

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

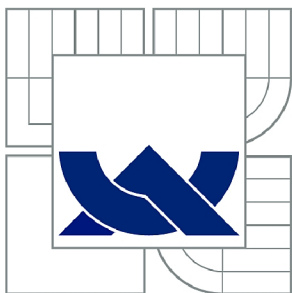
ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA RŮZNÝCH ODRŮD RYBÍZU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

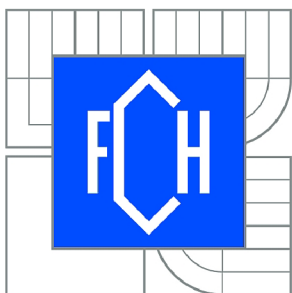
TEREZA KOVAŘÍKOVÁ

BRNO 2015



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

ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA RŮZNÝCH ODRŮD RYBÍZU

ELEMENTAL ANALYSIS OF DIFFERENT CURRANTS VARIETIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TEREZA KOVAŘÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL DIVIŠ, Ph.D.

BRNO 2015



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

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0881/2014	Akademický rok: 2014/2015
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	Tereza Kovaříková	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor:	Potravinářská chemie (2901R021)	
Vedoucí práce	doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.	
Konzultanti:	Ing. Aleš Matějček, Ph.D.	

Název bakalářské práce:

Elementární analýza různých odrůd rybízu

Zadání bakalářské práce:

1. zpracování literární rešerže k zadanému tématu
2. příprava vzorků k analýze
3. analýza vzorků různých odrůd rybízu
4. vyhodnocení naměřených výsledků

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.5.2015**

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Tereza Kovaříková
Student(ka)

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

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá prvkovou analýzou různých odrůd rybízu, a to červeného (*Ribes rubrum*), bílého (*Ribes vulgare*) a černého (*Ribes nigrum*).

V teoretické části je uveden botanický popis každé odrůdy tohoto drobného ovoce, následně popis analyzovaných prvků a jejich funkce v lidském metabolismu, poté jsou popsány analytické metody použitelné pro prvkovou analýzu v potravinách.

Experimentální část je zaměřena na přípravu vzorku a jeho následnou analýzu pomocí spektroskopických metod. K analýze byly použity vzorky rybízu poskytnuté Výzkumným a šlechtitelským ústavem ovocnářským v Holovousích s.r.o. K mineralizaci vzorků byla použita mokrá cesta, konkrétně pomocí koncentrované HNO_3 a vzorky byly následně analyzovány technikou ICP–OES. Výsledné koncentrace jednotlivých prvků (Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn) byly v každé odrůdě porovnány mezi sebou pomocí Tukeyho metodou mnohonásobného porovnání a s výsledky uváděnými v literatuře.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the elemental analysis of different varieties of red (*Ribes rubrum*), white (*Ribes vulgare*) and black currant (*Ribes nigrum*).

The theoretical part contains botanical description of each variety of this small fruit, then description of analyzed elements and their function in human metabolism. Then there are described analytical methods suitable for elemental analysis in food.

The experimental part is focused on the preparation of sample and its subsequent analysis by spectroscopic techniques. All of the currant samples were given by Research and breeding institute of pomology Holovousy L.td. All the samples were mineralized by the wet ashing in concentrated HNO_3 and analyzed by the ICP–OES technique. Final concentrations of each elements (Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn) were statistically compared by Tukey's multiple comparison method and then have been compared with the results reported in literature.

KLÍČOVÁ SLOVA

ICP-OES, elementární analýza, rybíz, ovoce

KEY WORDS

ICP-OES, elemental analysis, currant, fruit

KOVAŘÍKOVÁ, T. *Elementární analýza různých odrůd rybízu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 47 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D

PROHLÁŠENÍ

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

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Pavlu Divišovi PhD. za vstřícnost, všechen poskytnutý čas a cenné rady v průběhu celé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Výzkumnému a šlechtitelskému ústavu ovocnářskému v Holovousích s.r.o. za poskytnutí vzorků rybízu, bez kterých by nebylo možné tuto bakalářskou práci vytvořit.

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1	Rybíz.....	9
2.1.1	Rybíz červený (<i>Ribes rubrum</i>).....	10
2.1.2	Rybíz bílý (<i>Ribes vulgare</i>).....	10
2.1.3	Rybíz černý (<i>Ribes nigrum</i>).....	10
2.2	Elementární složení rybízu.....	11
2.2.1	Sodík.....	11
2.2.2	Draslík.....	12
2.2.3	Hořčík.....	12
2.2.4	Vápník.....	12
2.2.5	Fosfor.....	13
2.2.6	Železo.....	13
2.2.7	Zinek.....	14
2.2.8	Měď.....	15
2.2.9	Mangan.....	15
2.3	Metody prvkové analýzy.....	16
2.3.1	Atomová absorpční spektrometrie (AAS).....	16
2.3.2	Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS).....	17
2.3.3	Atomová emisní spektrometrie (AES).....	17
2.3.4	Hmotnostní spektrometrie (MS).....	18
2.3.5	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP–OES).....	19
2.3.5.1	Princip metody.....	19
2.3.5.2	Instrumentace.....	19
2.3.5.3	Zmlžovače.....	20
2.3.5.4	Indukčně vázané plazma (ICP).....	20
2.3.5.5	Monochromátor.....	21
2.3.5.6	Detekce.....	22
2.3.5.7	Interference.....	22
2.4	Metody přípravy vzorku.....	22

2.4.1	Suchý rozklad (<i>DA</i>).....	22
2.4.2	Mokrý rozklad (<i>WA</i>).....	23
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	24
3.1	Popis vzorku	24
3.2	Laboratorní vybavení.....	24
3.2.1	Chemikálie	24
3.2.2	Pomůcky.....	24
3.2.3	Přístroje	24
3.3	Příprava vzorku.....	25
3.4	Příprava kalibračních roztoků.....	25
3.5	Stanovení prvků metodou ICP–OES	26
3.5.1	Výběr vlnové délky	26
3.6	Statistické vyhodnocení	27
4	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	28
4.1	Analýza vzorků různých odrůd rybízu	28
4.1.1	Bílý rybíz.....	28
4.1.1.1	Vápník.....	28
4.1.1.2	Draslík.....	28
4.1.1.3	Sodík	29
4.1.1.4	Měď.....	29
4.1.1.5	Železo.....	29
4.1.1.6	Hořčík	30
4.1.1.7	Mangan	30
4.1.1.8	Fosfor	30
4.1.1.9	Zinek	31
4.1.2	Černý rybíz.....	33
4.1.2.1	Vápník.....	33
4.1.2.2	Draslík.....	33
4.1.2.3	Sodík	34
4.1.2.4	Měď.....	34
4.1.2.5	Železo.....	34
4.1.2.6	Hořčík	34

4.1.2.7 Mangan	35
4.1.2.8 Fosfor	35
4.1.2.9 Zinek	35
4.1.3 Červený rybíz	38
4.1.3.1 Vápník.....	38
4.1.3.2 Draslík.....	38
4.1.3.3 Sodík	38
4.1.3.4 Měď.....	39
4.1.3.5 Železo.....	39
4.1.3.6 Hořčík	39
4.1.3.7 Mangan	40
4.1.3.8 Fosfor	40
4.1.3.9 Zinek	40
5 ZÁVĚR.....	43
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	47

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá prvkovou analýzou červeného (*Ribes rubrum*), bílého (*Ribes vulgare*) a černého rybízu (*Ribes nigrum*). Jejím cílem je určení obsahu minerálních látek v různých odrůdách rybízu. Existuje okolo 130 druhů *Ribes*, z toho pouze několik druhů lze využít užitkově. Tento druh ovoce je znám již od 14. století. Konkrétně černý rybíz se začal používat pro léčebné účely v západní Evropě a v 15. století se začal rybíz kultivovat v přímořských oblastech Baltského a Severního moře. V 16. století již existovaly první kultivary a v 17. století bylo pěstování rozšířeno i do Ameriky.

Rybíz patří mezi Čechy k velmi oblíbenému drobnému bobulovitému ovoci a nechybí snad žádnému zahrádkáři, protože jeho pěstování je méně náročné. Má ideální podmínky ke kultivaci o pH 5,5–6,5 a teplotě 7–8 °C. Daří se mu jak v suchých, tak ve vlhkých oblastech. Keř rybízu zpravidla začíná plodit okolo druhého roku vždy brzy v létě. Tento druh ovoce je bohatým zdrojem organických látek, cukrů a aromatických látek, jako jsou flavonoidy, vitamin A a vitamin C (kyselina askorbová), který je nejvíce obsažen v černém rybízu. Toto ovoce je ale také bohaté na minerální látky. Právě kombinace minerálních látek dělá z rybízu přírodní lék, který je využíván k léčbě. Šťáva z plodů rybízu bývá používána při výrobě léků proti kašli či nachlazení, dále je vhodná pro zlepšení pružnosti cév či zlepšení obranyschopnosti organismu proti nachlazení. Rybíz má nízkou kalorickou hodnotu a obvykle se konzumuje čerstvý, ale lze jej dále zpracovávat do podoby džemů nebo ovocných šťáv, rosolů či výrobě alkoholických nápojů.

Tato bakalářská práce se zabývá prvkovou analýzou různých odrůd červeného, bílého a černého rybízu. Po rozkladu všech vzorků na mokré cestě byla k detekci prvků na základě vhodné literatury použita atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Naměřené výsledky byly vyhodnoceny pomocí statistického programu a porovnány s daty nalezenými v literatuře.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Rybíz

Rod rybíz (*Ribes L.*), viz *Tabulka 1*, náleží do řádu lomikamenotvaré (*Saxifragales*), čeledi meruzalkovité (*Grossulariaceae*) a jedná se o skupinu nejvíce rozšířených druhů a odrůd u nás. Již ve 14. století se objevily první zmínky o rybízu. Do společenství rodu *Ribes L.* patří rybíz, angrešt a jejich kříženec Josta [1]. Rod *Ribes L.* zahrnuje okolo 120 různých druhů [3]. Rybíz patří mezi nutričně vysoce hodnotné ovoce ke spotřebě v čerstvém stavu [2]. Bobule rybízu mají osvěžující nakyslou chuť a jsou velice bohaté na kyseliny, jsou také výborným zdrojem vlákniny a vitamínu C a celé skupiny vitamínu B [1]. Plody rybízu mají nízkou kalorickou hodnotu, protože obsahují glycidy, tuky a dusíkaté látky v malém poměru. Teplotní podmínky pro pěstování rybízu v České republice se pohybují v rozmezí průměrných ročních teplot +6 až +8 °C [2]. Rody rybízu se stávají plodnými ve třetím roce a jsou schopny plodit 10-20 let. Obvykle se rybíz hnojí dusíkem jednou ročně (4–10 kg·km⁻² v závislosti podle odrůdy) [4].

Tabulka 1: Taxonomie rybízu [5]

Říše	rostliny (<i>Plantae</i>)
Podříše	cévnaté rostliny (<i>Tracheobionta</i>)
Nadoddělení	semenné rostliny (<i>Spermatophyta</i>)
Oddělení	krytosemenné rostliny (<i>Magnoliophyta</i>)
Třída	dvouděložné vyšší rostliny (<i>Rosopsida</i>)
Podtřída	<i>Rosidae</i>
Řád	lomikamenotvaré (<i>Saxifragales</i>)
Čeď	meruzalkovité (<i>Grossulariaceae</i>)
Rod	rybíz (<i>Ribes L.</i>)
Druh	červený (<i>Ribes rubrum</i>), černý (<i>Ribes nigrum</i>), bílý (<i>Ribes vulgare</i>)



Obrázek 1: Plody rybízu, převzato z [8]

2.1.1 Rybíz červený (*Ribes rubrum*)

Kultivovaný červený rybíz je vytrvalý listnatý keř, který dorůstá do velikosti maximálně 1,5 m. Jedná se o nenáročnou plodinu, která snáší polostín a ideální pH pro pěstování toho druhu by mělo být kyselé až neutrální (5,5–6,5). Humózní, písčitohlinitá až jílovitá půda s dostatkem vláhy je nejvhodnější pro pěstování, proto je dobré pěstovat červený rybíz ve všech pěstitelských polohách v nadmořské výšce 400–800 m, kde se pohybuje teplota mezi 6–8 °C a optimum ročních srážek je okolo 750 mm [1]. Na slunných místech jsou bobule sladší a na starších výhonech drobné a kyselé. I přesto že je červený rybíz samosprašný, doporučená vzdálenost pěstování keřů je mezi 1–1,5 m od sebe [2]. Plodnost rybízu může být negativně ovlivněna špatným opylováním a různými výkyvy počasí. Bobule rybízu se mohou konzumovat jak přímo, tak mohou být použity k dalšímu zpracování, jako jsou například šťávy, či jejich konzervování v podobě kompotů, marmelád či džemu [1]. Červený rybíz obsahuje 36 mg na 100 g vitamínu C [6].

Mezi nejznámější odrůdy červeného rybízu patří Detvan, Heinemannův pozdní, Jonkheer van tets, Korál, Losan, Maraton, Rubigo, Rovada, Tatran a další [3].

