

Analytické metody stanovení a zastoupení těžkých kovů ve zvěřině

Lada Lukšíčková, DiS

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lada Lukšíčková, DiS.**
Osobní číslo: **T11207**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Analytické metody stanovení a zastoupení těžkých kovů ve zvěřině**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část

- 1. Zastoupení těžkých kovů v životním prostředí, mase hospodářských zvířat a zvěřině**
- 2. Metody stanovení těžkých kovů v potravinách**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin 1*. Vyd. 3. Tábor: OSSIS, 2009. 602s ISBN 978-80-86659-15-2

[2] BENCKO V., CIKRT M., LENERT J. (1995): *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*, Grada Publishing, 288 s.

[3] VODŇANSKÝ, FOREJTEK a kol. *Hygiena zvěřiny*. Institut ekologie zvěře VFU Brno 2009. 2. přepracované vydání. ISBN 978-7305-073-3.

[4] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody: Učebnice základů instrumentálních analytických metod*. 1. vyd. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 1996, 203 s. ISBN 80-902-1550-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Robert Gál, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Obor:

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 nevýdělečně 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 vzdělávacího 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). Odpírá-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.

ABSTRAKT

Tato práce popisuje současný stav a metody stanovení obsahu těžkých kovů ve zvěřině. Charakterizuje vlastnosti, výskyt a toxicitu těžkých kovů. Dále se zabývá kategorizací zvěře a nutričními hodnotami zvěřiny. Podává přehled a srovnání atomové absorpční spektrometrie, atomové emisní spektrometrie a hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. V závěru práce jsou přehledně zpracovány údaje o vzorcích, kde byly překročeny doporučené hodnoty obsahu těžkých kovů.

Klíčová slova: těžké kovy, zvěřina, atomová absorpční spektrometrie, atomová emisní spektrometrie, hmotnostní spektrometrie

ABSTRACT

This work describes status and methodology of determining of the amount of the heavy metals in venison. Work describes also properties, appearance and toxicity of the heavy metals. It is also interested in dividing of the wild animals into categories and nutritional values of the venison. Work gives us also overview and comparison of Atomic absorption spectrometry, Atomic emission spectrometry and Inductively coupled plasma mass spectrometry. In the last part of the work is the summary with the specimens, where recommended values of the heavy metals were exceeded.

Keywords: heavy metals, venison, Atomic absorption spectrometry, Atomic emission spectrometry, Mass spectrometry

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, zájem a čas, který mi věnoval během vypracování.

Poděkovat chci rovněž mé rodině a přátelům za jejich podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TĚŽKÉ KOVY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ A POTRAVINÁCH	12
1.1 OLOVO	14
1.2 KADMIUM.....	15
1.3 RTUŤ	15
1.4 ARSEN.....	16
2 ZVĚŘINA	17
2.1 DĚLENÍ ZVĚŘE	17
2.1.1 Srstnatá zvěř	17
2.1.2 Pernatá zvěř	18
2.2 LOV ZVĚŘE	18
2.3 ZVĚŘINA V LIDSKÉ VÝŽIVĚ	19
3 ANALYTICKÉ METODY KE STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ	22
3.1 PŘÍPRAVA VZORKU PŘED STANOVENÍM	22
3.1.1 Mineralizace na suché cestě	22
3.1.2 Mineralizace na mokré cestě	22
3.2 SPEKTRÁLNÍ METODY	23
3.2.1 Atomová absorpční spektrometrie	23
3.2.1.1 Zdroj záření	24
3.2.1.2 Atomizace	25
3.2.1.3 Monochromátor	27
3.2.1.4 Detektor	27
3.2.2 Optická emisní spektrometrie.....	28
3.2.3 Atomová fluorescenční spektrometrie	29
3.2.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.....	29
3.2.4.1 Zavádění vzorku do plazmatu.....	30
3.2.4.2 Plazmový zdroj	31
3.2.4.3 Interface	31
3.2.4.4 Iontová optika	32
3.2.4.5 Hmotnostní analyzátory	32
3.2.4.6 Detektory.....	33
3.2.5 Srovnání spektrálních metod.....	34
3.3 ELEKTROANALYTICKÉ METODY	35
3.3.1 Voltametrie a polarografie.....	35
3.3.2 Diferenční pulzní metoda	35
3.4 DALŠÍ MOŽNÉ METODY	36
3.4.1 Neutronová aktivační analýza	36
4 MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK	37

ZÁVĚR	42
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK.....	49

ÚVOD

Zvěřina je považována za chutnou a výživnou potravinu. Obsahuje značné množství bílkovin a minimální obsah tuku, proto je její konzumace doporučována lidem trpícím kardiovaskulárními chorobami. Její spotřeba však daleko zaostává za množstvím konzumovaného masa jiných druhů zvířat. Těžké kovy řadíme mezi prvky, které negativně ovlivňují zdraví zvířat i lidí a je nutné sledovat jejich kumulaci v organismu. Do organismu se dostávají potravou a inhalací. Zdroje jsou spalování fosilních paliv, doprava, průmyslová výroba kovů, nadměrné používání minerálních hnojiv, případně aplikace čistírenských kalů do půdy. Přírodním zdrojem toxických prvků v životním prostředí je zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost. Kumulují se jednak ve svalovině a kostech, ale i ve vnitřnostech. Hodnoty jejich přítomnosti v organismech můžeme zjišťovat různými metodami. Na základě předchozích zkušeností se v praxi využívají zejména atomová absorpční spektrometrie, atomová emisní spektrometrie a hmotnostní spektrometrie. O použití těchto metod pojednává tato práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TĚŽKÉ KOVY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ A POTRAVINÁCH

Obsah toxických prvků v potravinách patří mezi hlavní ukazatele zdravotní nezávadnosti. Pro olovo, kadmium, rtuť, arsen jsou stanovena nejvyšší přípustná množství v potravinách všeobecně i konkrétně v jednotlivých skupinách potravin [1].

Ke vstupu těchto prvků do potravního řetězce přispívá řada zdrojů antropogenního charakteru i přirozeného původu. Antropogenní zdroje kontaminace toxickými prvky jsou spalování fosilních paliv, doprava, průmyslová výroba kovů, nadměrné používání minerálních hnojiv, případně aplikace čistírenských kalů do půdy. Přírodním zdrojem toxických prvků v životním prostředí je zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost. Ovzduší a vodní toky působí jako media přenosu toxických prvků v prostředí.

Prvky mající tendenci předávat elektrony z vnějších orbitalů jiným prvkům za vzniku stabilních elektronových konfigurací. Počet elektronů jeho nejvyšších zaplňovaných orbitalů je roven či menší než číslo periody, do níž prvek patří. Prvky mající schopnost uvolňovat valenční elektrony a tvořit tak kationy. Dobře se slučují s prvky elektronegativními (nekovy) - s halogeny na halogenidy, se sírou na sulfidy, s dusíkem na nitridy, s fosforem na fosfory, s kyslíkem na oxidy.

Hustota těžkých kovů je větší než 5 g/cm^3 (5000 kg/m^3) [2].

Důvody proč jsou kovy riziková skupina pro zdraví organismů a je potřeba je v životním prostředí monitorovat:

- toxicita v často velmi nízkých koncentracích ($LD_{50} \text{ As}_2\text{O}_3$ pro člověka je 300 mg)
- bioakumulace v organismu (biologický poločas eliminace $T_{0,5}$ pro Cd je 10 - 30 let)
- karcinogenita (Cd, As, Cr^{VI} , Ni, Be)
- nedegradabilita (kovy mění oxidační stav, formu, ale ne podstatu), persistence
- obrovský nárůst koncentrací v ŽP [2].

Formy výskytu kovů

dle rozpustnosti:

- rozpuštěné
- nerozpuštěné

dle fyzikálně-chemické podstaty:

- anorganické
 - a) elementární kov M (v horninách)
 - b) jednoduché ionty M^+ (kationy -voda,půda)
 - c) sloučeniny $MxAy$
- organické sloučeniny jsou časté, je to dáno afinitou organických látek ke kovům, vznikají tak organické komplexy

Z anorganické formy díky bakteriím a procesu biomethylace vznikají organokovy

- organortuťnaté (ošetření semen, fungicidy)
- organoolovnaté (antidetonátory, fungicidy)
- organoarseničné (herbicidy, lékařství)
- organocíníčitě (moluscidy, PVC) [2].

Proces biomethylace kovů

Jde o biogenní proces přeměny anorganických forem kovů na toxické organokovy. Dochází k obrovskému nárůstu toxicity. Probíhá v anaerobním i aerobním prostředí, ve vodním sedimentu či v trávicím traktu obratlovců. Biomethylují se Hg, As, Pb, Sn, Se. Bakterie se tak zbavují toxických kovů [2].

1.1 Olovo

Všechny rozpustné sloučeniny olova jsou vysoce toxické. Jde o kumulativní jed, hromadí se v kostech. Ionty olova prochází placentou a působí embryotoxicky a teratogenně. Po intoxikaci dochází k psychickým poruchám (saturnismus). Soli olova zasahují do metabolismu hemu. Moč obsahuje zvýšené množství porfyrinu a jeho prekursoru kyseliny δ -aminolevulové [3].

Organické sloučeniny (tetrametyl a tetraethylolovo) jsou dobře rozpustné v tucích a mají téměř 100% vstřebatelnost. Olovo je krví transportováno vázané na erythrocyty a v malém procentu i na bílkoviny krevní plazmy. Vazbou na bílkoviny dochází k jejich denaturaci, což u enzymů znamená poruchy funkcí. Resorpce olova je závislá na věku, složení stravy a zdravotním stavu. Účinnost resorpce u dospělých je 10%, dětský organismus resorbuje z potravy kolem 50%. Kovové olovo se používá k výrobě akumulátorů, plechů a trubek. Anorganické sloučeniny jsou součástí nátěrových hmot (Pb_3O_4), pigmentů ($PbCrO_4$) nebo olovnatého skla (PbO), kde zvyšuje index lomu. Organokovové sloučeniny olova tetraethylolovo $Pb(CH_2CH_3)_4$ a tetramethylolovo $Pb(CH_3)_4$ se používaly v benzínu jako antidetonační přísady [1, 4].

