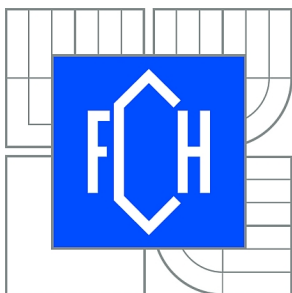




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## STANOVENÍ KOVŮ V OVOCNÝCH ŠŤÁVÁCH

DETERMINATION OF SELECTED METALS IN FRUIT SQUASHES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARCELA DROBILOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL DIVIŠ, Ph.D.

BRNO 2011



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

## Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	<b>FCH-DIP0564/2010</b>	Akademický rok: <b>2010/2011</b>
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	<b>Bc. Marcela Drobilová</b>	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (N2901)	
Studijní obor:	Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010)	
Vedoucí práce	<b>Ing. Pavel Diviš, Ph.D.</b>	
Konzultanti:		

### Název diplomové práce:

Stanovení kovů v ovocných šťávách

### Zadání diplomové práce:

- 1) Zpracování literární rešerže o výskytu vybraných kovů v přírodních šťávách a o možnostech stanovení kovů.
- 2) Analýza vybraných ovocných šťáv pomocí techniky ICP-MS.
- 3) Zpracování naměřených výsledků.
- 4) Diskuse naměřených výsledků a formulování závěru práce

### Termín odevzdání diplomové práce: 13.5.2011

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

-----  
Bc. Marcela Drobilová  
Student(ka)

-----  
Ing. Pavel Diviš, Ph.D.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 15.1.2011

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Teoretická část diplomové práce se zabývá technologií výroby ovocných šťáv a charakteristikou známých odrůd bezu. Dále jsou zde shrnuty dostupné informace o výskytu a vlastnostech minerálních látek v potravinách. V praktické části diplomové práce byly analyzovány šťávy ze 17 různých odrůd černého bezu a šťávy komerčně dostupné jako potravinové doplňky pomocí techniky ICP-MS a v těchto šťávách byly stanoveny koncentrace 15ti vybraných esenciálních a toxických prvků.

## **ABSTRACT**

The theoretical part of the thesis deals with the technology of fruit juices production and characteristics of the known varieties of elderberry. There are also summarized available information on the presence and properties of minerals in food. In the practical part of the thesis 17 different varieties of elderberry juice and commercially available juice sold as food supplements were analyzed using ICP-MS technique. The concentrations of 15 selected essential and toxic elements were determined in these juices.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Bez černý, bezová šťáva, minerální látky, ICP-MS

## **KEYWORDS**

Elderberry, elderberry juice, minerals, ICP-MS

DROBILOVÁ, M. *Stanovení kovů v ovocných šťávách*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Diviš, Ph.D..

#### PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová 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

*Poděkování: Na tomto místě chci poděkovat panu Ing. Pavlu Divišovi, Ph.D. a Ing. Jaromírovi Pořízkovi za jejich vstřícný a přátelský přístup a podnětné připomínky při realizaci méj diplomové práce.*

## OBSAH

OBSAH .....	5
1 ÚVOD .....	8
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1 Výroba ovocných šťáv .....	9
2.1.1 Přípravné operace .....	10
2.1.1.1 Mechanické drcení a řezání.....	10
2.1.1.2 Zahřívání .....	10
2.1.1.3 Enzymatické ošetření .....	10
2.1.2 Získávání šťáv lisováním .....	11
2.1.3 Čiření šťáv .....	11
2.1.4 Filtrování šťáv .....	11
2.1.5 Odvzdušňování a plnění .....	11
2.1.6 Konzervace šťáv – termosterilace .....	12
2.2 Charakteristika bezu černého .....	12
2.2.1 Bez černý.....	12
2.2.1.1 Využití černého bezu v potravinářství .....	14
2.2.2 Bez červený .....	14
2.2.3 Bezová houba .....	15
2.2.4 Bylinný bez chebdí.....	15
2.3 Látky obsažené v černém bezu.....	16
2.4 Minerální látky .....	17
2.4.1 Esenciální prvky.....	18
2.4.1.1 Sodík.....	18
2.4.1.2 Draslík .....	19
2.4.1.3 Hořčík.....	20
2.4.1.4 Vápník .....	21
2.4.1.5 Železo .....	22
2.4.1.6 Zinek.....	23
2.4.1.7 Měď .....	24
2.4.1.8 Mangan.....	25
2.4.1.9 Nikl.....	26

2.4.1.10 Kobalt .....	27
2.4.1.11 Chrom.....	27
2.4.1.12 Vanad .....	28
2.4.2 Toxické prvky .....	29
2.4.2.1 Olovo.....	29
2.4.2.2 Kadmium.....	30
2.4.2.3 Arsen .....	30
2.5 Metody měření kovů v ovocných šťávách .....	31
2.6 ICP-MS.....	31
2.6.1 Instrumentace ICP-MS .....	32
2.6.1.1 Zmlžování vzorků .....	33
2.6.1.2 Plazmová hlavice.....	34
2.6.1.3 Přechod iontů z plazmatu do hmotnostního detektoru .....	34
2.6.1.4 Iontový filtr (iontový analyzátor).....	35
2.6.1.5 Detektor iontů.....	36
2.6.2 Interference.....	36
2.6.2.1 Izobarický překryv .....	37
2.6.2.2 Tvorba polyatomických iontů .....	37
2.6.2.3 Tvorba oxidových a hydroxidových iontů .....	38
2.6.2.4 Tvorba dvojnásobně nabitých iontů .....	38
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	39
3.1 Pomůcky.....	39
3.2 Chemikálie .....	39
3.3 Vzorky.....	39
3.3.1 Vzorky bezových šťáv.....	39
3.3.2 Šťáva Holler Vulkan .....	39
3.4 Analýza.....	40
3.4.1 Příprava vzorků .....	40
3.4.2 Měření na ICP-MS .....	40
4 VÝSLEDKY A DISKUZE .....	42
4.1 Stanovení kovů v bezových šťávách.....	42
4.1.1. Koncentrace esenciálních kovů.....	42
4.1.1.1. Železo .....	42

4.1.1.2. Mangan.....	43
4.1.1.3. Měď.....	44
4.1.1.4. Zinek.....	45
4.1.1.5 Hořčík.....	46
4.1.1.6 Vanad.....	47
4.1.1.7 Chrom.....	48
4.1.1.8 Kobalt.....	49
4.1.1.9 Nikl.....	50
4.1.1.10 Vápník.....	51
4.1.1.11 Draslík.....	52
4.1.1.12 Sodík.....	53
4.1.2. Koncentrace toxických kovů.....	54
4.1.2.1 Arsen.....	54
4.1.2.2 Kadmium.....	55
4.1.2.3 Olovo.....	56
4.2 Analýza potravinového doplňku Holler Vulkan.....	57
5 ZÁVĚR.....	58
POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE.....	59
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	62
PŘÍLOHY.....	63

# 1 ÚVOD

Nejpohodlnější a nejrychlejší způsob, kterým se dá dosáhnout detoxikace organismu, je pití čerstvé syrové zeleninové a ovocné šťávy o koncentrátu těch látek, které nám dnes v „moderní“ stravě nejvíce chybějí. Mezi přednosti ovocných šťáv patří to, že neobsahují živočišné tuky ani cholesterol. Kombinace nejružnějších ovocných šťáv se s úspěchem používají na léčení některých chorob a jejich preventivní účinek je též nedocenitelný. Přes všechny své výhody však syrové ovocné šťávy nemohou nahradit komplexní přirozenou stravu, ale slouží spíše jako cenný doplněk přirozené stravy [1].

V dnešní době, kdy se pozornost konzumenta obrací na přírodní látky a k zdravému životnímu stylu, začíná být ovoce čím dál více využíváno na výrobu různých jednodruhových i vícedruhových šťáv. Tato práce se zabývá stanovením nutriční hodnoty šťáv z bezu černého z hlediska prvkového složení těchto šťáv. Šťáva z černého bezu se již hojně prodává v zahraničí, avšak u nás je její prodej teprve na samotném začátku.

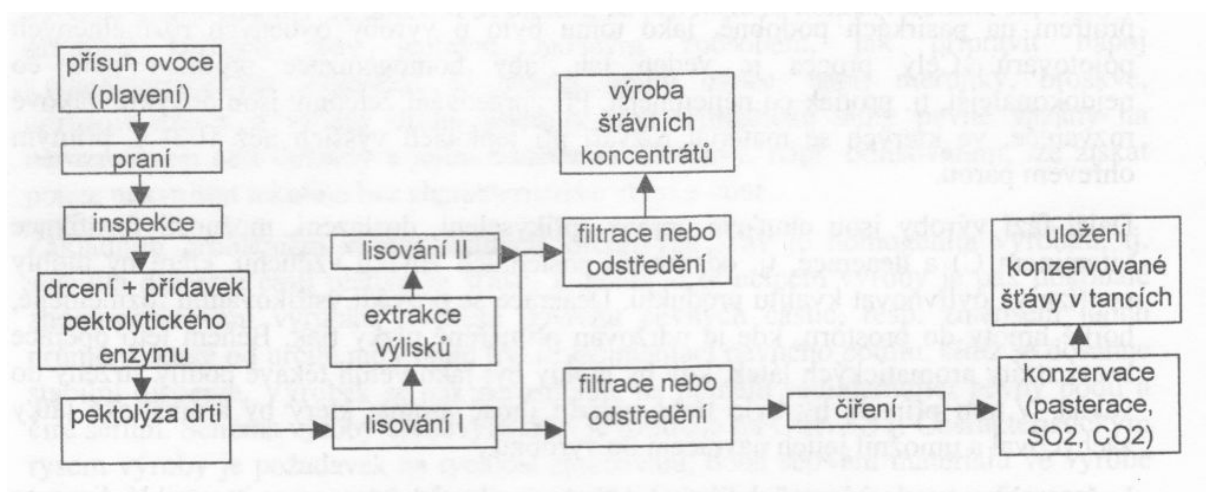
## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Výroba ovocných šťáv

Ovocné šťávy bez dužniny lze získat lisováním anebo extrakcí anebo využitím extrakce po odlisování šťávy opětovným lisováním. Množství získané šťávy závisí především na složení pletiva plodů, ale také i na technice předběžných operací.

Z rozdílných plodů se za stejných lisovacích podmínek získávají různá množství šťávy. Stupeň uvolňování šťávy je podmíněn fyziologickými a anatomickými vlastnostmi plodového pletiva. Základním faktorem, který určuje stupeň oddělení šťávy při lisování, je buněčná propustnost rostlinného pletiva. Protoplasma mrtvých buněk ztrácí schopnost zadržovat šťávu, která pak může lehce vycházet ven, přes hrubé vytvořené póry. Zánik buňky může být vyvolán mechanickým drcením, zahříváním, mrazením a působením dalších faktorů, jako je elektrický proud atd.

Oddělení šťávy z rostlinné suroviny závisí na viskozitě, elasticitě a dalších vlastnostech protoplazmy, které určují její schopnost klást odpor vnějším účinkům, během předběžného opracování a lisování. Čím víc je protoplasma poškozená, tím větší je odtok šťávy. Na malé ovoce, jako jsou švestky, marhule, černý rybíz má však mechanické působení malý účinek, a proto se musí použít metody, které zabezpečí rozrušení protoplazmy většiny buněk [2]. Na obrázku 1 je možné vidět schéma technologického postupu při výrobě šťáv.



Obrázek 1: Schéma technologického postupu výroby šťáv [3]

### **2.1.1 Přípravné operace**

Mezi přípravné operace patří příjem, uskladňování, praní, třídění a inspekce. Je možné mezi ně zařadit i všechny způsoby úpravy suroviny, které vedou ke zvýšení výtěžnosti šťávy. K nejdůležitějším a tradičním předběžným operacím patří drcení a řezání, zahřívání. Termická úprava (předváření, paření) a enzymatické působení na dřevinu. Ovšem jsou mezi ně řazeny i operace, které se ve větší míře nevyužívají, jedná se o mrazení, rozmrazování, působení ultrazvukem apod. [2].

#### **2.1.1.1 Mechanické drcení a řezání**

Způsob mechanického narušení suroviny závisí na způsobu dalšího zpracování a to buď lisováním anebo extrakcí. Téměř všechny druhy ovoce se před lisováním drtí, řezou atd. Výtěžnost zpracování závisí především na drcení a jeho správném provedení. V praxi jsou používány hlavně různé mlýnky působící rozdírání, nastrouhání ovocného pletiva tak, aby bylo zajištěno dobré otevření buněk [2,3].

#### **2.1.1.2 Zahřívání**

Metoda je založena na účinku zvýšené teploty na bílkoviny protoplazmy, které koagulují, přičemž se zvyšuje buněčná propustnost. Zahřívání stimuluje přechod barevných a aromatických látek z dužniny a slupky do šťávy. Při zahřívání dochází k inaktivaci enzymů.

Rychlost a stupeň koagulace protoplazmatických bílkovin závisí na teplotě zahřívání. Plody se zahřívají na 65–85 °C v horké vodě, parou anebo horkým vzduchem. Tento způsob získávání šťávy se nazývá extrakčně-lisovací. Výtěžek šťávy je 90–96 %, ovšem její jakost nebývá vysoká, v důsledku ředění vodou [2].

#### **2.1.1.3 Enzymatické ošetření**

Aby se zvýšila výtěžnost lisování, přivádí se do drtě před vstupem do lisu přídavek enzymových preparátů, jejichž hlavní složkou jsou pektolytické enzymy. Pektolýza má za úkol dokončit otevření maximálního počtu buněk v drti, při zachování jejího hrubého charakteru. U bobulového ovoce je dobré používat takové enzymové preparáty, které vedou až ke ztekucení drti [3].

### **2.1.2 Získávání šťáv lisováním**

Lisování patří mezi mechanické procesy, které se v potravinářském průmyslu značně používají. Základ spočívá v působení vnějšího tlaku vytvořeného lisem na zpracovávaný materiál. Pokud lisujeme potravinářský materiál, musíme brát v úvahu komplikovanou strukturu materiálu danou stavbou rostlinného pletiva [2,4].

Z lisů se v technologii ovoce v současné době používají horizontální hydraulické košové lisy nebo kontinuální sítopásové lisy. Mezi typy lisů, které se významněji nepoužívají, patří pneumatické lisy, šnekové lisy a lisovací (dekantační) odstředivky [3].

### **2.1.3 Čiření šťáv**

Šťáva je polydisperzní systém. Ovocné šťávy obsahují přírodní vysokomolekulární láky jako pektin, bílkoviny, některá barviva a látky tříslavinového charakteru, polysacharidy.

Aby došlo k odstranění částic pozorovatelných okem a získala se jiskrně čirá šťáva, je nutné odstranit kalové látky. Tato činnost se provádí tzv. čiřením [2,3]. Princip čiření spočívá v porušení koloidního systému, čímž dojde k rychlému usazování kalu.

Metody čiření ovocných šťáv se dělí na fyzikální (cedění, usazování, centrifugace), fermentativní, koloidně chemické a chemické. Některé metody čiření šťáv mají kombinovaný charakter [2].

### **2.1.4 Filtrování šťáv**

Šťáva se po čiření filtruje přes pórovitou přehrádku, která má zachytit usazeninu. Nejčastěji se jedná o filtrační papír, lisovaný azbest, sypké materiály (perlit, křemelina, bentonit). Tato přehrádka se podkládá kovovou sítkou nebo filtrační tkaninou [2,4]. Ovocné šťávy se filtrují při konstantním nevelkém tlaku, aby nedošlo k ucpávání filtru organickými částicemi, které se při zvýšeném tlaku lehce stlačují. Na filtraci jsou používány tlakové filtry, náplavové filtry a válcové vakuové filtry.

### **2.1.5 Odvzdušňování a plnění**

Vzduch, vnikající do šťávy během jejího zpracování, snižuje kvalitu produkce. Pro jeho odstranění se používá zahřívání nebo mechanická deaerace. Tepelné odvzdušnění připadá v úvahu tehdy, musí-li se šťáva ohřívát. Na tento způsob jsou používány kontinuální výměníky tepla.

Na plnění šťáv jsou používány automatické plničky. Tyto plničky mohou být konstruované jako objemové nebo s nastavitelnou výškou hladiny v obale, záleží na charakteru produktu [2].

### **2.1.6 Konzervace šťáv – termosterilace**

Proces tepelného konzervování začíná zahřáním produktu na určitou teplotu, následuje určitá výdrž a ochlazení na teplotu uskladnění. Sterilační režim se řídí charakterem výrobku s pravděpodobným výskytem mikroorganismů [2].

Pro termosterilaci potravinářských produktů je k dispozici celá řada zařízení. Pro sterilaci potravin mimo obal jsou k dispozici průtočné sterilátory, zejména v deskovém nebo trubkovém uspořádání s přímým, nepřímým nebo s odporovým ohřevem. U průtočných sterilátorů je vzhledem k uzavřenému sterilačnímu prostoru konstrukce identická jak pro sterilaci kyselých tak i nekyselých potravin. Při sterilaci v obalech je potřeba zajistit tlakový prostor pro dosažení sterilačních teplot pro nekyselé potraviny. Zařízení používané pro tyto účely jsou autoklávy pro diskontinuální i kontinuální tlakovou sterilaci [4].

## **2.2 Charakteristika bezu černého**

### **2.2.1 Bez černý**

Bez černý, latinsky *Sambucus nigra*, je rozložitý keř nebo malý strom, který dosahuje vzrůstu až 10 m. Mladá kůra je zelenavě šedá a hladká, ve vyšším věku se mění v šedo-hnědou a často podélně rozpukává. Dřeň je bílá až nažloutlá. Slabě specificky zapáchající listy jsou lichozpeřené s 2–3 jařmy. Lístky jsou téměř přisedlé, kopinaté až vejčitě kopinaté. Dorůstají délky 4–8 cm, jsou nestejněměrně pilovitě zubaté a poslední list je největší. Květenstvím je plochý vrcholík, který má 10–25 cm v průměru. Kalich je pravidelný, pěticípý, trubkovitý, kališní cípy jsou trojúhelníkovitě vejčité. Koruna je pětičetná, kolovitá, může mít až 8 mm v průměru. Korunní cípy jsou tupé, bílé až nažloutlé [5,6,7]. Plody jsou červeno-fialové peckovice, obsahující 2–3 pečičky a velké množství inkoustově barvící šťávy. Jsou zralé, když mají modročernou barvu. Sklizeň probíhá od září do října. Bez se rozmnožuje kořenovými výmladky a pomocí semen, které roznášejí ptáci [8].

Bez černý roste v pustých místech, hájích, křovinách, neošetřovaných plotech, na lukách a remízích.[9] Je hojně rozšířen po celé Evropě, ale lze ho najít i v Asii nebo severní Americe. Vyhýbá se vápenatým půdám a upřednostňuje půdy dusíkaté, vlhké a bohaté na humus. Pokud je silně zastíněn, pak nekvete [8,10].

### **Listy černého bezu**

Listy bezu černého jsou sbírány od dubna do října a jsou používány zejména zevně, na tzv. suché zábaly. Při revmatických bolestech jsou do nich baleny klouby. Ve formě čaje pročišťují pokožku a odstraňují nepříjemný tělesný pach [11].

### **Květy bezu černého**

Sbírají se ručně celá květenství s krátkou stopkou do 1 cm těsně před rozkvetem. Sušeny jsou buď ve stínu (zavěšené nebo na lískách) anebo v sušárně [12,13]. Květy jsou nejlepší k vyvolání pocení a mají notný močopudný účinek. Nálev z květů se používá při nachlazení, úporném kašli a angíně a má také významný protikřečový účinek při nemocech střev a močového měchýře [11,12].



**Obrázek 2:** *Květy bezu černého [14]*

### **Plody bezu černého**

Bezinky jsou sbírány v plné zralosti, kdy mají modro-červené vybarvení. Sběr probíhá od září do října. Zelené nezralé plody obsahují sambunigrin, což je jedovatá látka, která se ničí během tepelného ošetření [8].

Čerstvé plody mají projímavý účinek, naproti tomu sušené plody bezu černého staví. Příznivě působí na celou nervovou soustavu, při bolestech trojklaného nervu, páteře, migrénách a bolestech kloubů. Mírně snižují tlak [11].