2.1.2 Rybíz bílý (*Ribes vulgare*)

Tento druh rybízu pochází z mutací a kříženců červených rybízů a má tedy podobné potřeby jako rybíz červený [1]. Bobule rybízu bílého jsou sladší než červeného, ale co se týče šťavnatosti, tak je menší i kvůli své velikosti a obsahu větších semen [7]. Bílý rybíz se stejně jako červený řadí mezi samosprašné rostliny, které potřebují pro pěstování vlhčí, hlinitou či hlinitopísčitou půdu. Nejlépe rostou při pH 5,5–6,5. Ideální podmínky pro pěstování bílého rybízu jsou v nadmořské výšce 400–800 m, kde se pohybuje teplota mezi 6–8 °C a optimum ročních srážek je okolo 750 mm [1]. Bílý rybíz se nejčastěji následně zpracovává do podoby marmelád, šťáv apod [7].

Mezi nejznámější odrůdy bílého rybízu patří Blanka, Jantar, Orion, Primus, Viktoria a další [3].

2.1.3 Rybíz černý (*Ribes nigrum*)

Černý rybíz je bohatým zdrojem vitamínu C, obsahuje ho totiž 110 mg na 100 g a také vitamínu P [6]. *Ribes nigrum* je také dobrým zdrojem vlákniny (5,8 g/100 g) [9]. V tomto druhu rybízu jsou obsaženy bioaktivní flavonoidy, pektiny, ale také významné množství resveratrolu. Černý rybíz se řadí mezi rostlinné antioxidanty a léčivé rostliny [1]. Již ve 14. století se pěstoval jako léčivá rostlina [3]. Konzumace šťávy z černého rybízu slouží jako prevence před demencí, stárnutí orgánů a zabraňuje vzniku ledvinových kamenů [7]. Charakteristická vůně bobulí je zapříčiněna éterickými silicemi [1]. Černý rybíz vyžaduje k pěstování teplejší polohy a slunná místa. Ideální nadmořská výška pro pěstování je do 500 m, kde se průměrná roční teplota pohybuje okolo 7–9 °C. Pěstování ve stínu ovlivňuje kyselost bobulí. Keře černého rybízu mají hojný růst. Půdní prostředí může být slabě kyselé až zásadité. Vhodnou půdou pro pěstování je humózní, písčitohlinitá s minimální potřebou vláhy a srážkami 350–400 mm. Keře nejvíce plodí mezi 2–3 roky. Rozeznáváme odrůdy rané, polorané a pozdní [1].

Mezi nejznámější odrůdy černého rybízu patří Ben gairn, Ben hope, Favorit, Moravia, Ceres a další [3].

Tabulka 2: Obsah cukrů v g na 100 g jedlého podílu [9]

druh	glukosa	fruktosa	sacharosa	cukry celkem
rybíz červený	2,3	1,0	0,2	5,1
rybíz bílý	2,8	2,8	0,8	7,0
rybíz černý	2,4	3,7	0,6	6,3

Tabulka 3: Chemické složení a obsah některých látek v g na 100 g ovoce [4]

	červený rybíz	bílý rybíz	černý rybíz
voda	83,95	-	81,9
bílkoviny	1,4	-	1,4
tuky	0,2	-	0,41
popel	0,66	-	0,86
vláknina	4,3	6,3	-
kyselina askorbová	0,041	0,050	0,181

2.2 Elementární složení rybízu

Rybíz je ovoce bohaté na celou řadu organických látek, obsahuje však i nezanedbatelné množství anorganických látek. Hlavní prvky obsažené v rybízu jsou popsány v následujících kapitolách.

2.2.1 Sodík

Hlavní funkcí sodíku (natria), který se vyskytuje převážně vně buněk, je udržení objemu a osmotického tlaku tělesných tekutin včetně krve. Další funkcí sodíku je aktivace enzymu α -amylasy [9],[10],[11]. Chlorid sodný se dříve uplatňoval jako konzervační prostředek, například pro solení ryb a másla. Vliv na množství denního příjmu mají konzumní zvyklosti [11]. Vyšší krevní tlak může být způsoben nadměrným přísunem sodíku, kdy dochází k zadržování vody v těle. Nadbytek sodíku zvyšuje vylučování vápníku, což může negativně ovlivnit kostní hustotu. Naopak nedostatek sodíku se projevuje bolestmi hlavy, svalovými křečmi [12].

Sodík nalezneme ve všech potravinách. Hlavním zdrojem ve stravě člověka je kuchyňská sůl (chlorid sodný). Minerální voda a glutaman hydrogensodný jsou dalšími zdroji sodíku. Doporučená denní dávka (DDD) sodíku se v ČR se odvíjí od doporučeného množství soli, které činí 5g/den. Průměrný příjem soli v ČR je však mezi 12–22 g/osobu/den [10].

2.2.2 Draslík

Draslík (kalium) je přirozené diuretikum, které napomáhá odstraňovat z těla škodlivé látky a zplodiny metabolismu. Hlavní funkcí jednomocného kationtu, který je lokalizován v intracelulárním prostoru, je udržení osmotického tlaku tělesných tekutin včetně krve [10]. Draslík je důležitý pro svalovou aktivitu. Poměr vylučovaného draslíku ledvinami regulují kortikoidní hormony (aldosteron) [12]. Mezi další funkce draslíku patří aktivace glykolytických enzymů a enzymů dýchacího řetězce [11]. Vysokou koncentraci draslíku v intracelulární tekutině zajišťuje činnost sodno–draselné pumpy. Porucha ledvin, svalová slabost nebo také nepravidelná srdeční činnost je způsobena nedostatkem draslíku [12].

Draslík se vyskytuje hlavně v potravinách rostlinného původu, kde je jeho obsah vysoký a může obsahovat až 2% celkové hmotnosti plodu. Mezi běžné zdroje patří například ořechy, ovoce, brambory. Doporučená denní dávka (DDD) draslíku pro dospělého člověka je 2,5–3,5 g/den [11].

2.2.3 Hořčík

Hořčík (magnesium) je uložen převážně v kostech, kosterní svalovině, játrech, slinivce a pouze 1 % hořčíku je obsaženo v krvi. Lidské tělo obsahuje mezi 20–40 g magnesia a podílí se na normální stavbě kostí a zubů. Svalová a nervová činnost jsou ovlivněny právě obsahem hořčíku spolu s vápníkem, kteří hrají důležitou roli v energetickém metabolismu, kde aktivují řadu dějů. Je vstřebáván v tenkém střevě, při jeho nedostatečném příjmu díky vyrovnávacím mechanismům zvyšuje jeho vstřebávání, které ovlivňuje nadměrný příjem vápníku, fosforu, bílkovin, fytoátů a vlákniny [10]. Únava, vyčerpání či křeče svalů jsou způsobeny jeho nedostatkem. Může docházet k poruchám srdečního rytmu a zvýšenému riziku srdečního infarktu. Zvracení a nevolnost jsou naopak následky předávkování různými doplňky stravy či léky.

Zelené rostliny, ořechy, luštěniny a celozrné výrobky jsou hlavními zdroji. Mezi další zdroje můžeme zahrnout i maso, vnitřnosti, ryby, vejce a mléčné výrobky [12]. Významným zdrojem může být také tvrdost pitné vody zapříčiněna zvýšeným obsahem hořčíku. Doporučená denní dávka (DDD) je odlišná podle pohlaví, u žen činí 300 mg/den a u mužů 350 mg/den [12].

2.2.4 Vápník

Vápník (kalcium) patří k nejproblematictějším látkám v našem těle. 99,5 % vápníku je zabudováno v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého. Tělo dospělého člověka obsahuje mezi 1–1,3 kg vápníku. Kromě základní stavební funkce je potřebný pro srážení krve a zprostředkování svalové kontrakce, která je nutná pro správnou svalovou činnost. Vápník je obsažen i v tělesných tekutinách, hlavně v plazmě a extracelulárních (mimobuněčných) tekutinách. Vápník dále ovlivňuje dráždivost nervového systému [10]. Složení potravy a chemická forma ovlivňuje vstřebávání vápníku. Při nedostatečném příjmu vápníku se díky vyrovnávacím mechanismům zvyšuje vstřebávání. Přiměřený příjem vitamínu D nebo také pohybová aktivita podporují vstřebávání, naopak nadbytek tuku ve stravě a alkohol jej snižují. Zvýšené riziko tvorby kamenů v močových cestách vzniká při nadbytku vápníku, který se ukládá do měkkých tkání. Naopak při nedostatku vápníku dochází

k osteoporóze neboli řídnutí kostí a osteomalacii, kdy klesá mineralizace bílkovinného kostního základu [10],[12].

Hlavním zdrojem vápníku je mléko a mléčné výrobky (s výjimkou tavených sýrů), vápník v rostlinných potravinách je hůře využitelný, protože je vázaný na oxalát, fytát a fosforečnan [12]. Např. ze špenátu, kde je převládající formou oxalát vápenatý, bývá resorpce jen 2–5 %, z pšeničného chleba (ve formě fytinu) asi 40 % a ze zelí, kde jsou především vápenaté soli organických kyselin, zejména citrónové, je resorpce 40–70 %. Doporučené denní dávky se odvíjí od stáří člověka a jsou uvedeny v následující tabulce (*Tabulka 4*) [10].

Tabulka 4: DDD vápníku podle věku [10]

věk	optimální příjem vápníku [mg/den]
0–6 měsíců	400
6 měsíců až 1 rok	600
1–5 let	800
6–10 let	800–1200
11–24 let	1200–1500
dospělí	1000–1200
těhotné a kojící ženy	1200–1500
senioři >65 let	1500

2.2.5 Fosfor

Fosfor (phosphorus) je významným prvkem v těle, který se podílí na téměř všech metabolických dějích. Množství fosforu v lidském těle se odhaduje mezi 500–700 g, z něhož je asi 80–85 % uloženo hlavně v kostech a zubech. Dále se fosfor nachází v krvi ($400 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) a dalších tkáních jako je svalovina ($1700\text{--}2500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) a v nervové tkáni ($3\ 600 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) [10]. Fosfor je nezbytný pro trávení a látkovou přeměnu (fosforylaci). Přeměny adenosintrifosfátu (ATP) na adenosindifosfát (ADP) a adenosimonofosfát (AMP) a zpět jsou nutné pro krátkodobý přenos energie pro uskutečnění biosyntetických procesů. Fosfor snižuje absorpci vápníku a železa, naopak při příjmu vitamínu D je zajištěno lepší vstřebávání fosforu. U kravského mléka je vstřebatelnost mezi 65–70 %. Enzymové kofaktory jako FAD, NAD, dále také nukleové kyseliny a fosfolipidové membrány obsahují fosfor [9].

Hlavními zdroji fosforu, který se vyskytuje téměř ve všech potravinách, jsou mléko, mléčné výrobky, maso, ale vyskytuje se také ve vaječném žloutku. V obilovinách je značný podíl fosforu vázaný v nevyužitelné formě v podobě fytátů [12]. Dalším zdrojem jsou také limonády, jako je Coca Cola, ve které jsou obsaženy soli kyseliny fosforečné (polyfosfáty), ze kterých přijímáme až 10% tohoto prvku. Aditiva se také používají při výrobě tavených sýrů. Vstřebatelnost fosforu je u kravského 65–70 %. Strava, která obsahuje nadměrné množství proteinů, je příčinou zvýšeného vylučování fosforečnanů. Doporučená denní dávka (DDD) fosforu by se měla pohybovat mezi 1,0–1,2 g, poměr fosforu k vápníku by měl být 1,5 [10].

2.2.6 Železo

Železo (ferrum) je velmi důležitým mikroelementem pro tvorbu červených krvinek a podílí se na přenosu kyslíku a je součástí krevního barviva hemoglobinu, svalového barviva

myoglobinu. V koncentrovanějším množství se nachází také v játrech v podobě ferritinu a ve slezině v podobě homosiderinu. Díky poměrně vysokému obsahu ve stravě se může řadit také mezi makroelementy. Železo, které je obsaženo v potravinách, lze rozdělit podle toho, zda se váže v porfyrinovém kruhu, na hemové a nehemové. [9],[10]. Nejznámějšími hemovými proteiny jsou cytochromy, které obsahují železoporfyrinový komplex, katalasy a peroxidasy. Mezi nehemové enzymy patří lysoxygenasa. Železo přispívá k rozpoznávacím funkcím, snižování únavy a vyčerpání. Absence železa způsobuje chudokrevnost neboli anemii, při které se nedostatečně tvoří hem. Dalšími projevy jsou bledost kůže a sliznic a lámavost nehtů. Projevy nadbytku v podobě selhávání jater a zvracení se vyskytují spíše u lidí trpících alkoholismem [10].

Hlavními zdroji železa jsou játra, ledvinky, maso, krev a ryby, která jsou díky svému živočišnému původu lépe stravitelná (25–30 %). Obecně je pro vstřebávání lépe využitelné železo dvojmocné než trojmocné. Příjem vitamínu C podporuje právě jeho vstřebávání. Z potravin rostlinného původu je vstřebatelnost pouze mezi 3–5 %, nachází se především v listové zelenině, bramborách, luštěninách a celozrnných potravinách. Například špenát, jež je známý svým vysokým obsahem železa, má vysoký obsah oxalátu, který významně snižuje obsah železa. Doporučená denní dávka (DDD) pro dospělé je 10–20 mg/den v závislosti na stavu organismu a pohlaví. Ztráty železa jsou poměrně konstantní, činí asi 1 mg denně, zvyšují se při ztrátě krve, například během menstruace je celková ztráta železa až přes 20 mg. Zvýšenou potřebu železa mají těhotné a kojící ženy [10],[11].