Pro mobilitu těžkých kovů v půdě a tedy biologickou využitelnost pro rostliny je rozhodujícím faktorem hodnota pH půdy a redoxní potenciál. Příjem jednotlivých prvků rostlinami se dosti liší mezi jednotlivými rostlinnými druhy i mezi odrůdami. Distribuce kovů v jednotlivých částech rostlin je nerovnoměrná, klesají obvykle koncentrace v řadě: kořeny => listy => stonky => plody => semena. Tyto faktory je třeba vzít v úvahu při zpracovávání určité části kulturních plodin pro potravinářské nebo krmivářské účely či konzumování plodin býložravými živočichy. Do těl živočichů vstupují toxické prvky především orální cestou. Z hlediska výživy lidí jsou důležité obsahy prvků ve svalovině a vnitřnostech. U volně žijící zvěře obsah olova a kadmia v játrech a ledvinách vypovídá o zatížení zvířete kontaminovanou potravou a o stupni znečištění biotopu, ve kterém zvíře žije. Za normálních podmínek je obsah olova ve svalu velmi nízký (tisíce mg/kg), koncentrace v ledvinách a játrech je o 2-3 řády vyšší. Olovo je stále převažujícím materiálem pro výrobu střeliva a to především pro svoji vysokou specifickou hmotnost, která poskytuje olověné střele vysokou průraznost [1, 5].

1.2 Kadmium

Ionty kadmia blokují sulfhydriové skupiny enzymů a biologických makromolekul, zasahují do metabolismu cukrů a inhibují sekreci inzulínu. Otrava inhalací je působením oxidu kademnatého, nebezpečné jsou dobře rozpustné soli dusičnanu a síranu kademnatého. Chlorid kademnatý působí v nízkých dávkách emeticky. Indikátorem otravy je zlatožlutý lem zubní skloviny. Kadmium se používá k antikorozi ochraně pokovováním a k výrobě baterií. Sulfid kademnatý se používá jako pigment a kademnaté soli mastných kyselin jako stabilizátory při výrobě PVC.

1.3 Rtuť

Na rozdíl od jiných prvků je zdrojem otrav i atomární rtuť. Kovová kapalná rtuť má vysokou tensi par nad povrchem, expozice je tedy vdechem nebo kůží. Sulfid rtuťnatý (rumělká) je velmi málo rozpustný a není považován za jed. Akutní expozice je méně častá než chronická. Rtuť má nejnižší bod tání ze všech těžkých kovů $-38,87\text{ }^{\circ}\text{C}$, je jediný kov za běžné teploty tekutý. Zásadní vliv na toxicitu má forma rtuti. Nejtoxičtější je dimethylrtuť, vzniká biomethylací. Hlavní podstatou toxicity je vysoká afinita k $-\text{SH}$ skupinám organických látek, dochází k narušení aktivity enzymů, změny permeability membrán, nastává rozvrat metabolismu [1].

Rtuť má tyto formy:

Elementární (kovová) Hg^0 se vypařuje i za běžných teplot. Je značně toxická díky relativně vysokému tlaku par (14 mg/m^3 při 20°C , 31 mg/m^3 při 30°C) a dobře rozpustná v tukových tkáních [1].

Anorganické formy se vstřebávají hlavně z GIT, ionty rtuťnaté Hg^{2+} (př. chlorid rtuťnatý = sublimát) jsou prudce jedovaté díky dobré rozpustnosti ve vodě. Ionty rtuťné Hg (př. Chlorid rtuťný = kalomel) díky své nízké rozpustnosti ve vodě jsou málo toxické. Toxicitu rtuti způsobuje i reaktivita se sloučeninami, které obsahují koncové thiolové a akrylové skupiny [1].

Organické sloučeniny rtuti tvoří lineární struktury, které obsahují uhlovodíkové zbytky navázané na atom rtuti. Metylrtuť je toxin produkovaný mikroorganismy a působí negativně na centrální nervovou soustavu [6].

Rtuť se používá na výrobu výbojek, teploměrů, elektrod, amalgámů, má využití i při elektrolýze a polarografii. HgO je používán jako fungicid.

1.4 Arsen

Sloučeniny arsenu jsou vysoce toxické akutně i chronicky. Nejznámější sloučeninou je oxid arsenitý (arsenik, otrušík). Smrtelná dávka pro člověka 70 - 180 mg. Chronickou otravu vyvolá 10 mg denně. Sloučeniny trojvazného arsenu jsou toxicitější než pětivazného. Jde o významné mutageny, teratogeny a karcinogeny. Sirníky jsou nerozpustné, netoxické. Arsan (arsenovodík) je vysoce toxický plyn s česnekovým zápachem. Může se vyskytovat v technickém acetylénu, akutní otrava se projeví cyanosou. Derivátem arsenu jsou bojové plyny [2, 7].

Arsen je v sulfidech, oxidační stavy III,V. Doprovází fosfor, je tedy i v pracích prostředcích, jinak pesticidy, slitiny, součást bojového plynu Lewisitu v armádě. Vstup do organismu ingescí trojmocné sloučeniny (až 90%) nebo inhalací.

Akutní toxicita - vazba na -SH a další metabolické narušení As_2O_3 $TD_{50} = 30 - 50$ mg, As_2O_3 $LD_{50} = 200 - 300$ mg, gastrointestinální potíže, obrna dýchání, encefalitida, nefritida, dermatitida [1].

Chronická toxicita se projevuje poruchami CNS, břišními kolikami, anorexií, anémií.

Sloučeniny As^{III} jsou 20x toxicitější než sloučeniny As^V , ovšem 5-ti mocné sloučeniny mají více karcinogenní účinky [1].

2 ZVĚŘINA

Zvěřinou se rozumí maso volně lovených zvířat žijících v přírodě nebo chovaných pro lov. Zvěřina patří k přírodním potravinám a každý druh zvěře má svá specifika. Kvalita zvěřiny záleží na věku, složení potravy zvěře, na způsobu lovu, správném ošetření a úpravě úlovku po zhasnutí. Způsob lovu má rozhodující vliv na hygienu, zrání a celkovou kvalitu zvěřiny. Křehké maso má jen zvěřina po optimálním zrání [8, 9, 10].

2.1 Dělení zvěře

2.1.1 Srstnatá zvěř

Do této skupiny řadíme všechny savce, kteří podléhají právu myslivosti. Společným charakteristickým znakem této zvěře je tělo pokryté srstí.

- a) Jelenovití - mající paroží
- b) Turovití - mající rohy
- c) Černá zvěř
- d) Zajícovití

V souvislosti se zvěřinou se často setkáme s pojmem spárkatá zvěř. Sem řadíme všechny lovné kopytníky, jejichž společným znakem jsou kopyta neboli spárky. Spárkatá zvěř je tedy souhrnným označením pro jelenovité a turovité přežvýkavce a pro černou zvěř, jak se v myslivecké mluvě nazývají prasata divoká. Jako vysoká zvěř se označují kulinářsky vysoce ceněné druhy zvěře, jejichž lov byl dříve privilegiem šlechty. K vysoké zvěři se dříve řadila veškerá spárkatá zvěř kromě srnců a také tetřevi. Srnčí zvěř se pokládala za nízkou spolu se zajíci a králíky.

Ad a) zvěř jelenovitá – do této podskupiny spárkaté srstnaté zvěře se řadí zástupci čeledi jelenovitých (*Cervidae*). Společným znakem je paroží, jimž jsou vyzbrojeni pouze samci. Jde o znak pohlavního dimorfismu. Parohy jelenů, jelenců, daňků a srnců vyrůstají z výběžku čelní kosti nazývaných pučnice. Paroží samci každoročně shazují. Pouze u sobů jsou parohy vyzbrojeny také samice.

Ad b) zvěř turovitá – zástupci zvěře rohaté (*Bovidae*) kamzíci, kozy, zubři, antilopy, své rohy neshazují. Rohy u mufloní zvěře nazývané toulce mají obě pohlaví.

Ad c) černá zvěř – prasatovití (*Suidae*) patří k rozsáhlému řádu sudokopytníků stejně jako jelenovití a turovití, ale na rozdíl od rohaté a parohaté zvěře se jedná o přežvýkavce. Prase divoké (*Sus scrofa*) je všežravec, jak samci kňouři, tak samice bachyně jsou vyzbrojeni kly.

Ad d) zajíci a králíci – významní zástupci čeledi zajícovitých (*Leporidae*), zajíc polní a králík divoký. Jsou býložravci, chybí jim špičáky a řezáky dorůstají po celý život. Nepatří k přežvýkavcům [8, 11, 12].

2.1.2 Pernatá zvěř

To jsou všichni divoce žijící ptáci podléhající mysliveckému právu. Kulinařský význam mají především tři skupiny pernaté zvěře: hrabaví, holubi a vodní ptactvo (husy, kachny) [13].

2.2 Lov zvěře

Základní etické a hygienické požadavky na lov (usmrcování) zvěře

- zvěř může být lovena pouze podle zákonných předpisů dané země
- lovené zvíře nesmí být před ulovením úmyslně vystaveno stresu a utrpení
- usmrcení zvířete střelou musí být rychlé a utrpení po zásahu minimální
- pro lov jednotlivých druhů zvěře musí být používány pouze odpovídající druhy zbraní a střeliva
- dosledování a dohledávání po odstřelu musí být v co nejkratším čase
- ihned po dohledávce ulovené zvěře musí být zahájen proces prvotního ošetření ulovené zvěře
- ulovená a řádně ošetřená zvěř musí být v nejkratším možném termínu předložena proškolené osobě nebo úřednímu veterinárnímu lékaři k prohlídce
- ulovená, správně ošetřená a proškolenou osobou nebo veterinárním lékařem prohlédnutá zvěř musí být v nejkratším možném čase umístěna do chlazeného skladovacího zařízení [14].

Lovecký náboj se skládá z nábojnice, prachové náplně zápalky a střely. Podle použití jsou náboje brokové a kulové. Většina nábojů do lehkých palných zbraní se skládá z olověného jádra, které je kryto ocelovým nebo měděným pláštěm. Střelivo pro brokové zbraně tvoří obvykle drobné kuličky z čistého olova, případně slitin olova s arsenem. Kulové náboje se vyrábějí v různých rážích a provedeních. Střela náboje může být u malorážek pouze olověná, u kulovnic je olověné jádro střely ukryto v poloplášťovém obalu. Měkký olověný hrot se deformuje, zvětšuje svou plochu pro větší předání energie, ale plášť udržuje celistvost střely k dostatečnému průniku. Pouze olověné střely se ihned po zasažení cíle příliš deformují a nejsou schopny proniknout hluboko [15].

Zákon o myslivosti č. 449/2001 Sb. s účinností od 31.12.2010 zakazuje používání olověných brokových nábojů k lovu vodního ptactva [16].

2.3 Zvěřina v lidské výživě

Díky vysokému obsahu minerálních látek a stopových prvků, jakož i vysokému podílu nenasyčených mastných kyselin, je zvěřina velmi zdravou potravinou.