**Obrázek 3:** *Plody černého bezu [15]*

#### **2.2.1.1 Využití černého bezu v potravinářství**

V dnešní době, kdy se pozornost konzumenta obrací na přírodní látky a k zdravému životnímu stylu, stále roste zájem o začlenění bezu černého do potravinářského průmyslu. Z černého bezu lze připravit sirup, povidla, likér, limonádu, bezinkový kompot, nálev k omývání problematické pleti, bezinkové víno a řadu dalších produktů.

#### **2.2.2 Bez červený**

Nebo-li bez hroznovitý, latinsky *Sambucus racemosa* je rozšířen po celé Evropě a Asii. Je možné ho nalézt v horských oblastech v lesních světlínách, pasekách a řídkých porostech [6]. Bezu černému je velmi podobný, avšak liší se zelenavě až žlutými květy ve vejčitých vrcholičnatých latách, hnědou dřevní větví a červeným zbarvením peckoviček.

Keř sám je od poloviny července nápadný svými červenými plody. Zpracované plody bezu červeného chutnají hořce až kyselé a jsou vhodné k přípravě marmelád nebo rosolů. Sirup je velmi chutný, když se smíchá například s hruškovým sirupem [8].



**Obrázek 4:** *Bez červený* [16]

### 2.2.3 Bezová houba

Bezová houba roste na starých kmenech černého bezu. Latinsky se jí říká *Exidia auricula judae*. Jelikož má tvar ucha, začalo se jí lidově říkat židovské ucho. Z houby se během celého vegetačního období vytváří a hromadí dužnina plodů. V lidovém léčitelství je tato houba vynikajícím prostředkem při bolestech a zánětech očí [8].



**Obrázek 5:** Bezová houba [17]

### 2.2.4 Bylinný bez chebdí

Bez chebdí, *Sambucus ebulus*, se nesmí zaměňovat s bezem černým. I když jeho listy a květy mají stejné vlastnosti, jako bez černý, jeho plody jsou jedovaté. Mohou vyvolat

průjem nebo zvracení. V lidovém léčitelství se používají zejména bělavé kořeny a květy této rostliny [8,19].

Bez chebdí se od bezu černého liší jednak tím, že má stonek jako byliny, bez černý má stonek dřevěný jako keř. Bez černý má lichospeřené listy s 3 až 7 lístky naopak bez chebdí jich má 11 a více. Plody bezu chebdí jsou, na rozdíl od bezu černého, větší, tvrdší a jsou vztyčeny vzhůru, ale bezu černému visí dolů [19].



**Obrázek 6:** *Bez chebdí* [18]

### 2.3 Látky obsažené v černém bezu

Mezi látky, obsažené v listech, patří fenolkarboxylové kyseliny, třísloviny, triterpeny a sliz [12]. Květy obsahují glykosidy, silici, třísloviny, flavonoidy, organické kyseliny, cukry, minerální látky [11].

V plodech bezu černého lze nalézt sacharidy (nejvíce glukózu a fruktózu), organické kyseliny (zejména kyselinu citronovou a jablečnou, ale jsou přítomny i kyseliny šikimová a fumarová) [20]. V plodech se dále nachází antokyany, silice, flavonoidy, třísloviny, kyanogenní glykosidy, vitamin C, vitaminy skupiny B ( $B_1$ ,  $B_2$  a  $B_3$ ) a různé minerální látky [13].

## 2.4 Minerální látky

Chemické složení potravin je možné sledovat buď jako látkové složení, tj. zastoupení jednotlivých sloučenin nebo jako elementární složení, tj. obsah jednotlivých prvků. Pokud by byla vynechána voda, pak převážnou část hmoty potravin tvoří organické látky. Hlavními konstitučními prvky organických látek jsou uhlík, vodík, dusík, fosfor a síra. Tyto prvky jsou nazývány organogenní prvky. Další prvky obsažené v potravinách jsou označovány jako minerální látky. Prvky fosfor a síra patří do obou skupin [21].

Minerální látky lze klasifikovat podle různých kritérií, např. s ohledem na jejich množství, biologický a nutriční význam, účinky ve stravě a původ. Podle množství jsou minerální látky děleny na majoritní (makroelementy), minoritní a na látky stopové (mikroelementy). Toto rozdělení odpovídá i zastoupení těchto prvků v lidském organismu. Podle fyziologického významu lze minerální látky v potravinách rozdělit do tří skupin a to na esenciální prvky, mezi které se řadí všechny majoritní prvky (Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S) a řada prvků stopových (Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Se, I, F, B, Si), toxické prvky, mezi nejdůležitější toxické prvky v potravinách patří Pb, Cd, Hg, As a v neposlední řadě prvky neesenciální, u nichž není dosud známa biologická funkce a nejsou ani výrazně toxické (Li, Rb, Cs, Ti, Au, Sn, Bi, Te, Br). Tato rozdělení by měla být brána jen jako orientační, jelikož závisí na daném biologickém druhu, pro který je daný prvek esenciální. Stejně tak i toxický účinek a jeho míra je pro jednotlivé organismy rozdílná. S ohledem na tuto skutečnost, je dobré zmínit, že i esenciální prvky (jako např. Se, Ni) mohou být svým způsobem toxické a to v případě vyšších koncentrací [21].

Většina výše uvedených prvků, je přirozenou složkou potravin. Vyskytují se v nich v určitém množství, které je pro danou potravinu charakteristické. Je to důsledek koloběhu prvků v přírodě a jejich přirozené distribuce v různých částech biosféry. Za přirozeně se vyskytující prvky je možné povšechně označit prvky esenciální a některé prvky neesenciální.

Obsah minerálních látek se mezi jednotlivými potravinami velmi liší, stejně tak i uvnitř určité komodity může být jejich obsah velmi variabilní, což je dáno odlišnostmi metabolismu prvků u různých organismů, genetickými faktory a zejména podmínkami produkce potravinářských surovin. Rostlinná pletiva a živočišné tkáně totiž obsahují proměnlivá množství minerálních látek. U rostlin je obsah minerálních látek závislý na obsahu prvků v půdě, na vlastnostech půdy, způsobu a míře hnojení, na klimatických podmínkách, na stupni zralosti půdy atd. U živočišných materiálů je rozhodující výživa, stáří a zdravotní stav zvířete. Přítomnost určitého prvku v potravine, ve větším množství, může být

také někdy způsobena znečištěním během technologického zpracování nebo znečištěním ve fázi zemědělské produkce. Tyto prvky bývají označovány za kontaminanty. Za kontaminanty se obvykle považují toxické prvky (např. Pb, Hg, Cd, As, Ti, Sb), ale také esenciální prvky (Fe, Cu, Ni), je-li jejich obsah v potravinách podstatně vyšší než charakteristické hladiny [21].

#### **2.4.1 Esenciální prvky**

Esenciální prvky musí organismus přijímat v potravě v určitém množství, aby byly zajištěny důležité biologické funkce (např. stavba biologických struktur, katalytické funkce, regulační funkce, ochranné funkce atd.). Pro organismus jsou tyto prvky nezbytné. Při nedostatečném příjmu některých esenciálních prvků potravou lze určité potraviny těmito prvky obohacovat.[21]

Aby mohl být daný prvek zařazen mezi esenciální prvky pro větší skupinu živočichů, musí splňovat následující podmínky:

- koncentrace prvku ve stejných tkáních těl různých biologických druhů jsou podobné
- prvek je přítomen ve všech zdravých tkáních
- vyloučení prvku z diety vede opakovaně k fyziologickým abnormalitám
- opětovným přidáním prvku do deficitní diety se fyziologický stav vrací k normálu
- úplná a dlouhodobá eliminace prvku z diety má za následek smrt organismu

Prvky, které všechny tyto podmínky nesplňují, ale je prokázáno, že jejich přítomnost má pozitivní účinky v nutričně vyvážené dietě se označují jako funkčně prospěšné (nejsou esenciální).

##### **2.4.1.1 Sodík**

Obsah sodíku se v lidském těle pohybuje v rozmezí 70–100 g. Převážně se vyskytuje v extracelulárním prostoru buněk. Jeho resorpce v trávicím traktu je rychlá a její účinnost při obvyklém složení stravy je až 90 %. Z těla je vylučován převážně močí, ovšem značné množství sodíku je vylučováno i potem [21,22,23].

V potravinách se sodík vyskytuje ve formě volných iontů. Jeho přirozený obsah v potravinách je velmi proměnlivý. Avšak solením potravin, je možné jeho obsah zvýšit až o několik řádů. Přibližně 75 % sodíku, který přijímáme potravou, pochází právě z chloridu sodného, popřípadě také z hydrogen-glutamátu sodného, který je přidáván do potravin během výroby nebo při jejich kuchyňském zpracování. Skutečné dávky sodíku, které jsou přijímány

potravinou, jsou kolikrát mnohem vyšší, než doporučené denní dávky. Denní dávka sodíku by neměla být vyšší než 2,4 g za den s výjimkou těžce pracujících osob [21].

Hlavní funkcí sodíku v organismu, společně s draslíkem, je udržovat s chloridem jako protiiontem osmotický tlak tekutin uvnitř a vně buněk a acidobazickou rovnováhu. Mimo jiného jsou tyto dva prvky potřebné pro aktivaci některých enzymů. Sodík aktivuje  $\alpha$ -amylasu a draslík glykolytické enzymy a enzymy dýchacího řetězce [21]. V neposlední řadě je považován i za přínosný prvek pro rostliny. Není vyžadován všemi rostlinami, ale může podporovat jejich růst [24].

U nadměrného pocení, vyvolaného intenzivní tělesnou námahou, těžkou fyzickou prací v horkém prostředí, dále u sportovců podávající značné výkony a především v letních měsících, může vést ke ztrátě sodíku až 8 g za den. Pokud není sodík v těchto případech dodáván v potravě ve zvýšeném množství, může se deficit projevit ve formě svalových křečí, bolesti hlavy nebo průjmu. Zvýšené ztráty sodíku mohou být také způsobeny špatnou funkcí ledvin. Naopak přebytek sodíku v organismu vede k těžkým poruchám. Jeho dlouhodobý enormní příjem může mít za následek hypertenzi [21,22,23].

Nejznámějším zdrojem sodíku je kuchyňská sůl, dále pak prášek do pečiva, solené maso, uzené ryby, maso a zelenina v konzervách, rybí výrobky (např. slaneček), nakládané výrobky (např. kysané zelí, solené okurky), různé omáčky a masné pokrmy [25,26].

#### **2.4.1.2 Draslík**

Celkový obsah draslíku v lidském těle se pohybuje v rozmezí asi 140-180 g a je závislý na věku, hmotnosti a pohlaví. Draslík je nejvíce lokalizován ve svalech, játrech a dalších orgánech. Na rozdíl od sodíku, který se vyskytuje převážně v extracelulárním prostoru, draslík se vyskytuje hlavně uvnitř buněk.

Resorpce draslíku v trávicím traktu je rychlá a její účinnost při obvyklém složení stravy dosahuje až 90 %. V těle je zásoba draslíku udržována ve svalech a játrech. Při nadbytečném přívodu draslíku do těla je vytvořena rovnováha mezi příjmem a výdejem do moči [21,22]. Ke ztrátám draslíku dochází při stresu, konzumaci alkoholu, cukru, sladkostí a kávy. Užíváním hořčičku dochází také ke snižování hladiny draslíku v krvi [25].

Jak již bylo zmíněno, společně se sodíkem je jeho hlavní úlohou v organismu udržovat s chloridem, jako protiiontem osmotický tlak tekutin vně a uvnitř buněk a acidobazickou rovnováhu. Draslík je potřebný pro aktivaci enzymů dýchacího řetězce a pro aktivaci glykolytických enzymů. Výrazně ovlivňuje svalovou aktivitu a to zejména aktivitu srdečního

svalu. Účastní se funkce ledvin, dýchacího systému, endokrinního a nervového systému [21,22].

Nedostatek draslíku se projevuje nechutenstvím, zvracením, ochrnutím, edémy, dostavuje se nespavost a zácpa. Největší škody způsobené nedostatkem draslíku, se projevují na srdci. Jedná se zejména o srdeční mrtvice, které jsou projevem nízké hladiny draslíku v organismu [25].

Zdrojem draslíku jsou rajčata, špenát, pastinák ředkvičky, řeřicha, citrusové plody, luštěniny [23,27].

### **2.4.1.3 Hořčík**

V těle dospělého člověka se obsah hořčíku pohybuje v rozmezí 25–40 g. Z toho množství je cca 60 % obsaženo v kostech. Hořčík se také nachází i v měkkých tkáních, kde je jeho nejvyšší koncentrace v játrech, pankreatu a kosterním svalstvu. Naopak nejméně je ho v krvi a extracelulárních tekutinách [21].

Hlavním místem, kde se hořčík vstřebává, je tenké střevo. V tlustém střevě dochází také k jeho vstřebávání, avšak jen v malé míře. S příjmem hořčíku stoupá i jeho vstřebávání, přičemž vstřebávání není závislé na pohlaví ani na stáří. Z lidského organismu je hořčík vylučován zejména močí. Další možností ztráty hořčíku je přes kůži v závislosti na vnější teplotě, fyzické zátěži i velikosti povrchu těla. Doporučené denní dávky hořčíku jsou pro dospělé muže 350 mg a dospělé ženy 300 mg, během těhotenství by měla být dávka zvýšena na 450 mg hořčíku za den [21,22,26].

Hořčík je věrným spolupracovníkem vápníku a je nezbytný pro všechny metabolické děje, při kterých se tvoří nebo hydrolyzuje ATP. Účastní se stabilizace makromolekul DNA a je nutný pro aktivaci některých enzymů (např. fosfotransferas a fosfatas). V této funkci mohou být někdy hořečnaté ionty nahrazeny manganatými ionty. S ohledem na vazbu hořčíku v chlorofylu je tento kov esenciální pro fotosyntetizující organismy. Hořčík společně s vápníkem ovlivňuje permeabilitu biologických membrán a dráždivost buněk. Koncentrace hořečnatých iontů v extracelulárních tekutinách má vliv na funkci nervových buněk [21].

Deficit hořčíku je způsoben jeho nedostatečným obsahem v přijímaných potravinách, jeho zvýšenou spotřebou, popřípadě zvýšenými ztrátami do moči a stolice. Projevuje se svalovou slabostí, závratěmi, psychickými depresemi a křečemi zejména dolních končetin. Nedostatek hořčíku se vyskytuje u alkoholiků a lidí nemocných jaterní cirhózou. Proto je také důležité u těchto osob zvýšit příjem hořčíku, jinak hrozí nebezpečí srdeční mrtvice.

Nedostatek postihuje nemocné trpící srdečními a cévními chorobami a v průmyslově rozvinutých zemích je velmi rozšířen [21,22,25].

Naopak k nadbytku hořčíku za normálních okolností nedochází. Nadbytek byl zaznamenán např. u osob s výrazným onemocněním ledvinných funkcí a nutností léčby umělou ledvinou. U jedince s normální funkcí ledvin k přetížení hořčíkem pitím i minerálních vod bohatých na hořčík nemůže dojít [22].

Hlavním zdrojem hořčíku je zelenina, ovoce, obilniny a výrobky z obilí, zejména obilné otruby. Mezi další zdroje hořčíku patří kešu ořechy, pivovarské kvasinky, pšeničné klíčky, mandle, arašídý [22,26].

#### **2.4.1.4 Vápník**

Vápník je z kvantitativního hlediska, hlavní minerální složkou v lidském těle a jeho obsah činí až 1500 g, přičemž tohoto množství je 99 % obsaženo v kostech a zubech jako fosforečnan vápenatý. Jeho resorpce probíhá v tenkém střevě, společně s hořčíkem [21,27].

Doporučená denní dávka vápníku u dětí do 1 roku věku se pohybuje v rozmezí 400–500 mg. U starších dětí a adolescentů je doporučená denní dávka 800-1200 mg, u dospělých jedinců 800 mg a 1200 mg během těhotenství a kojení [21,25].

Jak již bylo předesláno, stejně jako hořčík, má vápník řadu důležitých biologických funkcí. Je nepostradatelný pro srážlivost krve, má důležitý vliv na stažlivost svalů, hlídá pravidelnou činnost srdce, působí proti osteoporóze a napomáhá správné funkci nervového systému. Také pomáhá při léčení chronického únavového syndromu a v neposlední řadě je využíván jako první pomoc při alergických záchvatech [21,25].

Nedostatkem vápníku trpí zejména vegetariáni. Je to způsobeno hlavně tím, že vápník se z rostlinné stravy vstřebává hůř než ze živočišné. Jeho nedostatek způsobuje sporadické nebo pravidelné křeče svalů, škrábání víček a ústních koutků. Deficit je také příčinou lámavosti nehtů, zvýšeného krevního tlaku a zvýšeného vypadávání vlasů. Mezi nejznámější onemocnění, spojené s deficitem vápníku, patří osteoporóza, tzv. prořidnutí kostní tkáně [26]. U dětí v důsledku nedostatku vápníku a vitamínu D dochází k poruchám růstu. Poruchy v zásobování vápníkem mohou být způsobeny poškozením štítné žlázy, silným alkoholismem nebo i velkým stresem [26].

K nejvýznamnějším zdrojům patří sýry, mléko a mléčné výrobky, sója, vaječný žloutek, jogurt [21,25,26,27].

### 2.4.1.5 Železo

Množství železa v lidském těle závisí na věku, pohlaví, hmotnosti a stavu výživy. Většinu funkčního železa je možné najít v hemoglobinu a myoglobinu a část je ho i v různých enzimech obsahujících železo. Zbytek železa je tzv. nefunkční železo, které je uloženo v játrech, slezině a kostní dřeni [21,22].

Enzymy, které obsahují železo, lze rozdělit do dvou skupin na *hemové enzymy* (cytochromy, oxygenasy a peroxidasy) a na *nehemové enzymy* (sukcinátdehydrogenasa, jaterní xanthinoxidasa, NADH-cytochrom-*c*-reduktasa a akonitasa).

Z běžné diety se v trávicím traktu vstřebává 5–15 % přítomného železa a platí, že vstřebávání dvojmocného železa probíhá snadněji, než resorpce trojmocného. Vstřebávání ovlivňuje žaludeční acidita, přítomnost vitamínu C, přítomnost kyseliny citronové, mléčné a přítomnost některých aminokyselin jako je kyselina glutamová a asparagová. Tyto kyseliny usnadňují vstřebávání železa tím, že převádějí železo z trojmocného stavu na dvojmocné [21,22].

**Tabulka 1:** Důležité sloučeniny železa nacházející se v lidském těle [21]

Sloučenina	Množství (g)	Obsah Fe (g)	% celkového množství Fe
Hemoglobin	900	3,0	60-70
Myoglobin	40	0,13	3-5
Ferritin	2-4	0,4-0,8	7-15
Transferin	10	0,004	0,1
Katalasa	5	0,004	0,1
Cytochrom <i>c</i>	0,8	0,004	0,1

Funkce železa v organismu souvisejí s tím, v jakých sloučeninách je obsaženo. V tabulce 1 jsou uvedeny sloučeniny důležité pro lidský organismus. Železo se převážně účastní transportu kyslíku krevním řečištěm, skladováním kyslíku ve svalové tkáni a podílí se také na katalýze oxidačně-redukčních reakcí (železo v hemových a flavinových enzimech).

Hlavní hemové proteiny se schopností vazby kyslíku jsou hemoglobin (barvivo červených krvinek) a myoglobin (červené barvivo svalové tkáně). Oxymyoglobin slouží jako tkáňová zásobárna kyslíku a v krevní plasmě se nachází nehemový glykometaloprotein

transferin, sloužící jako transportní forma železa. Zásobními formami železa jsou ferritin a hemosiderin (což je amorfni sloučenina, která obsahuje až 35 % železa ve formě hydroxidu železitého). Bílkovinná složka apoferritin tvoří obal jádra, které obsahuje hydratovaný hydroxid železitý.

Mezi biologicky významné sloučeniny železa patří proteiny s železem a sírou. U této skupiny rozlišujeme rubredoxiny a ferredoxiny. Jedná se o látky působící jako přenašeče elektronů reverzibilní změnou mocenství železa. Tyto proteiny se nachází u mnoha organismů, řas, hub, vyšších rostlin a také u živočichů.