2.2.7 Zinek

Zinek (zincum) je potřebný prvek pro tvorbu a správnou funkci inzulínu, i když na jeho výkonnou funkci nemá vliv. Zásadní úlohou zinku je působení v imunitním systému, podílí se také na tvorbě hemoglobinu. Další jeho důležitou funkcí je udržování hladiny vitamínu A v krevní plazmě [12]. Přibližně polovina množství zinku v těle se vyskytuje ve formě svalové hmoty a třetina v kostech, můžeme jej nalézt ale také v krvi, kde jeho koncentrace činí $6\text{--}7\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, z toho 75–88 % je obsaženo v erythrocytech, 12–22 % v krevní plazmě a zbytek je vázán na krevní destičky a leukocyty [9]. Na světě je známo více než 300 enzymatických reakcí, kterých se zinek účastní. Zinek ovlivňuje růst a vývoj tkání, hojení, ale přispívá také k plodnosti a reprodukci. Zinek slouží k ochraně těla před oxidačním stresem. Kyselina fytová, šťavelany, nadbytek vlákniny, železa a vápníku jsou faktory, které snižují resorpci. Oproti tomu přítomnost bílkovin, namáčení a naklíčování semen a luštěnin resorpci zvyšuje. Hlavními projevy při deficitu zinku jsou poruchy růstu, opožděný vývoj a jsou nebezpečné hlavně v dětském věku. Snižování obranyschopnosti, zhoršení hojivých procesů jsou dalšími důsledky dlouhodobého příjmu nízkých dávek. Je nezbytný pro správnou funkci mužských pohlavních orgánů (spermatogenezi a tvorbu testosteronu). Při deficitu zinku dochází k postižení právě těchto funkcí [10]. U veganů bývá hladina zinku v těle velice kritická [12].

Hlavním zdrojem zinku v potravě jsou především maso, luštěniny, mořští koryši, obiloviny, převážně oves, dýňová semínka ořechy. Doporučená denní dávka (DDD) se u dospělých pohybuje mezi 10–15 mg/den. Při vyšším příjmu železa a mědi je také větší potřeba zinku a naopak [10].

2.2.8 Měď

Měď (cuprum), která je esenciálním stopovým prvkem, byla již před několika tisíci lety používána Egypťany a Čínany jako léčivá látka pro čištění ran, sloužila také k čištění vody. U rostlin je více než 50 % mědi navázáno v chloroplastech na plastocyanin, který je proteinem obsaženým v elektron-transportním systému v chloroplastech. V dnešní době je její využití při výrobě zubních past a ústních vod, kde působí antebakteriálně [11]. U člověka se celkové množství mědi v těle se odhaduje na 100–150 mg. Její hlavní funkcí v lidském těle je účast na krvetvorbě, kde katalyzuje vstup železa do porfyrinového jádra hemoglobinu, dále je nezbytná pro tvorbu pigmentu a vlasů [10]. V játrech je většina mědi vázána v enzymu superoxidodismutase. V mozku je poutána k metaloproteinu cerebropreinu, jehož úlohou je zásobení mozku kyslíkem [9]. Měď je důležitá pro správné a efektivní využití železa. Příznaky nedostatku mědi se projevují, jakmile množství mědi v těle klesne pod 0,6 mg, tělo je však schopno po delší dobu hospodařit se zásobou přibližně 100 mg. Deficience mědi, která bývá velmi vzácná, se projevuje anémií, opožděním růstu, osteoporózou či lámavostí nehtů. Podle novějších údajů, které ovšem nejsou zcela epidemiologicky ověřené, je deficit mědi spojen s vyšší hladinou cholesterolu v krvi. Důsledkem nadbytku mědi je demence či jaterní cirhóza [12].

Dobrym zdrojem mědi jsou potraviny živočišného původu jako játra a jiné vnitřnosti, masné výrobky a rostlinného původu jím jsou luštěniny. Doporučená denní dávka (DDD) pro dospělého člověka se pohybuje mezi 1,4–2,5 mg mědi. Denní příjem by neměl překročit hranici 10 mg/den [11].

2.2.9 Mangan

Mangan (manganum) patří v lidském organismu stejně jako měď mezi aktivátory různých metabolických enzymů (pyruvát karboxyláza, acetyl koenzym A karboxyláza) a je potřebný pro správnou mineralizaci kostí a fungování centrálního nervového systému. V těle se mangan nachází především ve strukturách, které obsahují keratin a v mitochondriích. Podporuje normální vývoj chrupavky a kostí, kdy je přidáván do přípravků upravujících bolesti kostí. Kostí, játra, ledviny a pankrea jsou bohaté na obsah manganu, obsahově 1–3 mg·kg⁻¹; mozek, srdce obsahují pouze mezi 0,2–0,6 mg·kg⁻¹ [9]. Při nedostatku je možné nahradit dvoumocný mangan dvoumocným hořčíkem. Deficit se projevuje opožděným růstem či mineralizací kostí. U novorozenců je riziko poruchy hybnosti. Nadbytek manganu nastává jen v ojedinělých případech, například u pracovníků v manganových dolech, kteří mangan inhalují a dochází poté k poruše nervového systému a působí podobné potíže jako v případě Parkinsonovy choroby [13].

Hlavním zdrojem manganu z potravin rostlinného původu jsou oves a pšeničné klíčky, živočišného jsou to maso a masné výrobky. Ořechy a celozrnné cereálie, čaj, kakao a listová zelenina, kde je mangan součástí elektrontransportního řetězce fotosyntézy jsou také dobrými zdroji. Doporučená denní dávka (DDD) manganu není stanovena, ale odhaduje se mezi 2–4 mg [12].

2.3 Metody prvkové analýzy

Nejpoužívanějšími metodami pro stanovení prvků jsou spektrometrické metody, jako jsou atomová absorpční a atomová emisní spektrometrie, hmotnostní spektrometrie. Pro výběr vhodné metody je však nutné zvážit vliv matrice na měření, rychlost metody, limity detekce metody a řadu dalších parametrů, mezi něž patří i ekonomičnost.

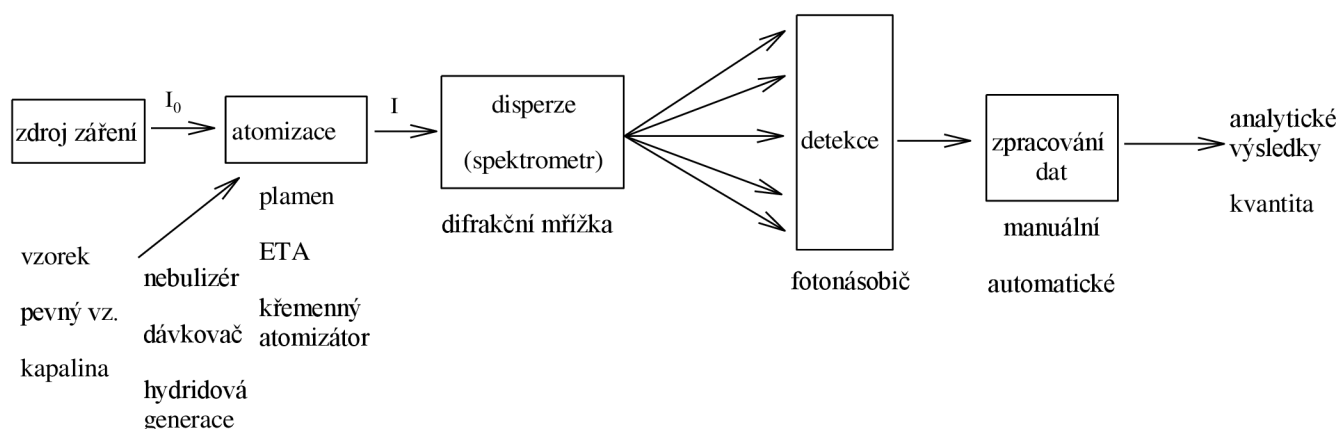
2.3.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je analytická metoda, která je založená na absorpci záření rezonanční spektrální čáry volnými atomy měřeného prvku v základním energetickém stavu. Atomy se dostávají do plynné fáze během procesu zvaného atomizace. Jedná se o vysoce selektivní a citlivou metodu, pomocí které lze stanovit všechny kovy, metaloidy a některé nekovy (B, P, Si). Při AAS jsou využívány především rezonanční přechody ze základní E hladiny e^- [14],[15].

Hlavními součástmi atomového absorpčního spektrometru, kde se rozpětí používaných vlnových délek pohybuje mezi 190–900 nm, jsou primární zdroj čárového spektra prvku, obvykle výbojka s dutou katodou HCL a atomizátor, který vytvoří absorpční prostředí a kterým prochází záření a musí mít teplotu alespoň 2000 až 3000 K. Jako atomizátoru může být využito plamene tvořeného acetylenem a vzduchem a elektricky vyhřívané grafitové nebo křemenné pece. Za plamenem následuje mřížkový monochromátor (Czerny-Turner), kde dochází k izolování vhodné rezonanční čáry, na které je sledováno množství absorpce a detektor záření, kterým bývá fotonásobič. A se vyjadřuje pomocí Lambert-Beerova zákona (1):

$$A = \log \left(\frac{\phi_0}{\phi_\tau} \right) = \varepsilon \cdot c \cdot l, \quad (1)$$

kde absorbance A je popsána jako logaritmus poměru původního a prošlého zářivého toku, ale je také rovna součinu molárnímu absorpčnímu koeficientu ε , koncentrace c a tloušťky kvyety l [15],[16]. Schéma instrumentace je zobrazeno na obrázku (Obrázek 2).

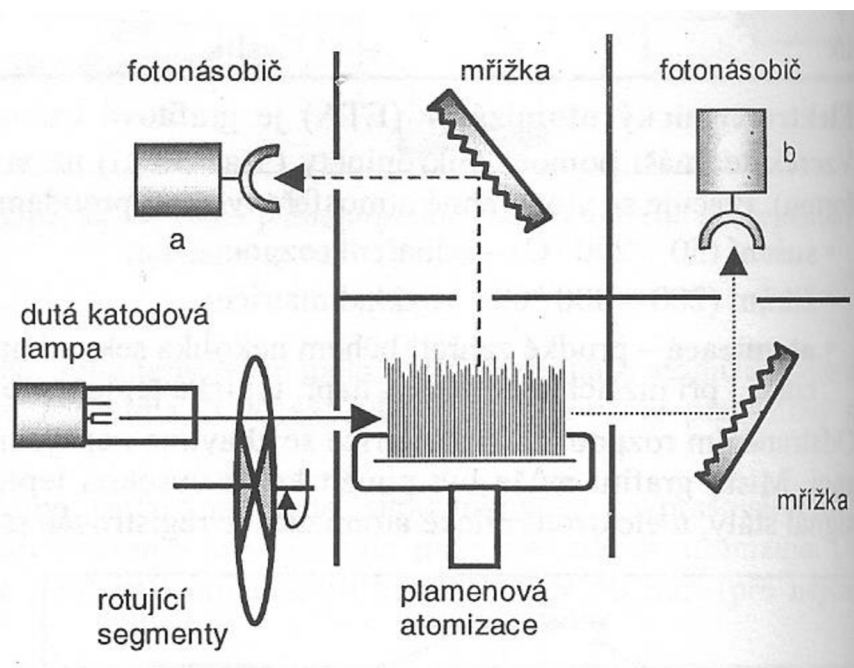


Obrázek 2: Schéma instrumentace AAS, převzato z [17]

2.3.2 Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS)

Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS) je analytická metoda, při níž je sledována emise záření plynnými atomy, které byly excitovány absorpcí elektromagnetického záření z primárního zdroje, kdy dochází k přechodu elektronů e^- do vyššího energetického stavu. Fluorescenční spektra jsou velice jednoduchá a mají nízkou účinnost, nevyžadují při detekci sofistikovaný optický systém. Nevýhodou AFS je potřeba excitačního zdroje pro každý jednotlivý prvek [16].

K měření se používá atomový fluorescenční spektrometr, jehož instrumentaci znázorňuje *Obrázek 3*, a který je konstrukčně podobný jako AAS, s tím rozdílem, že fluorescenční záření se měří kolmo k budícímu zdroji. Zdroj excitačního záření je umístěn mimo optickou osu přístroje. U AFS je důležité, aby zdroj měl co nejvyšší zářivý tok Φ_0 . Jsou používány zejména bezelektrodové vysokofrekvenční výbojky nebo spektrální obloukové lampy. Vzhledem k malým hodnotám emisních toků je potřeba zvolit co nejcitlivější typ fotonásobiče s co nejmenším šumem [14],[15].



Obrázek 3: Schéma instrumentace kombinovaného AAS a AFS, převzato z [15]

2.3.3 Atomová emisní spektrometrie (AES)

Atomová emisní spektrometrie (AES) je analytická metoda založená na sledování emise ke vzniku elektromagnetického záření volnými atomy v plynném stavu v prostředí s vysokou teplotou.