Roční spotřeba čisté zvěřiny ve výši zhruba 800 g/osobu daleko zaostává za vepřovým 41,1 kg, drůbežím 24,3 kg, hovězím a telecím 10,8 kg. Spotřeba jehněčího, skopového a kozího je 200 g.

Zvěřina tedy ve spektru konzumace masa a v naší výživě sehrává jen malou roli, přesto má v kuchyni mimořádné postavení.

Struktura svaloviny zvěřiny má jemnější vlákna než maso jatečných zvířat, zároveň se vyznačuje nižším obsahem tuku. Pro malý obsah tuku představuje velmi vhodnou surovinu k přípravě potravy pro osoby s chorobami oběhového systému, obezitou i poruchami metabolismu tuků. Obsah celkového tuku ve zvěřině se pohybuje od 1 do 3 %. Obsah cholesterolu je velmi nízký. Studie Výzkumného ústavu pro zoologii divoké zvěře a ekologii při Veterinární univerzitě ve Vídni potvrdily domněnku, že divoce žijící zvěř díky svému potravnímu spektru vykazuje vysoký podíl nenasyčených mastných kyselin, stejně jako omega-3 kyselin [17, 18, 19].

Tab.č.1 Podíl mastných kyselin v mase a zvěřině [19]

druh masa	polynenasycené kyseliny	z toho omega-3 kyseliny
Jelení	68,1 %	13,3 %
Daňčí	62,4 %	11,8 %
Srnčí	65,4 %	15,0 %
Zaječí	66,5 %	22,9 %
Kančí	64,7 %	7,0 %
Vepřové	48,2 %	5,6 %
králičí (domácí králík)	44,6 %	3,6 %
Hovězí	34,5 %	8,9 %
Skopové	31,5 %	7,6 %
Koňské	64,5 %	7,2 %
Kuřecí	35,9 %	3,1 %
Pštroší	51,7 %	5,6 %
Losos	33,5 %	27,8 %

Polynenasycené mastné kyseliny a zejména omega-3 kyseliny mají nesmírně pozitivní účinky na zdraví lidského organismu. Pro naše tělo jsou nejen důležitým zdrojem energie, ale podílí se také na tvorbě protizánětlivých látek, prostaglandinů a předstupňů vitamínu D- kalciferolu, aniž by organismu zabraňovaly v příjmu vápníku.

Největší podíl „tuku“ v podobě polynenasycených mastných kyselin a omega-3 kyselin konstatovali výzkumní pracovníci hlavně v zaječím mase, jelení a srnčí zvěřině.

Konzumace zvěřiny je proto nejen zážitkem pro naše chuťové buňky, ale také přínosem pro zdravou výživu. Ovšem nenasycené mastné kyseliny se při delším skladování proměňují v kyseliny nasycené. Tento proces ovlivňuje trvanlivost zvěřiny, způsobuje rychlejší zbarvení svaloviny a maso při příliš dlouhém skladování žlukne.

Vedle nenasycených mastných kyselin se zvěřina vyznačuje i vysokým obsahem minerálních látek (fosfor, draslík, hořčík) a stopových prvků (Fe, Zn, Se). Zvěřina je vynikajícím zdrojem železa. Obsahuje také vitaminy, zejména skupiny B - thiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, kyselinu pantotenovou, biotin, vitamin C a lipofilní vitaminy A, D, E, K. Na rozdíl od ostatních potravin maso volně žijící zvěře obsahuje velmi málo

sacharidů. Maso mladší zvěře a vnitřnosti obsahují mnohem více purinů než maso starších kusů. Puriny jsou organické sloučeniny vznikající z nukleové kyseliny buněčných jader. V důsledku větší konzumace masa s vysokým obsahem purinů se zvyšuje hladina kyseliny močové v těle. To vede ke dně doprovázené bolestmi kloubů.

Zvěřina jako potravina obsahuje cenné složky, které je důležité vhodně využít. Bílkoviny jsou nejvýznamnější složkou stravy z nutričního i technologického hlediska. Hodnoty bílkovin se pohybují ve zvěřině v rozmezí 17 - 26 % dle druhu zvěřiny a druhu masa a jde o plnohodnotné bílkoviny, protože obsahují všechny esenciální aminokyseliny (izoleucin, leucin, lysin, methionin, cystin, fenylalanin, tyrosin, treonin, tryptofan a valin) [20, 21, 22].

Tab.č.2 Nutriční hodnoty [23]

druh zvěřiny	energie kcal	bílkoviny (g)	tuky (g)	minerálie fosfor (mg)	minerálie železo (mg)	vitamin B2 (mg)
zajíc	124	21,6	3,0	220	2,4	0,06
jelen	122	20,6	3,3	249	3,4	0,48
Srnec-hřbet	132	22,4	3,6	220	3,0	0,25
Srnec-kýta	106	21,4	1,3	220	3,0	0,25
Prase divoké	118	19,5	3,4	220	-	0,10
bažant	133	23,6	3,7	230	1,2	0,15

Pozn: Údaje v tabulkách nutričních hodnot se vztahují vždy na 100 g zvěřiny.

3 ANALYTICKÉ METODY KE STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ

Ke stanovení těžkých kovů je možno použít celou řadu metod. V současné době dělíme techniky stanovení dle principu na spektrální, elektroanalytické a další. Jednotlivé metody se liší mezi detekce, stanovitelností, časovou náročností samotného stanovení, ale také náročností na provedení a přístrojové vybavení. Analytické metody musí být dostatečně specifické, citlivé, přesné a natolik jednoduché, aby vyšetření bylo možno v případě potřeby často opakovat.

3.1 Příprava vzorku před stanovením

Před vlastní analýzou anorganických iontů je vzorek třeba řádně zhomogenizovat a rozložit. Dochází k nevratné destrukci rozkladem na suché cestě (spalování, zpopelnění) nebo rozkladem na mokré cestě (rozklad kyselinami za zvýšené teploty a tlaku) [24].

3.1.1 Mineralizace na suché cestě

Suchý rozklad se skládá z několika základních kroků: sušení, spalování, zpopelnění a rozklad popela. Klasická forma suchého rozkladu probíhá za atmosférického tlaku a v otevřeném systému, což může mít za následek ztrátu některých těkavých analytů (např. Cd, Hg, Pb, Se, As atd.), ale i netěkavých (Cr, Fe). Tento druh rozkladu je jednoduchý, finančně nenáročný a umožňuje rozkládat větší množství vzorků současně. Výhodou je také možnost rozkladu větších navážek, což napomáhá k eliminaci případného vlivu nehomogenity vzorku. Nevýhodou je možnost kontaminace z okolního prostředí, ale i vzájemná kontaminace současně rozkládaných vzorků, časová náročnost a možnost ztráty těkavých i některých netěkavých analytů. Dalšími variantami jsou suchý rozklad v polozavřeném a uzavřeném systému, kde se využívá zvýšených nebo vysokých tlaků [24].

3.1.2 Mineralizace na mokré cestě

Mokrý rozklad je velmi rozšířeným druhem rozkladu. Využívá oxidačních vlastností koncentrovaných kyselin, které lze umocnit přidávkem dalších oxidačních činidel (např. H_2O_2). K tomuto účelu se nejčastěji využívá koncentrovaná kyselina dusičná, sírová, chloristá a jejich různé kombinace. Na rozklad má vliv i teplota. Používané kyseliny většinou nemají dostatečně vysoký bod varu, často se tedy využívá zvýšeného či vysokého tlaku. Rozklady na mokré cestě lze rozdělit podle toho, zda probíhají v otevřeném nebo

uzavřeném systému a podle charakteru dodávaného tepla na ohřev konvenční a mikrovlnný či ve smíšených systémech. Pro stopovou a ultrastopovou anorganickou analýzu je nejpraktičtější mokřý rozklad v uzavřeném systému, podporovaný mikrovlnným zařízením. Oproti ostatním přístupům je minimalizována možnost kontaminace z okolního prostředí. Nevýhodou jsou poměrně nízké hmotnosti navážky a nemožnost postupného přidávání činidel [24].

3.2 Spektrální metody

Atomová absorpční spektrometrie se uplatňuje v prvkové analýze nejrůznějších materiálů. AAS umožňuje stanovení prvků v koncentracích od desetin $\mu\text{g/l}$ po desetiny g/l . Pro vyšší obsahy se používá plamenová AAS. Její předností je vysoká rychlost měření vzorků a menší vliv matrice než s ET atomizátorem. Výhodou ET-AAS je značné zvýšení citlivosti stanovení, až o tři řády lepší meze detekce oproti F-AAS. Zařízení je však složitější a nákladnější než u plamenové AAS a je nutná korekce pozadí. Nevýhodou ET-AAS je delší doba analýzy vzorků v ET atomizátoru. AAS s generováním těkavých sloučenin využívá oddělení těkavého analytu od matrice vzorku a tím snižuje možné interference. Dosažené meze detekce jsou srovnatelné nebo lepší než u ET-AAS. AAS je postupně nahrazována OES-ICP a ICP-MS, přesto zůstává stále nejrozšířenější metodou prvkové analýzy. ET-AAS vedle ICP-MS patří k nejcitlivějším metodám stanovení, je užitečná pro analýzu velmi malých vzorků nebo pevných vzorků [25].

3.2.1 Atomová absorpční spektrometrie

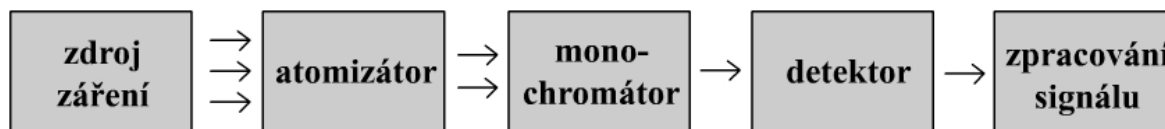
Jde o specifickou metodu prvkové analýzy založenou na měření absorpce záření prvků v základním elektronovém stavu. Atomy se ze vzorku dostávají do plynné fáze během atomizace. Pomocí techniky AAS lze analyzovat různorodé vzorky, její výhodou je vysoká specifická stanovení kovů i některých nekovů. Lze stanovovat prvky bez předcházející separace. Prvky, které se snadno atomizují, se stanovují v plameni v koncentracích do $0,1 \mu\text{g/ml}$. Při stanovení s ETA se mez snižuje o tři řády [26, 27].

- F-AAS-Atomová absorpční spektrometrie s plamenovou atomizací (flame atomizacion)
- ET-AAS-Atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (electrothermal atomizacion)

- HG-AAS-Atomová absorpční spektrometrie s generací hydridů (hydrid generation)
- CV-AAS-Atomová absorpční spektrometrie metodou studených par (cold vapor)

Stanovení Hg se provádí na jednorúčelovém analyzátoru AMA-DMA Direct Mercury Analyzer [27, 28].