Deficit železa se projevuje mikrocytární hypochromní anémií, bledostí, únavou, malou výkonností a mentálními poruchami. Deficit může být také pozorován častými infekcemi a snížené rezistence proti nim [22]. Pokud jde o předávkování, pak u zdravých dospělých jedinců není možné, jelikož si tělo samo zablokuje jeho nadbytečný příjem. Ovšem u vrozených poruch ukládání železa, případně při nadbytečné konzumaci alkoholu, může dojít ke zvýšenému ukládání železa ve slezině, játrech, žaludeční a střevní sliznici a v kostní dřeni. Výsledkem je pak hnědnutí kůže, poškozená játra a dochází i k narušení srdeční funkce a funkce slinivky břišní. Příjem železa je důležité sledovat u dětí, kde by případný nadbytek mohl působit až smrtelně [26].

Železo se hojně vyskytuje v mase, zvěřině, luštěninách a celozrnných a sójových výrobcích, sardinkách v oleji a v sušených meruňkách [26,27,28].

#### **2.4.1.6 Zinek**

U dospělého člověka se v těle nachází 1,4–3 g zinku. Zhruba polovina celkového množství je obsažena ve svalové hmotě a přibližně třetina v kostech. Vysoké koncentrace zinku jsou zastoupeny i ve vlasech, nehtech, očních tkáních, kůži, játrech, ledvinách, slezině a mužských pohlavních orgánech. Zinek je obsažen i v krvi, přičemž asi 75–88 % celkového množství ( $6\text{--}7\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) zinku připadá na erytrocyty, 12–22 % na krevní plasmu a zbytek spadá na leukocyty a krevní destičky. Většina zinku v krevní plasmě je vázána na sérový albumin, menší část na  $\alpha_2$ -makroglobulin. V červených krvinkách je zinek obsažen zejména v enzymu karbonátanhydrase.

Resorpce zinku v trávicím traktu probíhá především v duodenu, ale i v dalších částech tenkého střeva. Její účinnost je za normálních podmínek asi 30 % a je regulována. Resorpce je vyšší u jedinců s nižší tělesnou hmotností, v případě nižší saturace organismu zinkem a za vyššího obsahu bílkovin a aminokyselin. Naopak při perorálním podávání vysokých dávek zinku se působením kyseliny fytové a vlákniny účinnost resorpce snižuje. Strava s nízkým

obsahem vlákniny a fytové kyseliny dává předpoklad dobré biologické využitelnosti zinku. Zinek je z organismu vylučován stolicí. Jde jednak o zinek, který nebyl z potravy vstřebán, a jednak zinek vyloučený do střevního obsahu ve vylučované žluči a pankreatické šťávě [21].

Zinek má vliv na imunitní systém a podílí se na katalýze reakcí v mnoha metabolických drahách. Je potřebný pro tvorbu a působení pankreatického peptidového hormonu insulinu, se kterým tvoří komplexy [21,28]. Nachází se v těle všech organismů. Je známo více než 200 metaloenzymů, které ho obsahují. Jeho přítomnost v molekulách některých metaloenzymů je nezbytná pro jejich katalytickou funkci. U dalších metaloproteinů se vazba zinku podílí na fixaci prostorové struktury makromolekuly. Stejně jako u bílkovinných transkripčních modulátorů se specifickou vazbou u k určitým úsekům DNA.

Mezi savčí enzymy, obsahující zinek patří například alkoholdehydrogenasa, laktátdehydrogenasa, superoxiddismutasa, karboxypeptidasy A a B, dipeptidasa nebo karbonátanhydrasa.

Deficit zinku se projevuje zánětem kůže kolem úst, konečníku a zejména záněty kůže rukou a nohou [22]. Dalším možným projevem je průjem, poruchy čichu a chuťových vjemů, padání vlasů a poruchy růstu [26]. Nedostatek zinku také způsobuje problémy s akné a ekzémy. Proto je také dobré používat doplňky se zinkem, ovšem dlouhodobé a pravidelné užívání zinku může narušit vstřebávání železa a mědi a vyvolat tím jejich nedostatek [27]. Stejně jako nedostatkem, tak i nadbytkem zinku lidský organismus trpí. Akutní otravy zinku se projevují zažívacími obtížemi a chronický nadbytek může vyvolat problémy s koordinací svalů, selhání ledvin nebo anémii [26].

Hojný výskyt zinku je zaznamenán v rybách, korýších, mléku a mléčných výrobcích [28]. Vyšší obsah zinku je i v žitných klíčkových vločkách, pšeničných otrubách, máku a dýňových semenech [26,27].

#### **2.4.1.7 Měď**

Tělo dospělého člověka obsahuje 100–180 g mědi. Je možné nalézt v krvi, játrech, ledvinách, svalstvu, v mozku a plicích. V krvi je více než 90 % mědi obsaženo v plazmě. V jaterních buňkách je většina mědi vázána v molekulách enzymu superoxiddismutasy [21,22,25].

Měď je vstřebávána především v duodenální části trávicího ústrojí člověka a je závislá na aktuální saturaci organismu. Stupeň resorpce se pohybuje v rozmezí 25–70 %. Samotné vstřebávání se uskutečňuje dvěma mechanismy a to aktivním transportem a prostou difuzí.

Aktivní transport převažuje při akutním nedostatku mědi. Z organismu je měď vylučována zejména stolicí, ovšem velká část mědi se vylučuje také žlučí [21,22].

Měď je esenciálním stopovým prvkem jak pro člověka, tak i pro ostatní živočichy. Měďnaté ionty jsou součástí aktivních center řady enzymů. Jedná se zejména o cytochrom-*c*-oxidase, superoxid-dismutasu, různé aminoxidas, hydrolasy, galaktosa-oxidasa nebo různé fenoloxidas.

Měď se uplatňuje v metabolismu železa a je nezbytná pro biosyntézu některých fyziologicky významných sloučenin, jako je ceruloplasmin. Ceruloplasmin je hlavní sloučeninou mědi v plasmě, jeho funkcí je katalyzovat oxidaci vstřebaných iontů  $Fe^{2+}$  v krevní plasmě na  $Fe^{3+}$ , a tím umožňuje fixaci železa v molekule transferinu [21].

Měď podporuje růst a vývoj kostí, nervové soustavy, mozku a také se podílí na tvorbě červených krvinek. Je účinná při poruchách srdečního rytmu a jak již bylo uvedeno výše, chrání tkáň před jejich poškozením volnými radikály [25].

Nedostatek mědi se nejčastěji projevuje anémií, osteoporózou a šedivěním vlasů. Může mít také za následek omezené vstřebávání železa a zkrácený život červených krvinek. Mankensův syndrom je vrozená porucha, která je spojena s deficitem mědi. Vyznačuje se sníženou absorpcí mědi, zvýšenými ztrátami mědi do moči a abnormálním transportem mědi v buňkách. Nadměrný příjem mědi blokuje vstřebávání Zn v tenkém střevě a stejně tak i nadbytečný příjem Zn způsobuje deficit mědi [29]. Vysoký příjem mědi způsobuje jaterní cirhózu. Akutní otrava může být způsobena pitím vody, která je vysoce kontaminovaná mědí nebo při požití kyselé potravy skladované dlouhodobě v měďnatých nádobách. Intoxikace mědí se projevuje nevolností, zvracením, bolestí žaludku a svalů [22,25].

Vyšší koncentrace mědi se nacházejí v mase, játrech, luštěninách, kávě, černém čaji, celozrnném pečivu a pivovarských kvasnicích. Mléko obsahuje nízké koncentrace, ovšem biologická využitelnost mědi z mateřského mléka je velmi vysoká [21,22,25].

#### **2.4.1.8 Mangan**

Tělo dospělého člověka obsahuje 10–20 mg manganu. Nejvyšší koncentrace manganu se nacházejí v kostech, játrech, pankreatu a ledvinách. Nižší koncentrace jsou v mozku, slezině, srdci a plicích [21].

Resorpce manganu probíhá ve všech částech tenkého střeva. Jeho vstřebávání je velmi podobné jako u železa, přičemž vysoký příjem železa anebo větší dávky vápníku a fosforu blokují jeho vstřebávání. Stejně tak i vysoký příjem manganu vede k poklesu resorpce železa a k poklesu hladiny hemoglobinu [21,22,23].

Mangan je prvek s celou řadou metabolických funkcí a má zásadní vliv na centrální nervovou soustavu [30]. Existuje několik enzymů, které obsahují ve své molekule mangan. Jedná se o oxidoreduktasy a enzymy dalších tříd (transferasy, hydrolasy, ligasy). K nejdůležitějším patří pyruvátkarboxylasa a arginasa. Kromě pravých metaloenzymů, které obsahují mangan, existuje řada enzymů aktivovaných ionty manganu. Jedná se o různé hydrolasy, kinasy, dekarboxylasy a glykosyltransferasy. Za účasti manganu také probíhá část světelné fáze fotosyntézy [21].

Mangan je důležitý pro tvorbu hlavního hormonu štítné žlázy tyroxinu, pro správné trávení a využívání živin získaných z potravy. Dále je mangan potřebný pro pevné a zdravé kosti a v neposlední řadě ulehčuje ukládání vápníku a fosforu do kostí [22,23,25].

Deficit manganu má vliv na deformitu kostí, způsobuje závratě a nesoustředěnost. Předpokládá se také zánět kůže a hypocholesterolemie [22,25].

Údaje o toxicitě se u autorů různí. Jordán a Hemzalová uvádějí, že nadbytek manganu způsobuje poškození mozku [25]. K podobným závěrům došli i Žák a Adámková, kteří se shodují s toxickými účinky manganu zejména pro CNS a dodávají, že mírně zvýšené dávky inhibují tvorbu hemoglobinu [29]. Zadák informuje o tom, že toxicita dietního původu nebyla pozorována, avšak jen výjimečně byl popsán případ toxického působení manganu na nervový systém [22].

Zdrojem manganu jsou celozrnné obiloviny, luštěniny, ořechy, listová zelenina, čaj, pšeničné klíčky, mandle, sojové boby atd.[23,25,27].

#### **2.4.1.9 Nikl**

Obsah niklu v těle může být ovlivněn řadou faktorů např. věkem, pohlavím, okolním prostředím, kouřením atd. V těle dospělého člověka je možné nalézt 10 mg niklu, který je obsažen v plicích, ledvinách, játrech, srdci, kostech, krvi a krevním séru. Většina niklu se z potravin v trávicím traktu prakticky neresorbuje. Zvýšená resorpce niklu může nastat ve stavu nedostatečné saturace organismu železem. Pro jeho metabolismus v těle jsou důležitým orgánem ledviny. Resorbovaný nikl je z těla vylučován močí [21].

U živočišných organismů ještě není přesně známa specifická funkce niklu. I když nejsou známy živočišné enzymy, které obsahují nikl, může tento prvek některé enzymy aktivovat [21]. Možnou funkcí niklu je jeho účast při vstřebávání železa [21,26]. Předpokládá se, že je důležitý pro metabolismus vitamínu B<sub>12</sub> a kyseliny listové.

Nedostatek niklu pravděpodobně ovlivňuje plodnost, snižuje růst, zasahuje do metabolismu kyseliny listové, vápníku, železa a zinku [22].

Symptomy otravy jsou především změna krevního obrazu, zvýšený obsah bílkovin, močoviny, železa, zinku, mědi a niklu v játrech, zvýšená aktivita jaterní glutamát-dehydrogenasy a snížená aktivita glukosa-6-fosfátdehydrogenasy a současně pokles obsahu jódu ve štítné žláze [21]. Sloučeniny niklu mají dráždivý účinek na kůži, tento účinek se projevuje kožními vyrážkami a svěděním [26].

Vyšší obsahy niklu je možné nalézt v ořechách, luštěninách, kakau, čokoládě, kávě a čaji.

#### **2.4.1.10 Kobalt**

Kobalt se v lidském těle nachází v kosterním svalstvu, kostech, vlasech, tukové tkáni a krvi. Jeho celkový obsah v lidském těle je odhadován na 1,5 mg. Kobalt přijímaný v potravě je resorbován v zažívacím traktu od 20 do 97 %. Pro vstřebání vitamínu B<sub>12</sub> je nezbytný tzv. gastrický faktor, glykoprotein, který umožňuje transport kobalaminu do buněk střevní sliznice. Při nedostatku železa je účinnost resorpce vyšší. Z těla je kobalt vylučován močí.

Kobalt je součástí vitamínu B<sub>12</sub>, je pro něj nezbytný a proto se také říká vitamínu B<sub>12</sub> kobalamin [29]. Podílí se na tvorbě červených krvinek a brání vzniku chudokrevnosti. Je považován za přínosný prvek pro rostliny. Není vyžadován všemi rostlinami, ale může podporovat jejich růst [24].

Pokud chybí kobalt, chybí i vitamin B<sub>12</sub> a naopak. Deficit kobaltu a vitamínu B<sub>12</sub> vede ke vzniku zhoubné chudokrevnosti, střevních obtíží a obtíží nervů. Příčinou nedostatku vitamínu B<sub>12</sub> mnohdy nemusí být jeho nedostatek v potravě, nýbrž porucha jeho vstřebávání ze střev [25,26]. Údaje o toxických účincích udávané v literatuře se různí. Roedigerová-Streubelová uvádí, že nadbytek kobaltu vede k poškození srdečního svalu a může způsobit infarkt. Příčinou může být předávkování umělými kobaltovými přísadami v potravinách, např. přidáváním kobaltu do piva s cílem zvýšit jeho pěnivost [26]. Oproti tomu Mindell uvádí, že příznaky předávkování kobaltem nejsou známy [23].

Na kobalt jsou bohaté potraviny jako černý čaj, pražená káva, mléčná čokoláda, maso, ledviny, játra, ústřice a další mořští koryši [21,23,25].

#### **2.4.1.11 Chrom**

Obsah chromu v lidském těle je odhadován přibližně na 5 mg. Jeho koncentrace v tkáních se s věkem snižují, s výjimkou plic. U anorganických sloučenin chromu dochází jen velmi málo k jejich resorpci. Ta probíhá v gastrointestinálním traktu a s rostoucí dávkou

chromu dochází k jejímu snižování. K akumulaci chromu dochází uvnitř jaterních buněk [21]. Vylučován je převážně močí [22].

Chrom v oxidačním stupni III je významným esenciálním prvkem. Naopak sloučeniny šestimocného chromu jsou toxické a jsou jim připisovány karcinogenní, mutagenní a alergenní účinky. Trojmocný chrom se významně podílí na metabolismu sacharidů. Zesiluje účinky inzulínu. Sloučeniny chromu zasahují do metabolismu bílkovin a tuků. Vyšší dietní dávky chromu částečně snižují hladinu cholesterolu a triacylglycerolů v krevní plasmě a současně zvyšují podíl lipoproteinů o vysoké hustotě. Chrom preventivně působí proti vysokému krevnímu tlaku [21,23,25,26,27].

Příčinou nedostatku chromu může být impotence, podrážděnost, slabost, zmatenost, deprese a nedostatečný růst. Jeho nedostatek může ohrožovat diabetiky a těhotné ženy, existuje totiž domněnka, že se chrom podílí na vývoji embrya.

Údaje o intoxikaci chromem z potravin literatura neuvádí. Toxické projevy byly zaznamenány při pití vody silně kontaminované chromem a při inhalaci chromu v průmyslových oblastech. Akutní otrava má za následek kožní změny, průjem, kolaps krevního oběhu a prudké bolesti břicha [22,23,26].

Mezi potraviny, bohaté na chrom, patří zejména nerafinované a neupravené potraviny. Mezi významné zdroje chromu patří dále pivovarské kvasnice, játra, maso, celozrnné potraviny, ořechy, luštěniny, černý čaj [22,23,25,26,27].

#### **2.4.1.12 Vanad**

Množství vanadu v lidském těle není spolehlivě známo. V jednotlivých orgánech a tkáních jsou jeho koncentrace nízké. K jejich zvýšení dochází expozicí organismu ke sloučeninám vanadu. V gastrointestinálním traktu se uskutečňuje vstřebávání vanadu do 1 % obsaženého v potravě [21].

U vanadu je prokázán jeho účinek na aktivitu důležitých enzymů. Jde zejména o inhibici ATPas, fosfatas a také fosfotransferas metavanadičnanovými ionty ( $VO_3^-$ ). Vanad dále stimuluje aktivitu cyklického AMP a může zasahovat do metabolismu sacharidů a lipidů [21].

Funkcí vanadu je blokovat ukládání cholesterolu na stěnách cév. Preventivně působí vůči infarktu myokardu a stimuluje funkci inzulínu. Biologicky účinná forma, sulfát vanadu, se chová podobně jako hormon inzulín [22,23,25].

Vanad je prvek, který není třeba nijak zvlášť doplňovat. Jelikož na vanad jsou bohaté ryby, stačí je občas zařadit do jídelníčku. Na čas se tak zajistí jeho příjem [23]. Při vyšších

koncentracích vanadu, dochází ke vzniku akutního poškození dýchacích cest a plic, po nižších koncentracích byl popsán vznik průduškového astmatu. Chronická expozice má pak za následek kontaktní ekzém a zelené zbarvení povrchu jazyka solemi vanadu [31].

Vanad se nachází zejména v rybách, olivách a celozrnných obilovinách [23,25].

## **2.4.2 Toxické prvky**

Mezi toxické prvky je zahrnuto několik prvků, jejichž biologický význam je v současné době omezen na jejich toxické vlastnosti při relativně nízkých koncentracích. Mechanismus těchto účinků často spočívá v inhibici metabolicky významných enzymů, která je důsledkem interakce toxického prvku s molekulou enzymu [21,32].

To, že se toxické prvky vyskytují v potravinách, je jedním z ukazatelů jejich hygienicko-toxikologické jakosti. Mezi významné toxické prvky patří olovo, kadmium, rtuť a arsen [33].

Vstup rizikových prvků do půdy a následně do potravinového řetězce, může být různý a to např. používáním agrochemikálií, aplikací čistírenských kalů, používáním minerálních hnojiv atd. Významnými zdroji toxických prvků v půdách mohou být také i imise z průmyslových a energetických závodů, kterými se dostávají kovy do půdy mokrou či suchou depozicí z atmosféry [34].

### **2.4.2.1 Olovo**

Olovo je ve stopových množstvích přirozenou složkou všech biologických materiálů (půdy, vody, rostlin a živočichů) a jeho obsah v půdě záleží především na geologických vlastnostech podloží. Sekundárně mohou být přirozené obsahy olova v rostlinách negativně ovlivněny úrovní kontaminace biosféry [35].

Obsah olova v potravinách je velmi malý a proměnlivý. U potravin rostlinného původu jeho obsah záleží zejména na jeho obsahu v půdě. U potravin živočišného původu je nejvyšší obsah olova lokalizován ve vnitřnostech. Na obsah olova v potravinách má vliv i materiál, ve kterém jsou tyto potraviny uchovávány. Vyšší množství olova bylo zaznamenáno u potravin balených v konzervách a jiných kovových obalech [21].

Olovo se do organismu dostává zejména trávicím ústrojím a také plicemi [35]. Jeho resorpce je závislá na věku, složení stravy a zdravotním stavu. Účinnost resorpce olova u dětí je asi 4–5x vyšší než u dospělého jedince. Resorpce roste při vysokém podílu bílkovin ve stravě a klesá za přítomnosti většího množství vlákniny, fytové kyseliny, železa a vápníku.

Vstřebané olovo je krví transportováno do jater a ledvin, kde dochází k jeho akumulaci. Část olova je z jater vylučováno žlučí do střeva a malý podíl je vylučován močí [21].

Pokud je člověk dlouhodobě vystaven jeho expozici, dochází ke kumulaci olova v kostech. Při intoxikaci olovem mohou být poškozeny ledviny a játra. Olovo navíc negativně ovlivňuje syntézu krevního barviva, nervový a kardiovaskulární systém, působí teratogenně a embryotoxicky [21,36].