Atomový emisní spektrometr se skládá ze zmlžovače, budícího zdroje, detektoru a vyhodnocovacího zařízení. Atomy analyzovaného vzorku v roztoku jsou převedeny na aerosol pomocí vhodného budícího zdroje, jehož vysoké teploty způsobí atomizaci a následnou excitaci. Výběr budícího zdroje bývá závislý na požadavcích na analýzu. Plamen bývá velice spolehlivým atomizátorem, ale dosahuje teplot maximálně 2800 K, což tuto metodu značně limituje. Při analýze kapalných vzorků nebo potravin je nejvhodnější použití

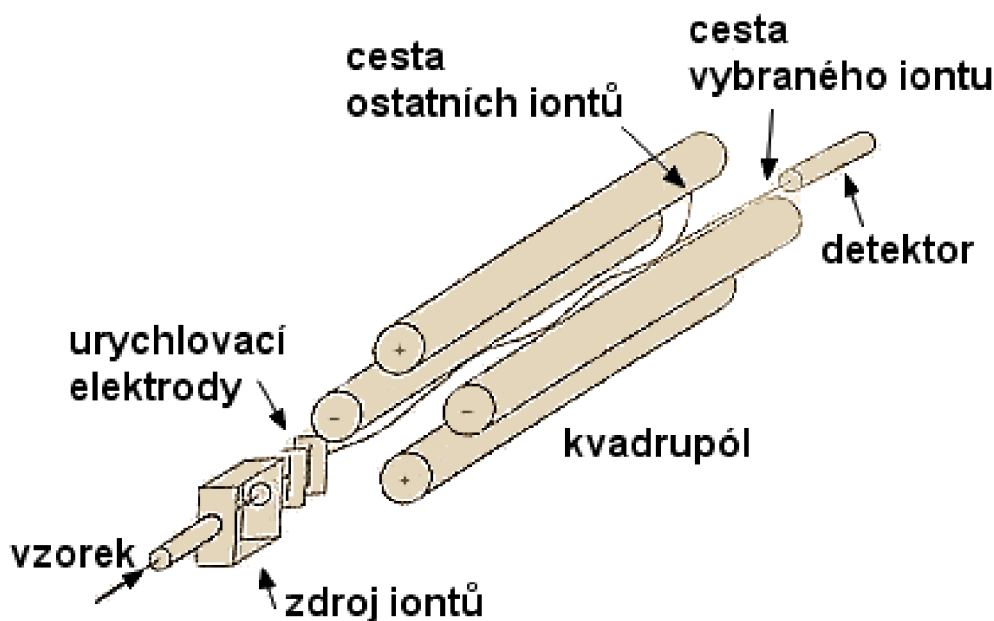
plazmy jako budicího zdroje. Samotné excitační plazmové zdroje se rozdělují do čtyř kategorií: stejnosměrné plazma, mikrovlnné indukované plazma, kapacitně vázané plazma a indukčně vázané plazma. Mezi další budící zdroje patří jiskrový či obloukový výboj. Jiskrový výboj je opakující se krátkodobý vysokonapěťový elektrický výboj využívaný hlavně při kvantitativní analýze kovů, kdy teplota jiskry dosahuje více než 12 000 K. Obloukový výboj je trvalý elektrický proud mezi dvěma elektrodami, z nichž katoda je z kovového vzorku. Vzhledem ke své citlivosti bývá používán ke stanovení stopových prvků a ke kvalitativní analýze. Teplota výboje dosahuje teplot mezi 4 000 a 8 000 K. Obvykle se používá řízený elektrický oblouk, který je až 600 krát za sekundu přerušován [14],[15],[17].

2.3.4 Hmotnostní spektrometrie (MS)

Hmotnostní spektrometrie (MS) je nejrychleji se rozvíjející se technika v oblasti analytické chemie, která nám poskytuje informace o elementárním složení vzorku, struktuře organických biomolekul aj. Jedná se o spektrální techniku využívající separaci iontů na základě jejich poměru jejich hmotnosti (m) a náboje (z).

Hmotnostní spektrometr je složen ze zmlžovacího zařízení, iontového zdroje, analyzátoru a detektoru. Zdrojem iontů v případě prvkové analýzy je indukčně vázané plazma (ICP). Jako analyzátor iontů může být použit kvadrupól viz *Obrázek 4* či TOF (*Time of Flight*) separátor [15]. V kvadrupólu letí ionty mezi čtyřmi tyčemi, na které je vkládána kombinace střídavého a stejnosměrného napětí a proletí jimi pouze částice o správném poměru m/z . U spektrometrů s TOF, jež patří mezi nejrychlejší a nejjednodušší analyzátorů, dochází k rozdělení iontů na základě odlišné doby jejich letu. Ionty mající nižší m mají vyšší rychlost v a dopadají na detektor dříve, ale všechny jsou urychleny identickým množstvím kinetické energie, která je vyjádřena vztahem (2):

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$



Obrázek 4: Kvadrupólový analyzátor, převzato z [18]

2.3.5 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP–OES)

Optická emisní spektrometrie je jednou z nejuniverzálnějších metod prvkové analýzy. Při ICP–OES je z roztoku je generován zmlžovacím zařízením jemný aerosol, který je nosným plynem vnášen do indukčně vázaného plazmového zdroje generovaného v proudu pracovního plynu, nejčastěji argonu [15].

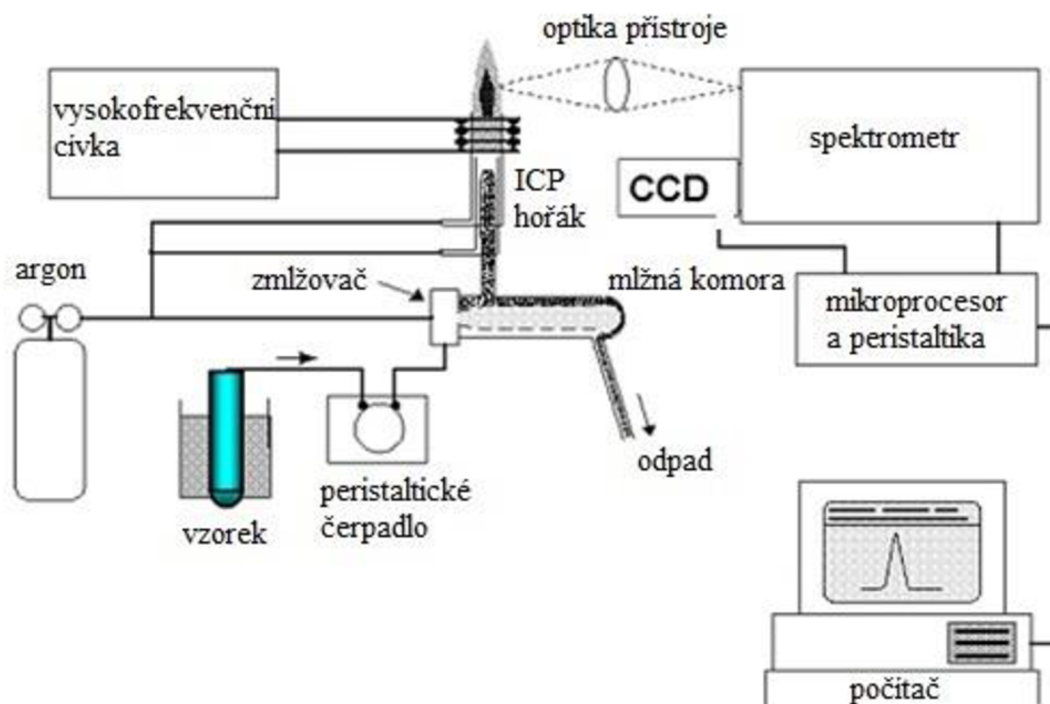
2.3.5.1 Princip metody

Optická emisní spektrometrie je metoda, která je založena na registrování fotonů vzniklých přechody valenčních elektronů z vyšších energetických stavů na nižší. Při této metodě je podstatné, aby byly atomy prvku převedeny do excitovaného stavu dodáním energie. Jelikož je ale excitovaný stav atomu nestabilní, dochází k návratu vybuzených elektronů zpět na své základní energetické hladiny a přitom emitují fotony o přesné vlnové délce, které tvoří emisní spektrum.

Emisní spektrum je čárového charakteru, kdy poloha čáry λ charakterizuje kvalitativní složení vzorku a intenzita jeho kvantitativní složku. Počet čar ve spektru roste s počtem elektronů na valenčních hladinách [19].

2.3.5.2 Instrumentace

Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem na obrázku (*Obrázek 4*) je složen ze zmlžovacího zařízení, plazmového zdroje, monochromátoru a spektrálního přístroje, který zahrnuje zobrazovací optiku, disperzní prvek a detektor. Následuje řídicí jednotka a zpracování signálu [15]. Peristaltické čerpadlo zajišťuje převod kapalného vzorku do zmlžovače. Následně je vzorek smíchán s nosným plynem (argonem), vzniklý aerosol je odváděn do plazmové hlavice s argonem do hořáku, ve kterém je pomocí střídavého vysokofrekvenčního magnetického pole udržováno ve formě plazmatu o teplotě až 10 000 K. Excitované atomy po deexcitaci emitují záření. Tato emise elektromagnetického záření je filtrována monochromátorem na určité vlnové délky. Samotné přečištění záření je na konci snímáno opticky citlivým detektorem. Na základě odezvy detektoru je výsledný signál zpracován počítačem[15],[16].



Obrázek 4: Schéma instrumentace ICP–OES, převzato z [21]

2.3.5.3 Zmlžovače

Před přenesením vzorku do budícího zdroje je nezbytné, aby byl vzorek zmlžen na aerosol pomocí zmlžovače. Podle principu dělíme zmlžovače do dvou skupin:

- pneumatické
- ultrazvukové

U pneumatického zmlžovače je roztok vnášen do proudu nosného plynu, obvykle jím bývá argon, a vzniká aerosol. Pneumatické zmlžovače jsou charakteristické svou nízkou účinností. Výhodou tohoto zmlžovače je jednoduchá a levná konstrukce. Jeho nevýhodou však je nerovnoměrné rozložení částic aerosolu. U pneumatických zmlžovačů bez sacího účinku vzniká aerosol narušováním filmu tvořeného kapilárou stékající po kulovém povrchu, V-štěrbínou nebo Pt síťce přes malý otvor, jímž je přiváděn nosný plyn. Obvykle se používají pro viskóznější kapaliny nebo pro vzorky s vysokým obsahem solí. Účinnost zmlžování se obvykle pohybuje do 5 %, u zmlžování bez sacího účinku je účinnost zpravidla nižší a jsou používány pro viskóznější kapaliny nebo pro vzorky s vysokým obsahem solí.

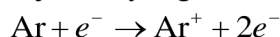
U ultrazvukových zmlžovačů je využíván princip vytvoření rázových vln pomocí energie akustických vln s dostatečnou frekvencí. Poté se kapalina rozptýlí do plynu a vytvoří se aerosol. Aerosol vzniká díky kmitání keramické piezoelektrické destičky, na kterou je přiváděn pomocí peristaltického čerpadla. Vzniklý aerosol je velmi jemný a dostatečně monodisperzní. Výhodou tohoto zmlžovače je vyšší účinnost (30 %). Při použití ultrazvukového zmlžovače není potřeba proudu plynu pro vytvoření aerosolu [15],[19].

2.3.5.4 Indukčně vázané plazma (ICP)

Indukčně vázané plazma (ICP), jež znázorňuje *Obrázek 5*, patří mezi novější zdroje buzení optických spekter atomů a iontů. Plazmatem je částečně ionizovaný plyn, který se skládá

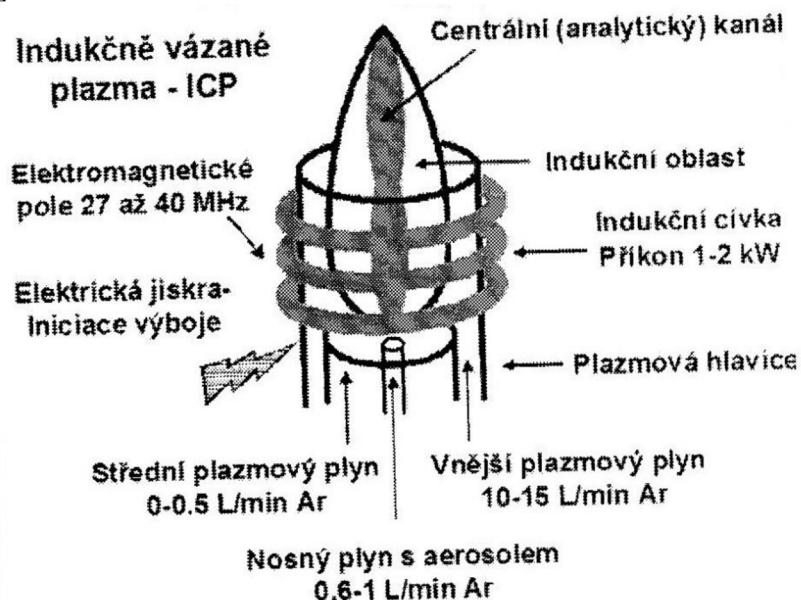
z plynných iontů, metastabilních atomů argonu a elektronů. Plazma je kvazineutrální, silně elektricky vodivé. Zvláštní význam má argonové plazma za atmosférického tlaku. Teplota plazmy dosahuje až 10000 K. Do plazmy se zmlžuje roztok vzorku, který v plazmě atomizuje valenční elektrony a ionizuje je [16].