V AAS mají největší pravděpodobnost přechody mezi základním a nejbližším excitovaným stavem. Těmto přechodům odpovídají základní rezonanční čáry. Atomová absorpční spektra nalzááme v rozsahu vlnových délek 190 - 900 nm. Zařízení je atomový absorpční spektrometr, měřenou veličinou je absorbance [25, 29].



Obr. 1. *Blokové schéma atomového absorpčního spektrometru*

Absorbance je logaritmem poměru původního a prošlého zářivého toku. Je úměrná tloušťce absorbující vrstvy b a počtu atomů v základním stavu N_0 . Konstanta úměrnosti se rovná atomovému absorpčnímu koeficientu [25, 30].

$$A = \log \theta_0 / \theta = K_{\lambda} b N_0$$

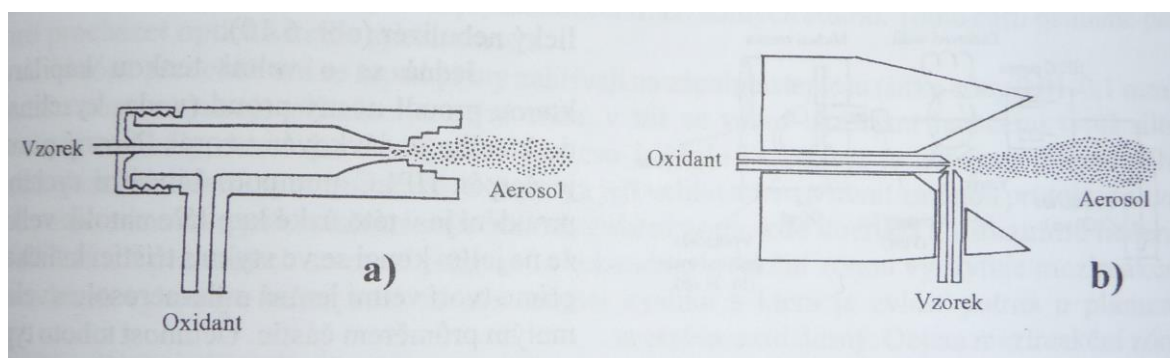
3.2.1.1 Zdroj záření

Zdrojem záření je nejčastěji výbojka s dutou katodou -Hollow Cathode Lamp (katoda je ze stanovovaného kovu, anoda s těžkotavitelného kovu Zr,Ti) nebo bezelektrodová výbojka-Electrodeless Discharge Lamp (křemenná banička s jodidem kovu plněná inertním plynem). Atomizace probíhá buď plamenem nebo elektrotermickou atomizací v grafitové kyvetě. ET-AAS je vhodná pro stanovení velmi nízkých koncentrací [25, 30].

3.2.1.2 Atomizace

Plamenové atomizace

Prostředím způsobujícím atomizaci je předmíchaný plamen acetylen-vzduch (teplota 2000°C) nebo acetylen-oxid dusný (teplota 2600 - 2800°C). Analyzovaný vzorek se přivádí do plamene ve formě aerosolu a dojde ke zmlžení roztoku pomocí tlaku oxidujícího plynu. Dle vzduchu či oxidu dusného je oxidační či redukční typ plamene. Účinnost zmlžování je 10 %, ostatní kapičky jsou příliš velké na to, aby se dostaly do plamene. Díky velkému objemu spalovacího plynu dochází ke značnému naředění vzorku. Nevýhodou F-AAS je nízká účinnost atomizace, vysoké detekční limity a vysoká spotřeba vzorku. Je však dobrá opakovatelnost [25, 26].

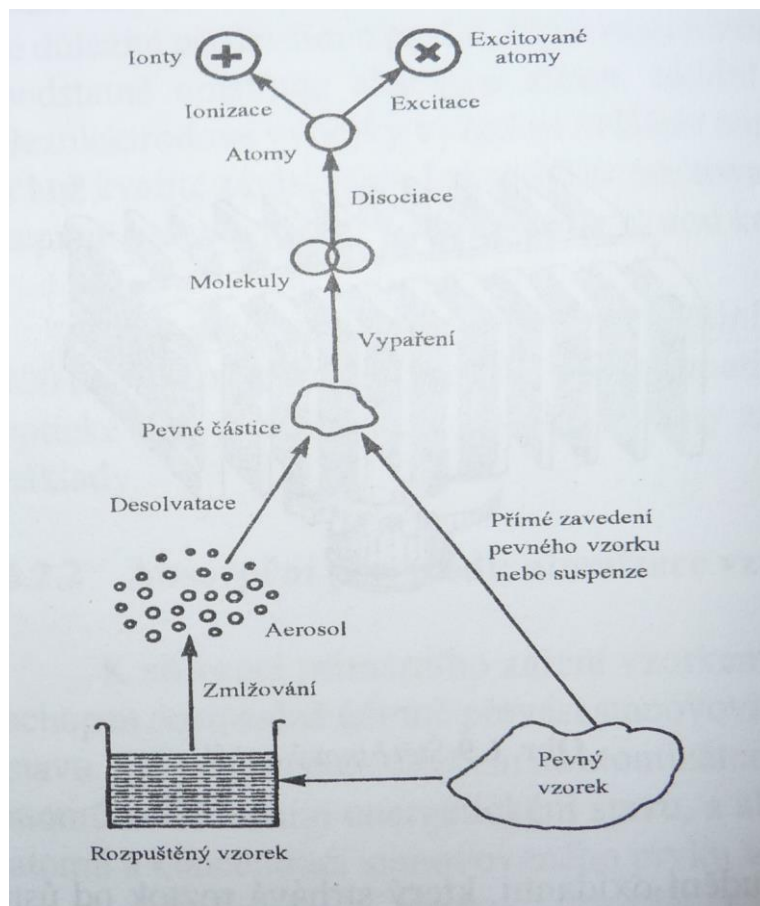


Obr. 2. Pneumatické zmlžovače používané při plamenové atomizaci v AAS [30]

a) koncentrický b) cross-flow

Elektrotermická atomizace

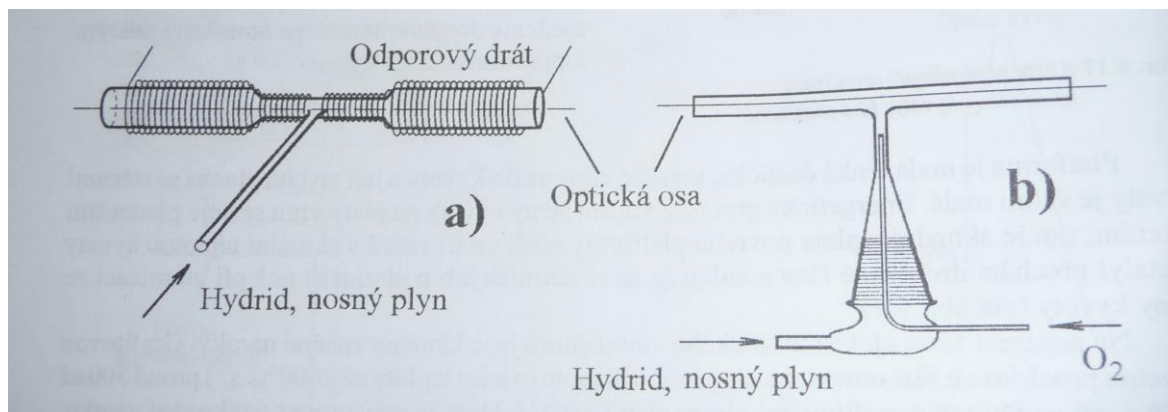
Atomizátorem je grafitová kyveta vyhřívána elektrickým proudem, do níž se vnáší dávkovacím otvorem vzorek. Ochrannou atmosféru tvoří argon. Teplotní program trvá okolo 90 s a zahrnuje sušení (do 150 °C), rozklad a odpaření matrice (300 - 1000°C) a atomizaci prudkým zahřátím na 2000 - 3000 °C. Analyt je v malém objemu kyvety, jsou tedy lepší detekční limity a nízká spotřeba vzorku. Kyvety musí být vyrobeny z elektricky vodivého materiálu a musí být mechanicky i chemicky stálé při vysokých teplotách. Vhodný materiál je grafit, skelný uhlík, wolfram, molybden, tantal. K atomizaci nadávkovaného vzorku dochází postupným ohřevem kyvety průchodem elektrického proudu, kdy kyveta se chová jako elektrický odpor. Metoda je komplikovanější pro složité matrice [25, 30].



Obr. 3. Schéma pochodů při atomizaci [30]

Generování a atomizace těkavých sloučenin

Stanovovaný analyt po reakci s tetrahydridoboritanem sodným je převeden na těkavou sloučeninu nejčastěji hydrid. Ten se oddělí od matrice vzorku a je atomizován v křemenném atomizátoru. Generaci těkavých hydridů je možné provést u některých prvků, z nichž nás nejvíce zajímají Pb a As. Speciální technikou generování těkavých sloučenin je generace plynné elementární rtuti pomocí studených par. Rtuť je prvek s vysokou tenzí par i za laboratorní teploty a lze měřit koncentraci atomu. Hlavní výhodou technik generování těkavých sloučenin je oddělení analytu od matrice. Meze detekce a citlivost měření pro hydridotvorné prvky jsou srovnatelné s elektrotermickou atomizací [30].



Obr. 4. Křemenné atomizátory pro hydridovou generaci v AAS [30]

a) elektricky vyhříváná T trubice

b) plamínek v křemenné trubici

3.2.1.3 Monochromátor

Volí se mřížkový a jeho hlavním úkolem je separovat určitý interval vlnových délek ze spektra. Velikost intervalu se volí velikostí výstupní štěrbiny monochromátoru. Správná volba šířky spektrálního intervalu je důležitým faktorem analýzy. Příliš úzký spektrální interval vede ke zvýšení šumu a tím ke zhoršení detekčních limitů, široký spektrální interval může být příčinou zhoršení linearit kalibrační závislosti. Detektorem je fotonásobič. Vyhodnocení výsledků provádíme metodou kalibrační křivky sestavené proměřením absorbancí srovnávacího roztoku o známé koncentraci nebo metodou standardních přídavek. Interference matrice mohou být spektrální, ty lze odstranit pomocí korekce pozadí použitím zdroje kontinuálního záření nebo nespektrálního, kdy část analytu není atomizována, a ionty absorbují záření při jiných vlnových délkách. Odstraňování je komplikované, lze tak učinit pomocí modifikátorů matrice či ionizačních pufrů [27, 30].