#### **2.4.2.2 Kadmium**

Kadmium ve svých tělech intenzivně akumulují různé vodní organismy (řasy, korýši a měkkýši). K jeho akumulaci dochází i ve svalovině a vnitřnostech zvířat, přičemž nejvyšší koncentrace kadmia se nacházejí v játrech a ledvinách. Tyto koncentrace jsou až o 2–3 řády vyšší než ve svalovině [21].

Intoxikace kadmíem se projevuje výskytem bílkovin a cukrů v moči. Při otravách kadmíem dochází také k dekalifikaci, řídnutí a ztenčování kostí [21].

#### **2.4.2.3 Arsen**

V přírodě se arsen vyskytuje ve formě sulfidových minerálů a je obsažen jako minoritní složka v sulfidových rudách mědi, olova a jiných kovů. Jeho obsah v půdě závisí na geologickém podloží a na vzdálenosti od zdrojů kontaminace. Antropogenními zdroji arsenu jsou hutní činnost, spalování uhlí a dřeva, které je konzervováno sloučeninami arsenu. Na rozdíl od olova, kadmia a rtuti je arsen v půdě mobilní i v neutrálním nebo mírně alkalickém prostředí a za redukčních podmínek. Jeho mobilita v půdě určuje také jeho dostupnost pro rostliny při příjmu kořenovou soustavou. V oblastech s vysokou hodnotou prašného spadu a tam, kde se aplikují pesticidy, na bázi arsenu, je dominantní foliární příjem arsenu rostlinami.

Vysoké koncentrace arsenu jsou typické pro mořské ryby, zejména pro mořské korýše a měkkýše. U potravin rostlinného původu je vyšší množství arsenu v ovsu, rýži a vyšší množství arsenu mohou obsahovat i některá vína.

Stupeň resorpce arsenu závisí na jeho chemické formě. Anorganické sloučeniny arsenu jsou resorbovány asi z 5–25 % a organické sloučeniny arsenu se zřejmě resorbují úplně. K expozici arsenem může dojít, stejně jako u kadmia s olovem, také inhalací. Vstřebaný arsen se hromadí ve vlasech, nehtech a kůži, což je způsobeno jeho afinitou ke keratinu. Anorganické sloučeniny arsenu jsou v těle metabolizovány na kyseliny dimethylarsinovou a methylarsonovou, které jsou následně vyloučeny močí. Biologický poločas arsenu je 30

u člověka 10–30 dní. Jeho toxické účinky jsou spjaty s jeho vlivem na aktivitu důležitých enzymů prostřednictvím vazby na thiolové skupiny.

K chronické otravě může dojít již při trvalém denním příjmu 10 mg arsenu. Otrava arsenem se projevuje ztrátou tělesné hmotnosti, zvýšenou citlivostí a zhoršením zraku. Typické pro otravy arsenem jsou otoky, ekzémy a keratosa kůže [21].

## 2.5 Metody měření kovů v ovocných šťávách

V předešlé kapitole byla věnována pozornost minerálním látkám a jejich rozdělením do konkrétních skupin. Byly popsány funkce jednotlivých prvků, jejich účinky na lidský organismus a zdroje potravin, ze kterých jsou získávány. Ke stanovení obsahu prvků v potravinách, se využívají různé analytické techniky. Nejčastěji jsou pro prvkovou analýzu používány spektrální techniky, jako např. atomová absorpční spektrometrie, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. V této práci byla pro analýzu použita metoda ICP-MS.

## 2.6 ICP-MS

Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) byla vyvinuta v 80. letech minulého století. Jedná se o metodu, která kombinuje indukčně vázané plazma (ICP) a hmotnostní spektrometrii (MS). Tato technika je rychlou, víceprvkovou spektrální metodu, která umožňuje i izotopovou analýzu [40,38].

Přístroj je během několika sekund schopný změřit koncentrace široké škály prvků, která je dána počtem prvků v kalibračním roztoku. Roztoky jsou připravovány zejména s ohledem na stálost jednotlivých prvků, minimalizaci interferenčních jevů a minimalizaci paměťového efektu (tj. schopnosti měřit signál, i když přestal být vstřikován analyzovaný vzorek).

Pro analýzu obecně platí, že těžké ionty se analyzují lépe než ionty lehké, díky své hmotnosti totiž prolétnou až k detektoru. Důležité omezení se týká vlastností analyzovaného vzorku. Ten nesmí obsahovat velké koncentrace kyselin (vedou ke korozi sampleru), nebo velká množství solí (celkové množství tuhých látek musí být nižší než  $1 \text{ g.l}^{-1}$ ). Vysoké koncentrace solí způsobují zanesení otvoru v sampleru, a tím změnu parametrů měření. Podobně existuje omezení v množství organických sloučenin v roztocích, které mohou způsobit ukládání uhlíkatých částic na sampleru a následnou změnu signálu. Pro důkladné spalování uhlíku, v organických maticích, je možné přisávat do plazmového hořáku

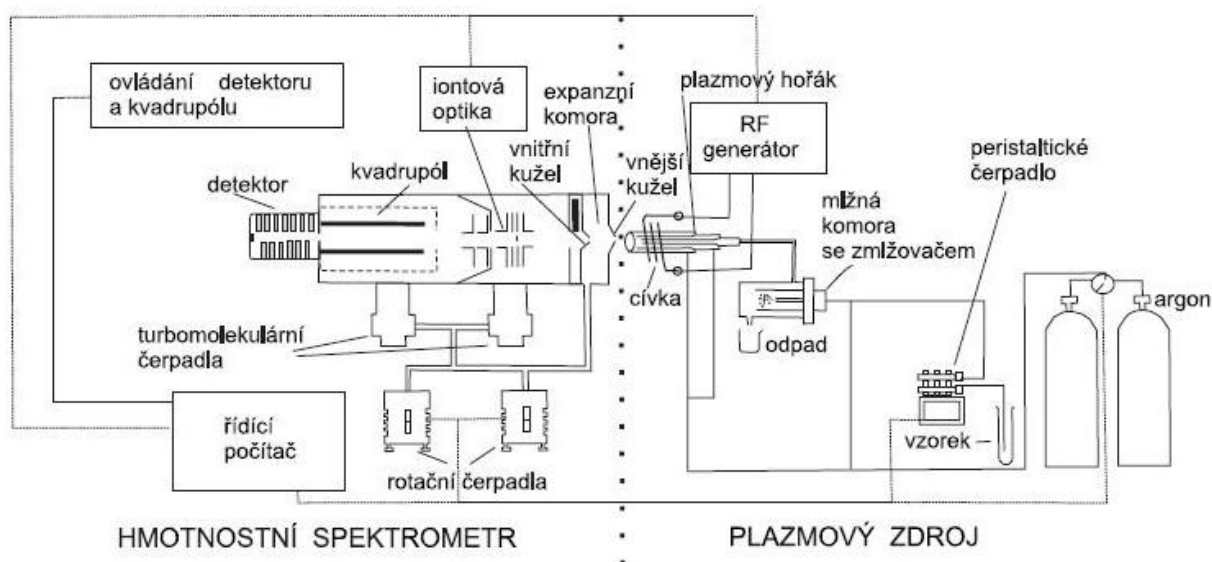
stopy kyslíku, které tomuto jevu zabrání. Při měření velmi nízkých koncentrací je třeba neustále sledovat koncentrace analytu ve slepém pokusu [40].

ICP-MS se výborně uplatňuje v anorganické stopové analýze, analýze geologických, biologických nebo archeologických materiálů nebo komponent a produktů ekosystému [39]. Mezi hlavní přednosti této metody lze zahrnout velmi nízké limity detekce, široký dynamický rozsah, jednoduchá a jednoznačná spektra prvků. Dále sem patří schopnost měřit izotopové poměry, umožnění rutinní aplikace metody izotopového zředování a používání stálých izotopů jako značkovacích a nízká spotřeba vzorku [37,40].

Osud vzorku v přístroji ICP-MS lze popsat následujícími kroky: vstup vzorku, zmlžování vzorku, tvorba iontů, přechod přes rozhraní plasma/vakuum, iontová fokusace, separace iontů, detekce separovaných iontů, vyhodnocování výsledků [41].

### 2.6.1 Instrumentace ICP-MS

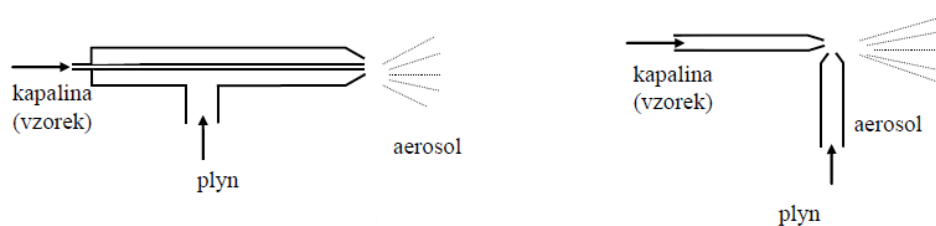
Základní součásti přístroje tvoří plazmový zdroj a přechodnou část (spojení) tvoří tzv. expanzní komora. Vlastní hmotnostní spektrometr je tvořen iontovou optikou, kvadrupólem a detektorem. Všechny tyto součásti, včetně expanzní komory, jsou výkonnými čerpadly zbavovány vzduchu, aby byl umožněn pohyb vznikajících iontů z plazmy do analyzátoru a zároveň, aby částice vzduchu nerušily vlastní stanovení. Tlak v prostoru kvadrupólu a detektoru dosahuje až  $10^{-5}$  Pa [40]. Schéma přístroje je zobrazeno na obrázku č. 7.



**Obrázek 7:** Schéma přístroje ICP-MS [40]

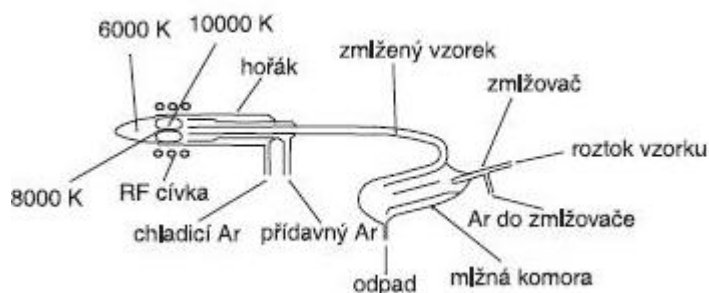
### 2.6.1.1 Zmlžování vzorků

Tvorba aerosolu je uskutečňována zmlžovačem, ten může být pravoúhlý nebo koncentrický, viz. obrázek 8. Z trysky vytéká pracovní plyn (argon), který má mnohem vyšší rychlost než kapalina, která je k jejímu ústí dopravována buďto nuceně nebo sacím efektem plynové trysky. Doprava vzorku je prováděna pomocí peristaltického čerpadla, které s sebou nese řadu nesporných výhod, jako např. eliminace transportních interferencí, průtok vzorku a argonu lze samostatně regulovat a zvýšením otáček čerpadla zkracujeme dobu promývání.



**Obrázek 8:** Koncentrický a pravoúhlý zmlžovač [37]

Aerosol, vznikající ve zmlžovači, má širokou distribuci velikosti částic a obsahuje vysoký podíl částic s příliš vysokým průměrem. Aby byl získán aerosol s úzkou distribucí velikostí a částicemi menšími než 10  $\mu\text{m}$ , jsou využívány mlžné komory. Tyto komory pracují tak, že se část velkých částic roztříští jejich nárazem na zakončení komory a k oddělování dalších částic aerosolu s vysokým průměrem dochází vlivem gravitace a turbulencí v proudu aerosolu. Odpadní kapalina, která vzniká je odváděna do odpadu [37].



**Obrázek 9:** Schéma mlžné komory se zmlžovačem, plazmovým hořákem a výbojem [40]

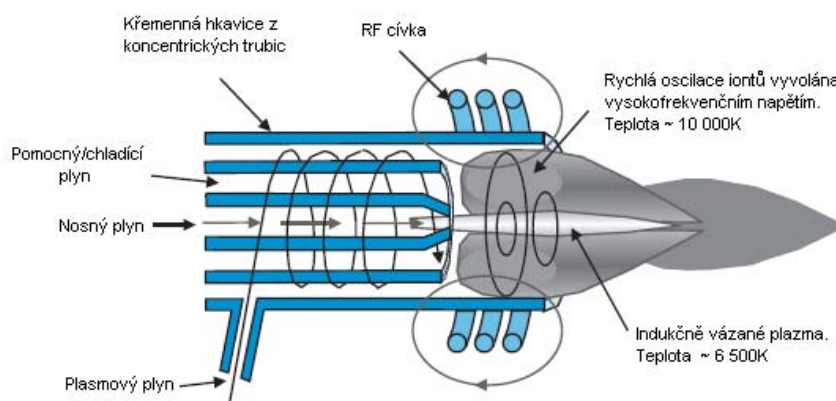
### 2.6.1.2 Plazmová hlavice

V praxi se využívá nízko výkonové argonové plazma. Vlastní plazmová hlavice je tvořena dvěma koncentrickými křemennými trubicemi. Osou hořáku prochází korundový nebo křemenný injektor, do kterého se přivádí aerosol vzorku.

Argon, proudící vnější křemennou trubicí má za úkol chránit stěny trubice a je hlavním zdrojem argonu pro plazma. Průtok argonu vnitřní trubicí je mnohem pomalejší a chrání špičku injektoru před horkým plazmatem.

Energie je do plazmatu přiváděna prostřednictvím vysokofrekvenčního elektromagnetického pole, které je vytvářeno závití indukční cívky. Ta má tři až pět dutých měděných závitů, chlazených průtokem vody a argonu.

Plazmový útvar má tvar prstence vytvářeného tangenciálně přiváděným proudem argonu. Teplota v nejteplejší části prstence tzv. indukční zóně dosahuje až 10 000 K. Argon, který unáší zmlžený vzorek je přiváděn axiálně a středem prstence, proráží tzv. analytický kanál, kde se také nachází převážná část atomů a iontů vzorku [37].



**Obrázek 10:** Schéma plazmové hlavice [38]

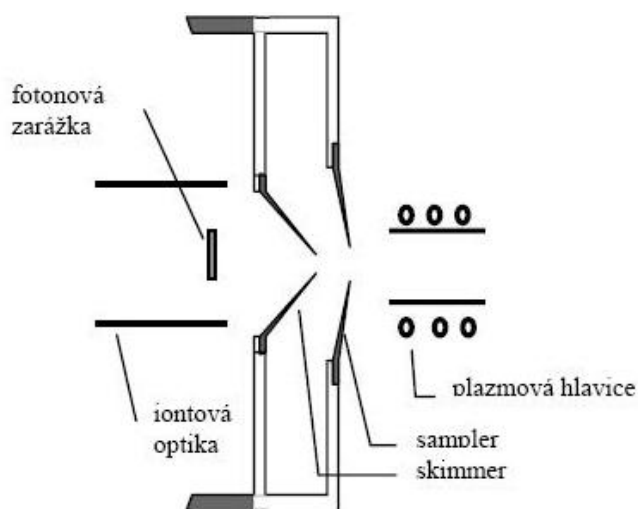
### 2.6.1.3 Přejchod iontů z plazmatu do hmotnostního detektoru

Nejchoulostivější a nejnamáhavější částí přístroje ICP-MS je odběr iontů z plazmového zdroje, který pracuje za atmosférického tlaku, do vakuové části hmotnostního spektrometru. Interface zajišťuje efektivní dělení hlavního toku argonu od středního toku iontů a atomů analyzovaného vzorku. Dvoustupňový interface je tvořen dvěma kužely tzv. sampler a skimmer kónusy [42].

Plazma expanduje z oblasti atmosférického tlaku skrz otvor prvního kónusu (sampleru) do oblasti s tlakem obsahujícím řádově stovek pascalů, jež je dosahováno pomocí mechanické pumpy. Centrální oblast toku iontů prochází otvorem druhého kónusu (skimmeru) do vlastního hmotnostního spektrometru a vytvoří iontový paprsek. Ten je usměrněn pomocí iontové optiky do iontového filtru.

Kónusy mají velikost otvorů okolo 1 mm a jsou vyrobeny z materiálu, který má vysokou tepelnou a elektrickou vodivost. Jejich umístění je ve vodou chlazené desce [37].

Úlohou iontové optiky je rozostření iontového svazku tak, aby obešel pohlcovač fotonů a poté ho znovu zaostřit a vhodně urychlit do kvadrupólového separátoru. Pohlcovačem fotonů je destička v ose přístroje, která chrání detektor před dopadem fotonů [40].



**Obrázek 11:** *Interface* [37]

#### **2.6.1.4 Iontový filtr (iontový analyzátor)**

Pro rozdělení jednotlivých iontů podle jejich relativní atomové hmotnosti resp. poměru  $m/z$ , většina ICP-MS používá kvadrupólový analyzátor [37,42].

Kvadrupól tvoří čtyři kovové tyče (asi 1 cm v průměru a 15–20 cm dlouhé), které jsou umístěny rovnoběžně ve stejné vzdálenosti od osy analyzátoru, viz. obrázek 12 [40,44].



**Obrázek 12:** *Kvadrupólový analyzátor*

Frekvence oscilací polarity na kvadrupólových tyčích je konstantní, ale mění se amplituda napětí na tyčích, které umožní průchod iontu v závislosti na jeho náboji a hmotnosti. Podmínky na kvadrupólu se mění během zlomků vteřiny a umožňují tak analýzu v celém hmotnostním spektru během několika sekund. Ionty, které neprojdou kvadrupólem, se na některé z tyčí vybijí a jsou odstraněny vakuovými pumpami. Ionty prošlé kvadrupólem dopadají na detektor [40].

#### **2.6.1.5 Detektor iontů**

Ionty prošlé přes kvadrupól 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 [40].

V hmotnostních spektrometrech se používají 2 základní typy detekce, a to analogové (měření iontového proudu) a digitální (čítání iontů). Abychom dosáhli vysokého dynamického rozsahu měření, pak se oba přístupy kombinují. Nízké toky se měří čítačem, vysoké analogově [42].

#### **2.6.2 Interference**

Interference mohou být spektrálního nebo nespektrálního původu [43]. Mezi spektrální interference patří izobarický překryv, tvorba polyatomických iontů, tvorba oxidových a hydroxidových iontů a tvorba dvojnásobně nabitých iontů. Nespektrální interference jsou rozdělovány do dvou kategorií. První kategorie zahrnuje vliv celkového množství rozpuštěných tuhých látek ve vzorku, které způsobuje blokaci otvorů vstupních kónusů a tím dochází k významnému posunu signálu. Druhá kategorie nespektrálních interferencí je

způsobena ovlivněním ionizačních rovnovah vlivem matričních prvků. To se projevuje nejčastěji snížením intenzity signálu.

Eliminovat vliv vysokého množství matričních prvků můžeme ředěním vzorku, použitím vhodného vnitřního standardu, modelačních roztoků, měření metodou standardního přídatku a kombinací těchto opatření [37].

K potlačení spektrálních interferencí lze využít nejenom optimalizaci přístrojových parametrů, ale i další přístupy např. zařazení přídatku dalšího plynu do plazmatu nebo pomocného činidla do analyzovaného vzorku. Moderním způsobem obcházení interferencí oxidovými a polyatomickými ionty je použití tzv. kolizní nebo reakční cely v přístrojích ICP-MS.

Kolizní cela je komora umístěná mezi iontovou optikou, ve které je umístěn další kvadrupól, který usměřňuje dráhu iontů. U kolizní cely je komůrka promývána nízkomolekulárním plynem (He, H<sub>2</sub>), který srážkami s procházejícími ionty mění jejich kinetickou energii a pomocí vhodného napětí vloženého na celu se zabrání průchodu iontů se změněnou kinetickou energií. Polyatomické ionty mají mnohem větší velikost než ionty prvků, podléhají tedy srážkám s mnohem větší pravděpodobností a ve svazku iontů opouštějících celu je jejich zastoupení podstatně sníženo. Kolizní cela je univerzálnější a k řešení celé řady interferencí stačí jeden nebo dva druhy plynů.

#### **2.6.2.1 Izobarický překryv**

Izobarický překryv nepatří mezi závažné interference. Nastává, pokud existují dva izotopy různých prvků, které mají téměř stejnou hmotnost. Obecně vzato, dva různé izotopy s naprosto shodnou hmotností neexistují, ovšem rozdíly v řádu 0,005 m/z nejsou pomocí kvadrupólového analyzátoru postižitelné. Odstranění těchto interferencí lze dosáhnout tím, že se zvolí vhodný izotop, který interference nevykazuje anebo tam, kde není interference příliš významná, je možné provést matematickou korekci.