Přenos vysokofrekvenční energie z generátoru do plazmy je zprostředkován cívkou. Energie je přenášena z indukční cívky do plazmatu. Hlavní součástí je plazmová hlavice, ve které hoří plazma, a kterou prochází aerosol vzorku s nosným plynem (argon, dusík). Vnější trubicí proudí plazmový plyn a tangenciálně proudí další argon jako chladicí plyn. Plazma se zapaluje Teslovým výbojem. V první fázi vznikají volné elektrony, které přebírají energii vysokofrekvenčního pole a poté ionizují atomy argonu:



Vedle Ar^+ vznikají také atomy Ar v metastabilním stavu Ar^* . Všechny částice jsou v nadrovnovážných koncentracích, takže plazma není v lokální termické rovnováze.

Výhodou buzení vzorku v ICP jsou v nízké mezi stavitelnosti, relativně malé interference a snadná kalibrace na modelové roztoky a rozsah linearit závislosti signálu na koncentraci prvků [15],[22].



Obrázek 5: Indukčně vázané plazma ICP, převzato z [20]

2.3.5.5 Monochromátor

Monochromatické zařízení slouží jako filtr detekovaného emitovaného záření prvku. Monochromátor se skládá ze vstupní a výstupní štěrbin, dutých zrcadel a odrazné otočné rovinné mřížky. Tato mřížka slouží jako disperzní prvek, který rozděljuje paprsek polychromatického záření na jednotlivé monochromatické paprsky daných vlnových délek na základě odlišného indexu lomu [17].

V prvním kroku dochází k filtrování monochromátorem na fotony o určité vlnové délce, příslušející požadované analytické čáře daného prvku. Jestliže se jedná o nedisperzní monochromatické zařízení, vydělí se z polychromatického zařízení jen požadovaná oblast bez rozkladu záření na spektrum [20].

2.3.5.6 Detekce

Nejčastěji používanými detektory jsou různé druhy fotonásobičů, mohou se také objevovat fotoelektrické články, fotonky, fotoodpory nebo fotocitlivé diody. V dnešní době se již upustilo od používání dříve nejrozšířenější fotografické desky s vybudovanou fotografickou fotometrií z důvodu její složitosti. Nejčastěji užívaným detektorem se stal fotonásobič, který pracuje na principu uvolnění elektronu, který byl vyražen dopadem fotonu na fotokatodu. Vyražený elektron je urychlen elektrickým polem mezi fotokatodou a dynodou, z které jsou vyraženy další elektrony. Elektrony následně narážejí na další dynody a výsledkem je zesílený proud elektronů, který dopadá na anodu. Fotonásobič je speciálně vakuovaná fotonka se zesilovacím prvkem, založeném na toku elektronů sekundární emisí [16],[17].

2.3.5.7 Interference

Stejně jako u AAS, tak i u ICP–OES jsou uplatňovány dva typy interference:

- spektrální
- nespektrální

V případě, že se ve vzorku vyskytují vyšší koncentrace prvků s komplexním emisním spektrem nebo intenzivními emisními čarami, setkáváme se s problémem spektrální interference. Jde o vlivy, které mění hrubou intenzitu při vlnové délce analytické čáry. Aby proběhla analýza takovýchto vzorků úspěšně, je zapotřebí, aby to byly disperzní vzorky s dostatečným rozlišením. Spektrální interference můžeme rozdělit následujícím způsobem:

- skutečný překryv dvou nebo více čar
- čáry jsou nerozlišeny v důsledku malé rozlišovací schopnosti spektrometru
- částečný překryv analytické čáry křídlem rozšířené interferující čáry
- záření pozadí
- rozptyl světla

Tyto typy jsou způsobeny maticí vzorku a okolním prostředím [20].

2.4 Metody přípravy vzorku

Instrumentální analytické metody pro analýzu prvků vyžadují, aby byl vzorek před analýzou převeden do kapalného stavu. Smyslem rozkladu vzorků je dosažení potřebné konzistence, viskozity či homogenizace. Tento proces je z chemického hlediska vhodný hlavně k uvolnění analytu z různých vazeb a forem a odstranění složek, které mohou při měření interferovat.

2.4.1 Suchý rozklad (DA)

Suchý rozklad neboli (*Dry Ashing*) je zdaleka nejstarší způsob rozkladu biologického a organického materiálu. Tento typ rozkladu může být definován jako rozklad na vzduchu, v otevřeném systému a při atmosférickém tlaku. Cílem této metody je postupné rozložení složité organické matrice až na prvky, ze kterých se původní vzorek složen. Tento proces se skládá ze čtyř fází: sušení, zuhelnění (200–400 °C), zpopelnění (450–500 °C) a loužení popela, jež zpravidla bývají doplněny přidavkem pomocného činidla a často i krokem opakovaného zpopelnění. K sušení mohou být použity laboratorní horkovzdušné sušárny, topné desky či lyofilizátory. Při úplném tepelném rozkladu jsou látky rozloženy a vzniká konečný produkt oxidace, CO₂. I přesto, že se většina organických látek rozkládá při 300–700 °C, nalezneme také látky, jejichž teplota rozkladu neklesne pod 800 °C, u kterých

hrozí ztráta těkavých analytů. Při suchém rozkladu bývají organické látky rozkládány obvykle přes noc po dobu 10–16 hodin, postupným a pomalým zpopelňováním. K loužení popela se nejčastěji používá zředěných minerálních kyselin HCl a HNO. Hlavní roli při tomto procesu hraje vhodná teplota. Výsledný vzorek je ve formě popela, který je následně vyluhován v kyselině, připraven k analýze [23],[24],[25].

2.4.2 Mokrý rozklad (WA)

Mokrý rozklad neboli (*Wet Ashing*) je klasický, velmi rozšířený typ rozkladu, který používá k rozkladu organických matric silné koncentrované kyseliny, které mají silné oxidační účinky. Bývají jimi hlavně anorganické kyseliny, jako jsou koncentrovaná HNO₃, H₂SO₄ či HClO₄ a jejich směsi. Oxidace organických látek může být zesílena aditivem oxidačních či pomocných činidel jako jsou KI, H₂O₂ katalyzovaný solemi Fe²⁺ aj. Při rozkladech kyselinami převádíme vzorek do roztoku tím, že aniont tvořící nerozpustnou sůl nahradíme jiným vhodným aniontem. Použití kyselin má i jisté výhody; při nadbytku kyseliny lze zbytek odstranit odpařením dosucha tj. odkouřením a tím, že je většina kyselin dodávána v extrémně vysoké čistotě (suprapur), dochází k minimálnímu riziku kontaminace vzorku. Počátkem rozkladného procesu je karbonizace vzorku, která způsobuje, že rozkládaná směs zhnědne, až zčerná. Po tomto procesu následuje oxidace, při níž dochází k vyloučení uhlíku, kyslíku a vodíku ve formě CO₂ nebo H₂O a dusíku ve formě NO₂ a dojde k vyčiření roztoku rozkládané směsi. Výsledný kapalný vzorek poté může být použit k analýze. Mokrý rozklad probíhá při nižších teplotách než u suchého rozkladu, maximální teplota bývá určena bodem varu oxidačních činidel či jeho směsí [23],[24],[25].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Popis vzorku

K měření byly použity vzorky různých odrůd bílého, černého a červeného rybízu, které pocházejí z pokusné výsadby Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského v Holovousích, jehož přesná poloha je 50°22'29" s. š. a 15°34'38" v. d.. Sad se nachází na těžké hlinito-jílovité půdě v nadmořské výšce 320 m n. m, kde se průměrná roční teplota pohybuje okolo 8 °C a průměrný roční úhrn srážek v této oblasti činí 654,7 mm z toho 378,8 mm za vegetační období.

Přehled veškerých odrůd, které byly zkoumány v rámci této bakalářské práce, jsou uvedeny v tabulce (*Tabulka 5*).

Tabulka 5: Přehled odrůd zkoumaných vzorků

druh	bílý rybíz (<i>Ribes vulgare</i>)	černý rybíz (<i>Ribes nigrum</i>)	červený rybíz (<i>Ribes rubrum</i>)
odrůda	Jantar	Triton	Ronda
	Blanka	Démon	Rovada
	Primus	Ruben	Rubigo
	Olin	Ben Gairn	Tatran
	Viktoria	Ben Hope	Losan
	Orion	Ben Conan	Jesan
			Junifer
			Kozolupský raný
			Losinský pozdní

3.2 Laboratorní vybavení

3.2.1 Chemikálie

- Ultračistá deionizovaná voda vyrobená stanicí ELGA PureLab Classic (Veolia Water Systems Ltd., UK)
- Kyselina dusičná 67 %, p.a.+ (Analytika Praha spol. s.r.o., ČR)
- Standardy prvků, koncentrace 1 g·dm⁻³ (Analytika Praha spol. s.r.o., ČR)

3.2.2 Pomůcky

- Běžné laboratorní sklo
- Parafilm „M“ Bemis
- Kvantitativní filtry Munktell Ahlstrom, středně velké póry (č.389; Munktell&Filtrak GmbH, D)

3.2.3 Přístroje

- Analytické laboratorní váhy AND HA-202M (A&D Company, JAP)
- Mrazicí box
- Jednotka pro přípravu ultračisté deionizované vody ELGA PureLab Classic UV (Veolia Water Systems Ltd., UK)

- Reciproční třepačka GFL 3006 (Gessellschaft für Laborortechnik mbH, D)
- Topná deska Gerhardt (Gerhardt Bonn, D)
- Autosampler AS 500 (Horiba Scientific Ltd., F)
- Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem Jobin Yvon Ultima 2 (Horiba Scientific Ltd., F)

3.3 Příprava vzorku

Po sklizni došlo ke zmrazení vzorků, které byly po celou dobu uchovávány při teplotě -18°C . Veškerá práce při přípravě vzorků byla nadále prováděna v ochranných rukavicích, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku. Vzorky byly po rozmražení, kterého bylo dosaženo zahřátím, zbaveny třapin, listů a jiných nečistot.

Do Erlenmayerových baněk, jejichž objem činil 50 cm^3 , byly naváženy vzorky o určité navážce, která se pohybovala mezi $5\pm 0,1\text{ g}$. Každý vzorek byl připraven ve dvou paralelních navážkách. Ke každému vzorku bylo následně přidáno $20\text{ cm}^3\text{ HNO}_3$ a pomocí parafilmu byla utěsněna ústí všech baněk, aby nebyly vzorky kontaminovány. Vzorky byly poté umístěny na reciproční třepačku a ponechány přes noc (20 hodin) ke třepání při 155rpm otáčkách.

Následující den byly vzorky po sejmutí parafilmu umístěny na topnou desku, kde byly zahřívány až do úplné mineralizace. Jakmile došlo k úplné mineralizaci, Erlenmeyerovy baňky se vzorky byly sejmuty z topné desky a ponechány k vychladnutí při laboratorní teplotě. Vzorky byly převedeny do odměrných baněk o objemu 100 cm^3 a doplněny ultračistou deionizovanou vodou po rysku. Poté následovala filtrace všech vzorků do zkumavek, které byly následně použity pro analýzu.

3.4 Příprava kalibračních roztoků

Vzorky byly připraveny ředěním zásobních roztoků jednotlivých prvků o koncentraci $1\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Ve všech standardech byla namodelována matrice analyzovaných vzorků přidavkem HNO_3 .

Pro mikroelementy Cu, Fe, Mg, Mn, P a Zn byl přístroj ICP-OES kalibrován v rozsahu $0\text{--}1\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. V případě makroelementů Ca, K a Na byl použit rozsah $0\text{--}10\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

3.5 Stanovení prvků metodou ICP–OES

Prvková analýza byla prováděna na přístroji Ultima 2 na Fakultě chemické, VUT v Brně. Základní nastavení přístroje uvádí *Tabulka 6*.

Tabulka 6: Základní nastavení přístroje ICP - OES

Přístroj:	ICP-OES Ultima 2 (Horiba Scientific Ltd., Illkirch Cedex F)	
Průtok argonu:	Plazmový plyn	12,98 l·min ⁻¹
	Pomocný plyn *	0,2 l·min ⁻¹
	Pomocný plyn **	0,8 l·min ⁻¹
Zmlžovač:	typ Meinhard	
Mlžná komora:	Cyklonová	
Rychlost otáček peristaltického čerpadla:	20 rpm	
Tlak na zmlžovači:	3 bary	
Výkon generátoru:	1 200 W	

* pro prvky Cu, Fe, Mg, Mn a Zn

** pro prvky Ca, K a Na

Protože metoda byla již v minulosti ověřena, podmínky měření byly převzaty z diplomové práce [26].