3.2.1.4 Detektor

V AAS se jako detektory nejčastěji používají fotonásobiče, u spektrometrů využívajících laserových diod stačí jako detektor fotocitlivá dioda. Možné použít i plošné polovodičové detektory - solid state. Hlavní výhodou těchto detektorů je nižší šum oproti fotonásobičům, nevýhodou je horší časová konstanta a linearita. V některých případech i horší citlivost v UV oblasti. Fotonásobič je vakuovaná skleněná baňka se vstupním okénkem zpravidla z křemene. Uvnitř je fotocitlivá katoda, anoda a systém dynod. Celý fotonásobič musí být

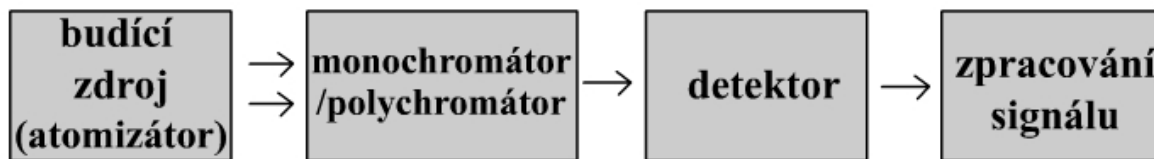
uzavřen ve světlotěsném pouzdru za výstupní šěrbinou monochromátoru. Principem činnosti je dopad fotonu na světlocitlivou vrstvu, vyrazení elektronu a jeho přitažení na první z dynod. Měří se zářivé toky $\theta_{0,\theta}$ [27, 29, 30].

Technika poskytuje detekční limity v desítkách až jednotkách ppb. Její nevýhodou je potřeba vlastní výbojky pro každý prvek, což značně zpomaluje analýzy. Pro stopové prvky esenciální a toxické je AAS nedostatečně citlivá. Používá se AAS s elektrotermickou atomizací, hydridová technika AAS nebo emisní a hmotnostní spektrometrie s ICP.

Pro analýzu arsenu se používají dvě techniky, a to generování hydridů a elektrotermická atomizace. Použití nejvíce rozšířené a velmi citlivé techniky generování hydridů je omezeno na matrice, které jsou velmi dobře zmineralizovány, a které neobsahují vyšší koncentrace interferujících prvků. Tyto podmínky nejsou často splněny, je tedy volena AAS s elektrotermickou atomizací v grafitovém atomizátoru [29, 30].

3.2.2 Optická emisní spektrometrie

Je metoda založena na měření fotonů, které vznikají přechodem valenčních elektronů z vyšších energetických stavů na nižší. Pro každý prvek získáme spektrální čáry u různých vlnových délek, které odpovídají jednotlivým přechodům. Počet těchto spektrálních čar vzrůstá s počtem elektronů ve valenčních hladinách. Poloha čar ve spektru (jejich vlnová délka) charakterizuje konkrétní prvky a jejich intenzita pak koncentraci těchto prvků ve vzorku. Pro zaznamenání spektra je nezbytné, aby prvky ve vzorku byly v atomární formě a excitovány do vyšších energetických stavů. Nejjednodušší variantou optické emisní spektrometrie je plamenová fotometrie. K buzení se využívá různých typů plamenů o nízké teplotě, elektrický oblouk a jiskra, indukčně vázané plazma, laser. Spojení optické emisní spektrometrie s atomizační technikou indukčně vázaného plazmatu umožňuje provádět víceprvkovou analýzu v širokém rozmezí koncentrací a při nízkých detekčních limitech. Spektrometry lze rozdělit na sekvenční a simultánní. Vyhodnocováno je záření emitované atomy nebo ionty v plazmatu. Jiskrový nebo obloukový výboj mezi grafitovými elektrodami, na které byl předem nanesen vzorek a vysušen. U moderních přístrojů je indukčně vázané plazma [27, 28].



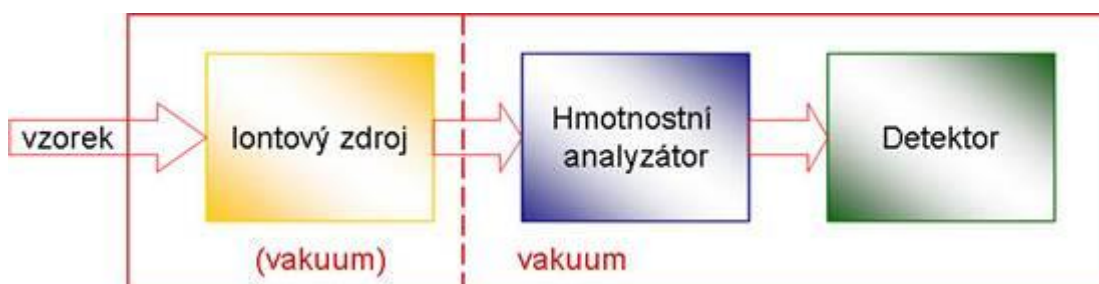
Obr. 5. Blokové schéma optického emisního spektrometru

3.2.3 Atomová fluorescenční spektrometrie

Metoda je založená na měření fotonů vznikajících při přechodu valenčních elektronů z vyšší energetické hladiny na hladinu nižší. Je třeba intenzivního zdroje záření. Jako zdroj budícího záření se používají výbojka s dutou katodou, bezelektrodová výbojka, xenonová výbojka. Výhody AFS jsou jednoduchá instrumentace, velká linearita kalibrací, citlivost ovlivněná intenzitou excitačního zdroje [28, 30].

3.2.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

ICP-MS je dnes dominantní metodou stanovení stopových a ultrastopových koncentrací těžkých kovů i jiných prvků. Je to fyzikálně chemická metoda určování hmotností atomů, molekul a jejich částí po převedení na kladné nebo záporné ionty. Nahrazuje hojně používanou atomovou absorpční a optickou emisní spektrometrii za využití jiných principů analýzy. Nedochází k detekci záření, ale přímo iontů prvků o určité hmotnosti a náboji [31,32].



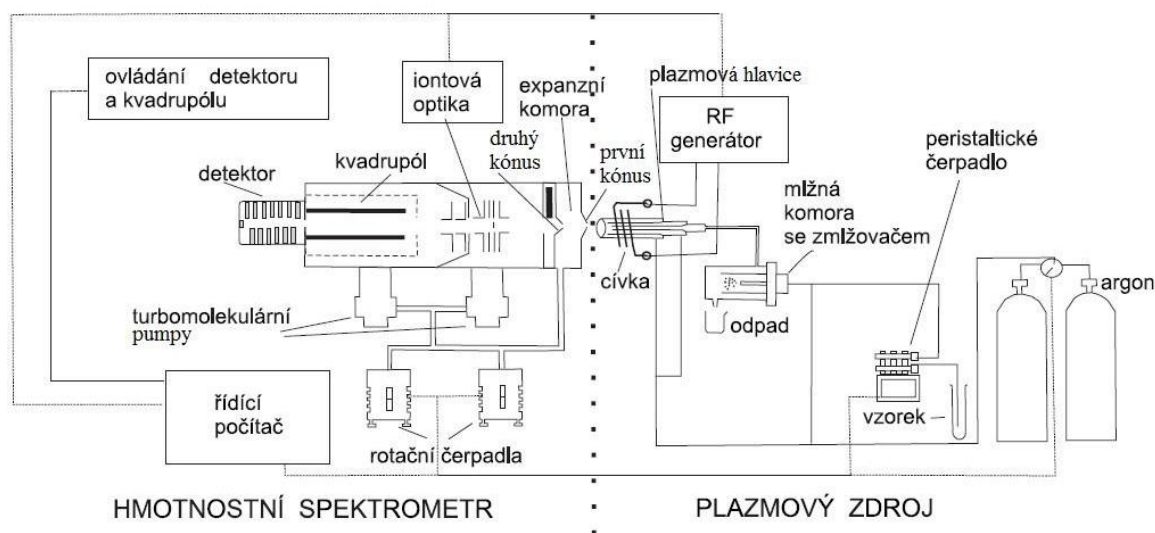
Obr. 6. Blokové schéma hmotnostního spektrometru

Iontový zdroj slouží k převedení analyzované látky do ionizovaného stavu. Hmotnostní analyzátor jako disperzní prvek umožňuje rozdělit v prostoru nebo čase směs iontů o

různých hmotnostech produkovaných v iontovém zdroji. Vzniklé ionty jsou detekovány detektorem a zaznamenány jako hmotnostní spektrum, ze kterého získáme informace o izotopickém složení a o koncentraci prvku [26, 28].

ICP pracuje za atmosférického tlaku a hmotnostní analyzátor za tlaku nízkého, je tedy problematický transport iontů v této části. Přenos iontů je zprostředkován pomocí interface.

Mezi výhody ICP-MS patří možnost stanovení velmi nízkých koncentrací, určení izotopického zastoupení prvků. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a znemožnění detekce neutrálních částic [29, 32].



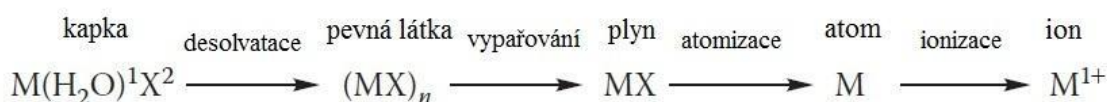
Obr. 7. Schéma ICP-MS [33]

3.2.4.1 Zavádění vzorku do plazmatu

Při stanovení ICP-MS jsou vzorky většinou zaváděny v kapalném stavu. Vzorek je nasáván hadičkou pomocí peristaltického čerpadla a přiveden do zmlžovače, kde dojde ke vzniku aerosolu. Přívod kapalného vzorku do plazmatu je v prostředí zmlžovače, kde dojde k tvorbě aerosolu a v mlžné komoře, která propustí do plazmatu pouze kapky o určitém maximálním průměru. V případě potřeby analýzy jen jedné či několika vrstev materiálu nebo nelze převést vzorek na kapalný, je možné využít laserové ablace. Tato technika se používá pro přenos pevných vzorků do plazmatu [31].

