiž jsou arsen, kadmium, olovo a rtuť. Podstatou práce bylo shrnout jejich rizikové vlastnosti v potravinovém řetězci, dopad na lidský organismus a možnosti jejich stanovení v potravinách.

Skutečností je, že potraviny neobsahují pouze prospěšné látky, ale i látky toxické. Proto je nezbytné v potravinách určovat maximální přípustné koncentrace. Tyto přípustné dávky jsou ošetřeny legislativou České republiky, která je uvedena v příloze práce. Pro kvalitativní a kvantitativní vyhodnocení těchto látek je velmi důležitý postup jejich odběru, úprava a měření nejrůznějšími instrumentálními analytickými metodami.

Zabránit výskytu toxických látek v potravinách je málo pravděpodobné. Potraviny jsou stále více vystavovány antropogenním zdrojům kontaminace. Člověk je v kontaktu s mnoha toxickými látkami, proto je nutno sledovat a stanovovat tyto toxické látky v potravinách i v lidském organismu.

1 Toxické látky v potravinách

Potraviny obsahují kromě prospěšných látek i látky toxické, které mohou v závislosti na dávce způsobit onemocnění či poškození organismu. Mezi nejdůležitější toxické prvky patří olovo, kadmium, rtuť a arsen.

Pokud jsou látky toxické pouze pro některé jedince, potom se jedná o látky vyvolávající potravní nesnášenlivost (intoleranci). Projevem této intolerance mohou být např. potravinové alergie. Látky toxické pro všechny jedince se nazývají toxiny.^[1]

Ve vztahu k poživatinám rozlišujeme kontaminanty exogenní, které pocházejí z vnějších zdrojů, a kontaminanty endogenní, vznikající v potravine. Zvláštním případem jsou kontaminace toxiny mikroorganismů.^[2]

Kontaminanty se do potravinového řetězce dostávají především při výrobě, skladování či prodeji samotných potravin, případně v důsledku znečištění životního prostředí. Ke vstupu kontaminantů do potravního řetězce přispívají zdroje antropogenního a přirozeného původu. Jako antropogenní zdroje lze označit spalování fosilních paliv, dopravu, průmyslovou výrobu kovů, použití jednotlivých prvků v průmyslu a technice a s tím související produkce odpadů, nadměrné používání minerálních hnojiv a jiných agrochemikálií, případně aplikace čistírenských kalů do půdy. Mezi přírodní zdroje toxických prvků v životním prostředí patří zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost.^[2,3]

Koncentrace jednotlivých prvků ve významných potravinářských surovinách a potravinách a jejich limitní hodnoty udává příloha č. 2 k vyhlášce č. 53/2002 Sb., která je uvedena jako příloha 1 v závěru bakalářské práce. Tato vyhláška legislativně upravuje nejvyšší povolené množství (NPM) a povolené množství (PM) toxických prvků ve vybraných potravinách.^[2]

1.1 Výskyt arsenu v potravinách

Vysoké koncentrace arsenu jsou charakteristické pro mořské ryby a zvláště mořské korýše a měkkýše (např. ústřice $3,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, chobotnice $7,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, krevety $3,2\text{--}26 \text{ mg.kg}^{-1}$, humr $1,5\text{--}122 \text{ mg.kg}^{-1}$). V těchto potravinách je převážná část arsenu obsažena v téměř netoxických organických sloučeninách, např. arsenobetainu a arsenocholinu. Vyšší koncentrace arsenu v potravinách rostlinného původu byla vyzorována v ovsu.^[1]

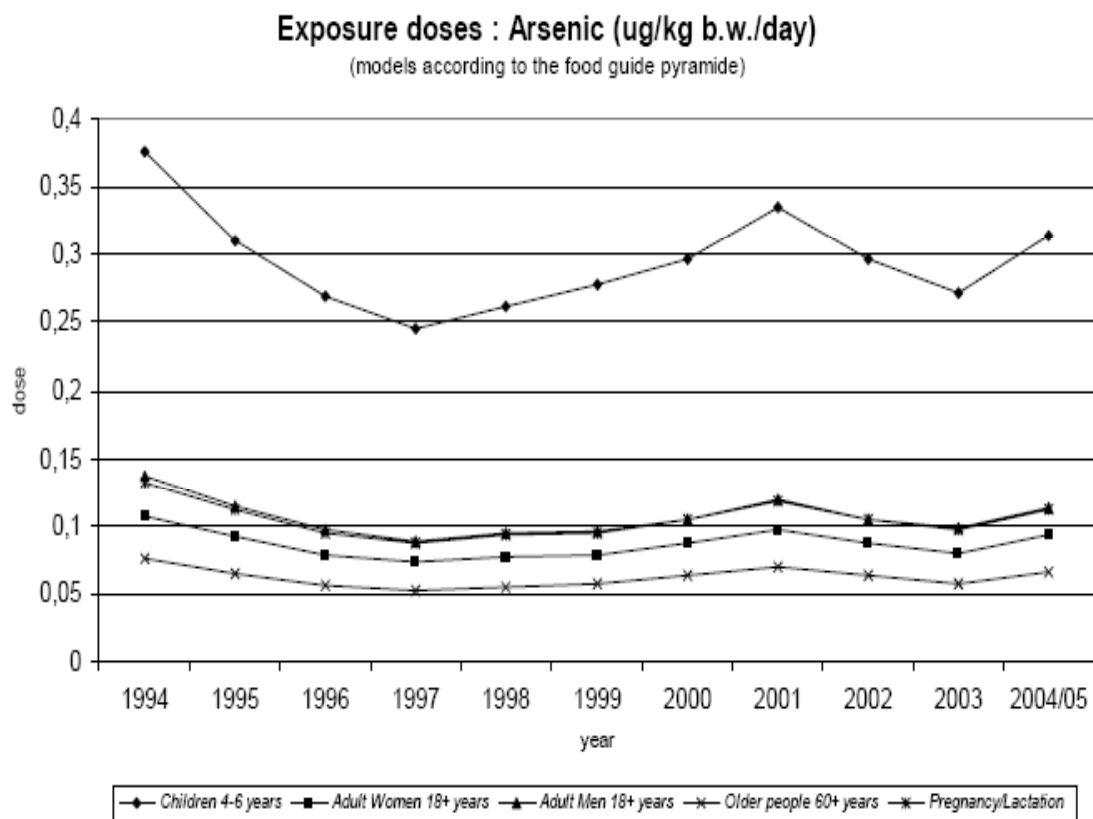
Mezi významné expoziční zdroje arsenu v České republice byla zařazena rýže, koření, mouka, mořské ryby a pivo. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány u mořských ryb, v rýži a v koření. U rýže nelze vyloučit, že v produkčních oblastech jsou k jejímu pěstování používány pesticidy na bázi arsenu. Rýže je doporučována jako poměrně „čistá potravina“, vegetariány je konzumována ve větší míře, než je průměr pro populaci, její obliba obecně mírně stoupá, ale ukazuje se, že může být významným zdrojem expozice řady kontaminantů, včetně arsenu.^[4]

Ve srovnání s mořskými rybami je rýže významnějším zdrojem arsenu, protože 2/3 podílu arsenu v rýži tvoří spíše anorganické sloučeniny, které mají vyšší toxicitu. V rybách se arsen vyskytuje z 95–98 % v organické formě, která je méně toxická nebo až netoxická.^[5]

Tolerovatelná dávka arsenu se pro dospělého člověka pohybuje okolo $140 \mu\text{g}$ na 70 kg tělesné hmotnosti. Skutečné denní dietární dávky arsenu se pohybují od $17 \mu\text{g}$ (Kanada 1987) do $130 \mu\text{g}$ (Velká Británie 1985).^[1,5]

Expozice populace arsenu je zjišťována v České republice od roku 1994. Podrobné informace o monitoringu jsou uvedeny v publikacích Státního zdravotního ústavu v Praze, popisujících dietární expozici člověka v ČR (Ruprich a kol., 1995–2004).

Expoziční dávky arsenu pro různé věkové skupiny obyvatel jsou uvedeny na obrázku 1. Zvláště u malých dětí lze vyzorovat kolísavou tendenci.^[5]



Obr.1: Expoziční dávky arsenu pro různé věkové skupiny obyvatelstva^[5]

1.2 Výskyt kadmia v potravinách

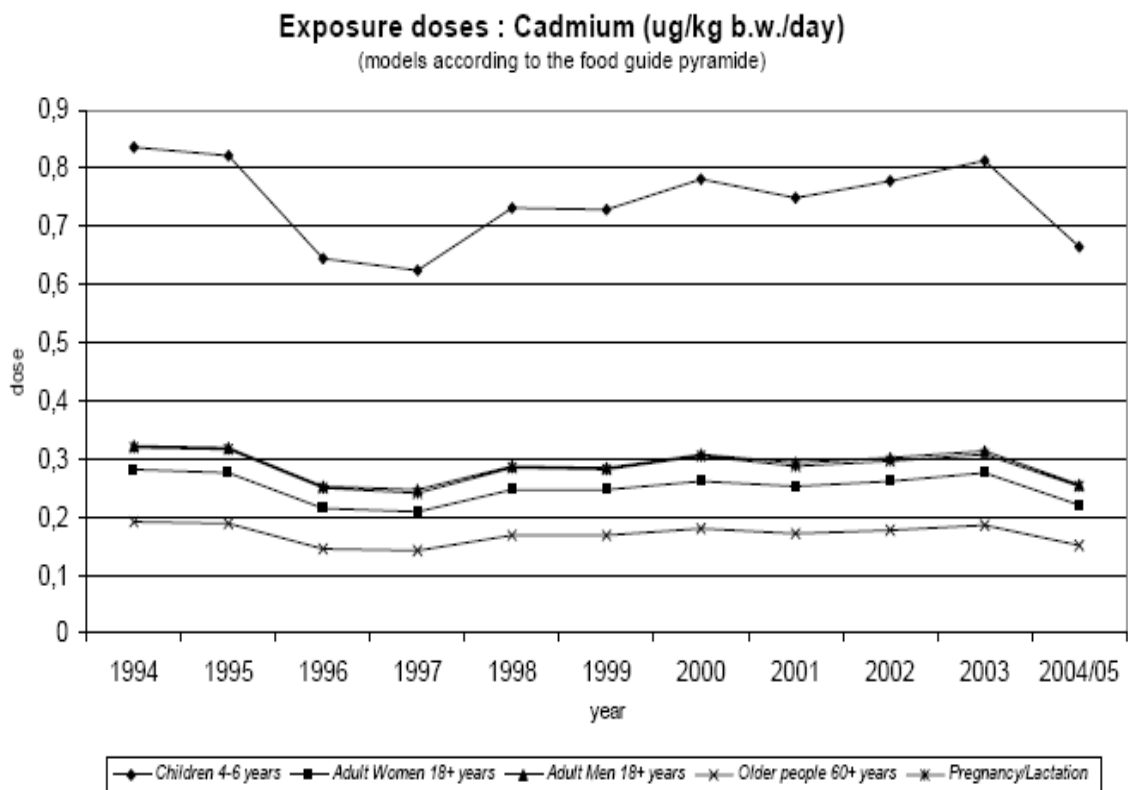
Hlavními zdroji znečištění životního prostředí, a tedy potravního řetězce člověka, jsou těžba rud železa a zinku, spalování fosilních paliv, výroba plastů. Závažným zdrojem jsou opotřebované a nesprávně likvidované akumulátové baterie. Kadmium se může dostat do půdy jako součást nekvalitních amonných a především fosforečných hnojiv. K jeho kumulaci dochází mimo jiné také v čistírenských kalech a hnojení těmito kaly může nezanedbatelným způsobem přispívat ke kontaminaci potravního řetězce.^[6]

Obsah kadmia v potravinách je malý a velmi proměnlivý. U potravin rostlinného původu je obsah kadmia závislý především na obsahu tohoto prvku v půdě. K významným expozičním zdrojům patří především brambory a výrobky z brambor, pečivo a mouka. Vysoké koncentrace kadmia vykazují také olejnatá semena (např. mák obsahuje $0,04\text{--}1,96\text{ mg.kg}^{-1}$) a některé druhy listové a kořenové zeleniny (špenát, mrkev, celer). Z potravin živočišného původu mají nejvyšší obsahy kadmia vnitřnosti, zvláště játra a ledviny. U starších zvířat jsou koncentrace vyšší. Maso, vejce, mléko a mléčné výrobky obsahují jen stopy kadmia. Podíl potravin živočišného původu na expozici kadmiu je ve srovnání s rostlinnými potravinami nízký.^[1,7,8]

Expozice kadmia je v České republice zjišťována od roku 1994 Státním zdravotním ústavem v Praze. Expoziční dávky kadmia zasluhují stále větší pozornost především u kuřáků, u kterých představují rizikový faktor.^[1,8]

Tolerovatelná denní dávka kadmia činí 67–83 μg na 70 kg tělesné hmotnosti. Skutečné denní dávky kadmia se pohybují od 10 μg (Švédsko 1983) do 33 μg (USA 1985).^[1]

V České republice bylo srovnání expozičních dávek kadmia provedeno pomocí modelu doporučených dávek potravin a bylo monitorováno pro různé věkové skupiny obyvatelstva a obě pohlaví. Srovnání je uvedeno na obrázku 2.^[8]



Obr.2: Expoziční dávky kadmia pro různé věkové skupiny obyvatelstva^[8]

1.3 Výskyt olova v potravinách

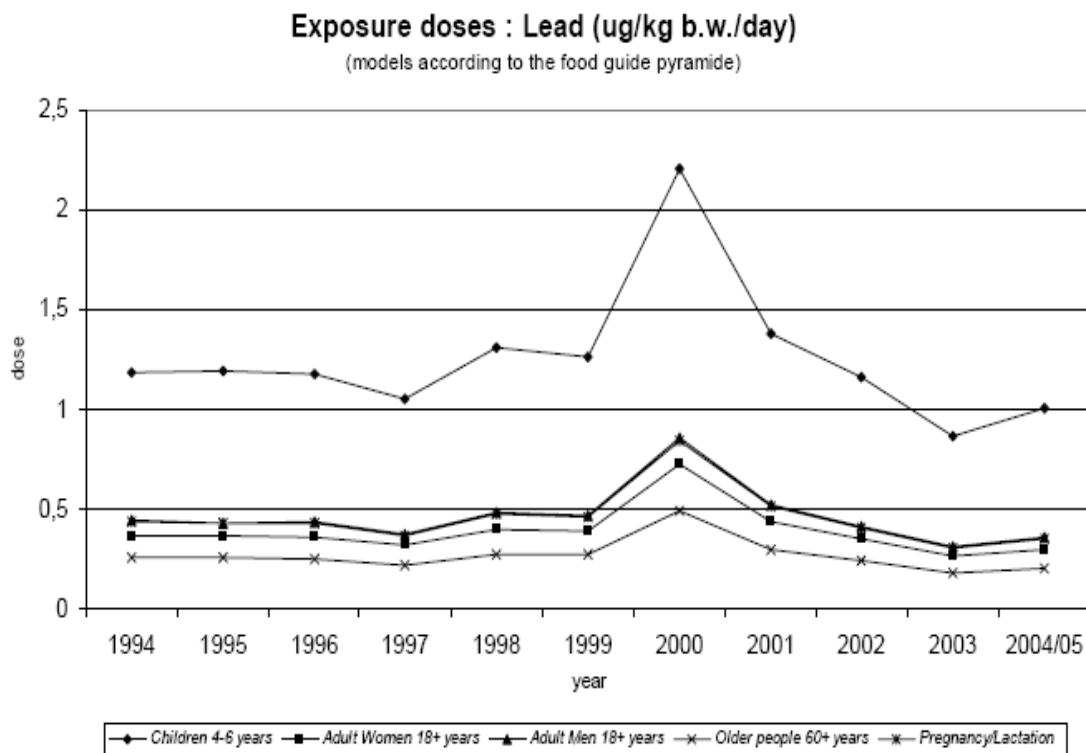
Olovo se do potravního řetězce dostává z obalových materiálů, v malém množství z nátěrových látek, případně spalováním fosilních paliv.^[6]