3.5.1 Výběr vlnové délky

Norma zabývající se stanovením prvků pomocí metody ICP–OES je ČSN EN ISO 11885. Vlnové délky byly převzaty z této normy a jsou uvedeny v tabulce (*Tabulka 7*). V případě, kdy norma uváděla pro daný prvek více vlnových délek, byla zvolena právě taková vlnová délka, která odpovídala nejvyšší citlivosti s co nejnižšími interferencemi [26].

Tabulka 7: Přehled vybraných vlnových délek

Prvek	Vlnová délka [nm]
Ca	393,366
K	766,490
Na	588,995
Cu	327,396
Fe	259,940
Mg	285,213
Mn	257,610
P	213,618
Zn	206,191

3.6 Statistické vyhodnocení

Všechny výsledky byly po analýze přeneseny do programu MS Excel 2010, kde byly následně zpracovány a pomocí programu XLstat a Tukeyho testu statisticky vyhodnoceny.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Analýza vzorků různých odrůd rybízu

Pomocí instrumentální metody ICP-OES a následných zpracování dat v programu XLstat, který spolupracuje s programem Excel, byly vyhodnoceny výsledky hmotnostních koncentrací jak makroelementů, tak mikroelementů ve 21 odrůdách drobného ovoce, z nichž bylo 6 odrůd bílému, 6 černému a 9 červenému rybízu.

V programu XLstat byly použity statistické funkce ANOVA a Tukeyho metoda mnohonásobného porovnání, díky kterým byl následně porovnán obsah všech 9 analyzovaných prvků mezi různými odrůdami na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Přehled všech výsledků je přehledně uveden do tabulek (*Tabulka 8, Tabulka 10 a Tabulka 12*).

4.1.1 Bílý rybíz

4.1.1.1 Vápník

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace vápníku u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací vápníku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $286 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $557 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace vápníku v bílém rybízu činila $460 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se z hlediska obsahu vápníku jevila odrůda Jantar. Nejnižší koncentrace vápníku byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

V literatuře nebyly nalezeny údaje o prvkovém složení bílého rybízu. Americká USDEA National Nutrient Databáze uvádí pouze průměrný obsah prvků hromadně pro bílý a červený rybíz [4]. Hodnota uváděná touto databází je mnohem nižší než koncentrace vápníku v bílém rybízu ze šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovous, liší se o $130 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tyto rozdíly mohou být způsobeny odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je bílý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce vápníku pro dospělého člověka, která podle Státní zemědělské a potravinářské inspekce a vyhlášky č. 225/2008 činí 800 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt pouze 5,75 % DDD [30].

4.1.1.2 Draslík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace draslíku u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací draslíku v bílém rybízu se pohybovalo mezi $1\,594 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $2\,110 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace draslíku v bílém rybízu činila $1\,931 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace draslíku byla obsažena v odrůdě Olin. Naopak nejnižší koncentrace draslíku byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

Jak již bylo zmíněno, americká USDEA National Nutrient Databáze uvádí pouze průměrný obsah prvků hromadně pro bílý a červený rybíz, tudíž je nutné počítat s rozdíly [4]. Koncentrace draslíku uváděná americkou databází je patrně vyšší než koncentrace vzorků ze šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovous. Odchylky mohou být způsobeny jak

odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je bílý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce draslíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 2 000 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 9,66 % DDD [30].

4.1.1.3 Sodík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že koncentrace sodíku v 6 odrůdách bílého rybízu se mezi sebou příliš nelišily. Rozmezí výsledných koncentrací sodíku v různých odrůdách bílého rybízu se pohybovalo mezi 16,4 mg·kg⁻¹ a 20,7 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace sodíku v bílém rybízu činila 19,0 mg·kg⁻¹. Nejvíce sodíku bylo obsaženo v odrůdách Jantar. Nejnížší koncentrace sodíku byla zjištěna u odrůdy Olin.

Hodnota uváděná americkou databází je nepatrně nižší než koncentrace vzorků ze šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovous [4]. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je bílý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce sodíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 800 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt pouze 0,3 % DDD [30].

4.1.1.4 Měď

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace mědi u různých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací mědi v různých odrůdách se pohybovalo v rozmezí od 0,65 mg·kg⁻¹ do 1,63 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace mědi v bílém rybízu činila 0,89 mg·kg⁻¹. Nejperspektivněji se jevila z pohledu obsahu mědi odrůda Primus. Nejnížší koncentrace mědi byla zjištěna u odrůdy Jantar.

V případě koncentrace mědi obsažené v bílém rybízu nebyl nalezen průměrný obsah tohoto prvku.

Vztaženo k doporučené denní dávce mědi pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 1 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 8,9 % DDD [30].

4.1.1.5 Železo

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace železa u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací železa v různých odrůdách se pohybuje mezi 5,58 mg·kg⁻¹ a 16,55 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace železa v bílém rybízu byla vypočítána na 8,05 mg·kg⁻¹. Nejvíce železa bylo obsaženo v odrůdách Primus. Nejnížší koncentrace železa byla zjištěna u odrůdy Blanka.

Hodnota uváděná americkou databází USDEA se liší od koncentrace vzorků ze šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovous pouze o 2 mg·kg⁻¹ [4]. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je bílý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce železa pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 14 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 5,75 % DDD [30].

4.1.1.6 Hořčík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace hořčíku v různých odrůdách bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací hořčíku v různých odrůdách se pohybuje mezi $75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $122 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace hořčíku v bílém rybízu činila $104 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Hořčík byl v největší koncentraci obsažen v odrůdě Orion. Nejnižší koncentrace hořčíku byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

Americká databáze USDEA uvádí pouze průměrný obsah prvků hromadně pro bílý a červený rybíz. Hodnota uváděná americkou databází je nepatrně vyšší než koncentrace vzorků ze šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovous [4]. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je bílý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce hořčíku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 375 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 2,77 % DDD [30].

4.1.1.7 Mangan

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace manganu u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací manganu v různých odrůdách se pohybuje mezi $0,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $1,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace manganu v bílém rybízu činila $1,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mangan byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Olin a Orion. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

K tomuto prvku nebyla bohužel dohledána celková průměrná koncentrace ani americkou databází USDEA, tudíž nebylo možné výslednou koncentraci s něčím porovnat [4].

Vztaženo k doporučené denní dávce manganu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 2 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 5,65 % DDD [30].

4.1.1.8 Fosfor

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace fosforu u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací fosforu v různých odrůdách se pohybuje mezi $0,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $1,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace fosforu v bílém rybízu činila $1,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Fosfor byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Olin a Orion. Nejnižší koncentrace fosforu byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

K tomuto prvku nebyla bohužel dohledána celková průměrná koncentrace ani americkou databází USDEA, tudíž nebylo možné výslednou koncentraci s něčím porovnat [4].

Vztaženo k doporučené denní dávce fosforu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 700 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt pouze 0,02 % DDD [30].

4.1.1.9 Zinek

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace zinku u jednotlivých odrůd bílého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací zinku v různých odrůdách se pohybuje mezi $1,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $3,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace zinku v bílém rybízu činila $2,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se svou koncentrací zinku jeví odrůda Orion. Nejnížší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Viktoria.

Hodnota je porovnatelná s americkou databází USDEA, neboť odchylka mezi těmito průměrnými hodnotami činí pouze $0,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [4].

Vztaženo k doporučené denní dávce zinku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 10 mg, lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 2,14 % DDD [30].

Tabulka 8: Obsah jednotlivých prvků v bílém rybízu

	Jantar	Blanka	Primus	Olin	Viktoría	Orion
Ca	557 ^a	517 ^a	417 ^{ab}	513 ^a	286 ^b	522 ^a
K	1 971 ^a	1 964 ^a	2 108 ^a	2 110 ^a	1 594 ^b	2 105 ^a
Na	20,7 ^a	17,5 ^a	16,9 ^a	16,4 ^a	19,0 ^a	20,2 ^a
Cu	0,65 ^b	0,78 ^b	0,87 ^b	0,85 ^b	0,81 ^b	1,63 ^a
Fe	8,50 ^{ab}	5,58 ^b	16,55 ^a	6,41 ^b	7,92 ^b	7,89 ^b
Mg	116 ^a	103 ^b	103 ^b	109 ^b	75 ^c	122 ^a
Mn	1,29 ^a	1,06 ^a	1,16 ^a	1,31 ^a	0,73 ^b	1,25 ^a
P	390 ^b	365 ^b	357 ^b	368 ^b	253 ^c	526 ^a
Zn	2,03 ^b	1,79 ^b	2,00 ^b	2,47 ^{ab}	1,66 ^b	3,26 ^a

Průměrné hodnoty jsou v tabulkách uvedeny v mg·kg⁻¹ a mezi hodnotami s odlišnými indexy, které se nachází ve stejném řádku, jsou statisticky významné rozdíly p<0,05.

Tabulka 9: Porovnání dat s nalezenou literaturou

	Ca	K	Na	Cu	Fe	Mg	Mn	P	Zn
Holovousy	460	1 931	19,0	0,89	8,05	104	1,13	397	2,14
USDEA [4]	330	2 750	10	-	10	130	-	440	2,3

4.1.2 Černý rybíz

4.1.2.1 Vápník

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace vápníku u jednotlivých odrůd černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací vápníku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $290 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $639 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace vápníku v černém rybízu činila $409 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se z hlediska obsahu vápníku jevila odrůda Démon. Nejnižší koncentrace vápníku byla zjištěna u odrůdy Ruben.

Stanovená koncentrace se nejvíce shoduje s publikovanými výsledky autorů Hegedüs et al., kteří se zabývali analýzou odrůd černého rybízu pěstovaného v Maďarsku (Fertődil, Otelo, Titania) a Nour et al., kteří analyzovali odrůdy černého rybízu pěstovaného v Rumunsku (Abanos, Blackdown, Bogatar, Deea, Rekord, Ronix, Tenat a Tinker) [28],[29]. Naopak americká databáze USDEA vykazuje velkou odchylku od ostatních koncentrací [4]. Rozdíly mohou být způsobeny odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce vápníku pro dospělého člověka, která podle Státní zemědělské a potravinářské inspekce a vyhlášky č. 225/2008 činí 800 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt pouze 7,99 % DDD [30].

4.1.2.2 Draslík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace draslíku u jednotlivých odrůd černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací draslíku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $2\,200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $2\,573 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace draslíku v černém rybízu činila $2\,395 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace draslíku byla obsažena v odrůdě Démon. Naopak nejnižší koncentrace draslíku byla zjištěna u odrůdy Triton.

Stanovená koncentrace draslíku se nejvíce přibližuje publikovaným výsledkům autorů Hegedüs et al., kteří se zabývali analýzou odrůd černého rybízu pěstovaného v Maďarsku (Fertődil, Otelo, Titania) a Nour et al., kteří analyzovali odrůdy černého rybízu pěstovaného v Rumunsku (Abanos, Blackdown, Bogatar, Deea, Rekord, Ronix, Tenat a Tinker) [28],[29]. Naopak americká databáze USDEA vykazuje velkou odchylku od ostatních koncentrací [4]. Odchylky mohou být zapříčiněny odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce draslíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 2 000 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 11,98 % DDD [30].

4.1.2.3 Sodík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace sodíku u jednotlivých odrůd černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací sodíku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $20,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $34,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace sodíku v černém rybízu činila $28,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvíce sodíku bylo obsaženo v odrůdě Ben Hope. Nejnižší koncentrace sodíku byla zjištěna u odrůdy Ben Conan.

V případě tohoto prvku se výsledná průměrná koncentrace nejvíce shoduje s hodnotou uváděnou americkou databází [4]. Rozdíly mezi ostatními publikovanými výsledky mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť mohly být vzorky sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce sodíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 800 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt pouze 0,35 % DDD [30].

4.1.2.4 Měď

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace mědi u černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací mědi v různých odrůdách se pohybovala v rozmezí od $0,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $1,24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace mědi v černém rybízu $1,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se jevila z pohledu obsahu mědi odrůda Ben Gairn. Nejnižší koncentrace mědi byla zjištěna u odrůdy Ben Conan.

Výsledná koncentrace mědi lze porovnat pouze s jedinými dohledatelnými publikovanými výsledky autorů Hegedüs et al., jejichž hodnota se liší o $0,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ od námi stanovené [28].

Vztaženo k doporučené denní dávce mědi pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 1 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 10,6 % DDD [30].

4.1.2.5 Železo

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že koncentrace železa v 6 odrůdách černého rybízu se mezi sebou příliš neliší. Rozmezí výsledných koncentrací železa v různých odrůdách se pohybuje mezi $5,99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $8,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace železa v černém rybízu byla vypočítána na $6,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvíce železa bylo obsaženo v odrůdě Triton. Nejnižší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Démon.

Výsledná průměrná koncentrace železa se nejvíce přibližuje hodnotě publikované autory Hegedüs et al. [28]. Rozdíly mohou být způsobeny díky odlišným klimatickým podmínkám, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce železa pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 14 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 4,74 % DDD [30].

4.1.2.6 Hořčík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace hořčíku u jednotlivých odrůd černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací hořčíku v různých odrůdách se pohybuje mezi $116 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

a $145 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace hořčiku v černém rybízu činila $129 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Hořčík byl v největší koncentraci obsažen v odrůdě Démon. Nejnižší koncentrace hořčiku byla zjištěna u odrůdy Ruben.