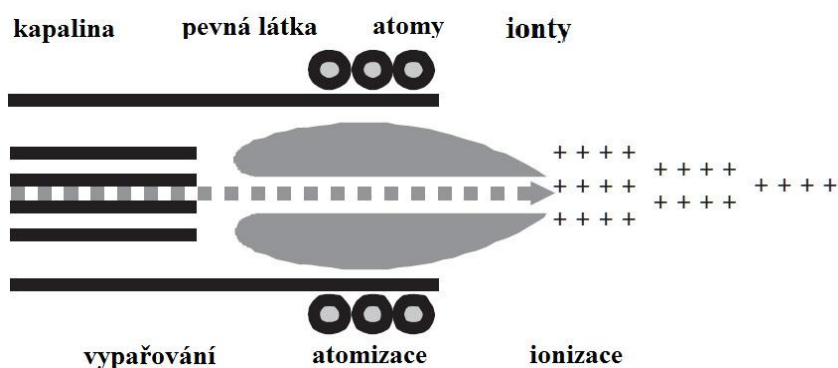
3.2.4.2 Plazmový zdroj

Hlavním úkolem plazmatu je převádět analyt na ionty tzv. ionizace vzorku, které může analyzovat hmotnostní spektrometr. V plazmatu se nenachází ve všech místech stejná teplota. Jako první vstupuje vzorek do předehřívací zóny, přes zářivou zónu do zóny analytické, kde se z něj již stává v ideálním případě jednou nabitý pozitivní ion. Z analytu se stává ion pomocí desolvatace, vypařování, atomizace a ionizace [32].



Obr. 8. Schéma ionizace analytu [32]

Nejdříve dochází k desolvataci a odstranění molekul vody, poté při průchodu další částí plazmatu dochází ke zplynění částic a atom vzorku se dostává do základního stavu. Následně dochází k interakci elektronů v plazmatu s atomem analytu a vzniku iontu, který je dále veden přes interface do hmotnostního analyzátoru [36, 37].

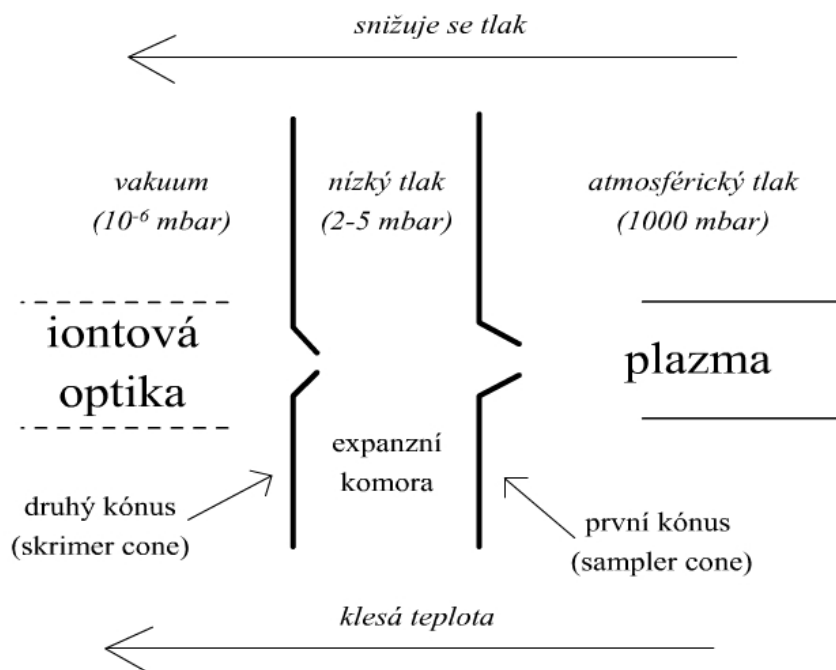


Obr. 9. Znárodnění ionizace analitu [32]

3.2.4.3 Interface

Interface se skládá obvykle ze dvou konusů s velmi malými otvory 1 mm a 0,75 mm, které oddělují prostředí o různých hodnotách tlaku. Jeho hlavním úkolem je převod iontů z prostředí atmosférického tlaku (1000 mbar) a vysokých teplot (7500 K) do hmotnostního

analyzátoru. Ten pracuje za vakua (10^{-5} - 10^{-9} mbar) a teploty (300 K). Převod je uskutečněn ve vzdálenosti 10 cm ve vodorovné poloze. Prostor mezi prvním a druhým kónusem je expanzní komora. Tlak mezi kónusy se snižuje pomocí rotační vývěvy [31, 32].



Obr. 10. Schéma interface ICP-MS [31]

3.2.4.4 Iontová optika

Nachází se mezi posledním kónusem interface a hmotnostním analyzátozem. Jde o jednu nebo i více elektrostaticky řízených čoček pracujících za hlubokého vakua, které je udržováno pomocí turbomolekulární pumpy. Jedná se o soustavu kovových plátů, na které je vloženo napětí. Funkcí iontové optiky je vést ionty prošlé z plazmatu přes interface do hmotnostního analyzátoru a zabránit vstupu neutrálních částic.

3.2.4.5 Hmotnostní analyzátozy

Hmotnostní analyzátoz se nachází mezi iontovou optikou a detektorem, pracuje za hlubokého vakua, které zajišťuje turbomolekulární pumpa. Hlavním úkolem analyzátozu je separovat ionty analytu. V ICP-MS se používá kvadrupólový analyzátoz, iontová past a průletový analyzátoz Time of flight-TOF.

Kvadrupólový analyzátor je součástí levnějších variant hmotnostních spektrometrů s nízkým rozlišením. Jde o čtyři kovové tyče kruhového průřezu připojené ke zdrojům stejnosměrného a vysokofrekvenčního střídavého napětí. Ionty po vlétnutí do prostoru mezi tyčemi začnou oscilovat. Při vhodně zvoleném napětí projdou kvadrupolem pouze ionty o určitém m/z , ostatní se zachytí na tyčích nebo stěnách přístroje [32, 34, 35].

Iontová past umožňuje pomocí elektrického pole uzavřít ionty v ohraničeném prostoru. Vstupní a výstupní kruhové elektrody jsou uzemněny a na středovou prstencovou elektrodu je přivedeno vysokofrekvenční napětí. Ionty ve vnitřním prostoru se pohybují po uzavřených kruhových drahách. S rostoucím napětím ionty s rostoucím poměrem hmotnosti a náboje (m/z) opouštějí vnitřní prostor. U tohoto typu analyzátoru je snižená rozlišovací schopnost a nízká cena [40].

Průletový analyzátor je nejjednodušším hmotnostním analyzátozem tvořeným prázdnou trubicí. K rozdělení iontů s rozdílným m/z dochází na základě jejich odlišné doby letu z iontového zdroje do detektoru. Pro představu lze uvést, že nejtěžší ionty dopadají na detektor za 50 μs , což umožňuje nasbírat 20 000 spekter za sekundu. Analyzátor je vysoce citlivý, pro velký rozsah m/z , rychlost analýzy je vysoká. Rozlišení se pohybuje v rozmezí 2000 - 3000, v závislosti na vnitřním uspořádání a hmotnosti prvku, je tedy nižší než u sektorových analyzátorů [34, 41].

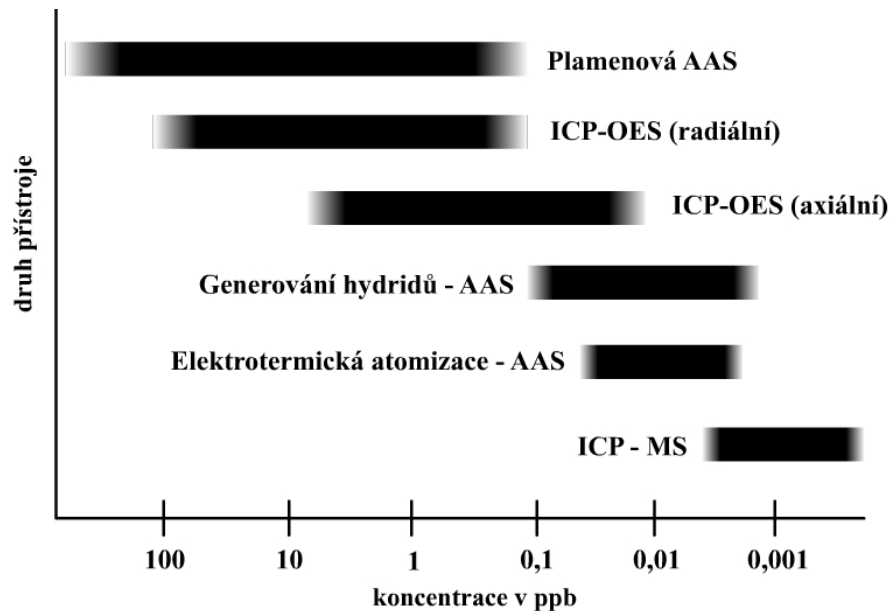
3.2.4.6 Detektory

Detektory převádějí proud dopadajících iontů na proud elektronů. Z detektorů lze použít Faradayovu klec, elektronový násobič nebo detektor s konverzní dynodou a fotonásobičem.

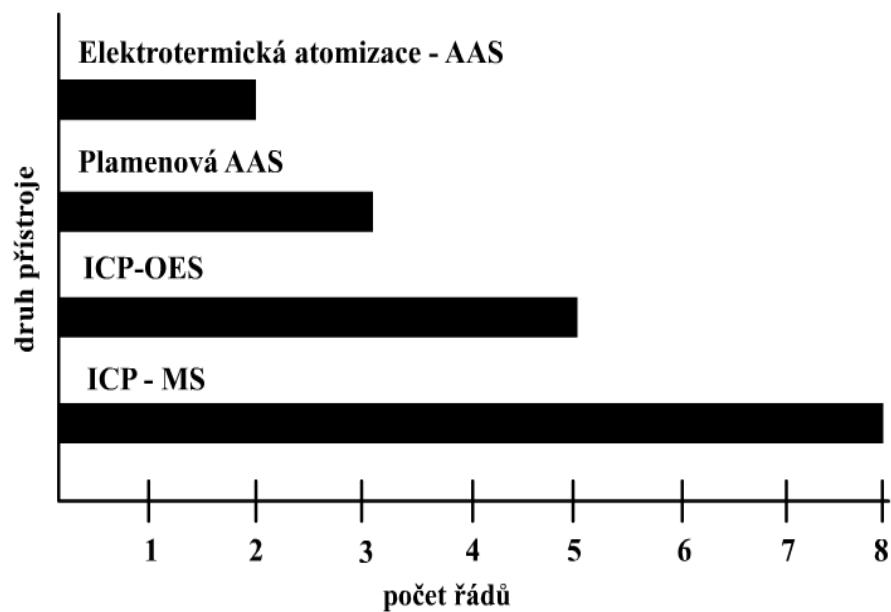
U Faradayovy klece dopad iontu způsobí vyrazení elektronu z povrchu, elektron dopadá na anodu. Vzniklý elektrický proud je zesílen zesilovačem, šum zesilovače však omezuje citlivost tohoto druhu detektoru [32]. U elektronového násobiče elektron dopadá na místo s méně negativním potenciálem a vyráží další elektrony. Signál se nárazy zvětšuje, proud je veden do zesilovače a vyhodnocován. Pro svoji vysokou citlivost je detektor žádan, jeho životnost je zhruba jeden rok. U detektorů s konverzní dynodou a fotonásobičem se mění náraz iontu na vyražený elektron. Ten dopadá na stínítko a vyráží foton, ten je zachycen fotonásobičem. Detektor je velmi citlivý a životnost je výrazně vyšší (zhruba pět let) [28, 29, 30].