Z potravin živočišného původu mají nejvyšší obsah olova vnitřnosti. Koncentrace tohoto prvku se odvíjí od věku a výživy zvířat. U starších zvířat jsou koncentrace olova vyšší. U potravin rostlinného původu se odvíjí obsah olova od jeho zastoupení v půdě. Relativně vysokými koncentracemi (v setinách až desetínách $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) se vyznačují některé druhy zeleniny (špenát, hlávkový salát, mrkev), jedlé houby a olejnatá semena. Zejména u obilovin se udávají vysoké hodnoty obsahu olova. Dále byly zjištěny relativně vysoké koncentrace olova ve víně ($0,016\text{--}0,17\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). V České republice byly zaznamenány nejvyšší koncentrace olova u koření, kaka a polévek v prášku.^[1,9]

V konzervovaných potravinách balených v plechovkách se často nacházejí vyšší koncentrace olova. To je dáno kontaminací obsahu plechovky olovem obsaženým ve slitině cínu, kterou je zataven šev plechovky. U potravin, na které jsou kladeny zvýšené hygienické nároky (dětská výživa), se proto doporučuje balení konzervovaných výrobků do skla.^[1]

Přestože je expoziční dávka olova v České republice relativně přijatelná, vyžaduje olovo trvalou kontrolu. Kontrolní systém zajišťuje Zdravotní ústav v Praze, který se věnuje především kontrole cereálních potravin a vybraných druhů zeleniny (plodová zelenina, brambory).^[9]

Trend expozičních dávek v České republice se modeluje pomocí doporučených dávek potravin. Odhad zátěže populace lze zhodnotit na základě obrázku 6. Zátěž je téměř stabilní s výjimkou roku 2000. Výrazně vyšší expozice je u dětí.^[9]



Obr.3: Expoziční dávky olova pro různé věkové skupiny obyvatelstva ^[9]

1.4 Výskyt rtuti v potravinách

Ke vstupu rtuti do životního prostředí, a tedy i do potravního řetězce, přispívají hlavně vulkanická činnost, spalování uhlí, použití rtuti v průmyslu a zemědělství a manipulace s odpady. Celkové množství rtuti vstupující do atmosféry se odhaduje na 150 000 tun ročně, zhruba 2/3 připadají na přirozené zdroje.^[6]

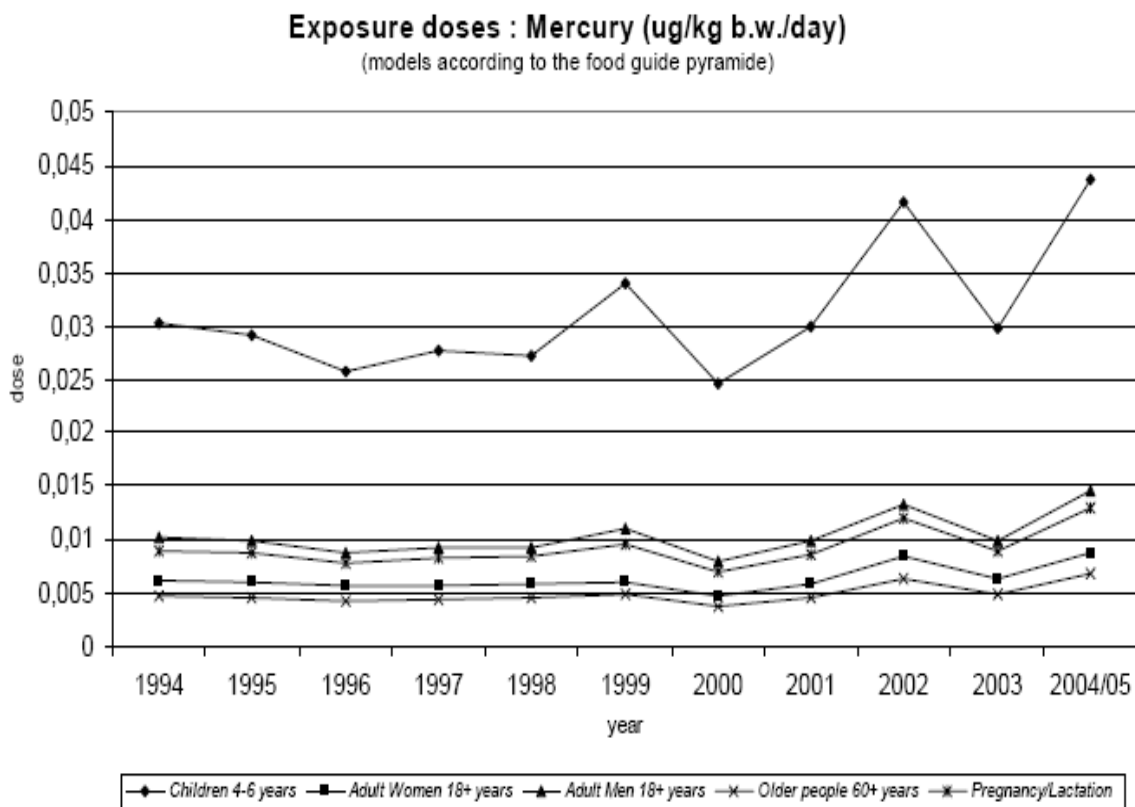
Vysoké koncentrace rtuti (desetiny až jednotky mg.kg⁻¹) se nacházejí v některých jedlých houbách, rybách, v měkkýších a koryších. V České republice byly zjištěny tyto koncentrace rtuti: kapr 0,01 mg.kg⁻¹, plotice 0,08–0,23 mg.kg⁻¹, lín 0,14–0,64 mg.kg⁻¹, okoun 0,14–2,43 mg.kg⁻¹, štika 0,16–2,87 mg.kg⁻¹, candát 0,34–1,90 mg.kg⁻¹ a úhoř 0,13–2,40 mg.kg⁻¹. Významná expozice je zaznamenána z brambor a rýže. Další skupiny potravin mají z hlediska kontaminace rtutí podstatně menší význam. Obsah rtuti a ostatních toxických prvků ve významných potravinových potravinách a surovinách uvádí tabulka 1. Tyto koncentrace jsou sumarizací dat získaných z různých oblastí světa.^[1,10]

Expoziční dávka rtuti pro populaci nesignalizuje významná zdravotní rizika. Větší riziko představuje rtuť u spotřebitelů s preferencí ryb a rybích výrobků.^[1,10]

Tolerovatelná denní dávka celkové rtuti u dospělého člověka činí 50 μg a tolerovatelná denní dávka u methylrtuti 33 μg při tělesné hmotnosti 70 kg. Skutečné dietární dávky rtuti zjištěné ve studiích západních zemí se pohybují od 0,7 μg (Holandsko 1989) do 14 μg (Belgie 1983).^[1]

Srovnání expozičních dávek v České republice bylo provedeno pomocí modelu doporučených látek potravin Státním zdravotním ústavem v Praze. Monitorování se provádí od roku 1994. Výsledky ukazuje obrázek 4. Odhad zátěže populace rtuť má kolísavý trend, avšak v posledních letech mírně roste. Vyšší je expozice dětí, avšak tato hodnota je stále tolerovatelná.^[10]

Mimořádně toxické a nebezpečné jsou organické sloučeniny rtuti. Mají široké uplatnění v průmyslu, ale kumulují se v organismech. S odpadními vodami se dostávají z továren do řek a moří, kde vstupují do potravních řetězců. V organismu ryb dochází ke změně anorganických sloučenin na lipofilní organické sloučeniny. Následkem je akumulace těchto látek v tukových tkáních. Taková ryba je od určitého stáří zdraví škodlivá a nesmí se konzumovat. Na to pamatují některé rybářské příručky např. v Kanadě, které uvádějí u jednotlivých druhů ryb i jejich maximální stáří vhodné pro kuchyňské zpracování.^[4]



Obr.4: Expoziční dávky rtuti pro různé věkové skupiny obyvatelstva^[10]

Tabulka 1: Obsah olova, kadmia, rtuti a arsenu ve významných potravinových surovinách a potravinách¹⁾

Potravina	Obsah v mg.kg ⁻¹			
	Pb	Cd	Hg	As
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
maso kuřecí	0,008-0,04	0,001-0,005	0,001-0,002	0,001-0,03
játra vepřová	0,014-0,04	0,025-0,10	0,007-0,014	0,005-0,02
játra hovězí	0,01-0,42	0,03-0,17	0,001-0,005	0,005-0,07
ledviny vepřové	0,01-0,04	0,07-0,52	0,011-0,015	0,01
ledviny hovězí	0,06-0,22	0,06-2,0	0,003-0,014	0,02-0,13
ryby mořské	0,01-0,14	0,001-0,07	0,03-0,85	0,50-1,4
ryby sladkovodní	0,01-0,05	0,001-0,005	0,07-1,01	0,03-0,56
mléko plnotučné ^{b)}	0,001-0,002	< 0,0001-0,001	< 0,001	< 0,001-0,003
tvaryh	0,02	< 0,002	< 0,001	0,01
sýry	0,01-0,06	0,005-0,02	< 0,002	< 0,002-0,025
jogurt	0,01-0,03	0,001-0,003	< 0,001	< 0,005
vejce slapičí	0,001-0,01	0,001-0,01	0,005-0,008	< 0,002-0,01
pšenice	0,02-0,65	0,02-0,33	0,0001-0,006	0,005-0,29
mouka pšeničná	0,004-0,05	0,01-0,09	0,002-0,004	0,01-0,17
chléb celozrnný	0,012-0,013	0,02-0,05	0,001-0,006	0,006-0,05
rýže loupaná	0,003-0,08	0,004-0,14	0,002-0,008	0,04-0,31
žito	0,01-0,17	0,004-0,04	0,002-0,007	0,03-0,10
ječmen	0,03-0,27	0,004-0,04	0,001-0,006	0,005-0,38
oves	0,03-0,30	0,004-0,07	0,0001-0,008	0,01-0,54
hrách	0,01-0,43	0,01-0,03	0,002-0,02	0,01-0,05
fazole	0,02-0,10	0,003-0,02	0,004-0,02	< 0,01
soja	< 0,002-0,32	0,04-0,09	< 0,004	0,03-0,05
zelí	0,002-0,04	0,01-0,017	0,0003-0,001	< 0,01
květák	0,002-0,02	0,002-0,02	0,0004-0,002	0,002-0,01
špenát	0,01-0,29	0,01-0,35	< 0,001-0,008	0,005-0,02
hlávkový salát	0,003-0,25	0,002-0,16	0,0005-0,01	0,002-0,14
rajčata	< 0,001-0,04	0,002-0,05	0,0001-0,008	< 0,001-0,002
mrkev	0,004-0,21	0,003-0,16	0,0006-0,005	0,003-0,11
hrášek	0,01-0,02	0,001-0,03	0,0005-0,002	0,01
cibule	< 0,001-0,05	0,004-0,05	< 0,001	0,01
brambory	0,006-0,04	0,002-0,06	0,0001-0,017	< 0,001-0,04
houby	0,01-0,20	0,01-0,33	0,07-0,22	0,01
jablka	0,01-0,05	0,001-0,002	0,0003-0,002	0,001-0,22
pomeranče	0,005-0,07	0,001-0,007	< 0,001	0,004-0,02
banány	0,02-0,05	< 0,002	0,001-0,002	0,04-0,09
jahody	0,006-0,09	0,001-0,03	0,0002-0,001	< 0,005
hrozny	0,012-0,024	0,001-0,002	0,0004-0,002	0,01-0,16
orašáky	0,01-0,19	0,01-0,51	< 0,004	-
čaj černý	0,07-1,29	0,005-0,12	0,007-0,025	0,05-0,40
káva pražená	0,02-0,05	0,003-0,007	< 0,004	0,05-0,22
kakao	0,03-0,07	0,095-0,17	< 0,004	0,10
čokoláda mléčná	0,05	0,005-0,01	0,002-0,004	< 0,05

^{a)} Tabulka sumarizuje data ze Švédska, Finska, Holandska, Německa, Kanady a USA. ^{b)} V mateřském mléce je obsah Pb 0,0004–0,002; Cd 0,0001–0,0006; Hg 0,0003–0,001 a As < 0,001 mg.kg⁻¹.

2 Biologické monitorování expozice kovů

Během života je člověk vystaven mnoha účinkům různých škodlivých látek. Jejich zdrojem je potrava, znečištěné životní prostředí aj. Ve významné míře je člověk exponován škodlivým vlivům v pracovním prostředí. Pro posouzení expozice a z ní vyplývajícího možného rizika se využívá biologické monitorování.^[11]

2.1 Princip biologického monitorování

Biologický monitoring zahrnuje sledování a stanovení vybraných toxických látek v organismu vybraného okruhu populace. Vyšetřovaným biologickým materiálem je krev či moč. V některých případech je vhodnější vyšetřování vydechaného vzduchu, vlasů, slin nebo stolice.^[11]

2.1.1 Ukazatel expozice

Stanovovaná látka, škodlivina případně její metabolický produkt je označuje jako ukazatel expozice (biomarker).^[11,12]

2.1.2 Biologický limit

Pojem „biologické monitorování“ přesně nevymezuje, zda je pro daný ukazatel pouze prokázána jeho přítomnost nebo i množství. Pokud chceme posoudit velikost expozice dané škodliviny a zároveň chránit před expozicí nadměrnou, je nutné zjistit kvantitativní vztah mezi hladinami škodliviny a příslušného ukazatele. Určitá hladina ukazatele je pak dohodou přijata jako biologický limit. Biologický limit odpovídá takové úrovni expozice, o níž se podle současných vědeckých poznatků předpokládá, že ani při dlouhodobém každodenním opakování nepoškodí zdraví exponovaných osob.^[11]

2.2 Předpisy

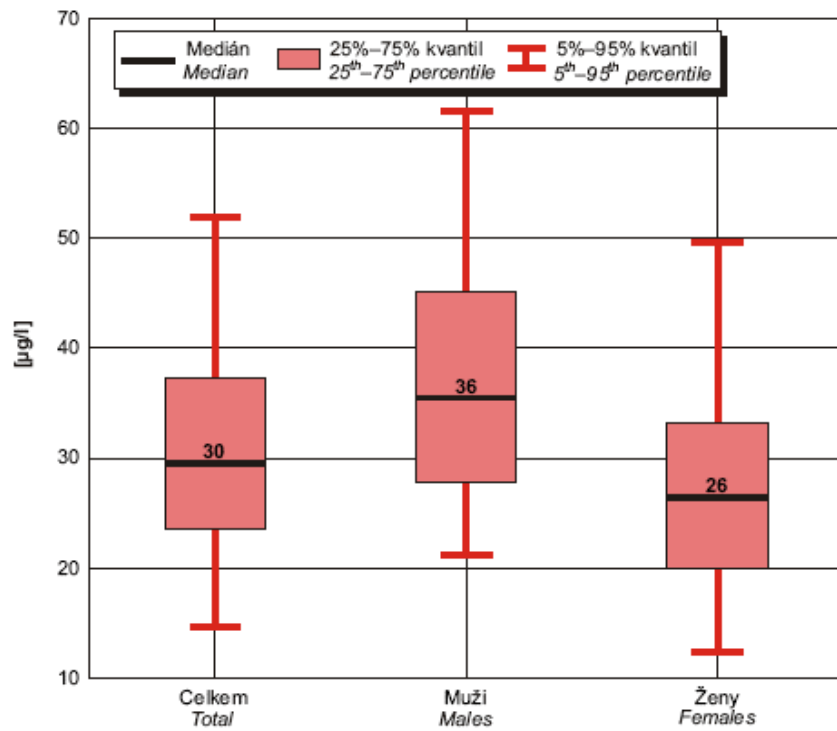
Použití biologického monitorování pro posouzení expozice chemickým látkám v pracovním prostředí v ČR je upraveno Vyhláškou MZd č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Zvláštní předpis (Nařízení vlády č. 361/2007) platí pro posouzení expozice olovu.