V porovnání s nalezenými publikovanými hodnotami, se naše hodnota neshoduje s žádnou uvedenou databází. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce hořčiku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 375 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 3,44 % DDD [30].

4.1.2.7 Mangan

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace manganu u černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací manganu v různých odrůdách se pohybuje mezi $0,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $3,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace manganu v černém rybízu činila $1,39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mangan byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Triton. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Ben Conan.

Průměrná koncentrace manganu vzorku z Holovous je porovnatelná s publikovaným výsledkem autorů Nour et al., naopak USDEA vykazuje koncentraci vyšší [4],[29]. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce manganu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 2 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 6,95 % DDD [30].

4.1.2.8 Fosfor

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že koncentrace fosforu v 6 odrůdách černého rybízu se mezi sebou příliš neliší, všechny koncentrace totiž vykazují stejný index. Rozmezí výsledných koncentrací fosforu v různých odrůdách se pohybuje mezi $392 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $499 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace fosforu v černém rybízu činila $450 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Fosfor byl v největší koncentraci obsažen v odrůdě Ben Gairn. Nejnižší koncentrace fosforu byla zjištěna u odrůdy Triton.

Nejvíce se výsledná koncentrace fosforu shoduje s hodnotou udávanou autory Hegedüs et al., kteří pěstovali odrůdy černého rybízu v Maďarsku [28]. Rozdíly mezi hodnotami s americkou databází mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti [4].

Vztaženo k doporučené denní dávce fosforu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 700 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 6,43 % DDD [30].

4.1.2.9 Zinek

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace zinku u jednotlivých odrůd černého rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací zinku v různých odrůdách se pohybuje mezi $1,98 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

a $3,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace zinku v černém rybízu činila $2,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se svou koncentrací zinku jeví odrůda Triton. Nejnižší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Ben Hope.

Výsledná koncentrace zinku se nejvíce přibližuje publikovaným výsledkům USDEA, ostatní výsledky se však také příliš neliší [4].

Vztaženo k doporučené denní dávce zinku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 10 mg, lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 2,66 % DDD [30].

Tabulka 10: Obsah jednotlivých prvků v černém rybízů

	Triton	Démon	Ruben	Ben Gairn	Ben Hope	Ben Conan
Ca	334 ^{bc}	639 ^a	290 ^c	505 ^{ab}	311 ^c	390 ^{bc}
K	2 200 ^b	2 573 ^a	2 409 ^{ab}	2 501 ^a	2 385 ^{ab}	2 363 ^{ab}
Na	33,3 ^a	27,1 ^{ab}	25,8 ^{ab}	25,7 ^{ab}	34,1 ^a	20,5 ^b
Cu	1,12 ^a	0,99 ^a	1,09 ^a	1,24 ^a	0,98 ^a	0,92 ^a
Fe	8,63 ^a	5,99 ^a	5,89 ^a	7,13 ^a	5,75 ^a	6,87 ^a
Mg	131 ^{ab}	145 ^a	116 ^b	135 ^{ab}	128 ^{ab}	119 ^{ab}
Mn	3,77 ^a	0,87 ^b	0,82 ^b	1,11 ^{ab}	1,04 ^{ab}	0,69 ^b
P	392 ^a	482 ^a	437 ^a	499 ^a	401 ^a	466 ^a
Zn	3,76 ^a	2,13 ^{ab}	2,88 ^{ab}	2,97 ^{ab}	1,98 ^b	2,39 ^{ab}

Průměrné hodnoty jsou v tabulkách uvedeny v mg·kg⁻¹ a mezi hodnotami s odlišnými indexy, které se nachází ve stejném řádku, jsou statisticky významné rozdíly p<0,05.

Tabulka 11: Porovnání dat s nalezenou literaturou

	Ca	K	Na	Cu	Fe	Mg	Mn	P	Zn
Holovousy	409	2 395	28,0	1,06	6,63	129	1,39	450	2,66
USDEA [4]	0,86	3 220	20	-	15,4	240	2,6	550	2,7
Nour et al. [29]	313 - 642	2 511 – 3 051	9,8 – 12,8	-	11,3 – 17,2	457 - 659	1,4 – 1,9	-	1,6 – 3,6
Hegedüs et al.[28]	406 - 799	2 252 – 3 096	48,6 – 74,6	1,2 – 3,2	4,7 - 12	165 - 261	1,8 – 2,2	365 - 627	2,0 – 2,3

4.1.3 Červený rybíz

4.1.3.1 Vápník

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace vápníku u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací vápníku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $227 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $508 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace vápníku v červeném rybízu činila $374 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se z hlediska obsahu vápníku jevila odrůda Rovada. Nejnížší koncentrace vápníku byla zjištěna u odrůdy Kozolupský raný.

Stanovená koncentrace vápníku se nejvíce shoduje s publikovanými výsledky autorů Hegedüs et al., kteří se zabývali analýzou odrůd černého rybízu pěstovaného v Maďarsku (Fertődil, Otelo, Titania) [28]. Naopak americká databáze USDEA spolu s autory Nour et al. vykazují odchylku od ostatních koncentrací [4],[29]. Rozdíly mohou být způsobeny odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je červený rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce vápníku pro dospělého člověka, která podle Státní zemědělské a potravinářské inspekce a vyhlášky č. 225/2008 činí 800 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt pouze 4,68 % DDD [30].

4.1.3.2 Draslík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace draslíku u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací draslíku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $1\,836 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $2\,357 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace draslíku v červeném rybízu činila $2\,201 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace draslíku byla obsažena v odrůdě Rovada. Naopak nejnížší koncentrace draslíku byla zjištěna u odrůdy Kozolupský raný.

Stanovená koncentrace draslíku se nejvíce přibližuje publikovaným výsledkům autorů Hegedüs et al., kteří se zabývali analýzou odrůd červeného rybízu pěstovaného v Maďarsku (Detvan, Jonkheer van Tets, Rondon) a Nour et al., kteří analyzovali odrůdy černého rybízu pěstovaného v Rumunsku (Abundent, Houghton Kastle, Rosu Timpuriu) [28],[29]. Naopak americká databáze USDEA vykazuje velkou odchylku od ostatních koncentrací [4]. Odchyly mohou být zapříčiněny odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je červený rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce draslíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 2 000 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 11,0 % DDD [30].

4.1.3.3 Sodík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace sodíku u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací sodíku v různých odrůdách se pohybovalo mezi $21,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $40,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace sodíku v červeném rybízu činila

31,4 mg·kg⁻¹. Nejvíce sodíku bylo obsaženo v odrůdě Junifer. Nejnižší koncentrace sodíku byla zjištěna u odrůdy Tatraň.

V případě tohoto prvku se výsledná průměrná koncentrace sodíku nejvíce přibližuje hodnotě uváděné autory Hegedüs et al. [28]. Rozdíly mezi ostatními publikovanými výsledky mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je červený rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť mohly být vzorky sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce sodíku pro dospělého člověka, která podle vyhlášky činí 800 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt pouze 0,39 % DDD [30].

4.1.3.4 Měď

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace mědi u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací mědi v různých odrůdách se pohybovala v rozmezí od 0,45 mg·kg⁻¹ do 1,50 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace mědi v červeném rybízu činila 1,21 mg·kg⁻¹. Nejperspektivněji se jevila z pohledu obsahu mědi odrůda Junifer. Nejnižší koncentrace mědi byla zjištěna u odrůdy Ben Losinský pozdní.

Výsledná koncentrace se shoduje s publikovanými výsledky autorů Hegedüs et al., přibližuje se i hodnota USDEA [28],[4].

Vztaženo k doporučené denní dávce mědi pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 1 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 12,1 % DDD [30].

4.1.3.5 Železo

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že koncentrace železa v 9 odrůdách červeného rybízu se mezi sebou příliš neliší. Rozmezí výsledných koncentrací železa v různých odrůdách se pohybuje mezi 6,80 mg·kg⁻¹ a 10,50 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace v červeném rybízu byla vypočítána na 8,92 mg·kg⁻¹. Nejvíce železa bylo obsaženo v odrůdě Rovada. Nejnižší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Losinský pozdní.

Výsledná průměrná koncentrace železa se nejvíce přibližuje hodnotě publikované autory Hegedüs et al., avšak příliš se neliší ani od ostatních publikovaných výsledků [28]. Případné rozdíly mohou být způsobeny díky odlišným klimatickým podmínkám, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce železa pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 14 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 6,37 % DDD [30].

4.1.3.6 Hořčík

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace hořčíku u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací hořčíku v různých odrůdách se pohybuje mezi 100 mg·kg⁻¹ a 132 mg·kg⁻¹. Celková průměrná koncentrace hořčíku v červeném rybízu činila 119 mg·kg⁻¹. Hořčík byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Losan. Nejnižší koncentrace hořčíku byla zjištěna u odrůdy Kozolupský raný.

V porovnání s nalezenými publikovanými hodnotami, se naše hodnota shoduje pouze s publikovanými výsledky autorů Hegedüs et al. [28]. Odchytky mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je červený rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce hořčiku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 375 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 3,17 % DDD [30].

4.1.3.7 Mangan

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace manganu u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací manganu v různých odrůdách se pohybuje mezi $0,85 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $4,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace manganu v červeném rybízu činila $2,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mangan byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Kozolupský raný. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Rovada.

Průměrná koncentrace manganu vzorku z Holovous je porovnatelná s publikovaným výsledkem autorů Hegedüs et al., naopak USDEA a výsledky autorů Nour et al. vykazují vyšší koncentraci [28],[4],[29]. Rozdíly mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je černý rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

Vztaženo k doporučené denní dávce manganu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 2 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 11,8 % DDD [30].

4.1.3.8 Fosfor

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace fosforu u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací fosforu v různých odrůdách se pohybuje mezi $376 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $578 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace fosforu v červeném rybízu činila $497 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Fosfor byl v nejvyšší koncentraci obsažen v odrůdě Losan. Nejnižší koncentrace fosforu byla zjištěna u odrůdy Kozolupský raný.

Nejvíce se výsledná koncentrace fosforu shoduje s hodnotou udávanou autory Hegedüs et al., kteří pěstovali odrůdy červeného rybízu v Maďarsku [28]. Hodnota uvedená americkou databází se také příliš neliší od námi stanovené [4]. Případné odchytky mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je červený rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti.

U vzorků z Holovous bylo prokázáno, že odlišná koncentrace fosforu je podmíněna druhem odrůdy. Vztaženo k doporučené denní dávce fosforu pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 700 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 7,1 % DDD [30].

4.1.3.9 Zinek

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu pomocí statistického programu XLstat bylo zjištěno, že koncentrace zinku u jednotlivých odrůd červeného rybízu se významně liší ($p < 0,05$). Rozmezí výsledných koncentrací zinku v různých odrůdách se pohybuje mezi $1,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

a $4,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace zinku v červeném rybízu $2,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejperspektivněji se svou koncentrací zinku jeví odrůda Jesan. Nejnižší koncentrace zinku byla naopak zjištěna u odrůdy Losinský pozdní.

Výsledná koncentrace zinku se shoduje s rozmezím publikovaných výsledků Nour et al., ostatní výsledky se však také příliš neliší [29].

Vztaženo k doporučené denní dávce zinku pro dospělého člověka, která podle legislativy činí 10 mg, lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 2,6 % DDD [30].

Tabulka 12: Obsah jednotlivých prvků v červeném rybízu

	Ronda	Rovada	Rubigo	Tatran	Losan	Jesan	Junifer	Kozolupský	NŠLS
Ca	365 ^{abc}	508 ^a	478 ^{ab}	371 ^{abc}	476 ^{ab}	358 ^{abc}	304 ^{bc}	227 ^c	278 ^c
K	2 175 ^{ab}	2 357 ^{ab}	2 526 ^a	2 011 ^{ab}	2 252 ^{ab}	2 227 ^{ab}	2 256 ^{ab}	1 836 ^b	2 177 ^{ab}
Na	36,1 ^{ab}	26,5 ^{bc}	28,8 ^{abc}	21,7 ^c	30,3 ^{abc}	37,2 ^{ab}	40,4 ^a	31,5 ^{abc}	27,9 ^{bc}
Cu	1,35 ^{ab}	1,10 ^{ab}	1,05 ^b	1,15 ^{ab}	1,25 ^{ab}	1,30 ^{ab}	1,50 ^a	1,20 ^{ab}	0,95 ^b
Fe	10,10 ^a	8,60 ^a	10,35 ^a	8,35 ^a	8,25 ^a	9,10 ^a	8,40 ^a	10,50 ^a	6,80 ^a
Mg	119 ^a	114 ^a	126 ^a	108 ^a	132 ^a	127 ^a	131 ^a	100 ^a	112 ^a
Mn	1,20 ^{bc}	0,85 ^c	1,20 ^{bc}	0,85 ^c	0,90 ^c	7,05 ^a	4,55 ^{ab}	4,20 ^{abc}	0,90 ^c
P	460 ^{ab}	485 ^{ab}	566 ^a	503 ^{ab}	578 ^a	509 ^{ab}	525 ^{ab}	376 ^b	476 ^{ab}
Zn	2,30 ^{bc}	2,05 ^{bc}	1,90 ^{bc}	1,80 ^{bc}	2,55 ^b	4,30 ^a	4,20 ^a	3,20 ^{ab}	1,30 ^c

Průměrné hodnoty jsou v tabulkách uvedeny v mg·kg⁻¹ a mezi hodnotami s odlišnými indexy, které se nachází ve stejném řádku, jsou statisticky významné rozdíly p<0,05.