K významnosti interferencí nestačí vzít do úvahy pouze relativní zastoupení rušícího izotopu, ale i celkovou koncentraci rušícího prvku ve vzorku. Při posuzování potenciálních interferencí se nesmí zapomenout na to, že se rušící prvky nenacházejí jen ve vzorku, ale i v plazmovém plynu [37].

#### **2.6.2.2 Tvorba polyatomických iontů**

Významnějšími interferencemi, než je izobarický překryv, je v praxi vznik polyatomických iontů. Jde zejména o adukty s vesměs krátkou dobou života, vznikající reakcí

dvou nebo i více druhů atomů. Jejich množství není závislé jen na koncentraci prvků, z nichž se dané ionty tvoří, nýbrž i na nastavení parametrů plazmatu a zmlžovače a geometrie vstupních kónusů. Největší množství těchto iontů lze nalézt v oblasti do 82 m/z.

Mezi základní polyatomické ionty, které budou přítomny ve všech spektrech ICP-MS jsou sloučeniny argonu, vodíku a kyslíku. Patří mezi ně zejména  $O_2^+$ ,  $Ar_2^+$ ,  $ArO^+$ ,  $ArOH^+$ ,  $ArH^+$  a  $Ar_2H^+$ .

### **2.6.2.3 Tvorba oxidových a hydroxidových iontů**

Tento typ interferencí patřil od počátku vývoje ICP-MS k nejvýznamnějším. Dochází zde k tvorbě žáruvzdorných oxidů a hydroxidů kovů, přičemž v nejvyšší míře se jedná o vznik monoxidů a monohydroxidů  $MeO^+$  a  $MeOH^+$ . Oxidy vznikají nedokonalou atomizací vzorku, jednak rekombinací atomů kovů se vzdušným kyslíkem difundujícím do okrajových zón plazmatu a kyslíkem vzniklým disociací vody (základní rozpouštědlo pro přípravu vzorků). Tvorba oxidových iontů může velice ztížit až dokonce znemožnit některá stanovení.

Účinnou metodou, vhodnou na zredukování oxidových iontů, je zejména desolvatace aerosolu pomocí jeho prudkého ohřevu a následného ochlazení kombinovaná s přidáním dusíku do plazmatu. V tomto případě je pak mechanismem tvorba  $NO^+$ .

Dalším parametrem, pro snížení tvorby oxidů a hydroxidů, je velikost průtoku argonu zmlžovačem. Ovšem tento pokles je doprovázen snížením citlivosti stanovení [37].

### **2.6.2.4 Tvorba dvojnásobně nabitých iontů**

I když jsou podmínky ICP-MS voleny tak, aby převážná část ionizačních procesů probíhala pouze do prvního stupně, částečně však vznikají i dvojnásobně nabití ionty. Kvadrupól rozlišuje ionty podle velikosti jejich poměru m/z. Dvojnásobně nabitý iont se tedy bude chovat jako jednonásobně nabitý o poloviční hmotnosti.

Významná ionizace do druhého stupně probíhá pouze u prvků alkalických zemin (Ca, Sr a Ba), některých přechodných prvků (Sc, Y, Ti a Zr) a všech kovů alkalických zemin. Méně významná ionizace do druhého stupně může nastat u prvků s ionizačním potenciálem do druhého stupně 14–16 eV. U ostatních prvků je ionizace do druhého stupně zanedbatelná.

Přístrojové parametry, které nejvíce ovlivňují vznik dvojnásobně nabitých iontů, jsou průtok argonu zmlžovačem a radiofrekvenční příkon do plazmatu [37].

## 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 Pomůcky

- ✓ Plastový stojan na zkumavky
- ✓ Plastové zkumavky (10 ml)
- ✓ Odměrné baňky (50 a 100 ml)
- ✓ Mikropipety
- ✓ Büchnerova nálevka
- ✓ Filtrační papír
- ✓ Odsávací baňka
- ✓ Pinzeta
- ✓ Mlýnek na ovoce Tutti-Frutti
- ✓ ICP-MS

### 3.2 Chemikálie

- ✓ Standardní roztoky prvků V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Cu, As, Cd, Pb, Fe, Na, K, Ca, Mg.  
Výrobce: Analytika, spol. s.r.o., Praha s koncentrací  $1,000 \pm 0,002 \text{ g.l}^{-1}$
- ✓ Destilovaná voda – kvalita UDI

### 3.3 Vzorky

#### 3.3.1 Vzorky bezových šťáv

K měření jsme měli k dispozici 17 vzorků bezových šťáv z odrůd: Dana, Sampo, Samyl, Mammut, Körsör, Allesö, Riese aus Voßloch, Aurea, Samdal, Heidegg 13, Sambo, Sambu, Weihenstephan, Bohatka, Pregarten, Haschberg a Albida.

#### 3.3.2 Šťáva Holler Vulkan

Jedná se o rakouský produkt. Tato šťáva obsahuje šťávu z černého bezu, jablek, černého a červeného rybízu a aronie.



**Obrázek 13:** *Holler Vulkan*

### **3.4 Analýza**

#### **3.4.1 Příprava vzorků**

Plody bezu černého byly skladovány v mrazicím boxu při teplotě  $-17^{\circ}\text{C}$ . Lisování proběhlo na mlýnku značky Tutti-Frutti a získaná šťáva byla následně přefiltrována a měřena na přístroji ICP-MS.

#### **3.4.2 Měření na ICP-MS**

Byla připravena kalibrační řada v rozsahu  $0,5\text{--}10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Přístroj ICP-MS použitý v rámci tohoto projektu byl Thermo X-series Quad (Thermo Elemental, Winsford, UK). Autosampler CETAC ASX 520 (Cetac, Omaha, USA), peristaltická pumpa (50 rpm) a Meinhardův zmlžovač (typ A, Glass expansion, Pocasset, USA) s kuželovou mlžnou komorou s inpaktorem chlazenou pomocí peltierova chladiče na teplotu  $5^{\circ}\text{C}$ .

Parametry nastavení přístroje byly následující: průtok chladícího plynu byl  $13\ \text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ , průtok pomocného plynu byl  $0,7\ \text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Výkon radiofrekvenčního generátoru  $1300\ \text{W}$ . Dwell time (čas setrvání na stanovené hmotnostní jednotce)  $300\ \mu\text{s}$ , number of sweeps (počet opakování) 30, time per sweep (doba jednoho opakování)  $0,5\ \text{s}$ .

Před každým měřením byl proveden performance test, kterým byla ověřena správná funkčnost přístroje. Byly použity základní roztoky naředěných standardů kovů (Astasol, Analytika, Česká republika).

Při ověřování správné funkce přístroje, byla pozornost upřena na tyto parametry: šířka píku ( ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^{115}\text{In}$ ,  ${}^{238}\text{U}$ ), minimální signál na  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^{115}\text{In}$ ,  ${}^{238}\text{U}$ , hodnota pořadí na hmotě 220, dvojitě nabitě ionty (měřen poměr  ${}^{137}\text{Ba}^{++}/{}^{137}\text{Ba}$ ), oxidy iontů ( $\text{CeO}^+/\text{Ce}^+$ ).

Limity detekce pro jednotlivé stanovené prvky byly vypočteny po několikanásobném proměření slepých pokusů jako trojnásobek směrodatné odchylky z naměřených koncentrací prvků ve slepém pokusu.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

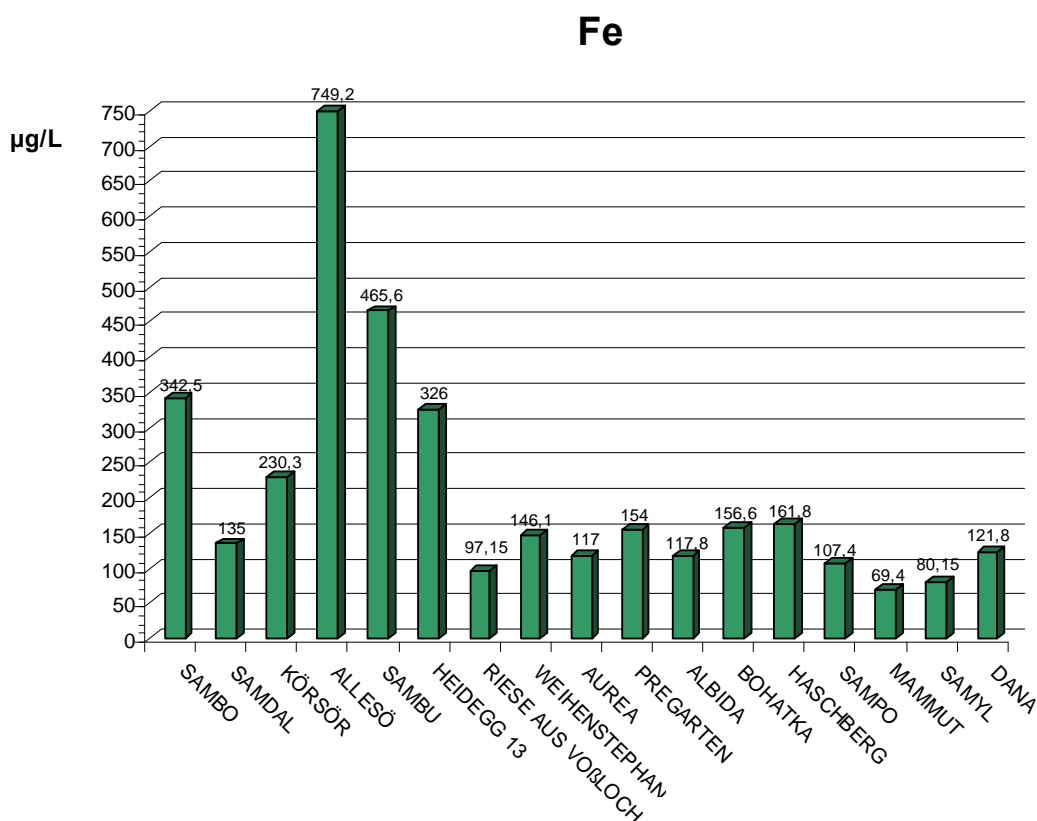
### 4.1 Stanovení kovů v bezových šťávách

Celkem bylo analyzováno 17 vzorků bezových šťáv, získaných z odrůd černého bezu Dana, Sampo, Samyl, Mammut, Körsör, Allesö, Riese aus Voßloch, Aurea, Samdal, Heidegg 13, Sambo, Sambu, Weihenstephan, Bohatka, Pregarten, Haschberg a Albida a v těchto bezových šťávách byla stanovena koncentrace vybraných kovů (V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Cu, As, Cd, Pb, Fe, Na, K, Ca a Mg).

#### 4.1.1. Koncentrace esenciálních kovů

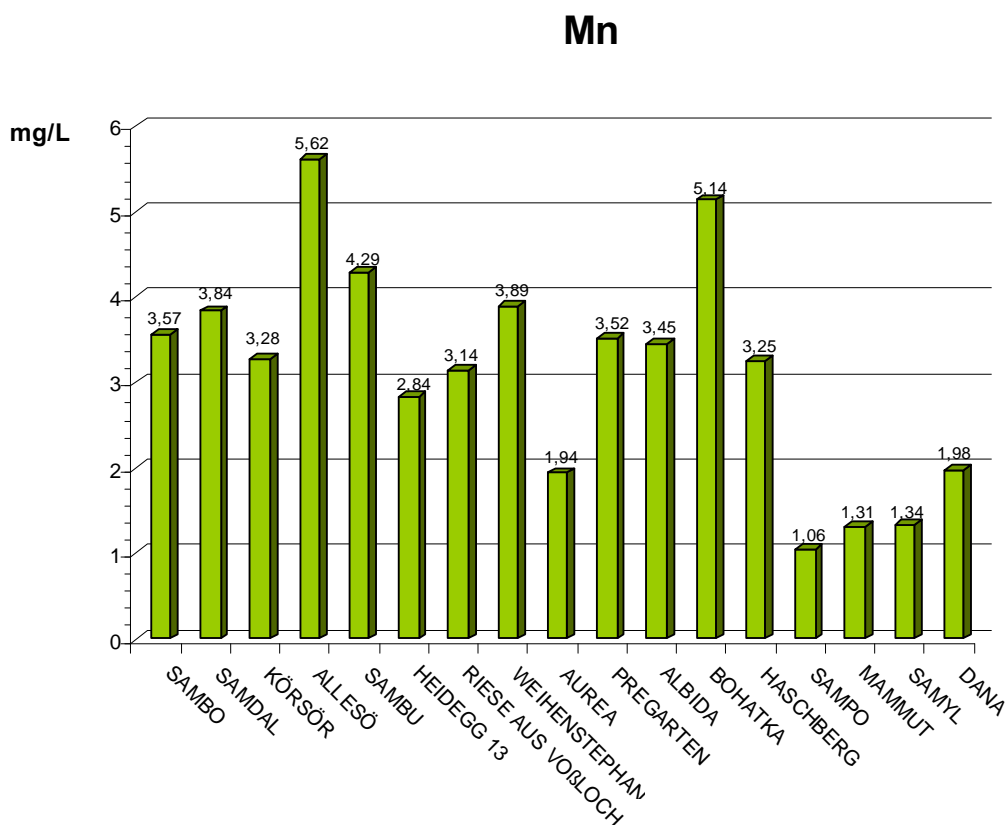
##### 4.1.1.1. Železo

Nejvíce železa obsahovala šťáva získaná z odrůdy Allesö, vyšší množství železa bylo stanoveno také u šťáv z odrůd Heidegg 13, Sambu a Sambo. U šťáv získaných z ostatních odrůd byla koncentrace železa přibližně stejná a pohybovala se kolem 130 µg/L. Doporučená denní dávka železa je v závislosti na věku člověka 7-18 mg. Výživová hodnota bezové šťávy, vztažena na konzumaci 1L šťávy, je tedy z hlediska obsahu železa zanedbatelná.



#### 4.1.1.2. Mangan

Ve všech analyzovaných bezových šťávách byl naměřen poměrně vysoký obsah manganu. Nejvíce manganu obsahovaly šťávy z odrůd Allesö a Bohatka. V šťávách ostatních odrůd černého bezu s výjimkou odrůd Sampo, Mamut, Samyl, Dana a Aurea se průměrný obsah manganu pohyboval kolem 3,4 mg/L. Doporučená denní dávka manganu je v závislosti na věku člověka 0,6–2,6 mg. Konzumace 1L bezové šťávy plně pokrývá denní potřebu manganu člověka.

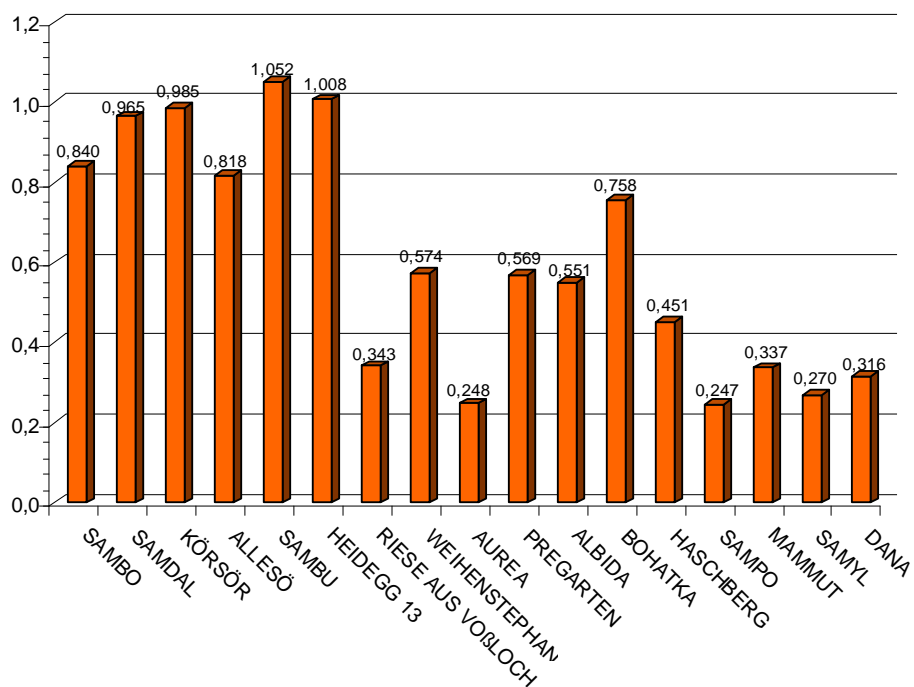


### 4.1.1.3. Měď

Vyšší obsah mědi byl naměřen ve šťávách získaných z odrůd Sambo, Samdal, Körsör, Allesö, Sambu, Heidegg 13 a Bohatka, v průměru 0,9 mg/L. Ve šťávách z odrůd Weihehnestephan, Pregarten, Albida a Haschberg byl průměrný obsah mědi 0,54 mg/L, u ostatních odrůd pak 0,29 mg/L. Doporučená denní dávka mědi se pohybuje v závislosti na věku člověka od 0,2 do 1 mg. Konzumace 1L bezové šťávy může pokrýt denní potřebu mědi u člověka. Měď může ve vyšších koncentracích působit také nepříznivě na zdraví člověka, proto je obsah mědi v potravinách sledován a legislativně ošetřen. Nejvyšší přípustné množství mědi v ovocných šťávách je stanoveno na 5 mg/L. Tuto normu žádný z analyzovaných vzorků nepřekročil.