2.3 Biologické monitorování vybraných kontaminantů

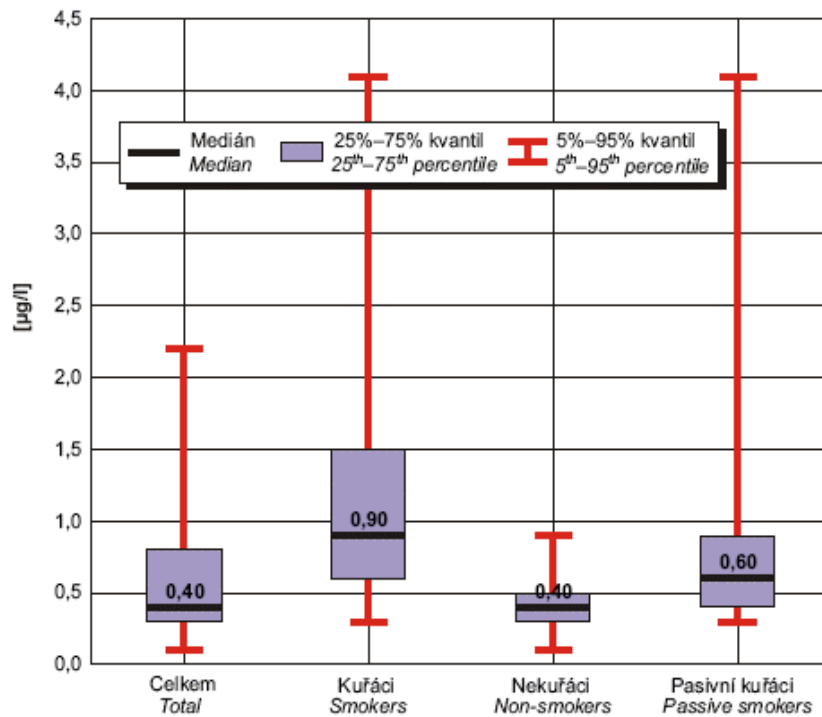
V České republice toto sledování probíhá od roku 1994. Mezi sledované oblasti bylo v roce 2005 zařazeno hlavní město Praha. Koncentrace vybraných kovů a stopových prvků byly sledovány v krvi a v moči.^[12]

Odběr vzorků se v roce 2005 uskutečnil v Praze u 106 dospělých, kteří byli zastoupeni ve stejném poměru obou pohlaví. Kuřáků bylo 29 % s průměrnou dobou kouření 13 let. Výsledky monitorování pražské populace se výrazně nelišily od dat získaných z jiných oblastí. Hladina olova v krvi pražské populace byla nižší než limitní hodnota $54 \mu\text{g.l}^{-1}$, která je doporučená WHO. Vyšší hodnoty byly zjištěny u mužů. Tuto situaci lze pozorovat na obrázku 5. Koncentrace kadmia v krvi byla ovlivněna především kouřením. Kuřáci měli ve srovnání s nekuřáky vyšší hodnoty koncentrace kadmia v krvi, byli také srovnáni pasivní a aktivní kuřáci. Výsledky jsou uvedeny na obrázku 6. Hladiny rtuti se u pražského obyvatelstva pohybovaly v rozsahu $0,22\text{--}3,3 \mu\text{g.l}^{-1}$. Limitní hodnota dosahovala hodnoty $5,8 \mu\text{g.l}^{-1}$.^[12]

Tento biologický monitoring byl proveden Státním zdravotním ústavem v roce 2005.



Obr.5: Koncentrace olova v krvi dospělých, Praha, 2005 ^[12]



Obr.6: Koncentrace kadmia v krvi dospělých, Praha, 2005 ^[12]

3 Metabolismus a toxické účinky vybraných prvků

Látky obsažené v potravě nemají pouze příznivé a požadované výživové vlastnosti, ale některé z těchto látek mají i vlastnosti škodlivé a nežádoucí. Chemické sloučeniny mohou mít tedy jak příznivé vlastnosti tak vlastnosti toxické. Jaké vlastnosti se projeví, to závisí na okolnostech, za kterých působí a způsobu, jak se látka do organismu dostane, na jejím množství, které organismus musí zpracovat (tzv.dávka), ale třeba i na stáří a druhu organismu-a to ne vždy stejně.^[13]

Je všeobecně známo, že po větší dávce je účinek větší. Dojde-li k otravě bezprostředně po masivní expozici, mluvíme o akutní otravě. Je-li poškození vyvoláno expozicí malým dávkám po dlouhou dobu (měsíce, roky), vyvíjí se onemocnění označované jako chronická intoxikace. Příznaky akutní a chronické intoxikace nebývají stejné.^[14]

3.1 Toxické účinky arsenu

Arsen jako kov je nepatrně toxický. Obecně platí, že sloučeniny trojmocného arsenu jsou mnohem toxickejší než sloučeniny arsenu pětímocného, u kterého byly prokázány karcinogenní účinky. Celou skupinu trojmocného arsenu reprezentuje svými toxickými vlastnostmi oxid arsenitý.^[15]

Tolerovatelná denní dávka arsenu pro dospělého člověka je 140 µg (při tělesné hmotnosti 70 kg).^[1]

Chronické otravy arsenem se vyskytují u pracovníků v metalurgii a hornictví a také v oblastech, kde má pitná voda vyšší obsah arsenu. Projevem jsou kožní změny, otoky, ekzémy a keratóza kůže. Arsen má vysokou afinitu ke keratinu. Při intoxikaci arsenem dochází k poškození přídatných orgánů, jejichž základem je samotný keratin.^[1,7]

Chronická otrava se také projevuje ztrátou tělesné hmotnosti, zvýšenou slinivostí a zhoršením zraku. Mohou se objevit i hematologické a neurologické změny (motorická obrna prstů, spavost, ztráta paměti, zmatenost).

Paralytická forma akutní otravy se projevuje méně často a jen po velmi vysokých dávkách. Projevuje se přitom celková slabost, ztráta vědomí, kóma. Smrt nastává v několika hodinách důsledkem ochrnutí vazomotorů a dechu. Poněkud nižší dávka se projeví tzv. gastrointestinální formou (zažívací potíže, zvracení, vodnaté a krvavé průjmy, bolesti břicha), kdy život ohrožuje poškození jater (žloutenka), ale především poškození ledvin (anurie).^[1,15,16]

3.2 Toxické účinky kadmia

U kadmia jsou známy případy akutních otrav při zpracování jeho tavenin a slitin, tato intoxikace je laicky nazývána jako tzv. „horečka slévačů“. Při požití kadmia se objevují stejné příznaky jako při otravě botulotoxinem, což vede někdy k mylné diagnóze. Kadmium se kumuluje převážně v ledvinách a játrech, intoxikace se projevuje přítomností bílkovin a cukrů v moči. Otrava je provázána sliněním, zvracením, pálením a křečemi žaludku, průjmem a závratí. V ledvinové kůře dospělého člověka je běžná koncentrace Cd 10–30 µg.kg⁻¹, pokud se koncentrace zvýší nad 100 µg.kg⁻¹, dojde k poškození ledvin, z důvodu nevytvoření metalothioneinu, který by inhiboval navázání Cd. Následkem poškození ledvin může sekundárně utrpět kalciový metabolismus kostí. Dále sloučeniny Cd inhibují tvorbu hemoglobinu, projevem této reakce je vznik hypertenze.^[1,15,16]

Při chronické otravě kadmiiem se poškození jater projevuje méně. To lze vysvětlit tím, že kadmium se váže na nízkomolekulární stabilní polypeptidy s vysokým obsahem cysteinu a tím se inaktivuje. Objevují se příznaky nespecifického průběhu—nespavost, hubnutí, zažívací potíže, celková ochablost a vyčerpání. Kolem zubních krčků se vytváří dozlatova zbarvený lem, který doprovází vznik CdS.^[15,16]

Cd vstupuje do organismu nejen prostřednictvím trávicího ústrojí, ale také plícemi. Krevní hladina Cd se pohybuje u nekuřáků v rozmezí 0,2–3 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$, u kuřáků 0,2–5 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Tento podíl inhalační expozice je srovnatelný s příjmem tohoto prvku potravou.^[1]

K hromadné otravě kadmiiem ze silně kontaminované rýže došlo v 50. letech v Japonsku. Tento syndrom byl označen jako „itai-itai“. Název odpovídá japonskému přídavnému jménu bolestivý. Obsah Cd v tkáních a krvi intoxikovaných obyvatel byl podstatně vyšší ve srovnání s okolním světem. Tento stav byl podmíněn sociálně-hospodářskou situací. Po druhé světové válce došlo k prudkému rozšíření toxických látek a to zejména z průmyslových dolů. Z ložisek vytěžené Cd kontaminovalo říční vodu, která byla používána k zavlažování rýžových polí. Pěstování rýže je v této zemi jednou z hlavní forem zemědělské produkce.^[17]

3.3 Toxické účinky olova

Při intoxikaci olovem dochází k poškození ledvin, jater, krve, nervového a kardiovaskulárního systému. Akutní otravy jsou dnes jen výjimečné, spíše lze pozorovat otravy chronické, které souvisí se znečištěním životního prostředí. Olovo je kumulativní jed, který se ukládá především v kostech, následně inhibuje syntézu porfyrinů, takže při chronické otravě klesá množství hemoglobinu v erythrocytech a objevuje se anémie. Kůže v důsledku intoxikace dostává šedožluté zbarvení, které je někdy označováno jako „olovnatý kolorit“. Dalším příznakem chronické intoxikace olovem je tzv. „olovnatý lem“, což je šedý proužek lemující okraje dásní, který vzniká v důsledku ukládání sulfidu olovnatého. Účinek olova zahrnuje ovlivnění nervového systému, v některých případech dochází k poruchám motoriky končetin, zpomalení pohybových reakcí a podobným symptomům. Neurotoxické účinky olova jsou především nebezpečné pro děti. Objevuje se u nich pomalejší mentální i fyzický vývoj, nižší schopnost učení, nižší inteligence, snížená imunita.^[1,4,15,16]

Z organokovových sloučenin olova je nejtoxičtější tetraethylolovo. Jedná se o těžký nervový jed, který do organismu dobře proniká kůží, plícemi a zažívacím traktem. Z mnoha projevů jsou nejtypičtější rozčilení, nespavost, úbytek váhy, duševní poruchy a pokles krevního tlaku. Do několika hodin nastává exitus, v opačném případě jsou možné následky na centrální nervové soustavě.^[1,16]

3.4 Toxické vlastnosti rtuti

Účinky jednotlivých sloučenin rtuti se poněkud liší. K otravám anorganickými sloučeninami rtuti a elementární rtuti dochází především v provozech chemického průmyslu a laboratořích. Z hlediska toxikologie potravin je nejdůležitější sloučeninou methylrtuť. Elementární rtuť se vstřebává především plícemi, poněkud méně kůží. U organických sloučenin rtuti (methylrtuť, dimethylrtuť a arylsloučeniny) převažuje účinek na nervový systém. Dochází k poruchám smyslových funkcí, konkrétně špatnou výslovnost, snížení zorného pole, postižení inteligence a paměti. Methylrtuť má také teratogenní účinky. Vznik dimethyl- a methylrtuti je problémem životního prostředí. Elementární rtuť a sloučeniny rtuti jsou obsaženy ve vodních nádržích, kde jsou biologicky odbourávány na výše zmíněné

organokovové sloučeniny, které jsou těkavé a rozpustné v tucích. Tyto vlastnosti přispívají k cestě potravinovým řetězcem až ke člověku.^[1,4,15]

Akutní intoxikace při požití rtuti se projevuje zvýšeným sliněním, ztrátou chuti k jídlu, bolestmi břicha, krvavými průjmy, kovovou chutí v ústech, záněty dutiny ústní a vypadáváním zubů. Kolem zubních krčků se vytváří šedivý lem, který je vytvořen vznikem HgS. Někdy se zvětšuje štítná žláza. Může dojít k úmrtí na následek kolapsu ledvin. Při inhalaci par rtuti přistupují další příznaky, kterými jsou zánět průdušek, bolesti hrudníku, kašel a dýchací problémy.^[1,15]

Chronická intoxikace anorganickými sloučeninami rtuti má podobný průběh jako akutní, avšak objevují se některé nervové poruchy, mezi které patří nesoustředěnost, zapomnětlivost, poruchy zraku, sluchu a rovnováhy, nesrozumitelná řeč.^[15]

4 Příprava vzorků pro analýzu vybraných prvků

4.1 Odběr vzorku

Odběr vzorku je z hlediska výsledku analýzy důležitá operace. Odběr je nutno provádět pečlivě, aby vzorek měl všechny složky analyzovaného materiálu ve stejném hmotnostním či objemovém poměru jako daný materiál. Manipulace se vzorkem během odběru, dopravy a skladování musí být minimální, aby nedošlo ke změnám ve složení.^[2]

Vzorky jsou odebírány z různých míst objemu vzniklého materiálu. Takto odebrané vzorky se mísí a objem vzniklého hrubého vzorku se definovaným způsobem zmenší na velikost, aby bylo dosaženo příslušného počtu rozborů. K vlastnímu rozboru se využívá analytický vzorek.^[2]

Vzorkovnice musí být opatřena štítkem, na němž je uvedeno číslo vzorku, datum odběru vzorku, druh výrobku, jméno a podpis odebírajícího vzorkaře.^[2]

Způsob odběru a další manipulace se vzorkem jsou legislativně ošetřeny vyhláškou ministerstva zemědělství č. 211 ze dne 15.dubna 2004 o metodách zkoušení a způsobu odběru a přípravy kontrolních vzorků.