3.2.5 Srovnání spektrálních metod

Detekční limity (Obr. 11), pracovní rozsah (Obr. 12) závisí na konkrétních experimentálních podmínkách, nastavení, druhu a uspořádání použitého přístroje, atomizačních technik a na konkrétním prvku [32].



Obr. 11. Srovnání detekčních limitů [32]



Obr. 12. Srovnání pracovních rozsahů [32]

Mezi v současné době nejpoužívanější atomové spektrometrické metody pro analýzu roztoku vzorků patří emisní (AES-ICP a ICP-MS) a absorpční (F-AAS a ETA-AAS). Podstatný rozdíl mezi absorpčními a emisními metodami je v možnosti stanovení pouze jednoho prvku během jedné analýzy u absorpčních metod. Významnou předností emisních metod je současné stanovení více prvků. Přístroje pro ETA-AAS umožňující stanovení i čtyř prvků současně již existují (disperzní mřížka je součástí elektromagnetické cívky a je rychle vychylována do polohy průchodem proudu nebo je možné použití Echelle monochromátoru a plošného polovodičového detektoru - zároveň je použita multiprvková výbojka s dutou katodou), ale vzhledem k vysokým finančním nákladům nenašly rozšíření [34].

3.3 Elektroanalytické metody

3.3.1 Voltametrie a polarografie

U těchto metod sledujeme závislost proudu procházejícího pracovní elektrodou ponořenou v analyzovaném roztoku na potenciálu, který se na tuto elektrodu vkládá z vnějšího zdroje.

Závislost proudu na elektrodovém potenciálu lze měřit buď v ustáleném stavu, nebo za nestacionárních podmínek. Polarografie vznikla výzkumem elektrolýzy se rtuťovou kapkovou elektrodou J. Heyrovským. Tato metoda oceněná Nobelovou cenou za chemii v roce 1959 byla postupně zastíněna, co se týče citlivosti a selektivity spektroskopickými metodami. Nyní se polarografie a voltametrie používá zřídka pro svojí časovou zdlouhavost, avšak tvoří důležitý základ pro analytickou aplikaci pulsních technik. Metody elektrochemické rozpouštěcí [43].

3.3.2 Diferenční pulzní metoda

Nižší mez detekce 10^{-7} až 10^{-8} mol/l. Další snížení meze detekce umožňuje anodická rozpouštěcí stripping voltametrie, při ní se kovy elektrolyticky zkoncentrují na pracovní elektrodě a sleduje se jejich zpětné rozpouštění. Pracovní elektroda je rotující uhlíková nebo visící rtuťová kapka.

3.4 Další možné metody

3.4.1 Neutronová aktivační analýza

Přístrojově je nejnáročnější. Jde o citlivou metodu s mezí detekce 10^{-9} až 10^{-10} g. Stanovení není ovlivněno chemickou formou prvku. Upravený vzorek se ozáří tokem neutronů, ve vzorku se vytvoří radioaktivní izotopy. Obsah jednotlivých prvků se určí rozbohem radioaktivního záření, které vzorek vysílá a je pro příslušné izotopy charakteristický.

4 MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK

Smyslem sledování cizorodých látek, reziduí a kontaminantů je předcházet přímému ohrožení zdraví lidí. V posledních deseti letech setrvale sledujeme pokles výskytu nebezpečných látek v potravinách živočišného původu. Statní veterinární správa každý rok zpracovává výsledky pravidelného sledování reziduí a kontaminantů prováděného v souladu se směrnicí Rady 96/23/EC a 96/22/EC, rozhodnutím komise 97/747/EC a 98/179/EC, které jsou transponovány do vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro než by živočišné produkty mohly být škodlivé, ve znění pozdějších předpisů [44].

V posledním hodnoceném roce 2012 bylo celkové zastoupení nevyhovujících nálezů 0,15 %, což je méně než v předcházejícím roce. Nevyhovujících vzorků bylo v roce 2011 0,26 %. Tento pokles celkového počtu nevyhovujících vyšetření je způsoben převážně snížením počtu nadlimitních vzorků z důvodu vysoké koncentrace olova u lovné zvěře (důsledek kontaminace střelou) a reziduí nepovoleného léčiva (malachitové zeleně) u chovaných ryb.

Celkově lze hodnotit zdravotní nezávadnost surovin a potravin živočišného původu z pohledu obsahu reziduí a kontaminantů (cizorodých látek) za příznivou [44].

Výsledky vyšetření svaloviny hlavních druhů volně žijící zvěře napovídají tomu, že jde o zvěř lovenou střelnou zbraní se střelivem obsahujícím olovo. Nařízení Komise č.1881/2006 neudává maximální limit olova pro maso a orgány volně lovené zvěře. Z hlediska zabránění nadbytečné zátěže konzumenta zvěřiny olovem, posuzovaly orgány veterinární správy hodnoty olova nad doporučený limit Hlavním hygienikem 0,1 mg/kg jako vysoké, potenciálně ohrožující zdraví konzumenta při dlouhodobé konzumaci.

Hodnoty nad doporučeným limitem v letech 2009 - 2012 jsou zkompletovány v níže uvedené tabulce [44].

V minulých letech téměř polovina vyšetřených vzorků bažantů a divokých kačen měla buď nadlimitní obsah olova, nebo překračovala 50% hodnotu. Ke zlepšení dochází v důsledku zákazu používání olověných broků k usmrcování lovných vodních ptáků. Viz. Zákon o myslivosti č. 449/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, § 45, s účinností od 31.prosince 2010 [16].

Ve svalovině prasat divokých byly zjištěny nadlimitní koncentrace olova. Podstatné je, aby místo vstřelu bylo posuzováno jako „krvavý ořez“, jako místo s potenciálně nejvyšší kontaminací olovem ze střely a bylo odstraněno z opracovaného těla a konfiskováno.

Ve skupině ostatní spárkatá zvěř byly vyšetřeni jeleni evropští, jeleni sika, daňci a srnci.

NADLIMITNÍ NÁLEZY

Tab.č.3 Farmová zvěř spárkatá [44]

Datum odběru	katastr	původ	Množství (mg/kg)
olovo			
10.2.2011	Rozsochatec	Břevnice	7,57

Tab.č.4 Bažant-sval [44]

Datum odběru	katastr	původ	Množství (mg/kg)
olovo			
22.11.2012	Havlíčkův Brod	Ronov nad Sázavou	1,55
12.11.2012	Cheb	Žilina	1,51
8.11.2012	Klatovy	Obora Květov	1,49
7.11.2011	Ploužnice	Ploužnice	2,22
10.11.2011	Kuchařovice	Kuchařovice	2,30
9.2.2011	Petroviče u Sušice	Benešov u Prahy	5,84
2.2.2011	Petroviče u Sušice	Benešov u Prahy	0,33
16.11.2011	Tachovská Huť	Čáslav	14,6
16.11.2011	Tachovská Huť	Čáslav	0,32
16.11.2011	Tachovská Huť	Čáslav	3,04
26.11.2011	Bohuňovice	Bohuňovice	0,85
26.11.2011	Střelice u Litovle	Střelice u Litovle	2,85
23.2.2009	Petroviče u Sušice	Klatovy	9,61
6.11.2009	Tachovská Huť	Cheb	1,29

Tab.č.5 Kachna divoká-sval [44]

Datum odběru	katastr	původ	Množství (mg/kg)
olovo			
21.11.2012	Benešov	Městečko u Chotýša	0,50
8.11.2012	Příbram	Drhovy	2,95
10.9.2011	Křemže	Křemže	0,44
9.9.2011	Tachovská Huť	Bělčice	4,44
3.11.2011	Slezská Ostrava	Slezská Ostrava	0,19
21.11.2011	Kamenná u Jihlavy	Kamenná u Jihlavy	1,32
19.9.2011	Tachovská Huť	Vráž u Písku	1,35
19.9.2011	Tachovská Huť	Vráž u Písku	1,83
24.11.2010	Bor u Tachova	Tachov	1,71
24.11.2010	Bor u Tachova	Tachov	1,41
19.9.2009	Chelčice	Strakonice	9,89
2.10.2009	Rtišovice	Příbram	1,32
6.11.2009	Heřmanice	Ostrava-město	2,28
13.11.2009	Petroviče u Sušice	Klatovy	1,58
rtuť			
17.9.2010	Dolní Temenice	Šumperk	0,06
20.9.2010	Dolní Pertoltice	Liberec	0,07

Tab.č. 6 Černá zvěř-sval [44]

Datum odběru	katastr	původ	Množství (mg/kg)
olovo			
16.1.2012	Česká Lípa	Radvanec	330,00
27.3.2012	Jindřichův Hradec	Stará Hlína	12,70
18.10.2012	Žďár nad Sázavou	Hostomice pod Brdy	0,20
6.6.2012	Cheb	Chřebřany	0,26
25.1.2011	Velká Polom	Velká Polom	0,37
21.4.2011	Bzenec	Bzenec	0,40
7.11.2011	Křtiny	Křtiny	9,20
26.10.2011	Zubrnice	Zubrnice	4,44
13.10.2011	Horšovský Týn	Velké Předměstí	0,30
1.12.2011	Sezimovo Ústí	Sezimovo Ústí	22,20
22.7.2010	Sklené u Žďáru	Žďár nad Sázavou	3,66
6.9.2010	Zelená	Chomutov	4,67
9.9.2010	Broumy	Beroun	19,60
4.11.2010	Karlova Ves	Rakovník	14,70
11.2.2009	Horšovský Týn	Domažlice	4,06

Tab.č. 7 Ostatní spárkatá zvěř lovná [44]

Datum odběru	katastr	původ	Množství (mg/kg)
olovo			
5.9.2012	Rokycany	Krakov	0,14
6.9.2011	Chlum nad Berounekou	Radnice u Rokycan	0,25
10.11.2011	Orlík nad Vltavou	Orlík nad Vltavou	0,81
6.10.2011	Sklenov	Sklenov	54,80
20.10.2011	Židlochovice	Židlochovice	51,90
10.6.2011	Tachovská Huť	Tachovská Huť	0,39
10.6.2011	Tachovská Huť	Tachovská Huť	1,09
27.5.2009	Zákupy	Česká Lípa	514,00
8.9.2009	Petroviče u Sušice	Klatovy	48,00
24.11.2009	Vracov	Hodonín	1,96
rtuť			
8.9.2009	Petroviče u Sušice	Klatovy	0,06

ZÁVĚR

Cílem práce bylo popsat těžké kovy, které se vyskytují a následně charakterizovat metody stanovení těžkých kovů.