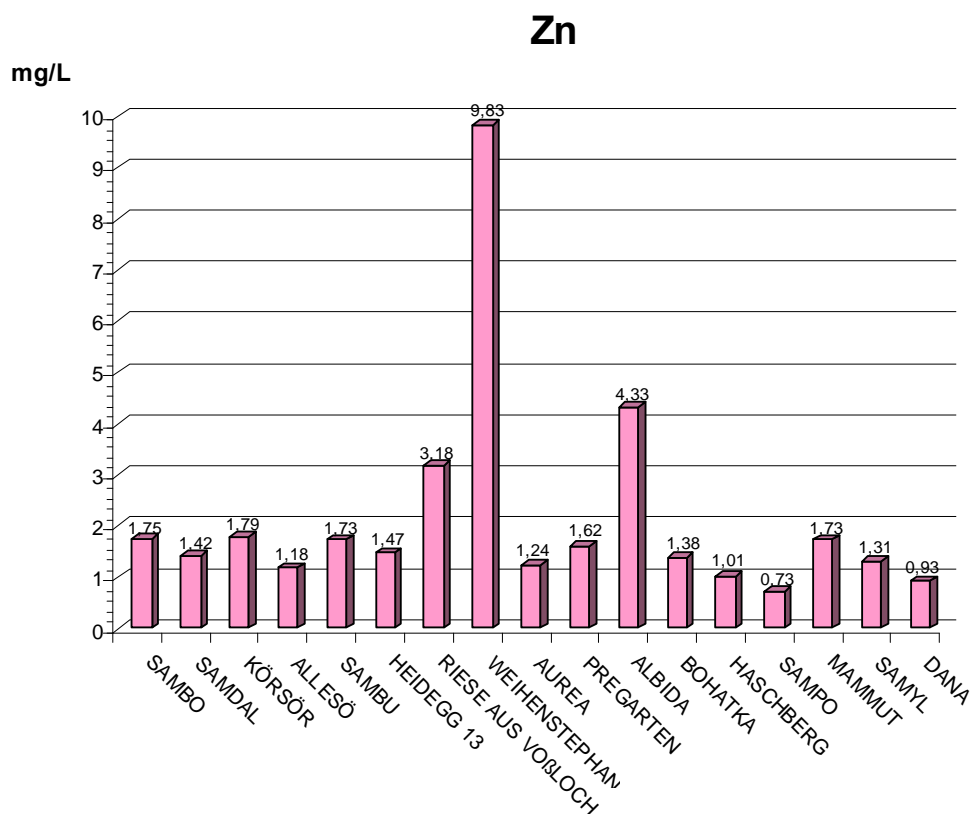
## Cu

mg/L



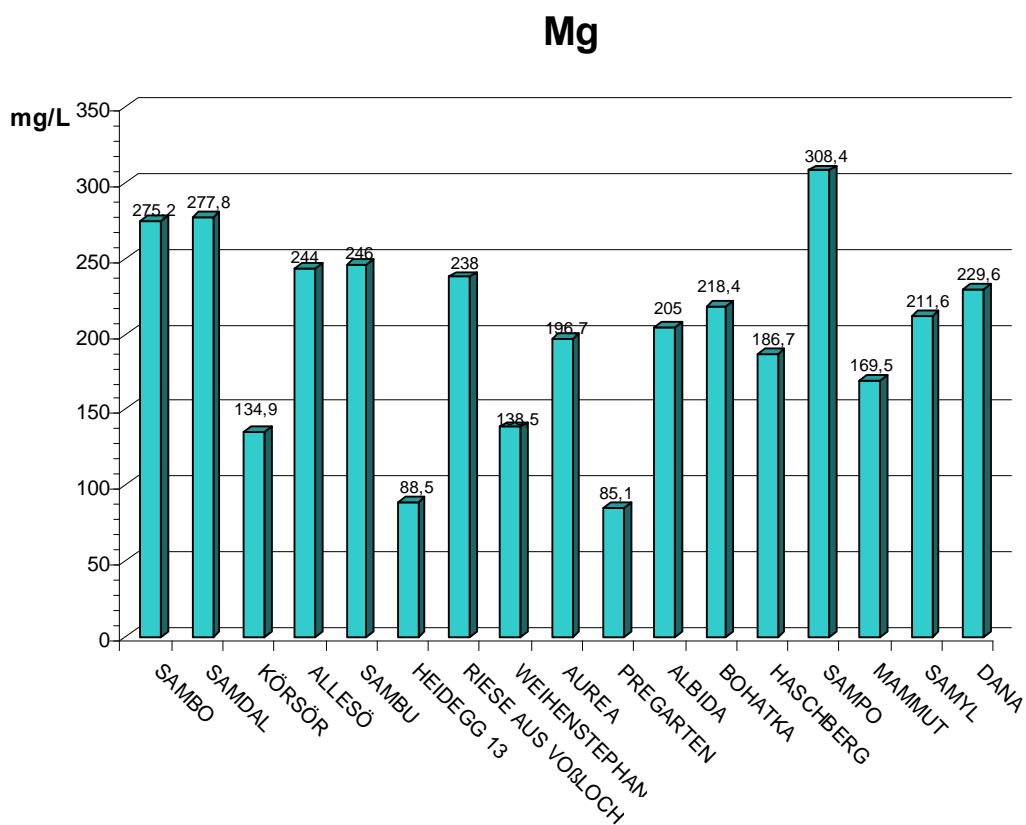
#### 4.1.1.4. Zinek

Velmi vysokou koncentraci zinku obsahovala šťáva z odrůdy Weihenstephan, 9,8 mg/L. Vyšší koncentrace obsahovaly i šťávy z odrůd Riese aus Voßloch a Albida, v průměru 3,8 mg/L. U šťáv z ostatních odrůd se koncentrace zinku pohybovala průměru kolem 1,4 mg/L. Nejvyšší povolené množství zinku v ovocných šťávách činí 5 mg/kg přičemž doporučená denní dávka zinku je 10 mg. Z legislativního hlediska je obsah zinku ve šťávě z odrůdy Weihenstephan vysoký a šťáva nespĺňuje kritéria dána zákonem č.298/1997 Sb. U šťáv ostatních odrůd norma již nebyla překročena a lze říci, že konzumace 1L bezové šťávy pokrývá doporučenou denní dávku zinku u člověka z 15–35 %.



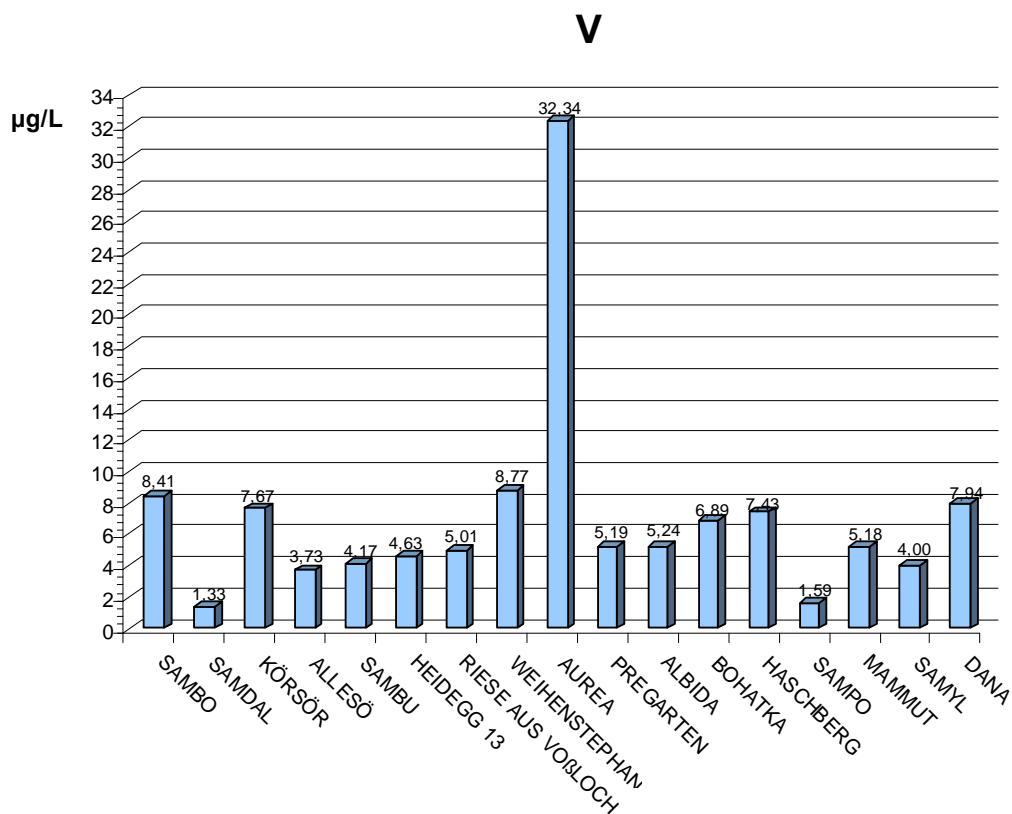
#### 4.1.1.5 Hořčík

Prakticky všechny vzorky bezových šťáv obsahovaly hořčík v relativně vysokých koncentracích. Nejvíce hořčíku bylo zastoupeno v odrůdě Sampo 308,4 mg/L. Naopak nízké koncentrace byly zaznamenány u odrůd Heidegg 13, Pragarten, Körsör a Weihenstephan v průměru 111,7 mg/L. U šťáv z ostatních odrůd černého bezu byla stanovena průměrná koncentrace hořčíku 223,4 mg/L. Doporučená denní dávka hořčíku se pohybuje v rozpětí 300-375 mg a závisí na věku i pohlaví člověka. Při konzumaci 1L bezové šťávy dochází k pokrytí doporučené denní dávky zhruba z 50–70 %.



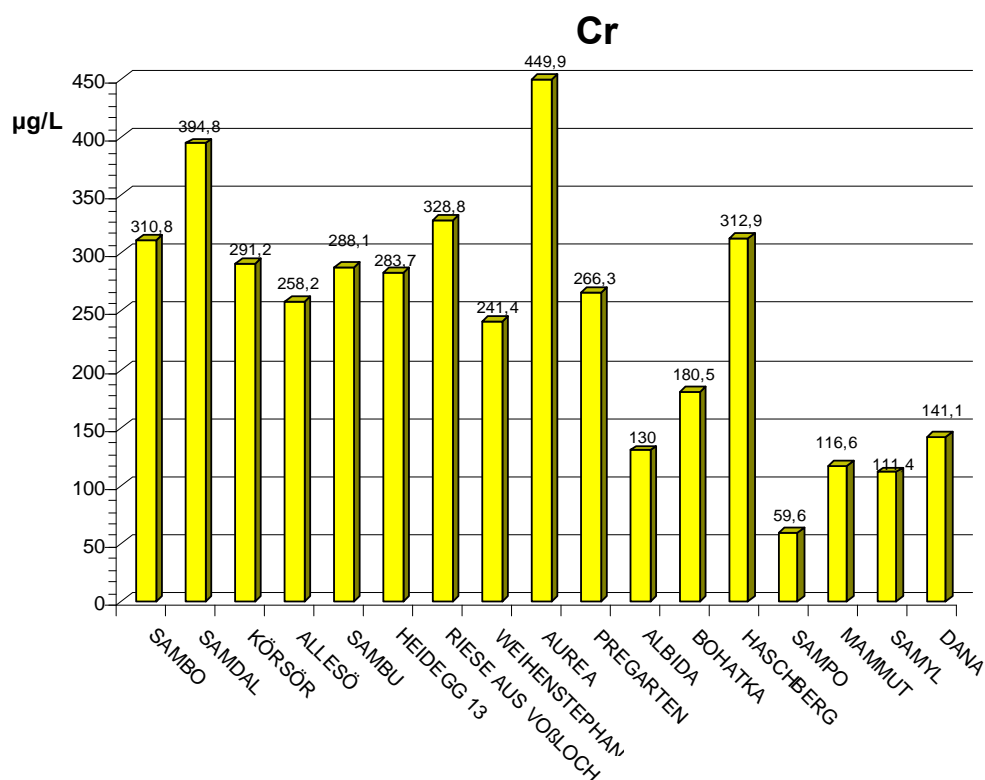
#### 4.1.1.6 Vanad

Nejvíce vanadu bylo naměřeno ve šťávě z odrůdy Aurea 32,34 µg/L. Ve šťávách z odrůd Sambo, Körsör, Weihenstephan, Bohatka, Haschberg a Dana byla naměřena průměrná koncentrace vanadu 7,8 µg/L, u ostatních odrůd pak v průměru 4,7 µg/L. Doporučená denní dávka vanadu není přesně stanovena, uvádí se hodnota 10-30 µg. Z naměřených dat lze konstatovat, že konzumace 1L bezové šťávy pokrývá z větší části doporučenou denní dávku vanadu pro člověka.



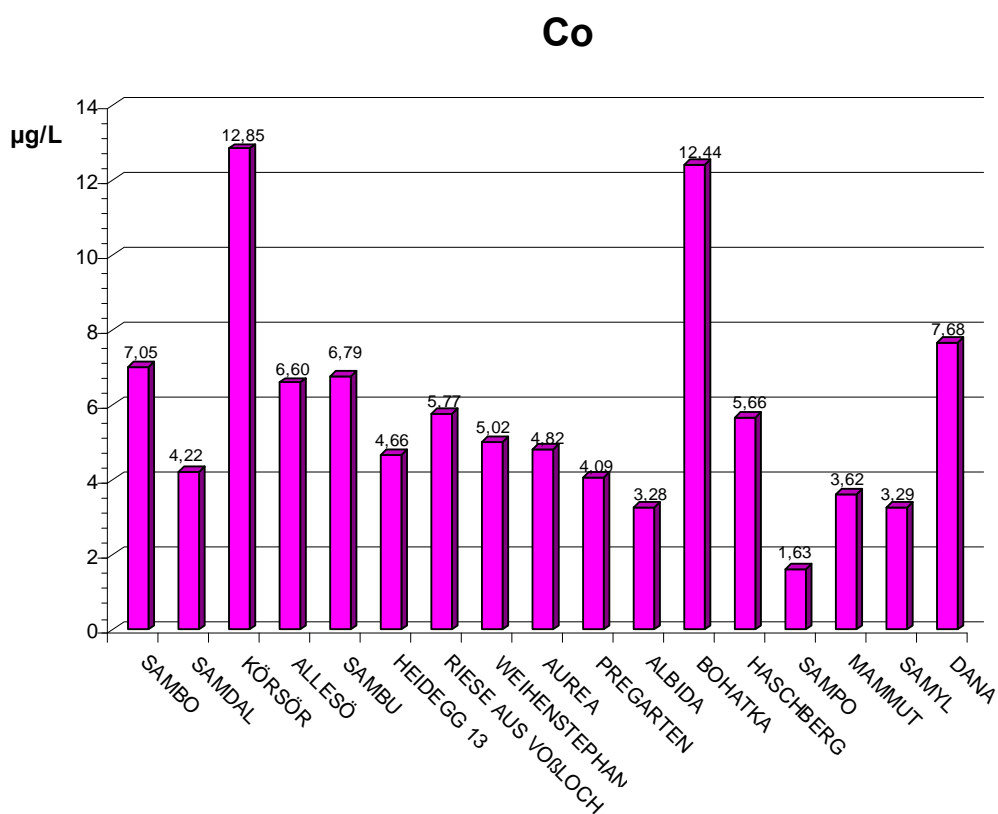
#### 4.1.1.7 Chrom

Ve většině bezových šťáv byly naměřeny poměrně vysoké koncentrace chromu. Nejvíce chromu obsahovaly šťávy Aurea a Samdal, v průměru 422,4  $\mu\text{g/L}$ . U odrůd Albida, Bohatka, Sampo, Mammut, Samyl a Dana byla stanovena průměrná koncentrace chromu 123,3  $\mu\text{g/L}$ . Šťávy z ostatních odrůd obsahovaly průměrně 286,8  $\mu\text{g/L}$  chromu. Zákon č.298/1997 Sb. udává nejvyšší povolené množství chromu v ovocných šťávách 1 mg/L. Všechny šťávy z černého bezu tuto normu splňují a při konzumaci 1L šťávy téměř plně pokrývají doporučenou denní dávku chromu pro člověka, která se pohybuje od 50 do 200  $\mu\text{g}$ .



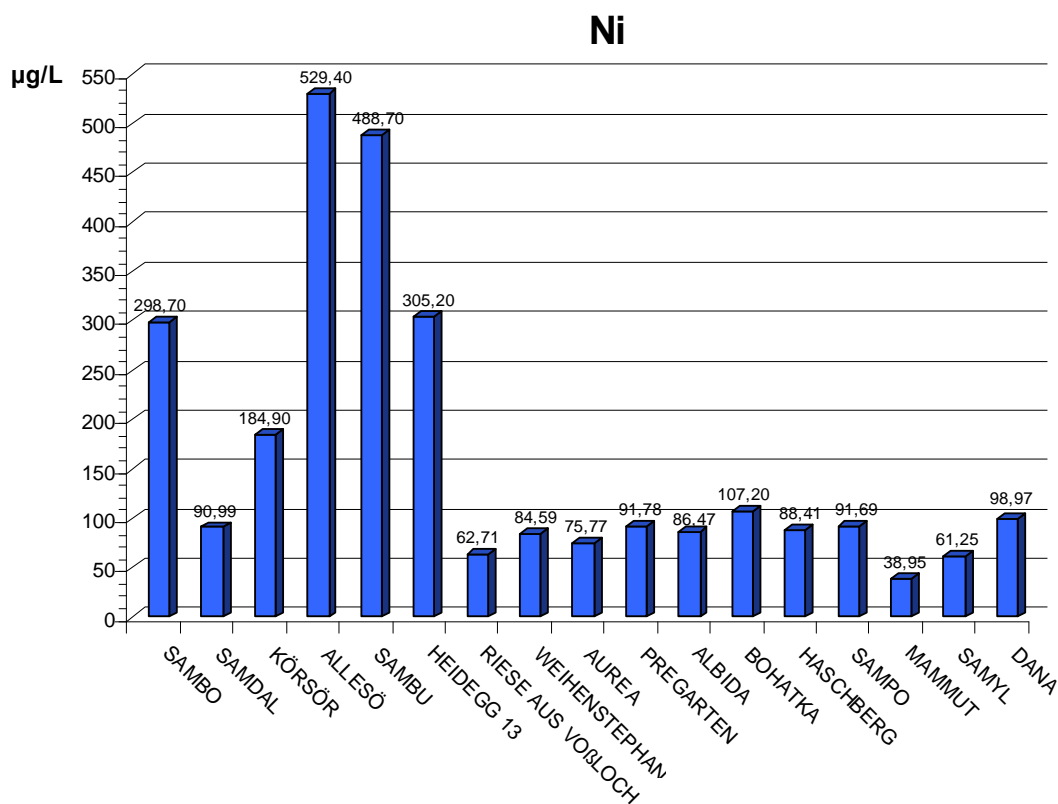
#### 4.1.1.8 Kobalt

Nejvyšší koncentrace kobaltu byly naměřeny ve šťávách z odrůd Körsör a Bohatka v průměru 12,7 µg/L. Šťávy odrůd Sambo, Allesö, Sambu a Dana rovněž obsahovaly vyšší koncentrace kobaltu, ve srovnání s ostatními odrůdami. Nižší koncentrace kobaltu byly naměřeny ve šťávách z odrůd Samyl, Mammut, Sampo a Albida v průměru 2,95 µg/L. Z pohledu výživy lze konstatovat, že konzumace 1L bezové šťávy dostatečně pokrývá doporučenou denní dávku kobaltu pro člověka, která se pohybuje v rozmezí 5–10 µg.



#### 4.1.1.9 Nikl

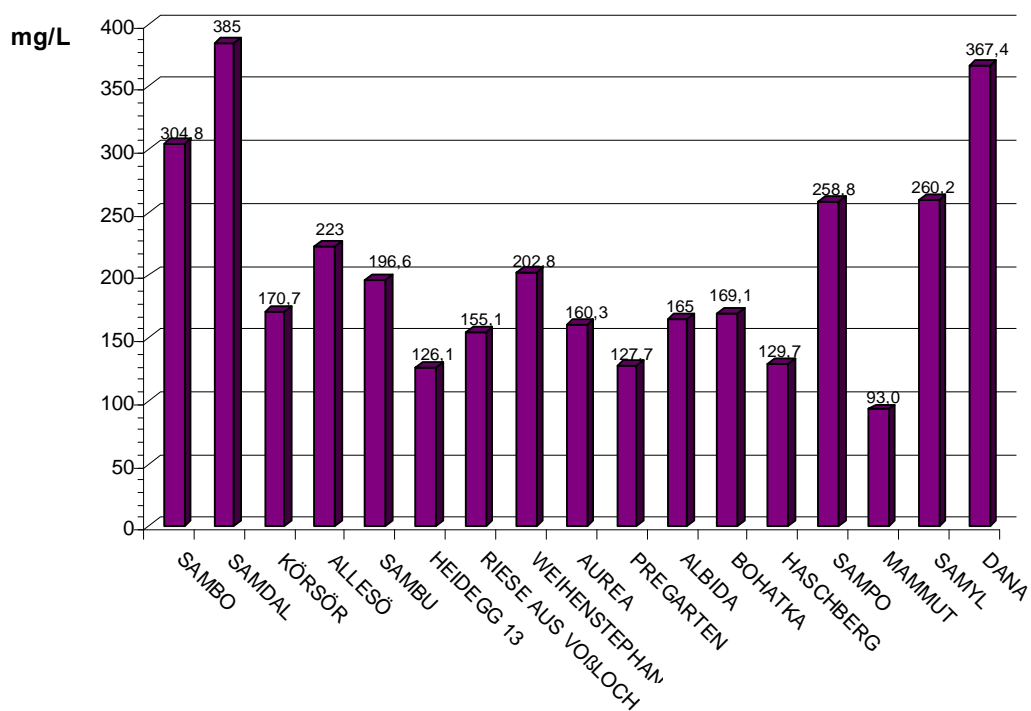
Průměrná koncentrace niklu u šťáv z odrůd Allesö a Sambu byla 509 µg/L. Vyšší koncentrace niklu byly také stanoveny ve šťávách z odrůd Sambo, Heidegg 13 a Körsör. Šťávy z ostatních odrůd obsahovaly v průměru 85 µg/L niklu. Doporučená denní dávka niklu pro člověka se pohybuje v rozmezí 150–700 µg. Konzumace 1L bezové šťávy tedy z větší části denní potřebu niklu pro člověka pokrývá. Nikl může ve vyšších koncentracích působit také nepříznivě na zdraví člověka, proto je obsah niklu v potravinách sledován a legislativně ošetřen. Nejvyšší přípustné množství niklu v ovocných šťávách je stanoveno na 6 mg/L. Tuto normu žádný z analyzovaných vzorků nepřekročil.