4.1.1 Klasifikace odběru vzorku podle jeho skupenství

Způsob odběru vzorku je závislý především na jeho skupenství. Vzorky se rozdělují na:

- Tuhé vzorky
- Kapalné vzorky
- Plynné vzorky

4.1.1.1 Tuhé vzorky

- Kompaktní–kovy či slitiny kovů se odebírají vrtáním, pilováním z různých míst materiálů apd.^[2]
- Kusové–vzorky se odebírají z pohyblivého materiálu při jeho transportu, musí se při tom dbát, aby vzorek obsahoval jak velké tak malé částice^[2]
- Práškové–vzorky jsou odebírány během plnění či vyprazdňování nádob za použití trubkových vzorkovačů^[2]

4.1.1.2 Kapalné vzorky

Dokonalým promícháním se provede homogenizace látky, průměrný vzorek se odebere vzorkovacími pipetami nebo vzorkovacími trubicemi. U nehomogenních materiálů či těžko homogenizujících materiálů se odebírají dílčí vzorky z různých míst a hloubek nádoby a následně se smíchají, aby vznikl průměrný vzorek.^[2]

4.1.1.3 Plynné vzorky

Odebírají se do vzorkovnic na plyn naplněných vhodnou uzavírací kapalinou.^[2]

4.2 Rozklad vzorku

Rozklad vzorku je pro stanovení prvků v různých materiálech významnou operací. Smyslem těchto destruktivních technik je dosažení vhodnější konzistence, snížení viskozity a zvýšení homogenity. Z chemického hlediska je tato úprava vhodná především k uvolnění analytu z různých vazeb a forem a odstranění složek, které mohou při měření interferovat.^[18]

4.2.1 Mineralizace

Pro rozbor potravinářského materiálu z hlediska minerálních komponent je většinou nutný rozklad organické hmoty. Aby mohl proběhnout rozklad, je nutné překonání vysoké aktivační energie, která vzniká při samotné destrukci. Nejčastěji se využívá zpopelnění, avšak při tomto postupu se získá pouze hrubá orientace o celkovém množství minerálních látek v potravine.^[2,16]

Při stanovení jednotlivých prvků obsažených v organické hmotě je nutno volit mineralizaci, aby stanovovaná komponenta zůstala kvantitativně zachována v mineralizátu.^[2]

4.2.1.1 Mineralizace suchou cestou

Klasický suchý rozklad lze definovat jako rozklad na vzduchu, v otevřeném systému a při atmosférickém tlaku. Celý postup lze charakterizovat čtyřmi základními operacemi – sušení, zuhelnění, zpopelnění a loužení popela. Tyto operace jsou často doplněny přidavkem pomocného činidla či opakovaným zpopelněním.^[9]

Samotná mineralizace suchou cestou zahrnuje navážení vhodného množství zhomogenizovaného vzorku. Při zpopelnění dochází u některých stanovovaných materiálů k jejich spékání, proto je nutno přidat činidlo usnadňující zpopelnění (octan hořečnatý, dusičnan hořečnatý apod.) a po promíchání se obsah odpaří do sucha. Obsah misky se spálí nad kahanem. Samotné zpopelnění se provádí v elektrické peci při teplotách nejméně 450 °C a nejvýše 550 °C. Tato operace probíhá po dobu 10 až 16 hodin. Po ochlazení se používají zředěné minerální kyseliny. Obsah misky se zahřeje na vroucí lázni, tím se zvýší účinnost loužení a zfiltruje se. Filtrační papír se zbytkem analytu se vloží do původní misky a opět se vysuší, spálí a vyžihá. Druhý podíl popela se opět vylouží zředěnou minerální kyselinou, zfiltruje a smíchá s prvním filtrátem. Podle potřeby lze spojené filtráty odpařit na menší objem, poté jsou využity k vlastnímu stanovení prvků.^[2,18]

4.2.1.2 Mineralizace mokrou cestou

Ke stanovení těkavých prvků se používá metody rozkladu mokrou cestou pomocí minerálních kyselin. Klasický mokrý rozklad se provádí ve směsi koncentrovaných kyselin za zvýšené teploty a při atmosférickém tlaku. Vzorek je oxidován příslušnými činidly. Probíhající chemické reakce lze popsat kyselou hydrolyzou, při níž jsou její meziprodukty postupně oxidovány. Rychlost chemické reakce je závislá na přidavku katalyzátorů a na reakční teplotě. Rozklad mokrou cestou probíhá při nižších teplotách než-li při rozkladu suchou cestou, protože maximální teplota je určena bodem varu oxidačních činidel či jejich směsí.^[2,18]

Rozklad analytu zahrnuje navážení vhodného množství zhomogenizovaného vzorku do Kjeldahlovy baňky s přidavkem koncentrované kyseliny sírové. Poté se opatrně přidává 70% kyselina chloristá. Tento krok vyžaduje respektování pravidel bezpečné práce. Po promíchání se přidává po kapkách kyselina dusičná. Vzniklá směs se zahřívá. Dochází k uvolňování hnědočervených par oxidu dusíku. Mineralizace probíhá po dobu vyčeření obsahu baňky. Z takto připraveného mineralizátu se pipetuje odpovídající část k vlastnímu stanovení.^[2,18]

Klasický způsob provedení rozkladu na mokré cestě spočívající v ohřevu směsi vzorku a kyselin v Kjeldahlově baňce v plameni kahanu se dnes v analytické praxi již téměř nepoužívá. Modernějším a rychlejším způsobem je mokrá rozklad v systému podporovaném mikrovlnným zářením. Tento rozklad je účinnější a rychlejší než klasický, protože k přenosu tepla dochází kondukcí a sáláním. Zvýšená teplota, která vzniká přímo v rozkladné směsi, urychluje chemické reakce, ale i pohyb částic vyvolaný mikrovlnným polem. Vlastní rozklad probíhá stejně jako při klasických metodách. Probíhá ve třech stupních a to: karbonizace, oxidace a rozklad látky.^[19]

5 Metody používané ke stanovení vybraných prvků

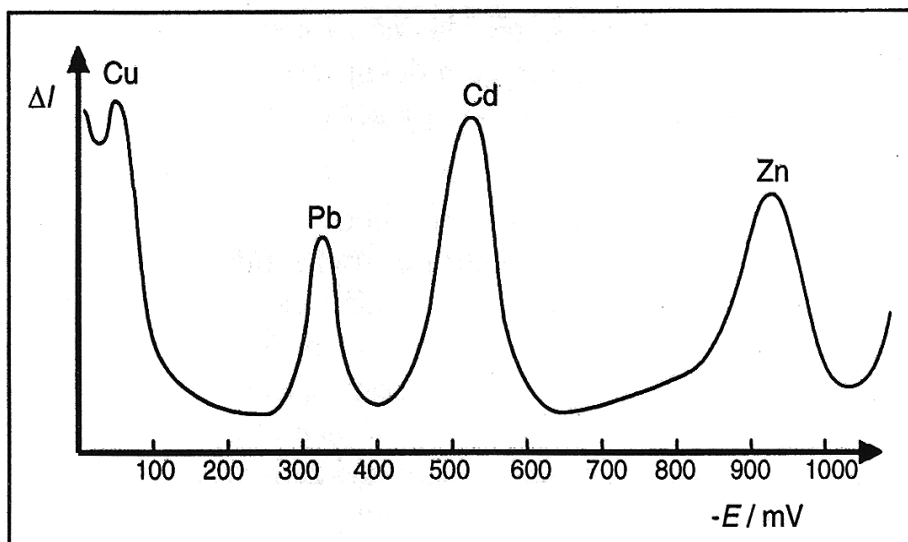
Biologické materiály obsahující stopové prvky jsou velmi různorodé, proto je nutné použít při stanovení jednotlivých prvků různou metodiku. Hlavní rozdíl spočívá v předběžné úpravě vzorku, který zahrnuje nejen mineralizaci, ale i separaci od rušivých elementů a mnohdy i zakoncentrování. Samotná technika pro stanovení jednotlivých upravených vzorků je již velmi podobná. Pro předběžné úpravy vzorků se využívají separační a koncentrační techniky jako extrakční a iontoměřičové. Teprve potom následuje samotné stanovení jednotlivých stopových prvků.^[2]

Ke stanovení olova, kadmia, arsenu a rtuti se využívá především metod instrumentální analýzy. Vzorky jsou mineralizovány na suché či mokré cestě.^[2,18]

5.1 Diferenční pulzní voltametrie (DPV)

Princip spočívá ve vylučování kovů na rtuťové kapce, na kterou je přiváděn potenciál, jehož hodnota se mění. Jako polarizovatelná elektroda se používá stacionární rtuťová kapková elektroda, pomocná elektroda bývá z platiny a srovnávací elektroda je kalomelová.^[20,21]

Stanovení elektroaktivních složek probíhá jejich elektrolytickým rozpouštěním. Roztok se upravuje přidávkem nosného elektrolytu. Vylučování probíhá při intenzivním míchání při konstantním potenciálu, který odpovídá limitnímu proudu stanovované látky. Nahromadění látky probíhá po dobu desítek sekund až desítek minut, závisí na obsahu stanovované látky v roztoku. Míchání se vypne a proud klesne na hodnotu stacionárního limitního proudu. Elektrolytické rozpouštění nahromaděných produktů elektrolýzy se projeví lineární změnou potenciálu, přičemž se zaznamenává rozpouštěcí polarografická vlna (obrázek 7). Používá-li se DPV, vkládají se na elektrodu záporné pravoúhlé pulzy. Závislost elektropotenciálu na změně proudu tak vytvoří soustavu píků. Vrchol píku na ose potenciálu určuje kvalitu, plocha píku kvantitu vzorku. DPV lze stanovit vzorky do koncentrace 10^{-8} mol/l. Pomocí této instrumentální metody lze určit obsah olova a kadmia ve vzorku.^[20,21]



Obr.7: Stanovení Cu, Pb, Cd a Zn metodou diferenční pulzní rozpouštěcí voltametrie^[20]

Oblast severního Chile nazývaná Antofagasta je charakteristická svou vulkanickou činností. V této oblasti se pěstuje zelenina, zejména brambory, kukuřice a fazole. Analýzou vzorků zeleniny pomocí metody DPV bylo zjištěno, že vysoké koncentrace kadmia a olova obsahovaly především brambory pocházející z tohoto území.^[22]

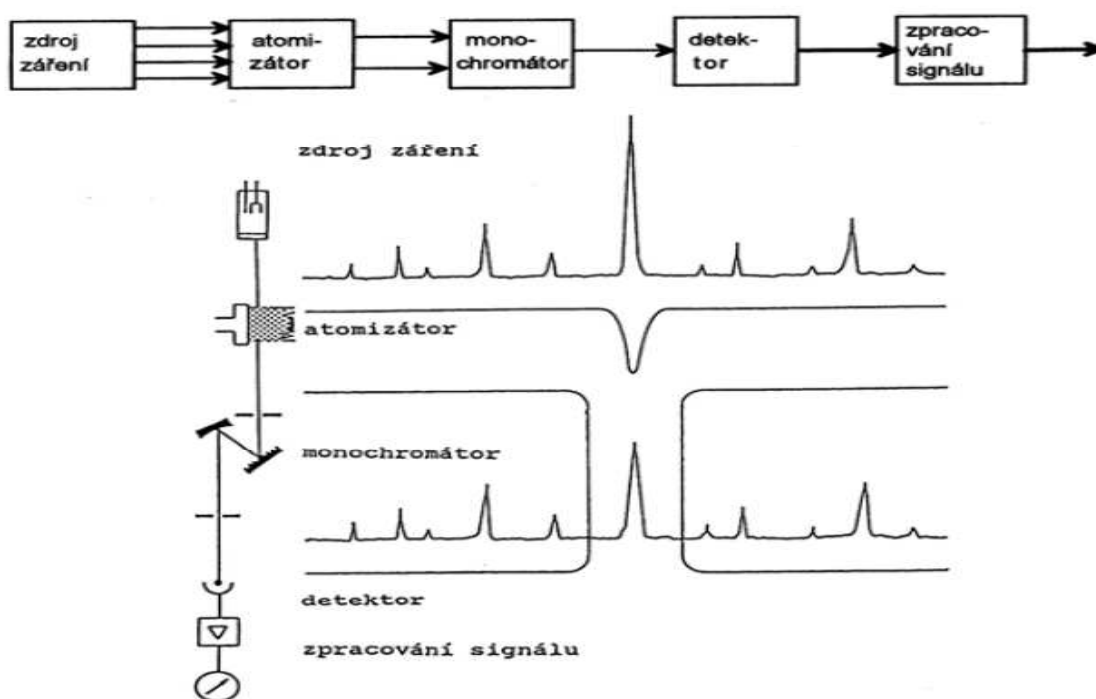
5.2 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Podstatou metody je absorpce vhodného elektromagnetického záření volnými atomy v plynném stavu, které vznikají v atomizátorech. Volné atomy v plynném stavu absorbují fotony určité energie, záření o určité vlnové délce. Energetická hodnota fotonů je charakteristická pro určitý druh atomů a počet absorbovaných fotonů je mírou množství stanovených atomů.^[20,23]

Monochromatické záření vhodného zdroje je absorbováno volnými atomy stanoveného prvku v základním stavu. Neabsorbované záření prochází monochromátorem, dopadá na fotonásobič a vzniklý proudový signál je po zesílení indikován elektrickým indikátorem, digitálním záznamem nebo registrován jako absorpce nebo absorbance. Vhodným reservoárem atomů jsou plameny nebo elektrotermické atomizátory. Schéma AAS je uvedeno na obrázku 8.^[20,23]

Pracuje se metodou kalibrační křivky nebo standardního přídatku. Pokud se ke stanovení používá elektrotermická atomizace je jako míra obsahu prvku vyhodnocována výška přechodného signálu nebo plocha uzavřená pod křivkou v závislosti na čase.^[20]

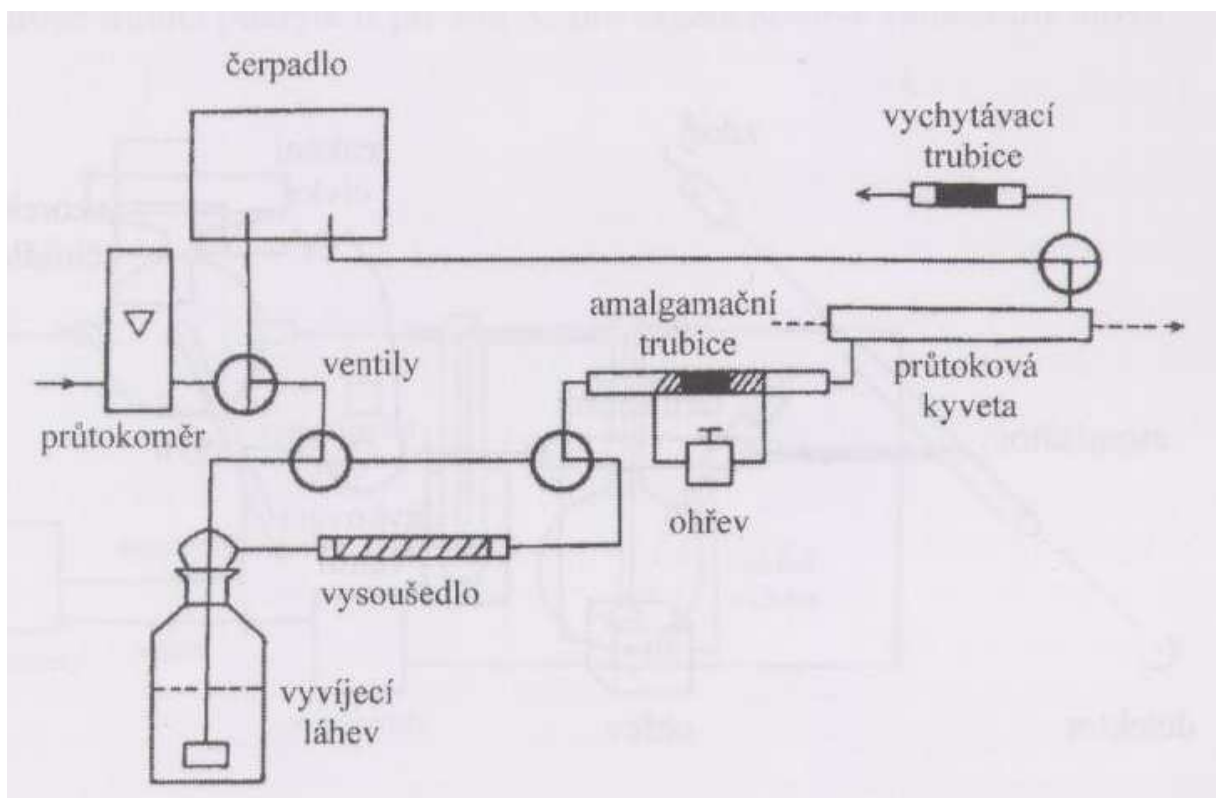
Plamenová varianta AAS je vhodná pro stanovení velkého počtu prvků s různou citlivostí, po převedení vzorku do roztoku, s použitím různých typů plamenů. Pro stanovení Cd a Hg je vhodná směs propan (butan)-vzduch. AAS s použitím elektrotermické atomizace je vhodná pro velmi citlivé stanovení Hg. Atomizace se provádí metodou studených par. Atomizace v elektrotermickém atomizátoru odstraňuje nevýhodu silného zředění par analyzovaného vzorku spalnými plyny plamene a umožňuje relativně dlouhou dobu existence atomů po dobu analýzy.^[23]



Obr.8: Schéma AAS^[24]