V bakalářské práci byly popsány těžké kovy, způsob jejich pronikání do organismu, ukládání v organismu a jejich negativní působení. V další části je popsána a rozdělena zvěřina, její získávání lovem, vliv lovu na obsah těžkých kovů, postavení zvěřiny ve výživě člověka a nutriční hodnoty zvěřiny.

Ve třetí části jsou pak popsány nejčastěji používané a praxí ověřené metody zjišťování obsahu těžkých kovů v potravinách. Tyto metody jsou atomová absorpční spektrometrie, atomová emisní spektrometrie, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.

V kapitole je popsána rovněž oblast jejich použití a porovnání v jakých případech je která metoda v praxi výhodnější. Poslední část práce vychází z dat o obsahu těžkých kovů ve zvěřině, která jsou dostupná v České republice. Tato data pocházejí ze SVS ČR. Sběr dat byl prováděn vyšetřením zvěře pocházející z různých lokalit České republiky v časovém období posledních čtyř let.

V problematice zastoupení a stanovení těžkých kovů v potravinách konkrétně v mase a zvěřině z předložené bakalářské práce vyplynuly další podněty, například zpracování diplomové práce, kde by mohla být provedena aplikace těchto metod v praxi, s ověřením jejich funkčnosti a spolehlivosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TICHÝ, M. *Toxikologie pro chemiky, Toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*, Univerzita Karlova v Praze, 2003. ISBN 80-246-0566-X
- [2] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin 1*. Vyd. 3. Tábor: OSSIS, 2009. 602s. ISBN 978-80-86659-15-2
- [3] HARTLOVÁ, H., FUČÍKOVÁ, A. a kol. *Fyziologie a hygiena výživy a alimentární onemocnění hospodářských zvířat*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 212s. ISBN 978-80-213-1885-4
- [4] ŠMERHOVSKÝ, Z. *Toxikology olovo a zdraví*. Státní zdravotní ústav Praha, ISBN 80-7071-065-9
- [5] LINHART, I. *Toxikologie. Interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky*. VŠCHT Praha, 2012. 376 s. ISBN 978-80-7080-806-1
- [6] BERÁNKOVÁ, P. *Genotoxic potential of foreign substances in ecosystems of surface waters*. University of South Bohemia in České Budějovice, 2011. ISBN 978-80-87437-17-9
- [7] SVOBODOVÁ, Z. *Kovy v ekosystémech povrchových vod*. Jihočeská univerzita, 1996. ISBN 80-85887-06-1
- [8] TAUBNER, Ch. *Maso a zvěřina*. 2010. ISBN 978-80-256-0420-5
- [9] ADÁMKOVÁ, V., ŠTORCHOVÁ, J. *Zvěřina pro zdraví*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2011. 26s. ISBN 978-80-7394-304-2
- [10] OPHOVEN, E. *Lovná zvěř*. Slovart, 2011. 167 s. ISBN 978-80-7391-466-0
- [11] ŠŤASTNÝ, K., ČERVENÝ, J. *Zvěř lovná i chráněná*. Aventinum, 2010. 316s. ISBN 978-80-7442-013-9
- [12] ŠILHA, J., KRÁLÍČEK, J. *Zvěř srstnatá*. Českomoravská myslivecká jednota ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství ČR. Vega, 2004. ISBN 80-903186-7-3

- [13] ŠILHA, J., KRÁLÍČEK, J. *Zvěř pernatá*. Českomoravská myslivecká jednota ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství ČR. Vega, 2004. ISBN 80-903186-8-1
- [14] FOREJTEK, VODŇANSKÝ, MALENA, VEČEREK, *Správné ošetření a zdravotní posouzení ulovené zvěře*. Příručka pro mysliveckou praxi. Učební text založený na vyhlášce EU č.853/2004 a veterinárním zákonu č. 166/1999 Sb., 2009, Institut ekologie zvěře VFU Brno, ISBN 978-80-7305-055-9
- [15] ČERVENÝ, J. *Encyklopedie myslivosti*. Vyd. 1. Ottovo nakladatelství Praha, 2004. 590s. ISBN 80-7181-901-8
- [16] *Zákony pro lidi*. [online]. [2014-01-14]. Dostupné na WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/>
- [17] RUDOHRADSKÁ, A., BOBIŠ, L. *Hydina a zverina vo výžive*. 1990. 360s. ISBN 80-05-00370-6
- [18] ŠLAISOVÁ, J., POHLOVÁ, K., TUČEK, P. *Výživa a potraviny*. 2010, č.3. s.58-59. 1211846X
- [19] VALENCAK, T., RUF, T. *Die Pirsch*. Výzkumný ústav pro zoologii zvěřiny a ekologii při Veterinární univerzitě ve Vídni, 2005.
- [20] PIPEK, P. *Technologie masa I*. Praha VŠCHT, 1995. 334s. ISBN 80-7080
- [21] STEINHAUSER, L. et al. *Produkce masa*. Tišnov, 2000. 464s. ISBN 80-900260-7-9
- [22] LEE, J.Y. a spol., *Differential modulation of Toll-like receptors by fatty acids: preferential inhibition by n-3 polyunsaturated fatty acids* Lipid Research. 2003. 44:479-486
- [23] SOUCI, W., FACHMANN, W., KRAUT, H. *Die Zusammensetzung der Lebensmittel*, Stuttgart, 2000.
- [24] KRAKOVSKÁ E., Kuss H.-M. *Rozklady v analytickej chémii*. Vienala Košice, Košice 2001.
- [25] KOMÁREK, J. *Atomová absorpční spektrometrie*. Vyd.1. Vydala Masarykova Univerzita v Brně, 2000. 85 s. ISBN 80-210-2500-X
- [26] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Vyd.2. Vydalo nakladatelství Pavel Klouda Ostrava, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2

- [27] ČERNOHORSKÝ, T., JANDERA, P. *Atomová spektroskopie*. Univerzita Pardubice, 1997. 218 s. ISBN 80-7194-114-x
- [28] EBDON, L., EVANS, E.H., FISHER, A., HILL, S. J. *Analytical atomic spectrometry*. John Wiley & Sons Ltd, 1998. ISBN: 0-471-97418-8
- [29] BROEKAERT, José A.C. *Analytical atomic spectrometry with flames and plasmas*. Wiley Verlag GmbH & Co, 2002. ISBN: 3-527-30146-1
- [30] NĚMCOVÁ, I., ČERMÁKOVÁ, L., RYCHLOVSKÁ, P. *Spektrometrické analytické metody I*. 2 vyd. Vydala Univerzita Karlova v Praze, 2004. 166 s. ISBN 80-246-0776-X
- [31] SIMON, M. NELMS, *ICP Mass Spectrometry Handbook*, Blackwell publishing Ltd, 2005. ISBN10: 1-4051-0916-5
- [32] THOMAS, R. *Practical guide to ICP-MS*. Marcel Dekker Inc, 2004. ISBN:0-8247-5319-4
- [33] GARAJ, J., BUSTIN, D., Hladký, Z. *Analytická Chémia*. ALFA, SNTL, Bratislava 1987.
- [34] NĚMCOVÁ, I. a kol., *Spektrometrické analytické metody II*. Vyd 1. Nakladatelství Univerzity Karlovy, ISBN 80-7184-586-8
- [35] DEAN, J. R. *Practical inductively coupled plasma spectroscopy*. John Wiley & Sons, Chichester 2005.
- [36] ARDREY, Robert E. *Liquid chromatography mass spectrometry*. An introduction, John Wiley & Sons Ltd, 2003. ISBN: 0-471-49799-1
- [37] YINON, J. *Advances in forensic applications of mass spectrometry*, CRC Press, 2004. ISBN 0-8493-1522-0
- [38] HOUSBY, Nicholas J. *Mass spectrometry and genomic analysis*. Kluwer academic publishers, 2002. ISBN 0-7923-7173-9
- [39] MONTAUDO, G., LATTIMER Robert P. *Mass spectrometry of polymers*. CRC Press, 200., ISBN: 0-8493-3127-7
- [40] HENDERSON, W., McINDOE J.Scott, *Mass spectrometry of inorganic, coordination and organometallic compounds*. John Wiley & Sons Ltd, 2005. ISBN 0-470-85015-9

- [41] NELMS, Simon M. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Handbook*. Blackwell Publishing, Oxford 2005.
- [42] MIHALJEVIČ, M., Strnad, L., Šebek, O. *Chem. Listy*. 98, 123-130 (2004).
- [43] *Kontaminace potravních řetězců*. [online]. [2014-03-21]. Dostupné na WWW: <http://eagri.cz/public/web/svs/portal/dokumenty-a-publikace/prehled-podle-temat/kontaminace-potravnich-retezcu/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LD ₅₀	smrtelná dávka <i>lethal dose</i> , při které zemře 50 ze 100 pokusných krys
T _{0,5}	poločas přeměny – doba, za kterou se přemění polovina celkového počtu
GIT	gastrointestinální trakt
m/z	poměr hmotnosti a náboje atomu
μs	mikrosekunda
AAS	atomová absorpční spektrometrie
ET-AAS	atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací
F-AAS	atomová absorpční spektrometrie s atomizací v plameni
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
SVS	státní veterinární správa

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Blokové schéma atomového absorpčního spektrometru.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 2. Pneumatické zmlžovače používané při plamenové atomizace v AAS.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3. Schéma pochodů při atomizaci.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4. Křemenné atomizátory pro hydridovou generaci v AAS.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5. Blokové schéma optického emisního spektrometru.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 6. Blokové schéma hmotnostního spektrometru.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 7. Schéma ICP-MS.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 8. Schéma ionizace analytu.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 9. Znárodnění ionizace analytu.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 10. Schéma interface ICP-MS.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 11. Srovnání detekčních limitů.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 12. Srovnání pracovních rozsahů.....</i>	<i>34</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab.č. 1 Podíl mastných kyselin v mase a zvěřině.....</i>	<i>20</i>
<i>Tab.č. 2 Nutriční hodnoty.....</i>	<i>21</i>
<i>Tab.č. 3 Farmová zvěř spárkatá.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab.č. 4 Bažant-sval.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab.č. 5 Kachna divoká-sval.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab.č. 6 Černá zvěř-sval.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab.č. 7 Ostatní spárkatá zvěř lovná.....</i>	<i>41</i>