#### 4.1.1.10 Vápník

Nejvíce vápníku v porovnání se šťávami ostatních odrůd obsahovaly šťávy z odrůd Samdal, Dana a Sambo, 352 mg/L. Vyšší koncentrace vápníku také obsahovaly šťávy z odrůd Samyl a Sampo. Šťávy z ostatních odrůd obsahovaly průměrně 159,9 mg/L vápníku. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 800–1200 mg v závislosti na pohlaví, věku a stavu. Výživová hodnota bezové šťávy, vztažena na konzumaci 1L šťávy, je z hlediska obsahu vápníku zanedbatelná.

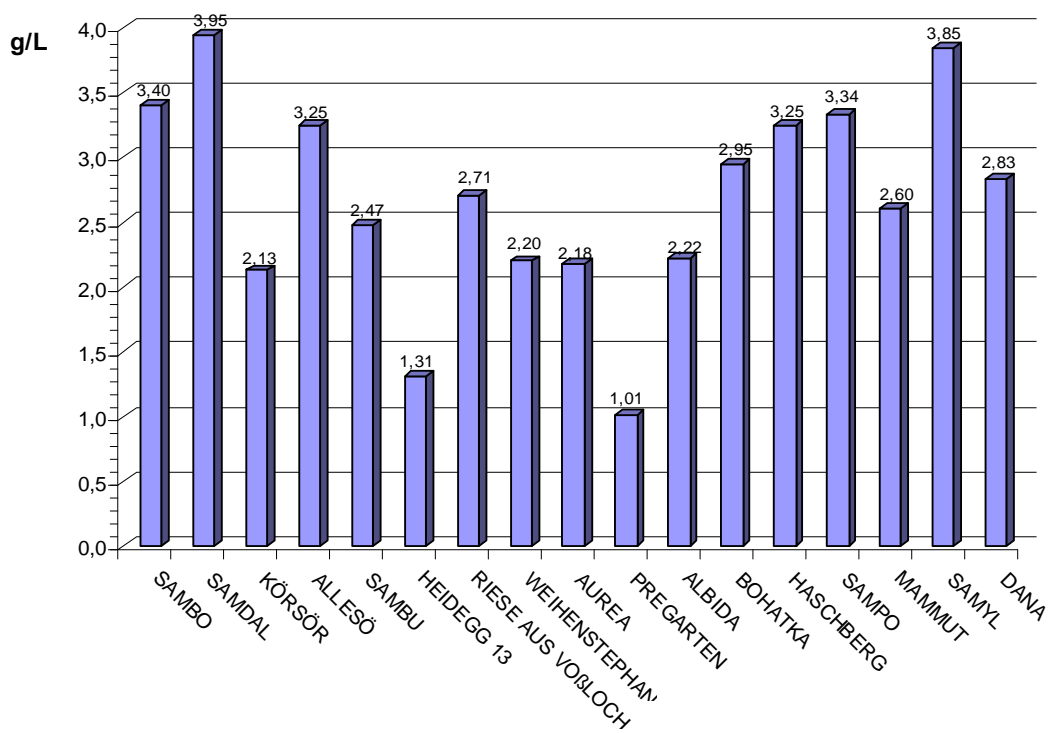
Ca



#### 4.1.1.11 Draslík

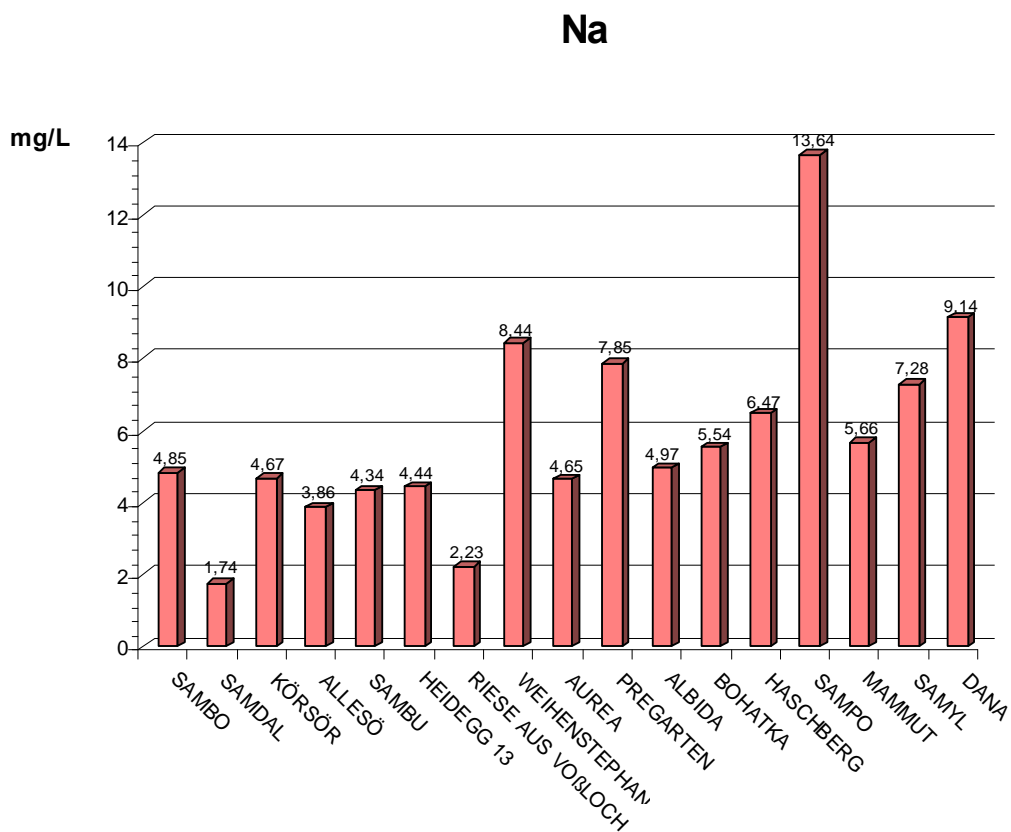
Ve všech analyzovaných bezových šťávách byl naměřen poměrně vysoký obsah draslíku. Nejvíce draslíku obsahovaly šťávy z odrůd Samyl, Sambo a Samdal v průměru 3,7 g/L. Nejméně draslíku obsahovaly šťávy z odrůd Heidegg 13 a Pregarten. Ostatní vzorky bezových šťáv obsahovaly průměrně 2,8 g/L draslíku. Doporučená denní dávka draslíku se pohybuje okolo 2 g. Konzumace 1L bezové šťávy tuto doporučenou denní dávku plně pokrývá.

K



#### 4.1.1.12 Sodík

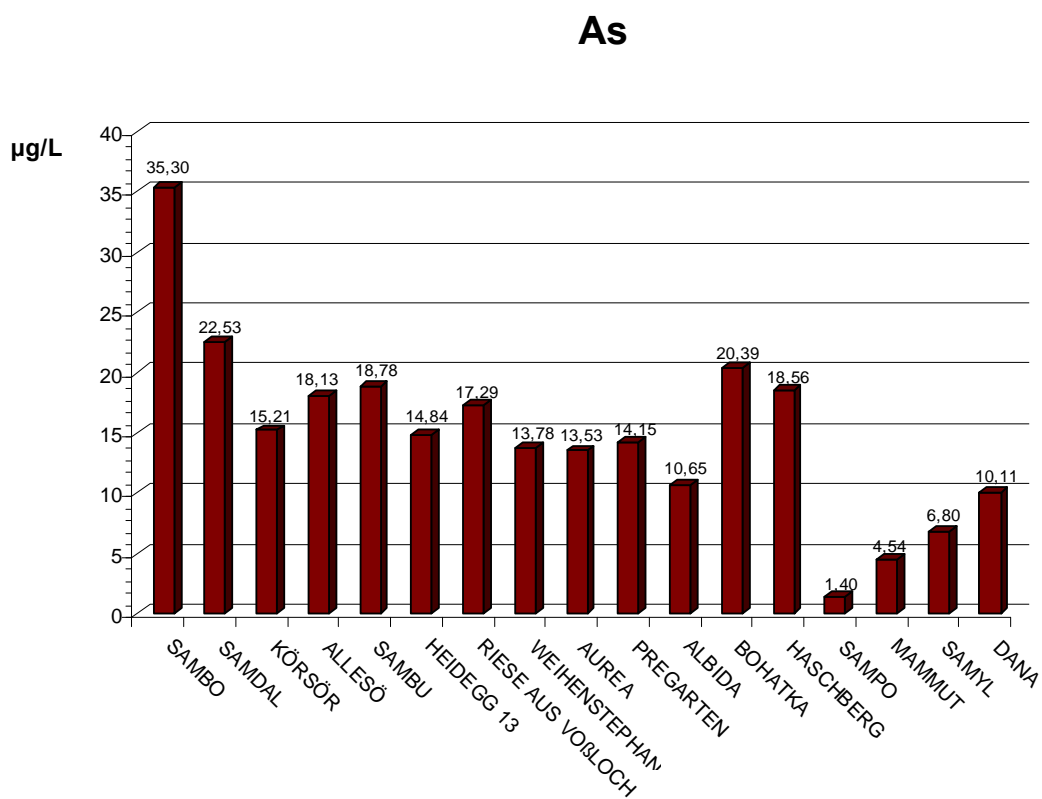
Na sodík je nejbohatší šťáva z odrůdy Sampo. Vysoké hodnoty sodíku byly zjištěny i ve šťávách z odrůd Weihenstephan, Pregarten, Samyl a Dana. Nižší koncentrace sodíku byly naměřeny ve šťávách z odrůd Samdal a Riese aus Voßloch, v průměru 1,98 mg/L. Šťávy z ostatních odrůd černého bezu obsahovaly v průměru 4,9 mg/L. Doporučená denní dávka sodíku je u dospělého člověka 500 mg. Z naměřených výsledků lze říci, že výživová hodnota bezové šťávy, vztažena na konzumaci 1L šťávy, je z hlediska obsahu sodíku zanedbatelná.



## 4.1.2. Koncentrace toxických kovů

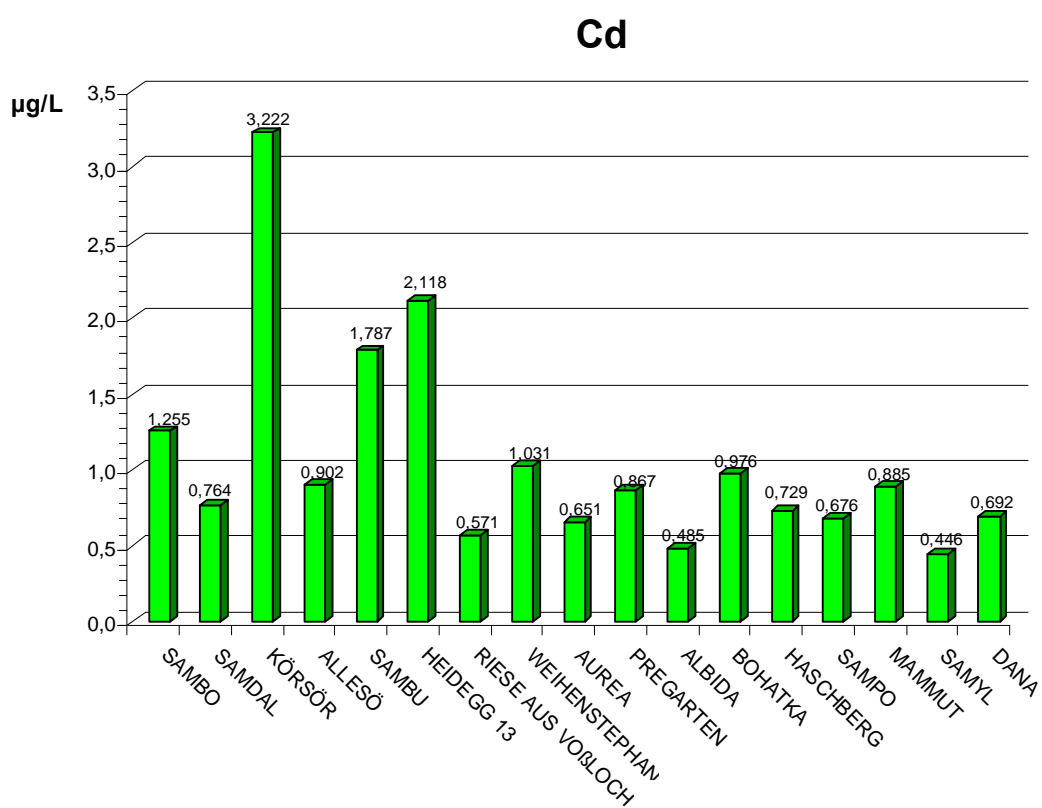
### 4.1.2.1 Arsen

Koncentrace arsenu byly ve všech šťávách z černého bezu poměrně nízké, pohybovaly se v rozmezí 1,4–35,3  $\mu\text{g/L}$ . Koncentrace arsenu je v potravinách kontrolována. Nejvyšší přípustnou koncentrací arsenu v ovocných šťávách udává zákon č.298/1997 Sb., 0,2 mg/L. Tuto normu splňovaly všechny analyzované vzorky.



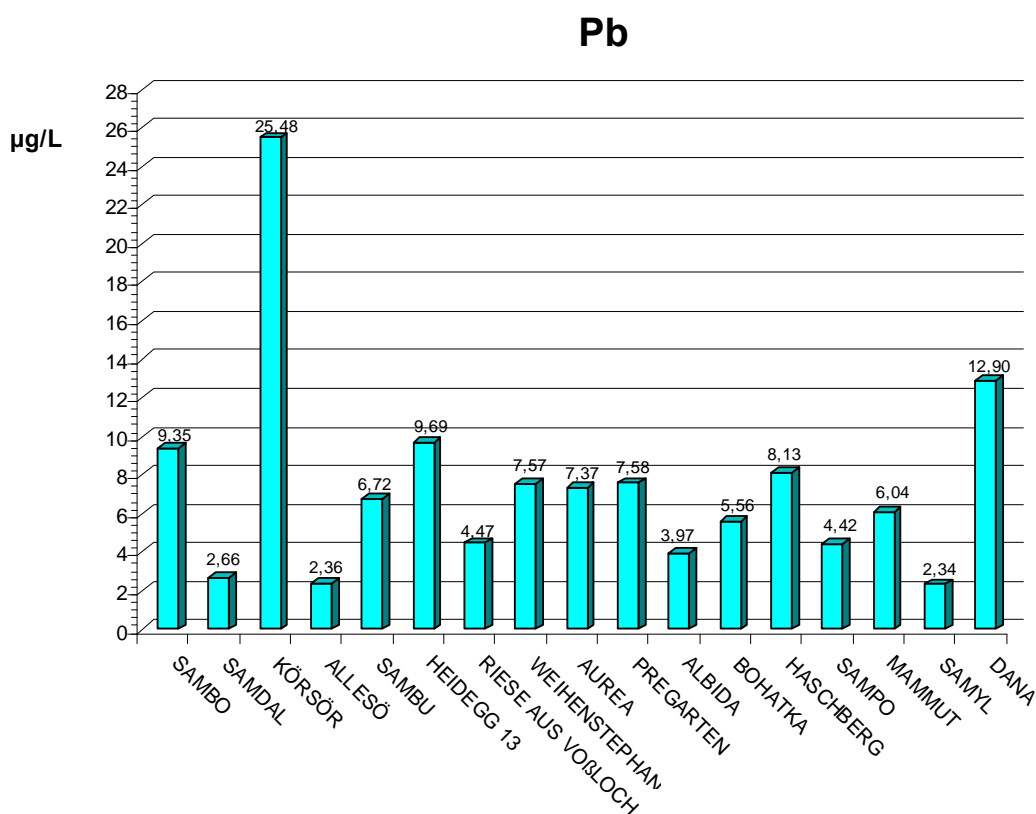
#### 4.1.2.2 Kadmium

Obsah kadmia ve všech analyzovaných šťávách černého bezu byl velmi nízký a u většiny vzorků nepřesahoval 1 µg/L. Nejvyšší povolené množství kadmia v ovocných šťávách je 50 µg/L. Šťávy všech odrůd tuto normu splňovaly.



### 4.1.2.3 Olovo

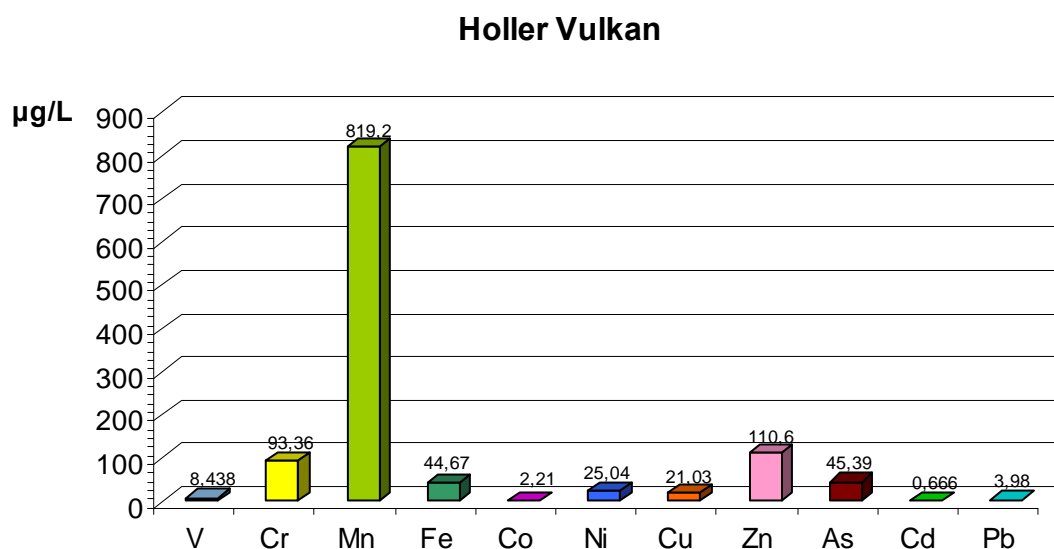
Nejvíce olova obsahovala šťáva z odrůdy Körsör 26 µg/L. Vyšší koncentrace olova byly také stanoveny ve šťávách z odrůd Dana, Sambo a Heidegg 13. Nejméně olova obsahovaly šťávy z odrůd Samyl, Samdal a Allesö v průměru 2,5 µg/L. Šťávy z ostatních odrůd obsahovaly v průměru 7,2 µg/L olova. Nejvyšší povolená koncentrace olova u nealkoholických nápojů je 20 µg/L. Z legislativního hlediska je obsah olova ve šťávě z odrůdy Körsör vysoký a šťáva nesplňuje kritéria dána zákonem č. 298/1997 Sb. U šťáv ostatních odrůd norma již překročena nebyla.



## 4.2 Analýza potravinového doplňku Holler Vulkan

Rakouský produkt Holler Vulkan je směs ovocných šťáv černého bezu, jablek, černého a červeného rybízu a aronie, která se v Rakousku prodává jako doplněk stravy. Produkt podobného typu plánuje vyrábět také družstvo Agrofrukt, avšak pouze jako dvousložkovou šťávu z černého bezu a z hroznové šťávy. Proto byla provedena orientační analýza se záměrem porovnat produkty navzájem. Produkt Holler Vulkan obsahoval vysoké koncentrace manganu (0,8 mg/L). Ve vyšších koncentracích zde byly zastoupeny prvky zinek, chrom, železo a arsen (kolem 0,1 mg/L). Koncentrace ostatních analyzovaných prvků se pohybovaly v jednotkách až desítkách  $\mu\text{g/L}$ . V porovnání s analyzovanými šťávami černého bezu, šťáva Holler Vulkan obsahovala nižší koncentrace všech měřených prvků, což je pravděpodobně způsobeno malým objemovým zastoupením bezové šťávy v produktu ve srovnání s ostatními složkami Holler Vulkan. Z výživového hlediska šťáva Holler Vulkan pokrývá doporučenou denní dávku Cr, Mn a As. Naopak výživová hodnota šťávy Holler Vulkan je z hlediska obsahu Fe, V, Ni, Co, Cu a Zn zanedbatelná. Holler Vulkan splňuje kritéria dána zákonem č. 298/1997 Sb.