Rtuť je jediný kov, který má za laboratorní teploty dostatečnou tenzi par (0,16 Pa při 20 °C). V AAS je monoatomická pára rtuti, získaná redukcí v roztoku, vedena proudem vzduchu, argonu nebo dusíku do absorpční průtokové trubice–kyvety, umístěné do cesty paprsku záření. Redukce Hg^{2+} nastává SnCl_2 v kyselém prostředí, formaldehydem v kyselém prostředí aj. Páry rtuti obsahují vodní páru, případně i kapičky vody, které je nutno odstranit ve vysoušedlech obsahujících nejčastěji $\text{Mg}(\text{ClO}_4)$. K zabránění kondenzace vody v absorpční kyvetě je možné kondenzát vyhřívat na 120 °C. Páry rtuti mohou v aparatuře cirkulovat nebo jednorázově projít kyvetou. Výsledkem je získání různých absorpčních signálů. Zkoncentrování par rtuti se dosáhne zachycením v kyselém roztoku KMnO_4 , zachycením na vrstvě aktivního uhlí, amalgací na Au, Ag, Pd, Pt (kov je ve formě drátků, kovové vaty aj.) Amalgace na Au, Ag probíhá při teplotě 20–100 °C, uvolnění při teplotě 500–600 °C pro Au nebo 350 °C pro Ag (obrázek 9).^[24]

Dang, Tran a Vu z biologické laboratoře ve Vietnamu se zabývali monitoringem arsenu v mořských plodech. Stanovení expozičních limitů probíhalo pomocí metody AAS. Byly odebrány vzorky moči lidí vystavených přímé expozici arsenu, dále vzorky po dvou denní abstinenci od mořských plodů. Po vynechání mořských plodů ze stravy byla naměřena koncentrace $62,4 \pm 11,6 \mu\text{g/l}$. Tento výsledek má nižší hodnotu než je normována legislativou (100 $\mu\text{g/l}$). U lidí vystavených přímé expozici arsenu byla naměřena koncentrace $78,5 \pm 20,2 \mu\text{g/l}$.^[25]



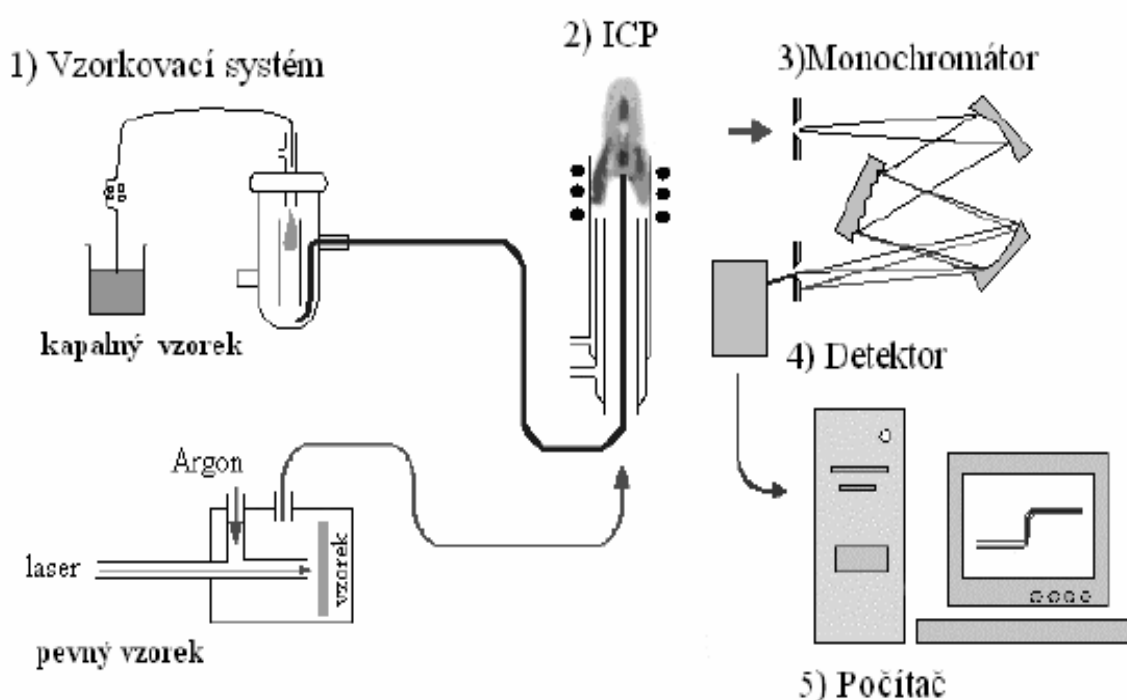
Obr.9: Schéma generování studených par se zkoncentrováním v amalgamační trubici^[24]

5.3 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES) je analytická spektrální technika kombinující ICP (Inductively Coupled Plasma–indukčně vázané plazma) jako zdroj kladně nabitých částic a optickou emisní spektrometrii, která tyto částice detekuje. Princip metody spočívá ve sledování intenzity emise elektromagnetického záření, které je produkováno ionizovanými atomy či ionty prvku.^[26,27]

Základní součástí přístroje je plazmový zdroj, který je tvořen radiofrekvenčním (RF) generátorem a indukční cívkou a plazmovým hořákem. Vzorek je peristaltickou pumpou nasáván do zmlžovače, kde je tvořen aerosol. Vstoupí-li aerosol do mlžné komory, větší kapky vzorku jsou odděleny a zbývající podíl je pak v toku argonu vnášen do plazmové hlavice. V indukčně vázaném plazmatu dochází k desolvataci aerosolu, tepelnému rozložení vzorku, který vede k jeho atomizaci, ionizaci a excitaci valenčních elektronů. Při přechodu elektronů z excitovaného stavu do základního stavu s nižší hladinou energie dochází k vyzáření emise záření, která je charakteristická pro daný analyzovaný prvek. Na základě polohy emisního záření lze posoudit kvalitativní složení prvků. Zároveň intenzita emise záření je úměrná obsahu sledovaného prvku ve vzorku.^[26,27]

Mezi důležitá omezení patří vlastnosti analyzovaného vzorku. Ten nesmí obsahovat velké koncentrace kyselin nebo velká množství solí. ICP OES je často využívaná metoda, protože lze měřit současně 60 prvků, výběrem vhodných vlnových délek. Prvky se stanovují v tomto rozmezí vlnových délek: Cd 228,802 nm, As 188,979 nm a Pb 220 nm.^[27]



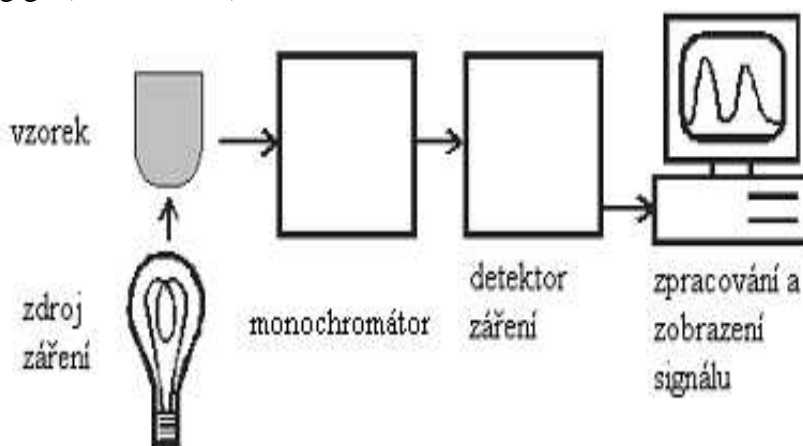
Obr.10: Schéma ICP OES^[25]

Koncentrace rtuti a 13 stopových prvků byly sledovány ve 104 vzorcích konzervovaných ryb, které pocházely ze států Georgia a Alabama (Spojené státy americké). Ke stanovení byla použita metoda ICP OES. Elementární analýzou byly získány tyto údaje v mg/kg: Hg (0,02–0,74), Ag (0,0–0,20), As (0,0–1,72), Cd (0,0–0,05), Cr (0,0–0,30), Fe (0,01–88,4), Pb (0,0–0,03), Mn (0,01–2,55), Ni (0,0–0,78), Co (0,0–0,10), Cu (0,01–5,33), Sn (0,04–28,7), V (0,0–0,31) a Zn (0,14–97,8). Ve vzorcích tuňáka byla zjištěna koncentrace Hg vyšší než je přípustná v Evropě, tj. nad 0,5 mg Hg/kg. V sardinkách byla koncentrace Hg 107 µg/kg, v růžových lososech 36,1 µg/kg, v červených 32,8 µg/kg a v makrelách 36,4 µg/kg.^[29]

5.4 Atomová fluorescenční spektrometrie

Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS) sleduje emisi záření plynnými atomy, které byly excitovány absorpcí elektromagnetického záření. Fluorescenční spektra jsou jednoduchá, protože excitace čárovým zdrojem je selektivní. Proto je nutné pro každý vzorek použít nový zdroj. Základem přístroje je dutá katodová lampička, která musí produkovat vysokou intenzitu záření. Tato metoda se využívá pro stanovení koncentrace rtuti, arsenu a kadmia.^[20]

Vysoká koncentrace rtuti byla zjištěna ve výkalech vydry, proto se výzkum zaměřil na ovlivnění kumulace toxických látek ze zvířecí stravy. Vydra je především konzumentem ryb, ve kterých se samotná rtuť může kumulovat. Vzorky pro analýzu byly odebrány z ryb žijících v řece Tiete v Brazílii v různých časových intervalech. Pomocí metody AFS bylo zjištěno, že ryby obsahovaly vysoké koncentrace rtuti. Naměřené koncentrace se pohybovaly v tomto rozmezí: 7,6–156 ng.g⁻¹ (červenec 2004), 25,6–277 ng.g⁻¹ (leden 2005) a 14,6–744 ng.g⁻¹ (květen 2005)^[30]



Obr.11: Základní uspořádání atomového fluorescenčního spektrometru^[31]

5.5 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS)

Tato metoda je aplikací hmotnostní spektrometrie. Vznikla kombinací hmotnostní spektrometrie s ionizací prvků v indukčně vázaném argonovém plazmatu. Schéma ICP MS je uvedeno na obrázku 12. Základní součásti přístroje tvoří plazmový zdroj, spojení nebo-li přechodnou část tvoří tzv. expanzní komora. Vlastní hmotnostní spektrometr je tvořený iontovou optikou, kvadrupólem a detektorem. Všechny tyto součásti, včetně expanzní

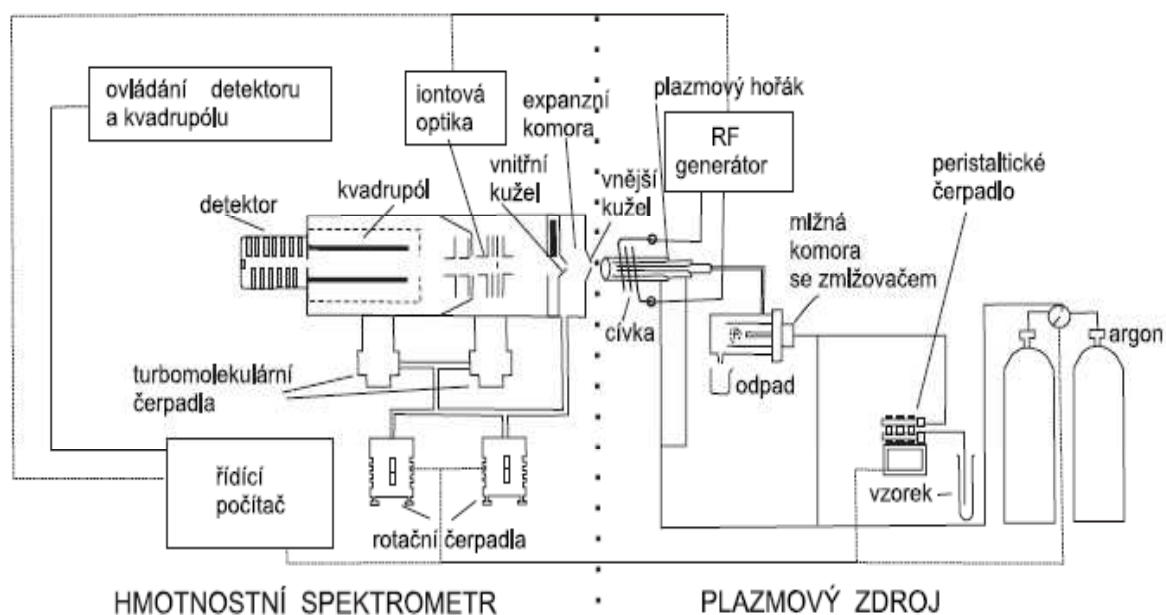
komory, jsou výkonnými čerpadly zbavovány vzduchu, aby byl umožněn pohyb vznikajících iontů z plazmy do analyzátoru a zároveň, aby částice vzduchu nerušily vlastní stanovení.^[26,32]

Plazmový zdroj je tvořen radiofrekvenčním generátorem a indukční cívkou, plazmovým hořákem, mlžnou komorou a zmlžovačem. V plazmovém hořáku vzniká díky radiofrekvenčnímu generátoru a indukční cívce v proudu argonu plazma. Vzorek je zaváděn do plazmatu buď v roztoku nebo po předchozí elektrotermické atomizaci. Pomocí inertního plynu a zmlžovače je tvořen v mlžné komoře z kapalného vzorku aerosol, jehož jemná frakce se dostává do hořáku. Plazmový hořák je tvořen třemi koncentrickými křemennými trubicemi, kterými protéká různými rychlostmi argon. Vznik plazmatu je podmíněn fluktuacemi elektrického pole v prostředí indukční cívky. Oscilacemi v elektromagnetickém poli v prostředí argonu dochází ke kolizím jednotlivých částic, elektronů a iontů, které tvoří vlastní plazma. Průchodem aerosolu vzorku plazmatem vzniká pára, následně atomy a ionty, které jsou extrahovány úzkým hrdlem do hmotnostního spektrometru.^[26,32]

K separaci iontů dochází v elektrostatickém a radiofrekvenčním poli čtyřpólového hmotnostního filtru. Filtr propouští pouze ty ionty, které odpovídají svojí hmotností a nábojem nastavené rezonanci. Tyto ionty prošlé kvadrupólem dopadají na detektor a jejich signál je dále zesilován v elektronovém násobiči. Dopadem jednoho iontu zde vzniká kaskádový tok elektronů, který je zaznamenán jako výsledný signál a je dále zpracováván.^[26,32]

Mezi důležitá omezení náleží vlastnosti analyzovaného vzorku. Ten nesmí obsahovat velké koncentrace kyselin nebo velká množství solí, aby se zabránilo ovlivnění parametrů měření. Při měření velmi nízkých koncentrací je třeba neustále sledovat koncentrace analytu ve slepém pokusu.^[26]

Detekční limity vzhledem k ostatním spektrálním metodám jsou velmi nízké. I když jsou po mineralizaci tuhého vzorku brány v potaz interferenční vlivy, matriční efekty a změny ve stabilitě signálu přístroje, lze dosáhnout pomocí metody ICP MS velmi dobrých výsledků. Detekční limity se u řady těžkých kovů v reálných podmínkách pohybují v ng.l^{-1} a řady ostatních v desetínách $\mu\text{g.l}^{-1}$.^[26]

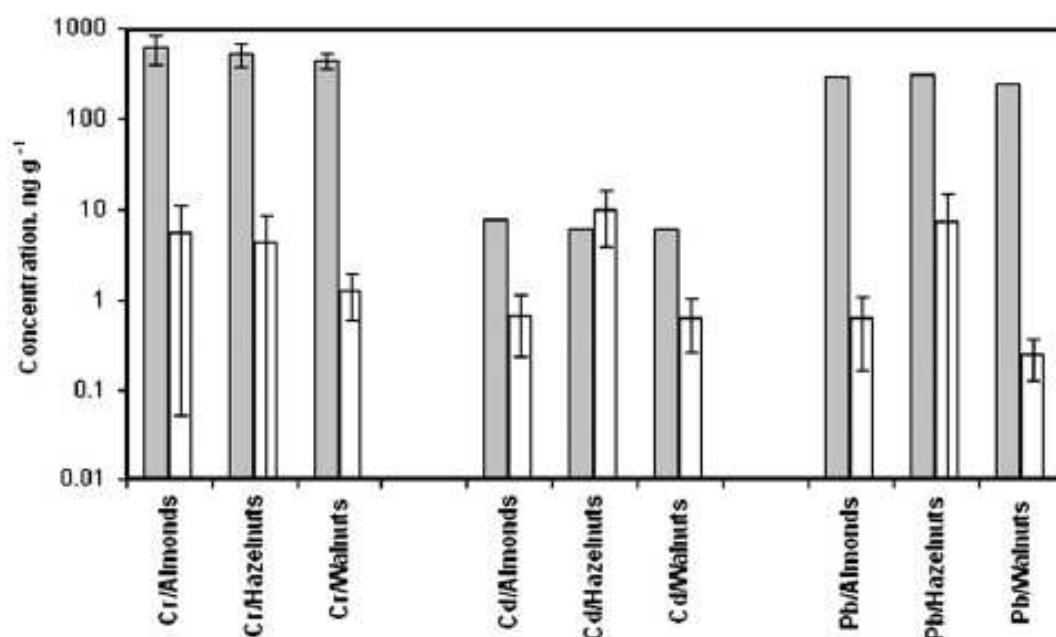


Obr.12: Schéma ICP MS^[26]