Poznámka: Kozolupský - Kozolupský raný, NŠLS – Losinský pozdní

Tabulka 13: Porovnání dat s nalezenou literaturou

	Ca	K	Na	Cu	Fe	Mg	Mn	P	Zn
Holovousy	374	2 201	31,4	1,21	8,92	119	2,36	497	2,60
USDEA [4]	330	2 750	10	1,1	10	130	1,9	440	2,3
Nour et al.[29]	182 - 340	2 404 – 2 557	11,0 – 13,8	-	11,5 – 13,8	273 - 382	1,0 – 1,5	-	2,5 – 3,4
Hegedüs et al.[28]	422 - 615	1 627 – 2 325	39 - 57	0,9 – 1,3	5,5 – 17,3	147 - 161	1,9 – 2,6	353 - 591	1,6 – 2,3

5 ZÁVĚR

Teoretická část této bakalářské práce je zaměřena na popis drobného ovoce rodu rybízu (*Ribes L*) a jeho odrůd, a to bílého (*Ribes vulgare*), červeného (*Ribes rubrum*) a černého (*Ribes nigrum*), jejichž vzorky byly následně podrobeny prvkové analýze. Následně jsou v podkapitolách popsány analyzované prvky (Ca, K, Na, Cu, Fe, Mg, Mn, P a Zn) a jejich výskyt a funkce v lidském metabolismu. Rybíz, který patří u Čechů k velmi oblíbenému bobulovitému ovoci a je znám již od 14. století, se řadí díky své bohatosti na organické a minerální látky mezi nutričně významnou potravinu. Šťáva z plodů rybízu se využívá nejen k výrobě léků proti kašli či nachlazení, ale je také hojně využita v potravinářském průmyslu pro výrobu ovoných šťáv, rosolů či alkoholických nápojů.

Cílem experimentální části bylo použití již optimalizované metody ICP–OES k prvkové analýze odlišných odrůd bílého, černého a červeného rybízu, které byly poskytnuty Výzkumným a šlechtitelským ústavem ovocnářským v Holovousích s.r.o., kde jsou tyto plody pěstovány na experimentálních půdách. K analýze bylo použito celkem 21 vzorků rybízu, z nichž 6 vzorků náleželo bílému, 6 vzorků černému a 9 vzorků červenému rybízu.

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že obsah všech analyzovaných prvků se mezi jednotlivými odrůdami bílého rybízu statisticky významně liší ($p < 0,05$). Z 6 analyzovaných odrůd bílého rybízu se nejperspektivněji z hlediska celkového obsahu minerálních látek jevila odrůda Orion. Tato odrůda byla nejbohatší na měď, hořčík, fosfor a zinek ($\text{Cu } 1,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mg } 122 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{P } 526 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Zn } 3,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Naopak ze všech zkoumaných odrůd bílého rybízu obsahovala nejméně minerálních látek odrůda Viktoria, která vykazovala nejnižší koncentrace draslíku, hořčíku, manganu, fosforu a zinku ($\text{K } 1594 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mg } 75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mn } 0,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{P } 253 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Zn } 1,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). V průměru lze konzumací 100 g bílého rybízu pokrýt 1–10 % DDD Ca, K, Na, Cu, Fe, Mn, P a Zn pro dospělého člověka.

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že obsah všech analyzovaných prvků se mezi jednotlivými odrůdami černého rybízu statisticky významně liší ($p < 0,05$). Z 6 analyzovaných odrůd černého rybízu se nejperspektivněji z hlediska celkového obsahu minerálních látek jevila odrůda Démon a Triton. Odrůda Démon byla nejbohatší na obsah vápníku, draslíku a hořčíku ($\text{Ca } 639 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{K } 2573 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mg } 145 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Odrůda Triton byla nejbohatší na obsah železa, manganu a zinku ($\text{Fe } 8,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mn } 3,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Zn } 3,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Naopak ze všech zkoumaných odrůd černého rybízu obsahovala nejméně minerálních látek odrůda Ben Conan, která vykazovala nejnižší koncentrace u sodíku, mědi a manganu ($\text{Na } 20,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Cu } 0,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mn } 0,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). V průměru lze konzumací 100 g černého rybízu pokrýt 2–12 % DDD Ca, K, Na, Cu, Fe, Mn, P a Zn pro dospělého člověka.

Na základě vyhodnocení Tukeyho testu bylo zjištěno, že obsah všech analyzovaných prvků se mezi jednotlivými odrůdami červeného rybízu statisticky významně liší ($p < 0,05$). Z 9 analyzovaných odrůd červeného rybízu se nejperspektivněji z hlediska celkového obsahu minerálních látek jevila odrůda Rubigo, Jesan a Junifer. Odrůda Rubigo je nejbohatší na obsah draslíku a fosforu ($\text{K } 2526 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{P } 566 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Odrůda Jesan je nejbohatší na mangan a zinek ($\text{Mn } 7,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Zn } 4,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Odrůda Junifer je nejbohatší na obsah

sodíku a mědi (Na 40,4 mg·kg⁻¹, Cu 1,50 mg·kg⁻¹). Ze všech zkoumaných odrůd červeného rybízu obsahovala nejméně minerálních látek odrůda Losinský pozdní, která vykazovala nejnižší koncentrace u mědi, železa a zinku (Cu 0,95 mg·kg⁻¹, Fe 6,80 mg·kg⁻¹, Zn 1,30 mg·kg⁻¹). V průměru lze konzumací 100 g červeného rybízu pokrýt 2–12 % DDD Ca, K, Na, Cu, Fe, Mn, P a Zn pro dospělého člověka.

Výsledné koncentrace jednotlivých prvků různých odrůd bílého, černého a červeného rybízu jsou porovnatelné s hodnotami nalezenými v literatuře. Případné odchylky mohou být způsobeny jak odlišnými klimatickými podmínkami, ve kterých je rybíz pěstován, různým složením půdy, ale také jsou podmíněny sklizní, neboť vzorky mohly být sklizeny v různých stupních zralosti. Značný vliv na prvkové složení má také odrůda daného ovoce.

Vzorky rybízu, které byly použity k prvkové analýze v této bakalářské práci, pocházejí z Výzkumného ústavu šlechtitelského a ovocnářského v Holovousích s.r.o., kde jsou na experimentálních půdách šlechtěny odrůdy rybízu a angreštu odolné vůči moderním chorobám. Vzorky z tohoto sadu jsou pravidelně sledovány a podrobovány kontrole obsahu minerálních látek. Výsledky této práce pomohou při výběru vhodných odrůd rybízů k založení nových ovocných sadů v České republice.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NESRSTA, Dušan, Tomáš JAN a Milan HANČ. *Drobné ovoce a skořápkoviny: přes 140 barevných fotografií a popisů odrůd*. 1. vyd. Olomouc: Baštan, 2013, 213 s. ISBN 978-80-87091-40-1.
- [2] HRIČOVSKÝ, Ivan, et al. *Drobné ovoce: a méně známe druhy ovoce*. Bratislava: Příroda, s.r.o., 2002. 104 s. ISBN 80-07-01004-1.
- [3] RICHTER, Miloslav. *Malý obrazový atlas odrůd ovoce*. Vyd. 1. Lanškroun: TG tisk, c2004, 85 s. Ovoce. ISBN 80-903-4876-9.
- [4] ZHAO, Yanyun. *Berry fruit: value-added products for health promotion*. Boca Raton: CRC Press, c2007, 430 p. ISBN 08-493-5802-7.
- [5] *PLANTS Database: USDA PLANTS* [online]. Poslední verze 2009 [cit. 2014-12-02]. Classification.
Dostupné z: <http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=RIBES>.
- [6] JORDÁN, Václav a Marie HEMZALOVÁ. *Antioxidanty: zázračné zbraně: vitaminy, minerály, stopové prvky, aminokyseliny a jejich využití pro zdravý život*. Vyd. 1. Brno: Jota, 2001, 153 s. Jak na to (Jota). ISBN 80-721-7156-9.
- [7] HARANT, Miloš; ZACHA, Vladimír. *Pěstujeme bobuloviny*. Praha: SZN, 1974. 258 s. ISBN 07-059-74.
- [8] *Fruit Currant Food Wallpapers and photos*. [online]. [cit. 2014-12-30]
Dostupné z: <http://www.1zoom.net/Food/wallpaper/316869/z318.5/>
- [9] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [10] PETROVÁ, Jana a Sylva ŠMÍDOVÁ. *Základy výživy pro stravovací provozy: školní stravování, výživové normy (spotřební koš), dietní stravování ve školní jídelně, zásady správné výživy, výživa dětí, dospívajících, sportujících dětí a adolescentů, seniorů*. 1. vyd. Plzeň: Jídelny.cz, 2014, 307 s. Jak na to (Jota). ISBN 978-80-905557-0-9.
- [11] BARKER, Allen V a D PILBEAM. *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor, c2007, 613 p. ISBN 978-082-4759-049.
- [12] PÁNEK, Jan a Sylva ŠMÍDOVÁ. *Základy výživy a výživová politika*. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 219 s. Jak na to (Jota). ISBN 80-708-0468-8.
- [13] DRAGICEVIC, Vesna, Snezana MLADENOVIC-DRINIC, Milovan STOJILJKOVIC, Milomir FILIPOVIC, Zoran DUMANOVIC a Dragan KOVACEVIC. Variability of factors that affect availability of iron, manganese and zinc in maize lines. *Genetika*. 2013, vol. 45, issue 3, s. 907-920. DOI: 10.2298/GENSR1303907D.
Dostupné z: http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=053400121303907D&AspxAutoDetectCookieSupport=1#.VVe7y_ntmko
- [14] CHRISTIAN, Gary D, Purnendu K DASGUPTA a Kevin SCHUG. *Analytical chemistry*. Seventh edition /. xxii, 826 pages:. ISBN 9780470887578-.
- [15] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, 132 s. ISBN 80-863-6907-2.

- [16] HOLZBECHER, Závaš a Jaroslav CHURÁČEK. *Analytická chemie* 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987. 663 s. ISBN 04-612-87.
- [17] NĚMCOVÁ, Irena. *Spektrometrické analytické metody I*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1997, 166 s. ISBN 80-718-4365-2.
- [18] *Quadrupole Mass Spectrometry*. [online]. [cit. 2014-12-30].
Dostupné z: <http://www.tissuegroup.chem.vt.edu/chem-ed/ms/quadrupo.html>
- [19] STUŽKA, Václav. *Analytická atomová optická spektrometrie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2000, 81 s. ISBN 80-244-0206-8.
- [20] OTRUBA, Editor Vítězslav. *6. kurz ICP spektrometrie*: Brno 24.-26. května 2011. Brno: Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, 2011. ISBN 978-809-0453-913.
- [21] *Instituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia: Laboratorio elementi in tracce* [online]. [cit. 2014-12-30].
Dostupné z: <http://www.pa.ingv.it/laboratori/tracce/elementi.html>
- [22] SOMMER, Lumír. *Základy analytické chemie II*. Vyd. 1. V Brně: Vutium, 2000, 347 s. ISBN 80-214-1742-0.
- [23] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 202 s. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [24] MADER P., ČURDOVÁ E.: *Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků*, Chem. listy 91, str. 227–236, [cit.10.4.2008]. ISSN 1213-7103.
- [25] HÁLKOVÁ, Jana a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin*. 2. vyd. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001, 94 s. ISBN 80-864-9402-0.
- [26] ČSN EN ISO 11885, *Jakost vod – Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP–OES)*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009
- [27] ŠTURSA, V. *Prvková analýza různých druhů drobného ovoce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2014. 57 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D..
- [28] HEGEDUS, Attila. Comparative nutrient element and antioxidant characterization of berry fruit species and cultivars grown in Hungary. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*. Alexandria, Va.: The Society, 2008, roč. 43, č. 6.
- [29] NOUR, Violeta, Ion TRANDAFIR a Mira Elena IONICA. Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. *Fruits*. 2011, vol. 66, issue 5, s. 353362. DOI:10.1051/fruits/2011049.
Dostupné z: <http://www.fruits-journal.org/10.1051/fruits/2011049>.
- [30] Vyhláška č. 225/2008 Sb., *Vyhláška kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin*, Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2008
Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005983>

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrometrie
ADP	Adenosindifosfát
AES	Atomová emisní spektrometrie
AFS	Atomová fluorescenční spektrometrie
AMP	Adenosinmonofosfát
ATP	Adenosintrifosfát
DA	<i>Dry Ashing</i> , suchý rozklad
DDD	Doporučená denní dávka
FAD	Flavinadenindinukleotid
MS	Hmotnostní spektrometrie
NAD	Nikotinamidadenindinukleotid
ICP–OES	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
TOF	<i>Time of Flight</i> , doba průletu
WA	<i>Wet Ashing</i> , mokrý rozklad