Při analýze šťávy Holler Vulkan pomocí ICP-MS nebyla k dispozici kolizní cela. Koncentrace Ca, K, Na a Mg v tomto produktu tedy z toho důvodu nebyly stanoveny.



## 5 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla vypracována ve spolupráci s Výzkumným a šlechtitelským ústavem ovocnářským Holovousy a zemědělským družstvem AGROFRUKT Hustopeče. Zemědělské družstvo AGROFRUKT zakládá první sad černého bezu v ČR a má zájem využívat své produkce černého bezu k výrobě dvousložkové ovocné šťávy, která by měla příznivý vliv na zdraví konzumenta. Druhou složkou ovocné šťávy má být hroznová šťáva. V rámci přípravy tohoto projektu spolupracuje družstvo AGROFRUKT s Fakultou chemickou VUT v Brně, která provádí analýzy vyrobených šťáv. V této diplomové práci byl stanoven obsah vybraných kovů ve šťávách 17ti odrůd černého bezu. Kromě stanovení kovů v bezových šťávách byly zjišťovány i další parametry těchto šťáv, které jsou předmětem jiných diplomových prací.

Bez černý je významným zdrojem Cr, Mn, Fe, Ni, Cu a Zn. Všechny bezové šťávy obsahovaly tyto prvky ve vyšší koncentraci. Z pohledu nutriční hodnoty konzumace 1L bezové šťávy plně pokrývá doporučenou denní dávku Mn, Cu, Cr, K, dostatečně denní dávku Co a částečně pokrývá doporučenou denní dávku Zn (15–35 %), Mg (50–70 %) V (50–80 %) a Ni (56 % a více). Výživová hodnota bezové šťávy, vztažená na konzumaci 1L šťávy, je z hlediska obsahu Ca, Na a Fe zanedbatelná. Koncentrace toxických prvků As, Cd a Pb nepřekračovaly normu danou zákonem č. 298/1997 Sb., která uvádí maximální povolená množství kovů v ovocných šťávách a nápojích. Tomuto zákonu nevyhověla pouze, odrůda Körsör, kde byly zjištěny vysoké obsahy olova. Z hlediska zákona 298/1997 Sb. normu na obsah kovů v ovocných šťávách a nápojích rovněž nesplňovala šťáva z odrůdy Weihenstephan, ve které byly naměřeny vysoké koncentrace zinku. Původ kontaminace těchto odrůd černého bezu zinkem a olovem se nepodařilo zjistit.

Nutriční hodnota zkoumaných bezových šťáv je pouze orientačním údajem, neboť tyto šťávy byly analyzovány ve formě koncentráту. Samotná bezová šťáva je ze sensorického hlediska poměrně trpká a špatně konzumovatelná. V praxi bývá často ředěna vodou či jinými ovocnými šťávami. I přes naředení bezové šťávy hroznovou šťávou lze však předpokládat, že finální produkt zemědělského družstva AGROFRUKT bude významným potravinovým doplňkem.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] BARTA, F.: *Učebnica zdravej výživy – zeleninové a ovocné šťávy zdroj zdraví*. 2. vyd. Bratislava – Alfa. 1992. 57s. ISBN 80-05-01057-5
- [2] DRDÁK, M.: *Technológia rastlinných neúdržných potravín*. 1.vyd. Bratislava – Alfa. 1989. 304s. ISBN 80-05-00121-5
- [3] KADLEC, P. a kol.: *Technologie potravín I*. 1. vyd. Praha – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2007. 300s. ISBN 80-7080-509-9
- [4] ČEPIČKA, J. a kol.: *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd. Praha – VŠCHT. 1995. 246s. ISBN 80-7080-239-1
- [5] OPICHAL, F., DOSTÁL, D.: *Bez černý – Sambucus nigra*. 4. vyd. Dostál D., 1991. 46s. 59-310-91
- [6] MEZERA, A.: *Naše stromy a keře*. 2. vyd. Praha – Albatros, 1989. 426s. ISBN 13-907-89
- [7] [www.botany.cz](http://www.botany.cz) [online]. 2007 [cit. 2011-02-11]. Dostupný z WWW: < <http://botany.cz/cs/sambucus-nigra/> >
- [8] HANSPETER, H.: *Černý bez a naše zdraví*. Fontána, 2002. 160s. ISBN 80-86179-98-2
- [9] JANČA, J., ZENTRICH, J.: *Herbář léčivých rostlin*. 1. vyd. Praha – EMINENT. 1994. 287s. ISBN 80-85876-02-7
- [10] SPOHNOVÁ, M., GOLTE-BECHTLEOVÁ, M.: *Plané rostliny střední Evropy*. 1.vyd. Praha – Euromedia Group, 2010. 400s. ISBN 978-80-242-2479-4
- [11] HLAVA, B., VALÍČEK, P.: *Léčivé byliny*. 2. vyd. Praha – AVENTINUM, 2005. 191s. ISBN 80-7151-249-4
- [12] BODLÁK, J.: *Příroda léčí*. Praha – Granit, 2004. 239s. ISBN 80-7296-036-9
- [13] OPLETAL, L., VOLÁK, J.: *Rostliny pro zdraví*. 1. vyd. Praha – AVENTINUM, 1999. 176s. ISBN 80-7151-074-2
- [14] <http://abecedariovegetal.wordpress.com/page/5/> (obrázek)
- [15] <http://www.green-blessings.com/page000.aspx> (obrázek)
- [16] <http://www.zivazahrada.com/ovoce/> (obrázek)
- [17] <http://environnement.ecole.free.fr/habitat-feuillus.htm> (obrázek)
- [18] VOLÁK, J., STODOLA, J., SEVERA, F.: *Vel'ká kniha léčivých rastlín*. 1. Vyd. Bratislava – Příroda, 1987. 320s. ISBN 064-029-87 (obrázek)

- [19] PAMPLOVA-ROGER, Georgie D.: *Encyklopedie léčivých rostlin*. 1. vyd. Praha – Advent-Orion, 2008. 385s. ISBN 978-80-7172-119-2
- [20] VEBERIC, R., JAKOPIC, J., STAMPAR, F., SCHMITZER, V.: European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food chemistry*, 2009, roč. 114, s 511–515
- [21] VELÍŠEK, J., HAJŠOVÁ, J.: *Chemie potravin I*. 3.vyd. Havlíčkův Brod – OSSIS, 2009. 602s. ISBN 978-80-86659-15-2
- [22] ZADÁK, Z.: *Magnesium a další minerály, vitaminy a stopové prvky ve službách zdraví*. 1. vyd. Zlín – Presstempus, s.r.o. 2006. 72s. ISBN 80-903350-7-1
- [23] MINDELL, E., MUNDISOVÁ, H.: *Nová vitaminová bible. 2. Vyd.* Praha – Ikar. 2006. 576s. ISBN 80-249-0744-5
- [24] AH PILON-SMITS, E., QUINN, C. F, TAPKEN, W., MALAGOLI, M., SCHIAVON, M.: Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009, roč. 12, s. 267-274.
- [25] JORDÁN, V., HHEMZALOVÁ, M.: *Antioxidanty zázračné zbraně; vitaminy-aminokyseliny stopové prvky – minerály a jejich využití pro zdravý život*. 1.vyd. Zlín – JOTA,s.r.o. 2001. 160s. ISBN 80-7217-156-9
- [26] ROEDIGEROVÁ-STREUBELOVÁ, S.: *Minerální látky a stopové prvky*. 1.vyd. Praha – Ivo Železný, nakladatelství a vydavatelství. 1997. 158s. ISBN 80-237-3490-3
- [27] URSELLOVÁ, A.: *Vitaminy a minerály*. 1.vyd. Bratislava – Noxi,s.r.o. 2004. 128s. ISBN 80-89179-00-2
- [28] HOPFENZITZ, P.: *Minerální látky*. 1.vyd. Praha – Ikar, 1999. 88s. ISBN 80-7202-546-5
- [29] ŽÁK, A., ADÁMKOVÁ, V.: *Nutriční podpora, praktický rádce pro sestry. 1. vyd.* Praha – Grada Publishing, a.s., 2007. 248s. ISBN 978-80-247-1868-2
- [30] SASSINE, M., MERGLER, D., BOWLER, R., HUDNELL, H.K.: Manganese accentuates adverse mental health effects associated with alcohol use disorders. *Biological Psychiatry*. 2002, roč. 51, s. 909-921
- [31] BRHEL, P., PICKA, K., HRUBÁ, D.: *Úvod do průmyslové toxikologie*. 1. vyd. Brno – Masarykova univerzita, 1998. 58s. ISBN 80-210-1738-4
- [32] BENCKO,V, CIKRT, M., LENER, J.: *Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka*. 1. vyd. Praha – Avicentrum, 1984. 264s. ISBN 08-052-84
- [33] VELÍŠEK, J., HAJŠOVÁ, J.: *Chemie potravin II*. 3. vyd. Havlíčkův Brod – OSSIS, 2009. 644s. ISBN 978-80-86659-16-9

- [34] CIBILKA, J. a kol.: *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. 1. vyd. Praha – Academia, 1991. 432s. ISBN 80-200-0401-7
- [35] CIBILKA, J. a kol.: *Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře*. 2. vyd. Praha – Státní zemědělské nakladatelství, 1986. 160s. ISBN 07-100-86
- [36] PATOČKA, J. a kol.: *Nutriční toxikologie*. 1. vyd. České Budějovice – Jihočeská univerzita. 2008. 71s. ISBN 978-80-7394-055-3
- [37] MESTEK, O.: *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem*. Praha – VŠCHT. 2010. 34s.
- [38] *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry : A primer*. USA : Agilent Technologies, 2005. 80 s. ISBN 5989-3526EN
- [39] SOMMER, L. a kol.: *Optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu a vysokoteplotních plamenech*. 1. vyd. Praha – Academia. 1992. 151s. ISBN 0231-6412
- [40] MICHALJEVIČ, M., STRNAD, L. ŠEBEK, O.: Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy*. 2004, roč. 98, č.-,s.123-130
- [41] FILIPČÍKOVÁ, M.: *Stanovení toxických a esenciálních prvků v rostlinných materiálech*. Brno - Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.
- [42] OTRUBA, V.: *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem*. Brno – Spektroskopická společnost Jana Marka Maci. 2008. 194s. ISBN 80-903732-4-0
- [43] MACHÁT, J.: *Spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem*. 1. vyd. Brno – Masarikova univerzita. 2001. 152s. ISBN 80-210-2713-4
- [44] [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) [online]. 2005 [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://minerals.cr.usgs.gov/icpms/intro.html>>
- [45] TORMEN, L., TORRES, D.P., DITTERT, I.M., G.O. ARAÚJO, R., L.A. FRESCURA, V., CURTIUS, A.J.: Rapid assessment of metal contamination in commercial fruit juices by inductively coupled mass spektrometry after a simple dilution. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011, roč. 24, s. 95-102

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

atd.	a tak dále
popř.	popřípadě
např.	například
apod.	a podobně
tj.	to je
mj.	mimo jiné
tzv.	takzvaná
aj.	a jiné
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)
VUT	Vysoké učení technické

## **PŘÍLOHY**

Příloha č.1: Tabulky koncentrací prvků u jednotlivých druhů bezových šťáv

Příloha č.2: Tabulka koncentrací prvků u různých ovocných šťáv

## Příloha 1

Koncentrace jednotlivých prvků v bezových šťávách.

Prvek	DDD (mg)	Koncentrace v mg/L (*µg/L)			
		Dana	Sampo	Samyl	Körsör
As	0,025-0,125	10,1±0,3*	1,4±0,3*	6,80±0,12*	15,2±0,6*
Cd	-	0,69±0,04*	0,676±0,011*	0,45±0,031*	3,2±0,1*
Pb	-	12,90±0,07*	4,42±0,11*	2,34±0,04*	25,48±0,21*
Fe	7-18	0,122±0,001	0,1074±0,0008	0,0802±0,0005	0,23±0,03
Cu	0,2-1	0,316±0,004	0,2473±0,0006	0,270±0,002	0,985±0,01
Mg	300-375	229,6±5,1	308,4±3,3	211,6±5,7	134,9±1,7
Zn	10	0,928±0,012	0,725±0,003	1,312±0,007	1,789±0,012
Mn	0,6-2,6	1,98±0,04	1,057±0,007	1,340±0,022	3,282±0,024
Ca	800-1200	367±8	259±23	260±7	171±21
K	2 000	2 832±14	3 338±46	3 848±14	2 128±10
V	0,010-0,030	7,94±0,09*	1,59±0,07*	3,99±0,11*	7,7±0,3*
Co	0,005-0,010	7,68±0,15*	1,626±0,012*	3,293±0,034*	12,9±0,2*
Cr	0,05-0,2	0,141±0,002	0,0596±0,0006	0,1114±0,0018	0,2912±0,0024
Ni	0,15-0,7	0,0990±0,0013	0,0917±0,0021	0,0613±0,0019	0,1849±0,0004
Na	500	9,1±0,1	13,64±0,19	7,28±0,11	4,67±0,17

„-“, hodnota doporučené denní dávky nebyla stanovena

Koncentrace jednotlivých prvků v bezových šťávách.

Prvek	DDD (mg)	Koncentrace v mg/L (*µg/L)			
		Allesö	Haschberg	Pregarten	Heidegg 13
As	0,025-0,125	18,10±0,13*	18,6±0,8*	14,2±0,3*	14,8±0,4*
Cd	-	0,90±0,02*	0,729±0,05*	0,87±0,09*	2,118±0,083*
Pb	-	2,36±0,04*	8,13±0,14*	7,58±0,04*	9,69±0,06*
Fe	7-18	0,7492±0,0026	0,1618±0,0026	0,1540±0,0009	0,33±0,04
Cu	0,2-1	0,8180±0,0019	0,45±0,01	0,569±0,003	100,800±0,003
Mg	300-375	244,0±8,5	186,7±0,5	85,1±1,6	88,5±4,1
Zn	10	1,183±0,004	1,01±0,03	1,615±0,006	1,470±0,008
Mn	0,6-2,6	5,62±0,03	3,25±0,08	3,52±0,05	2,84±0,01
Ca	800-1200	223,0±15,9	129,7±7,8	127,7±7,8	126,1±11,2
K	2 000	3 248,0±15,3	3 250,0±11,6	1 010,6±14,2	1312,6±18,3
V	0,010-0,030	3,73±0,07*	7,4±0,3*	5,19±0,08*	4,6±0,1*
Co	0,005-0,010	6,60±0,03*	5,66±0,14*	4,09±0,06*	4,66±0,01*
Cr	0,05-0,2	0,2582±0,0005	0,31±0,06	0,266±0,003	0,28±0,04
Ni	0,15-0,7	0,5294±0,0012	0,0884±0,0022	0,0918±0,0003	0,3052±0,0003
Na	500	3,86±0,08	6,47±0,09	7,85±0,09	4,4±0,5

„-“, hodnota doporučené denní dávky nebyla stanovena

Koncentrace jednotlivých prvků v bezových šťávách.

Prvek	DDD (mg)	Koncentrace v mg/L (*µg/L)			
		Mammut	Aurea	Samdal	Weihenstephan
As	0,025-0,125	4,54±0,18*	13,5±0,4*	22,53±1,12*	13,8±0,3*
Cd	-	0,885±0,029*	0,651±0,023*	0,764±0,015*	1,031±0,047*
Pb	-	6,042±0,024*	7,37±0,13*	2,66±0,17*	7,57±0,09*
Fe	7-18	0,069±0,003	0,1170±0,0008	0,1350±0,0008	0,1461±0,0004
Cu	0,2-1	0,3371±0,0011	0,2481±0,0007	0,965±0,008	0,574±0,003
Mg	300-375	169,50±5,11	196,7±7,4	277,8±1,4	138,5±2,9
Zn	10	1,729±0,009	1,24±0,01	1,416±0,019	9,83±0,04
Mn	0,6-2,6	1,311±0,008	1,939±0,008	3,836±0,021	3,892±0,014
Ca	800-1200	93,0±13,6	160,3±12,1	385,0±28,8	202,8±22,6
K	2 000	2604,0±40,8	2176,0±50,1	3950,0±65,3	2200±29
V	0,010-0,030	5,16±0,21*	32,34±0,06*	1,33±0,02*	8,8±1,9*
Co	0,005-0,010	3,615±0,016*	4,816±0,017*	4,22±0,05*	5,022±0,012*
Cr	0,05-0,2	0,1166±0,0019	0,45±0,06	0,3948±0,0015	0,2414±0,0027
Ni	0,15-0,7	0,039±0,003	0,0758±0,0006	0,0910±0,0017	0,0846±0,0013
Na	500	5,66±0,03	4,65±0,05	1,74±0,03	8,44±0,07

„-“, hodnota doporučené denní dávky nebyla stanovena

Koncentrace jednotlivých prvků v bezových šťávách.

Prvek	DDD (mg)	Koncentrace v mg/L (*µg/L)				
		Bohatka	Sambu	Sambo	Albida	Riese aus VoBloch
As	0,025-0,125	20,39±0,16*	18,8±0,5*	35,3±0,5*	10,6±0,3*	17,3±0,7*
Cd	-	0,976±0,015*	0,00178±0,00002*	0,001±0,019*	0,485±0,005*	0,571±0,023*
Pb	-	5,6±0,7*	6,72±0,08*	9,4±0,5*	3,97±0,04*	4,47±0,26*
Fe	7-18	0,1566±0,0015	0,466±0,005	0,3425±0,0008	0,1178±0,0016	0,097±0,004
Cu	0,2-1	0,758±0,006	1,052±0,009	0,839±0,006	0,551±0,004	0,343±0,019
Mg	300-375	218,4±4,6	246,0±2,8	275,2±5,4	205,0±3,1	238,0±2,9
Zn	10	1,383±0,012	1,732±0,018	1,7480±0,0016	4,33±0,04	3,18±0,15
Mn	0,6-2,6	5,14±0,06	4,29±0,05	3,570±0,017	3,45±0,03	3,14±0,14
Ca	800-1200	169,1±27,6	196,6±16,3	304,8±34,1	165,0±6,8	155,1±16,6
K	2 000	2954,00±32,12	2472,0±34,3	3404,0±49,1	2222,0±19,3	2708,0±6,7
V	0,010-0,030	6,89±0,11*	4,17±0,12*	8,41±0,13*	5,24±0,09*	5,0±0,2*
Co	0,005-0,010	12,44±0,09*	6,79±0,07*	7,05±0,07*	3,28±0,07*	5,77±0,25*
Cr	0,05-0,2	0,181±0,018	0,288±0,004	0,3108±0,0015	0,1300±0,0008	0,3288±0,015
Ni	0,15-0,7	0,1072±0,0005	0,489±0,005	0,2987±0,0017	0,0865±0,0021	0,0627±0,0024
Na	500	5,5±0,7	4,34±0,11	4,85±0,07	4,97±0,03	2,23±0,28

„-“, hodnota doporučené denní dávky nebyla stanovena

## Příloha 2

Srovnání složení ovocných šťáv získaných metodou ICP-MS. Hodnoty jsou uvedeny v  $\mu\text{g/L}$  [45].

Prvek	Hrozny	Pomeranč	Jablko	Holler Vulkan
As	-	-	-	45,4±3,8
Cd	<LOD	<LOD	<LOD	0,66±0,06
Pb	1,4±0,1	2±0,1	0,2±1	3,98±0,3
Fe	3090±90	2750±90	760±30	44,7±2,3
Cu	30±1	23±1	73±1	21,03±1,11
Mg	-	-	-	-
Zn	71±3	60±5	200±7	110,6±5,4
Mn	240±8	180±5	75±2	819,2±32,9
Ca	679500±14,7	711100±18,2	13400±260	-
K	-	-	-	-
V	6,5±0,2	3,8±0,1	1,6±0,1	8,4±0,4
Co	1,0±0,1	0,9±0,1	<LOD	2,21±0,14
Cr	-	-	-	93,36±6,13
Ni	24,1±0,4	20,5±0,1	3,9±0,3	25,04±2,14
Na	7600±700	9600±300	187 400±2800	-

„-“, tyto prvky nebyly měřeny