ICP MS je metoda, která je předurčená k analýze prvků, které nelze analyzovat jinými spektrálními metodami. Zájem se soustřeďuje na stopové a ultrastopové koncentrace toxických prvků, kterými jsou As, Cd a Pb.^[26]

Alam, Snow a Tanaka stanovili metodou ICP MS obsah arsenu, kadmia a olova v zelenině pocházející z oblasti Bangladéše, která je kontaminována těžkými kovy. Bylo zjištěno, že zelenina obsahovala významně zvýšené hodnoty pro arsen, kadmium i olovo.^[33]

Ve Švédsku vznikl v posledních letech nový trend ve stravování, obyvatelé mají stále větší zájem o ořechy a semena rostlin. Tyto plodiny však obsahují určitou potencionální koncentraci toxickým prvků, především As, Cd, Hg, Pb a Tl. Informace o obsahu prvků v těchto plodinách jsou uvedeny na obalech produktů, existují také data na internetu a odborné publikace. Švédská veřejnost je tak dostatečně informována. V období prosince 2006 až do února 2007 byl proveden experiment, kdy bylo vybráno 11 druhů ořechů (lískový ořech, mandle, pistácie, vlašský ořech aj.), dýňová a slunečnicová semínka, které pocházely ze severovýchodu Švédska. Vzorky těchto plodin byly podrobeny analýze pomocí metody ICP MS. Účelem tohoto experimentu bylo srovnání s publikovanými daty. Bylo zjištěno, že koncentrace toxických prvků získaných touto studií, byly nižší než publikovaná data. Toto srovnání uvádí obrázek 13.^[34]



Obr.13: Porovnání koncentrace chromu, kadmia a olova v mandlích, lískových a vlašských ořechích publikovaných v odborných člancích ve srovnání s výsledky studie^[34]

Asie je největším producentem rýže. Tato jednoletá rostlina je pěstována v rozvodněných půdách, které jsou kontaminovány arsenem. Protože je rýže nejvíce importovanou a zároveň konzumovanou potravinou, je potencionální koncentrace arsenu v rýži přísně kontrolována. V severní části Itálie bylo odebráno 11 vzorků rýže, z nichž 7 bylo japonského a indického druhu. Analýza byla provedena pomocí metody ICP MS. Z výsledků studie vyplynulo, že největší koncentrace arsenu obsahovala rýže japonského druhu. Srovnání uvádí tabulka 2.^[35]

Tabulka 2: Srovnání koncentrace As v různých druzích rýže^[35]

Rice variety	As concentration (ng g ⁻¹)
Arborio (<i>Japonica</i> , very fine)	216±12
Baldo (<i>Japonica</i> , very fine)	81±7
Carnaroli (<i>Japonica</i> , very fine)	135±1
Ribe (<i>Japonica</i> , fine)	275±5
Ribe parboiled (<i>Japonica</i> , fine)	129±2
Vialone Nano (<i>Japonica</i> , semi-fine)	216±30
Originario (<i>Japonica</i> , common)	194±4
Thaibonnet parboiled (<i>Indica</i>)	147±2

V Japonsku bylo provedeno měření vybraných toxických prvků v potravinách. Vzorky byly odebrány z nemocniční stravy a byly podrobeny analýze pomocí metody ICP MS. Nemocniční strava se skládala z vajec, mléčných produktů a mléka, ryb, masa, zeleniny a ovoce aj. Složení nemocniční stravy uvádí tabulka 3.^[36]

Tabulka 3: Složení 24 vzorků pocházejících z nemocniční stravy v univerzitní nemocnici v Akitě (*Japonsko*), leden 1989–leden 1990 (g/den)^[36]

Cleaned rice	Wheat	Fish and products	Shell-fish	Meat and products	Milk and products	Eggs	Vegetables	Veg. oil	Fruits	Miso	Shoyu	Sugar	Salt	Total (dry)
270	0	179	0	30	200	50	582	10	0	55	14	0	0	470
270	25	102	60	180	200	20	690	21	0	30	24	5	1.5	504
270	0	132	0	70	200	65	545	13	0	30	38	0	0.5	510
270	25	267	0	30	200	35	623	15	200	30	24	13	0.1	535
270	25	124	30	60	200	85	688	15	135	40	36	37	1	560
270	5	108	30	113	260	0	600	0	0	45	30	5	0.1	474
270	15	135	0	70	200	65	570	20	150	30	38	5	6	431
270	10	114	30	80	200	0	600	17	0	50	30	17	1.5	484
180	195	107	60	65	290	70	503	8	0	20	18	7	1.5	476
270	10	112	0	120	200	20	529	18	0	30	42	30	1	464
270	25	99	0	80	200	5	648	20	0	50	24	18	0.6	459
270	25	101	75	90	200	20	695	26	120	30	20	0	6.2	410
270	25	105	60	50	200	20	520	20	0	45	30	10	2	447
270	0	143	40	100	200	0	499	5	100	45	29	20	0.6	496
270	0	110	0	80	200	30	656	10	100	50	36	3	1	445
270	10	165	20	50	200	30	767	20	0	30	18	0	2.6	419
270	30	189	30	30	200	5	695	17	0	50	22	2	2	470
270	25	85	130	20	200	15	616	23	0	30	24	0	1.7	437
270	11	208	0	30	200	0	630	20	0	45	42	0	0	457
270	25	72	20	0	200	45	710	20	20	45	28	12	1.2	444
270	35	117	15	70	200	55	595	48	110	30	24	0	2	492
270	31	84	0	115	200	10	613	20	265	30	39	0	0.5	521
180	230	94	0	100	200	30	573	15	100	30	42	15	0.5	444
270	25	134	60	30	200	5	545	18	0	50	30	11	0	412

Vzorky byly odebrány v době od ledna 1989 až do ledna 1990. Z této časové periody bylo odebráno celkem 24 vzorků (2 vzorky/měsíc). Odebrané vzorky byly zmrazeny. 1 g vzniklé směsi potravin byl upraven a ponechán k analýze pomocí metody ICP MS. Výsledné koncentrace lze nalézt v tabulce 4, která uvádí naměřené hodnoty.^[36]

Tabulka 4: Koncentrace prvků ve vzorcích jídla pocházejících z nemocniční stravy (μg/g)^[36]

	Be	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Sn	Sb	Ce	Hg	Pb
1	0.01	0.87	2.26	17.5	2.34	0.05	ND	0.9	2.02	ND	0.07
2	0.05	1.36	4.50	16.5	1.84	0.23	0.03	0.13	ND	ND	0.4
3	0.04	0.56	2.53	15.8	2.26	0.05	ND	0.19	ND	ND	0.04
4	ND	0.62	2.33	18.5	1.58	0.04	ND	2.26	ND	ND	0.12
5	ND	0.71	1.94	15.3	1.86	0.04	1.27	0.10	ND	ND	0.08
6	ND	0.68	2.42	18.9	1.65	0.06	0.65	0.12	ND	ND	0.07
7	0.02	0.58	1.84	15.8	1.05	0.04	0.15	0.07	ND	ND	0.05
8	0.02	0.76	2.37	16.4	1.55	0.06	0.10	0.14	0.22	ND	0.11
9	0.03	1.32	2.25	16.9	2.96	0.05	0.01	0.18	ND	0.052	0.07
10	0.05	1.09	1.94	14.7	2.52	0.06	ND	0.19	ND	ND	0.06
11	0.03	0.73	2.24	14.0	0.59	0.04	ND	0.21	ND	ND	0.03
12	ND	0.67	2.18	12.9	1.10	0.06	ND	0.19	0.03	ND	0.04
13	0.02	0.90	2.50	12.6	0.97	0.06	ND	0.22	ND	ND	0.14
14	ND	1.13	2.06	14.4	2.89	0.06	ND	0.16	ND	0.010	0.15
15	0.01	1.21	1.87	17.6	2.57	0.08	ND	0.14	ND	ND	0.07
16	ND	0.89	2.40	15.2	1.92	0.07	0.01	0.22	0.02	ND	0.02
17	ND	1.07	4.99	18.3	0.89	0.28	ND	0.19	0.02	ND	0.04
18	ND	1.66	2.58	18.3	2.20	0.52	0.06	0.08	ND	ND	0.08
19	ND	1.04	3.23	19.7	1.98	0.14	0.03	0.16	ND	ND	0.08
20	0.08	1.14	3.07	17.2	1.16	0.09	0.07	0.15	0.02	ND	0.08
21	ND	1.10	5.47	19.1	2.22	0.06	0.10	0.09	0.02	ND	0.11
22	0.02	0.73	2.29	17.3	1.88	0.05	ND	0.13	0.01	ND	0.08
23	0.03	0.60	2.34	15.6	1.12	0.05	ND	0.10	0.24	ND	0.06
24	0.02	1.72	2.68	19.1	0.97	0.39	0.11	0.04	0.03	0.001	0.09
Max.	0.08	1.72	5.47	19.7	2.96	0.52	1.27	2.26	2.02	0.052	0.15
Min.	ND	0.56	1.84	12.6	0.59	0.04	ND	0.04	ND	0.001	0.03
Mean	0.18	0.96	2.68	16.6	1.75	0.11	0.11	0.15	0.11	0.003	0.07
S.D.	0.020	0.33	0.96	1.98	0.67	0.12	0.28	0.06	0.41	0.010	0.03
n	14	24	24	24	24	24	12	24	10	3	24
Daily intake (μg/day)	84.4	450	1 257	7 785	821	51.6	51.6	70.4	51.6	1.41	32.8
25 (cf)	ND	0.16	1.68	9.48	0.12	0.06	ND	0.07	0.06	ND	0.04

All foodstuffs of three diets/day, as a sample, were mixed and freeze-dried, and about 1 g of the sample was used for ICP-MS analysis. Te and Tl were not detected in any samples. ND, not detected; n, detected number. Daily intake (μg/day) of each element was calculated by using a mean value and an average food consumption rate of 469 dry g/day. Sample No. 25, as a reference, showed the element concentrations in rice alone.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo podat teoretický přehled o výskytu a stanovení vybraných toxických prvků v potravinách. Vzhledem ke stále stoupajícím hygienickým nárokům kladeným na potraviny se jedná v poslední době o velmi diskutované téma. Přítomnost toxických látek v potravinách je neustále kontrolována. Práce se zabývá především nejtoxičtějšími anorganickými prvky, jimiž jsou arsen, kadmium, olovo a rtuť. Jsou zde charakterizovány toxické účinky prvků, kterým jsme vystavováni a znamenají pro lidský organismus určité riziko.

Pozornost je věnována biologickému monitorování, které je nezbytné pro informovanost odborné i laické veřejnosti. Z poznatků biologického monitorování vychází strategie bezpečnosti potravin a hodnocení rizik.

Je nutné se zaměřit na stanovení prvků v potravinách. V dostupné literatuře byly vyhledány metody vhodné pro stanovení jednotlivých prvků v potravinách. Stanovení prvků je prováděno instrumentální analýzou. Pro zamezení výskytu jakýchkoli kontaminací ve vzorku je nutno provést důkladný odběr. Chemické složení každé matrice vyžaduje speciální extrakční postupy. Biologický materiál se upravuje tzv. mineralizací.

Optimálním řešením pro stanovení toxických prvků v potravinách je použití metody ICP MS. Metoda, která umožňuje multielementární analýzu (stanovení více prvků). Další cennou výhodou jsou velmi nízké detekční limity ve srovnání s ostatními metodami, dále vysoká selektivita a citlivost.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Velíšek J.: *Chemie potravin*, díl 2, kap.6, str. 100–107. OSSIS, Tábor 2002, ISBN 80-86659-01-1
- [2] Hájková J., Rumíšková M., Rieglová J.: *Analýza potravin*, Straka I., vydavatel odborných publikací, Újezd u Brna 2001, ISBN 80-86494-02-0
- [3] Velíšek J.: *Chemie potravin*, díl 1, str.1–2. OSSIS, Tábor 2002, ISBN 80-86659-00-3
- [4] Prokeš J.: *Úvod do toxikologie*, 1.Lékařská fakulta Praha, Praha 2005. Dostupné na [www: http://soudni.lf1.cuni.cz/Data/files/skripta2005.doc](http://soudni.lf1.cuni.cz/Data/files/skripta2005.doc)
- [5] Ruprich, J.: *Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva*. [on-line]. 2002, [cit. 15.4.2008]. Státní zdravotní ústav Praha. Dostupné na [www: http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/AS.pdf](http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/AS.pdf)
- [6] Hájková J.: *Těžké kovy v životním prostředí a jejich vliv na lidský organismus*. [on-line]. 2002, [cit. 9.4.2008]. Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Dostupné na [www: http://www.szpi.gov.cz/cze/aktuality/article.asp?id=54175&chapter=1&cat=2176&preview=&ts=10ec31](http://www.szpi.gov.cz/cze/aktuality/article.asp?id=54175&chapter=1&cat=2176&preview=&ts=10ec31)
- [7] McLaughlin M.J., Parker D.R., Clarke J.M.: *Metals and micronutrients – food safety issues*, str. 143–163, *Field Crops Research* 60. [on-line]. 2002, [cit. 3.5.2008]. ISSN 0378-4290/99. Dostupné na [www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T6M-3VSP3HX-B-6&_cdi=5034&_user=640830&_orig=search&_coverDate=01%2F01%2F1999&_sk=999399998&_view=c&_wchp=dGLbVtb-zSkzV&_md5=8fa8ee970b65822bb65cb04f89ef776a&_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T6M-3VSP3HX-B-6&_cdi=5034&_user=640830&_orig=search&_coverDate=01%2F01%2F1999&_sk=999399998&_view=c&_wchp=dGLbVtb-zSkzV&_md5=8fa8ee970b65822bb65cb04f89ef776a&_ie=/sdarticle.pdf)
- [8] Ruprich, J.: *Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva*. [on-line]. 2002, [cit. 3.5.2008]. Státní zdravotní ústav Praha. Dostupné na [www: http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/CD.pdf](http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/CD.pdf)
- [9] Ruprich, J.: *Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva*. [on-line]. 2002, [cit. 3.5.2008]. Státní zdravotní ústav Praha. Dostupné na [www: http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/PB.pdf](http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/PB.pdf)
- [10] Ruprich, J.: *Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva*. [on-line]. 2002, [cit. 3.5.2008]. Státní zdravotní ústav Praha. Dostupné na [www: http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/HG.pdf](http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds05c/CHEMON/anorg/HG.pdf)
- [11] Mráz J., Stránský V.: *Biologické monitorování a biologické expoziční testy*, Státní zdravotní ústav ČR, 2008, březen [cit. 17.4.2008]. Dostupné na [www: http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/biologicke-monitorovani-a-biologicke-expozicni-testy](http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/biologicke-monitorovani-a-biologicke-expozicni-testy)
- [12] ENVIS-informační servis o životním prostředí v Praze [databáze online], *Monitorování zdravotního stavu obyvatel ve vztahu k ŽP-Biologický monitoring*, 2007, červenec 2007 [cit.25.4.2008]. Dostupné na [www: http://envis.praha-mesto.cz/\(isnkkc45aniv0w3ykhlwob55\)/zdroj.aspx?typ=2&Id=73500&sh=1894956557](http://envis.praha-mesto.cz/(isnkkc45aniv0w3ykhlwob55)/zdroj.aspx?typ=2&Id=73500&sh=1894956557)
- [13] Tichý M.: *Toxikologie pro chemiky*, Univerzita Karlova v Praze–Nakladatelství Karolinum, Praha 2003, ISBN 80-246-0566-X
- [14] Bardoděj Z.: *Úvod do chemické toxikologie*, Univerzita Karlova v Praze–Nakladatelství Karolinum, Praha 1999, ISBN 80-7184-978-2
- [15] Rusek V.: *Základy toxikologie a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti práce v chemické laboratoři*, Pardubice 2001. [cit.8.4.2008]. Dostupné na [www: http://webak.upce.cz/~uozp/skripta/uozp-skripta-tox-rusek.pdf](http://webak.upce.cz/~uozp/skripta/uozp-skripta-tox-rusek.pdf)
- [16] Lüllmann H., Mohr K., Wehling M.: *Farmakologie a toxikologie*, str.609–611, vydání druhé, Grada Aricentrum, ISBN 80-247-0836-1

- [17] Mihaljevič M., Šebek O.: *Kadmium, Japonsko a syndrom "itai-itai"*, Vesmír [online].1995, srpen [cit. 5.4.2008], ISSN 1214-4029
Dostupné na www: <http://www.vesmir.cz/clanek.php3?CID=4979>
- [18] Mader P., Čurdová E.: *Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků*, Chem.listy 91, str.227–236, [cit.10.4.2008]. ISSN 1213-7103.
Dostupné na www: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_04_227-236.pdf
- [19] Krakovská E., Kuss M.: *Rozklady v analytické chemii*, Viena Košice SK, listopad 2001, ISBN 80-889922-48-8
- [20] Klouda P.: *Moderní analytické metody*, Nakladatelství Pavel Klouda, Ostrava 2003, ISBN 80-86369-07-2
- [21] Bartušek M.: *Úvod do elektroanalytických metod*, SPN Praha, 1984, ISBN 17-383-84
- [22] Ostapczuk P., Stegen S.: *Total arsenic, lead and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile*, str. 75–84, The Science of The Total Environment. [on-line].2000, [cit.8.4.2008]. ISSN 0048-9697.Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V78-40GJDHM-7-7&_cdi=5836&_user=640830&_orig=search&_coverDate=06%2F08%2F2000&_sk=997449998&_view=c&_wchp=dGLbVtb-zSkzk&_md5=c0e077d48d29b5b100293dae407a6d3b&_ie=/sdarticle.pdf
- [23] Sommer L.: *Analytická spektrometrie I.*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1986, ISBN 1112-4810
- [24] Komárek J.: *Atomová absorpční spektrometrie*, Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Brno 2000, ISBN 80-210-2500-X
- [25] Dang T.M.N., Tran Q.T., Vu .V.: *Determination of arsenic in urine by atomic absorption spectrophotometry for biological monitoring of occupational exposure to arsenic*, str.179–183, Toxicology Letters. [on-line].2008, [cit. 8.4.2008].ISSN 0378-4274/99.
Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TCR-3YJYMG7-D-1&_cdi=5177&_user=640830&_orig=search&_coverDate=09%2F05%2F1999&_sk=998919997&_view=c&_wchp=dGLbVzb-zSkzk&_md5=9953ec1d46b0a20e6a8aeb483e41b651&_ie=/sdarticle.pdf
- [26] Mihaljevič M., Strnad L., Šebek O.: *Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii*, Chemické listy 98, str.123–130 (2004), ISSN 1213-7103
Dostupné na www : http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf
- [27] Černohorský T., Jandera P.: *Atomová spektroskopie*, Skriptum Univerzita Pardubice, 1997
- [28] Možná V.: *Studium laserové ablace ocelí ve spojení s ICP-OS a ICP-MS*, Diplomová práce, Brno 2006. [cit.9.4.2008]. Dostupné na www: http://is.muni.cz/th/63704/prif_m/Studium_laserove_ablace_oceli_ve_spojzeni_s_ICPMS_ICPOES.pdf
- [29] Abua I., Nosa O.E.: *Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America)*, Journal of Food Composition and Analysis, svazek 18., vydání 8., str. 771–787, [on-line].2005. [cit. 8.4.2008]. ISSN 0889-1575. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WJH-4G65NH2-1&_user=640830&_coverDate=12%2F31%2F2005&_alid=733746751&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=6879&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_ct=1&_acct=C000032308&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640830&_md5=a79d8cb5371b5784fbcca465c67c6440

- [30] De carvalho G.A., De Franc E.J., Adriano L.R.: *Determination of Hg and diet identification in otter (Lonta longicaudis) feces*, str.592–596, Environmental Pollution 152 (2008),[cit.4.5.2008].ISSN 0269-7491. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VB5-4R71DVK-1-7&_cdi=5917&_user=640830&_orig=search&_coverDate=04%2F30%2F2008&_sk=998479996&view=c&wchp=dGLbVIW-zSkzS&md5=bc51614736a3aa885e51f5daa2ba24b6&ie=/sdarticle.pdf
- [31] Dubová Z.: *Izolace specií rtuti ze sedimentů*, Bakalářská práce, Brno, květen 2006. [cit.9.4.2008]. Dostupné na www: http://is.muni.cz/th/106781/prif_b/bakalarska_prace.doc
- [32] Košler, Jelínek, Pačesová: *Základy izotopové geochemie a geochronologie*, III.Chemické a instrumentální metody. [cit.9.4.2008]. Dostupné na www: <http://petrol.natur.cuni.cz/~janousek/izokurz/PDF/zigg02.pdf>
- [33] Alam M.G.M., Snow E.T., Tanaka A.: *Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh*, str. 83–96, The Science of The Total Environment 308[on-line].2003, [cit.9.4.2008].ISSN 0048-9697. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V78-4806722-8-D&_cdi=5836&_user=640830&_orig=search&_coverDate=06%2F01%2F2003&_sk=996919998&view=c&wchp=dGLbVlz-zSkzk&_valck=1&md5=6a16ee5a840d5f67dfcf48bd8c0a2194&ie=/sdarticle.pdf
- [34] Rodushkin I., Engström E., Sörlin D., Baxter D.: *Levels of inorganic constituents in raw nuts and seeds on the Swedish market*, str. 290–304, The Science of The Total Environment 392[on-line].2008, [cit.13.5.2008].ISSN 0048-9697. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V78-4RFD03K-3-9&_cdi=5836&_user=640830&_orig=search&_coverDate=03%2F25%2F2008&_sk=996079997&view=c&wchp=dGLbVIW-zSkzS&md5=802a3688ea43a06948919f41bae121b8&ie=/sdarticle.pdf
- [35] D'Ilio S., Alessandrelli M., Cresti R., Forte G., Caroli S.: *Arsenic content of various types of rice as determined by plasma-based techniques*, str.195–201, Microchemical Journal 73[on-line].2002, [cit.13.5.2008]. ISSN 0026-265X/02. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6W6H-460J3C7-B-1&_cdi=6599&_user=640830&_orig=search&_coverDate=10%2F31%2F2002&_sk=99269998&view=c&wchp=dGLbVIW-zSkzS&md5=9ded109078516b85a9de0041463e0674&ie=/sdarticle.pdf
- [36] Muto H., Abe T., Takizawa Y., Kawabata K., Yamuguchi K., Saitoh K.: *Simultaneous multielemental analysis of daily food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry*, str.231–239, The Science of The Total Environment 144[on-line].1994, [cit.13.5.2008]. ISSN 0048-9697/94. Dostupné na www: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V78-48XTY8D-42-1&_cdi=5836&_user=640830&_orig=search&_coverDate=04%2F29%2F1994&_sk=998559998&view=c&wchp=dGLbVlb-zSkzV&md5=d3bf36b87e8add83e1c476f5ab8c08d7&ie=/sdarticle.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AAS	Atomová absorpční spektrometrie
AFS	Atomová fluorescenční spektrometrie
DPV	Diferenční pulzní voltametrie
ICP MS	Inductively coupled plasma mass spectroscopy Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP OES	Inductively coupled plasma spectroscopy Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
NPM	Nejvyšší povolené množství
PM	Povolené množství

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Příloha č. 2 k vyhlášce č. 53/2002 Sb.–*Kontaminující látky v potravinách*,
Sbírka zákonů 2002, částka: 22 (2002)

KONTAMINUJÍCÍ LÁTKY V POTRAVINÁCH

Část 1

Výklad pojmů pro jednotlivé skupiny potravin

(1) U jednotlivých kontaminujících látek uvedených v této příloze jsou vyznačeny hodnoty nejvyššího přípustného množství, přípustného a speciálního množství pro potraviny a skupiny potravin. Do skupin potravin spadají pouze dále vyjmenované druhy potravin a platí pro ně stanovená limitní hodnota. Pro potraviny pro které nejsou uvedeny hodnoty jmenovitě nebo nejsou zařaditelné do skupiny potravin, platí limitní hodnota pro potraviny obecně (podle označení A nebo B pro potraviny obecně).

(2) Při zjištění, že je hodnota přípustného množství v potravine překročena do 50 procent, odebere se ze šarže, ze které byla tato potravina vybrána, odpovídající počet vzorků (n). V případě, že překročení přípustného množství nebude prokázáno u vyššího počtu vzorků než (M), bude potravina posouzena jako zdravotně nezávadná. Počty vzorků jsou uvedeny u jednotlivých kontaminujících látek pro dané druhy potravin ve sloupci přípustné hodnoty zlomkem n/M . Při překročení o více než 50 procent přípustného množství se potravina pokládá za jinou než zdravotně nezávadnou.¹⁾

(3) Stanovené limitní hodnoty jednotlivých kontaminujících látek platí pro jedlý podíl potraviny. Jedlým podílem se rozumí potravina zbavená nejedlých částí (například slupka, pecky, kosti). Sušené a dehydratované výrobky se hodnotí ve stavu po obnovení; zahušťované výrobky se hodnotí podle limitu pro původní suroviny a přepočtou se koeficientem charakterizujícím příslušnou ztrátu vody. Limitní hodnoty pro čaj jsou stanoveny pro čaj jako nápoj podle ČSN ISO 3103 (58 0420) Čaj - Příprava nálevu pro senzoričké hodnocení. Sušené a zahuštěné potraviny se hodnotí po obnovení podle návodu.

(4) Pokud je u potravin určených pro dětskou a kojeneckou výživu uváděno: „na bázi mléka“, „na bázi obilovin“ a jiných, rozumí se tím, že výrobek obsahuje více než 50 procent uvedené suroviny. Pokud se uvádí: „s obsahem...“, rozumí se podíl nižší než 50 procent.

(5) Pro potraviny obsahující více než 1 složku s rozdílným povoleným množstvím kontaminující látky se stanoví limitní hodnota podle hmotnostního podílu zastoupení jednotlivých složek.

¹⁾ § 10 odst. 1 písm. a) zákona č. 110/1997 Sb.

MLÉKO A MLÉČNÉ VÝROBKY

Mléko		A
Tekuté i zakysané výrobky z mléka		B
Mléčné výrobky	zakysané - např. jogurty	B
	mléčné a tvarohové výrobky – např. mléčné pudinky, mléčné dezerty a pomazánky	B
	tvaroh měkký, tvrdý	B
Sýry	měkké - např. čerstvé sýry, plísňové sýry	B
	tavené	B
	tvrdé	B
Smetana		B

MRAŽENÉ KRÉMY A ZMRZLINY

Mražené krémy a zmrzliny		B
--------------------------	--	---

VEJCE

Vejce a výrobky z vajec		B
-------------------------	--	---

DĚTSKÁ A KOJENECKÁ VÝŽIVA

Hodnoty jsou uváděny po obnovení, příp. přípravě dle návodu		A
---	--	---

TUKY

Máslo	včetně pomazánkového másla a jiných výrobků, kde v názvu je obsaženo slovo máslo	B
Sádlo		B
Rostlinné oleje		B
Ztužené a emulgované tuky, margaríny		B
Olejnata semena	k přímé spotřebě a použití do výrobků (kromě lisování)	B

MASO, MASNÉ VÝROBKY

Maso	vepřové	A
	hovězí	A
	telecí	B
	ostatní druhy masa	B

Masné výrobky	trvanlivé	B
	drobné - např. párky, klobásy, špekáčky	B
	vařené - např. jaternice, jelítka, tlačanky	B
	měkké salámy	B
	uzená masa, šunka	B
	paštiky a výrobky z masa s obsahem pod 50 % jater	B
	speciality - např. cikánská pečeně, debrecínská pečeně, pršut	B

KONZERVY

Konzervy	masové a drůbeží	B
	hotové pokrmy	A
	sterilovaná zelenina	B

ZMRAZENÉ HOTOVÉ POKRMY A POLOTOVARY

Zmrazené hotové pokrmy a polotovary	A
-------------------------------------	---

DRŮBEŽ

Drůbež hrabavá i vodní	A
Drůbeží masné výrobky	B

ZVĚŘINA

Maso z lovné zvěře	B
--------------------	---

DROBY

Játra (včetně výrobků na bázi jater)	vepřová	B
	hovězí	B
	telecí	B
	drůbeží	B
	rybí a ostatní	B
Ledviny	vepřové	B
	hovězí	B
	telecí	B
Ostatní droby	B	

RYBY, RYBÍ VÝROBKY, MĚKKÝŠI, KORÝŠI, HLAVONOŽCI

Ryby sladkovodní i mořské - čerstvé i zmrazené	např. úhoř, tuňák	B
Ryby sladkovodní i mořské - konzervované ve vlastní šťávě a oleji		B
Rybí výrobky, včetně konzerv	např. ryby v majonéze, se zeleninou, antipasta, pečenáče	B
Měkkýši, korýši, hlavonožci		B

MLÝNSKÉ A PEKAŘSKÉ VÝROBKY, CUKRÁŘSKÉ A TRVANLIVÉ PEČIVO A CUKRÁŘSKÉ VÝROBKY

Obiloviny	celá zrna, případně mechanicky upravená	B
Mouka	např. hladká, hrubá, polohrubá	A
Celozrnná mouka, otruby a výrobky z nich		B
Trhanka		B
Krupice		B
Vločky		B
Kroupy, lámanka		B
Obilninový škrob		B
Jáhly		B
Triticale		B
Kukuřice	celá zrna, případně i mechanicky upravená	B
Rýže		A
Chléb a pečivo z chlebového těsta i celozrnné		A
Pečivo běžné i celozrnné	např. housky, rohlíky, večky	A
Jemné pečivo např. kynuté	např. vánočky, koláče	B
Trvanlivé pečivo	např. sušenky, keksy, oplatky s náplní	B
Cukrářské výrobky		B
Těstoviny		A
Strouhanka		B
Müslí a obdobné výrobky		B

ZELENINA A ZELENINOVÉ VÝROBKY

Zelenina čerstvá i zmrazená		A
Listová zelenina	např. salát, špenát, šterbák (endivie), mangold	A
Naťová zelenina	např. petržel kadeřavá, pažitka, kopr, libeček	B
Kořenová zelenina	např. mrkev, petržel, celer, pastinák, červená řepa, ředkev, ředkvičky, křen	A
Cibulová zelenina	např. cibule, česnek, pórek	B
Košťálová zelenina	např. zelí, kapusta, růžičková kapusta, brukev (kedlubny), květák, brokolice	A

Plodová zelenina	např. rajčata, paprika, okurky, cukety, patisony, baklažány	A
Plodová zelenina tykvovitá	např. tykev, meloun	A
Lusková zelenina	např. zelený hrášek, zelené fazolové lusky	A
Výrobky ze zeleniny - sterilovaná zelenina, nakládaná zelenina, zmrazená zelenina		A
Sušená zelenina, zeleninové protlaky		B
Tekuté výrobky ze zeleniny	zeleninové šťávy, nektary	B

BRAMBORY, HOUBY, LUŠTĚNINY

Brambory		A
Výrobky z brambor	po úpravě k požívání podle návodu výrobce (pokud úpravu vyžadují)	B
Luštěniny a výrobky z nich	např. hrách, čočka, fazole, cizrna	B
Sója a výrobky ze sóji	např. analogy masa (po obnovení), tofu, tempeh, sojové mléko, sojové pečivo, sojová mouka	B
Houby čerstvé a výrobky z hub	např. sterilované	B
Houby sušené		B

CUKR, CUKROVINKY, ČOKOLÁDA

Cukr		B
Cukrovinky	nečokoládové např. dražé, karamely, želé, drops, komprimáty, lízátko, žvýkačky	B
	čokoládové cukrovinky, čokoládové výrobky	B
Čokoláda	čokoláda, čokoláda neplněná, hořká, mléčná čokoláda plněná	B

OVOCE A OVOCNÉ VÝROBKY

Ovoce	čerstvé i zmrazené	B
	bobulové, jádrové, peckové	B
	jižní a exotické např. citrusové plody, banány, ananas, mango, avokádo, kiwi, kaki	B
Výrobky z ovoce	např. kompoty, džemy, marmelády, dřeně, pulpy, rosoly	B
Tekuté výrobky z ovoce	např. mošty, šťávy, nektary	B
Sušené ovoce a proslazené ovoce		B
Rozinky		B
Ořechy	např. vlašské, lískové, pistácie, para, arašídy, kešu, kokosové a mandle	B

OSTATNÍ POTRAVINY

Ocet		B
Sůl		B
Kakao		B
Káva pražená (mletá a nemletá), instantní, kávoviny		B
Koření suché	např. plody, listy, natě	B
Kvasnice	pekařské droždí a pivovarské kvasnice	B
Hořčice		B
Semena z olejnin	např. olivy, slunečnice, mák	B
Ochucovací přísady	tekuté - např. polévkové koření, sojová a worcestrová omáčka	B
	emulgované studené omáčky - např. majonézové omáčky	B
	neemulgované studené omáčky - např. kečupy	B
	sypké - např. náhražky soli a koření soli	B
Med		B
Dehydratované výrobky		B
Doplňky stravy		B
Instantní polévky		B

NÁPOJE

Nealkoholické nápoje k přímé spotřebě na bázi vody	např. limonády, s výjimkou ovocných a zeleninových nápojů	A
Nápojové koncentráty	po úpravě k přímému použití podle návodu	B
Čaj	fermentovaný i nefermentovaný, aromatizovaný, bylinné čaje, čaje ze suchých plodů a květů, čajové směsi	A
Pivo, víno		A
Vína ovocná, bylinná a dezertní		B
Lihoviny včetně medoviny		B
Ostatní nápoje		B

Část 2
ARSEN

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)	
brambory	0,3		
cukr	1,0		
cukrovinky nečokoládové		1,0	
čaj (listový i porcovaný, instantní-granulovaný)		1,0	
čokoláda	0,5		
čokoládové cukrovinky		0,5	
dětská a kojenecká výživa na bázi zeleniny i obilovin			0,1
dětská a kojenecká výživa na bázi mléka			0,05
dětská a kojenecká výživa na bázi mléka s obsahem obilovin			0,07
dětská a kojenecká výživa na bázi ovoce			0,1
drůbež		0,1	
jáhly			0,2
játra	1,0		
kakao	1,0		
káva (zrnková i mletá, instantní) a kávoviny		1,0	
kompoty		0,5	
korýši, měkkýši, hlavonožci		8,0	
koření suché		5,0	
kroupy		0,2	
krupice		0,1	
kukuřice			0,2
ledviny	1,0		
lihoviny	0,2		
luštěniny		0,5	
marmelády, džemy		0,5	
masné výrobky a drůbeží masné výrobky		0,1	
maso	0,1		
masové konzervy		0,2	
měkké sýry		0,2	
mléčné výrobky, mražené krémy, zmrzliny		0,2	
mléko	0,05		
mouka		0,1	
nealkoholické nápoje (kromě minerálních vod)	0,1		
obilninový škrob		0,1	
otruby		0,2	

* n/M

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
ovesné vločky		0,2	
ovoce	0,5		
ovocné šťávy	0,2		
pivo	0,2		
rybí výrobky		5,0	
ryby mořské	5,0		
ryby sladkovodní	1,0		
rýže kromě parboild rýže a rýže neloupané nebo pololoupané		0,2	
nápojové koncentráty		1,0	
smetana		0,1	
sodová voda		0,05	
tavené sýry		0,2	
triticale		0,2	
tuky	0,1		
tvrdé sýry		0,5	
vejce	0,1		
víno	0,2		
želatina		2,0	
zelenina (s výjimkou brambor)	0,5		
zvěřina		0,2	
potraviny obecně A včetně nápojů		0,5	
potraviny obecně B včetně nápojů		3,0	

Část 6
KADMIUM

Potraviny	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(7/1)*	
mléko	0,01		
dětská a kojenecká výživa na bázi mléka			0,005
mléčné výrobky, mražené krémy, zmrzliny		0,05	
tvrdé sýry		0,06	
měkké sýry a tvaroh		0,05	
tavené sýry		0,05	
smetana		0,05	
vejce		0,02	
sádlo		0,02	
tuky		0,05	
maso pocházející z hovězího skotu, ovcí, prasat a drůbeže	0,05		
maso koňské	0,2		
masné výrobky a drůbeží masné výrobky		0,1	
drůbež		0,1	

Potraviny	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
játra - vepřová, telecí, ovčí, drůbeží	0,5		
ledviny - vepřové, telecí, ovčí, drůbeží	1,0		
zvěřina		0,1	
maso ryb druhu <i>Dicologlossa cuneata</i> , úhoře (<i>Anguilla anguilla</i>), evropské sarděle (<i>Engraulis encrasicolus</i>), druhu <i>Luvarus imperialis</i> , kranase drsného nebo kranase (<i>Trachurus trachurus</i>), druhu <i>Mugil labrosus labrosus</i> , druhu <i>Diplodus vulgaris</i> , sardinky evropské nebo sardinky (<i>Sardina pilchardus</i>)	0,1		
maso ostatních ryb	0,05		
rybí výrobky		0,1	
kaviár, výrobky ze sardelí		0,1	
tresčí játra		0,5	
dvouskořepinová měkkýši	1,0		
hlavonožci (bez vnitřností)	1,0		
korýši s vyloučením hnědého krabiho masa	0,5		
masové konzervy	0,1		

Potraviny	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/1)*	
obiloviny kromě otrub, klíčků, pšeničného zrna a rýže	0,1		
otruby, klíčky, pšeničné zrna, rýže	0,2		
mouka kromě pšeničné		0,1	
mouka pšeničná		0,2	
krupice	0,1		
chléb, pečivo	0,07		
pečivo celozrnné	0,1		
ovesné vločky		0,1	
kroupy		0,1	
jáhly		0,05	
triticale		0,05	
kukuřice		0,1	
sójové boby	0,2		
sojová mouka		0,3	
výrobky ze sóji		0,2	
zelenina a ovoce s vyloučením listové zeleniny, čerstvých bylinek, veškerých hub, košťálové a kořenové zeleniny a brambor	0,05		
zelenina listová, čerstvé bylinky	0,2		

Potraviny	NPM ₁ mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/1)*	
zelenina plodová, cibulová, naťová	0,1		
zelenina kořenová, řapíkatá a brambory ²⁾	0,1		
celer	0,2		
zeleninové protlaky včetně rajčatového protlaku		0,07	
houby	0,2		
houby sušené	2,0		
luštěniny	0,1		
cukr	0,02		
cukrovinky nečokoládové		0,02	
ovoce bobulové	0,05		
ovoce jádrové		0,05	
ovoce peckové		0,05	
výrobky z ovoce		0,05	
kompoty		0,05	
ořechy mimo arašidy		0,7	
arašidy	0,2		
čokoláda		0,5	
čokoládové cukrovinky		0,5	
rozinky		0,5	
sušené a proslazené ovoce		0,3	
dětská a kojenecká výživa na bázi zeleniny			0,03
dětská a kojenecká výživa na bázi ovoce			0,03
dětská a kojenecká výživa s obsahem obilovin			0,04
kakaový prášek		0,5	
nealkoholické nápoje	0,05		
nápojové koncentráty		0,5	
pivo	0,01		
víno		0,05	
lihoviny		0,05	
ocet		0,07	
káva a kávoviny		0,1	
čaj		0,1	
koření suché, sušená zelenina		0,3	
olejniny k přímé spotřebě a použití			0,5
olejniny do výrobků (kromě lisování)		0,8	
potraviny obecně A		0,1	
potraviny obecně B		0,5	

²⁾ U brambor se hodnota vztahuje na loupané brambory.

Část 9
OLOVO

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(7/1)*	
mléko	0,02		
mléčné výrobky, mražené krémy, zmrzliny		0,3	
tvrdé sýry		0,7	
měkké sýry		0,5	
tavené sýry		0,5	
smetana, máslo	0,1		
kaseiny a kaseináty	1,0		
dětská a kojenecká výživa na bázi mléka			0,02

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
dětská a kojenecká výživa na bázi ovoce, zeleniny nebo s obsahem obilovin			0,1
vejce		0,1	
rostlinné tuky a oleje	0,1		
maso kromě vnitřností	0,1		
sádlo	0,1		
játra	0,5		
vnitřnosti	0,5		
masné výrobky a drůbeží masné výrobky	0,1		
potraviny v plechových obalech		1,0	
drůbež	0,1		
zvěřina		1,0	

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
maso ryb druhu <i>Dicologlossa cuneata</i> , úhoře (<i>Anguilla anguilla</i>), druhu <i>Dicentrarchus punctatus</i> , kranase drsného nebo kranase (<i>Trachurus trachurus</i>), druhu <i>Mugil labrosus labrosus</i> , druhu <i>Diplodus vulgaris</i> , druhu <i>Pomadasys benneti</i> , sardinky evropské nebo sardinky (<i>Sardina pilchardus</i>)	0,4		
maso ostatních ryb	0,2		
rybí výrobky		0,4	
dvouskořepinová měkkýši a hlavonožci bez vnitřností	1,0		
koryši kromě hnědého krabiho masa	0,5		
obiloviny		0,2	
mouka	0,2		
mouka celozrnná	0,2		
otruby	0,7		
krupice		0,1	
ovesné vločky	0,2		
kroupy	0,2	0,3	
jáhly	0,2		
triticale	0,2		
kukuřice		0,5	
rýže	0,5		
rýže předvařená, včetně jiných úprav zkracujících vaření		0,3	
sója		0,5	
výrobky ze sóji		0,5	
chléb	0,1		
chléb celozrnný	0,3		
ochucovací přísady tekuté		2,0	
studené omáčky emulgované		0,3	
studené omáčky neemulgované		1,0	
zelenina mimo rostlin z rodu <i>Brassica</i> (tuřín a vodnice), listovou zeleninu, čerstvé bylinky a veškeré houby	0,1		
špenát	0,5		
rostliny rodu <i>Brassica</i> , listová zelenina	0,3		
rajčatový protlak		0,7	
luštěniny, luskoviny	0,2		
želatina	5,0		
brambory a výrobky z brambor ²⁾	0,1		
cukr	1,0		
cukrovinky nečokoládové		1,0	
ovoce mimo bobulové a drobné ovoce	0,1		
ovoce bobulové a drobné ovoce	0,2		
ovoce jádrové		0,1	
jeřabiny		0,2	

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
výrobky z ovoce		0,1	
výrobky z ovoce, zahuštěné		0,3	
kompoty		0,1	
ovocné šťávy neředěné, ovocné nektary, koncentrované ovocné šťávy po ředění	0,05		
ořechy		0,7	
olejníny		1,0	
houby pěstované		0,3	
houby		1,0	
houby sušené		10,0	
čokoláda		1,0	
čokoládové cukrovinky		1,0	
rozinky		3,0	
proslazené ovoce		1,0	
kakaový prášek		2,0	
nealkoholické nápoje	0,05		
nápojové koncentráty		0,5	
pivo		0,05	
víno ³⁾ (mimo ovocná likérová vína), aromatizovaná vína, aromatizované nápoje na bázi vína, dezertní vína, ovocná a bylinná vína ⁴⁾	0,2		
lihoviny	0,2		
ocet		1,0	
sůl		0,5	
káva a kávoviny		2,0	
čaj		0,2	
droždí		5,0	
polévky dehydratované		1,0	
polévky konzervované		0,5	
potraviny obecně A		0,4	
potraviny obecně B		8,0	

³⁾ Zákon č. 115/1995 Sb., o vinohradnictví a vinařství, ve znění zákona č. 216/2000 Sb.

⁴⁾ Maximální hladina se vztahuje na produkty získané z ovoce ze sklizně počínaje rokem 2001.

Část 10
RTUŤ

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(7/1)*	
mléko	0,01		
mléčné výrobky, mražené krémy, zmrzliny		0,02	
sýry		0,02	
smetana		0,01	
dětská a kojenecká výživa na bázi mléka			0,003
vejce	0,03		
sádlo		0,02	
tuky		0,01	
maso	0,05		
játra	0,1		
ledviny	0,1		
masné výrobky a drůbeží masné výrobky	0,05		
konzervy		0,05	
drůbež	0,05		
zvěřina	0,05		
ryby mořské a výrobky z nich	0,5		
ryby mořské dravé - např. ďas mořský (<i>Lophius</i> spp.), atlantická sumcovitá ryba (<i>Anarhichas lupus</i>), americký okoun (<i>Dicentrarchus labrax</i>), druh <i>Molva dipterygia</i> , makrelovité ryby (<i>Sarda</i> spp.), úhoř (<i>Anguilla</i> spp.), platýs obrovský (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>), malý tuňák (<i>Euthynnus</i> spp.), druh <i>Makaira</i> spp., štika (<i>Esox lucius</i>), makrelovitý druh <i>Orcynopsis unicolor</i> , portugalská máčka skvrnitá (<i>Centroscymnus coelolepis</i>), rejnoci (<i>Raja</i> spp.), losos (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. Mentella</i> , <i>S. viviparus</i>), plachetník (<i>Istiophorus platypterus</i>), šupinoploutvec (<i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i>), žralok (všechny druhy), druh makrelovitých <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> , jeseter (<i>Acipenser</i> spp.), mečoun <i>Xiphias gladius</i> , tuňák (<i>Thunnus</i> spp.) a výrobky z nich	1,0		

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
ryby sladkovodní		0,1	
ryby sladkovodní dravé		0,5	
rybí výrobky ze sladkovodních ryb		0,5	
kaviár, tresčí játra		2,0	
měkkýši a hlavonožci		2,0	
korýši		0,5	
obiloviny		0,05	

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹	SM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*	
mouka	0,03		
mouka celozrnná		0,01	
otruby		0,03	
krupice		0,02	
ovesné vločky		0,03	
kroupy		0,02	
jáhly		0,02	
triticale		0,02	
kukuřice		0,02	
rýže	0,03		
sója a výrobky ze sóji	0,07		
zelenina	0,03		
zelenina sušená		0,2	
luštěniny	0,03		
želatina		0,05	
brambory	0,02		
ovoce	0,01		
marmelády, džemy	0,04		
kompoty	0,01		
ovocné šťávy		0,01	
houby	0,5		
houby sušené	5,0		
houby pěstované	0,1		
houby pěstované sušené	1,0		
cukr	0,01		
cukrovinky nečokoládové	0,01		
kakao		0,01	
čokoláda a čokoládové cukrovinky		0,01	
rozinky		0,05	
dětská a kojenecká výživa na bázi zeleniny nebo s obsahem obilovin			0,01
dětská a kojenecká výživa na bázi ovoce			0,01
olejnatá semena		0,07	
nápoje		0,003	
nápojové koncentráty		0,03	
potraviny obecně A		0,05	
potraviny obecně B		0,5	