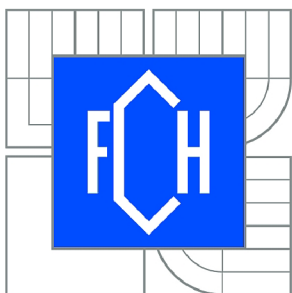




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA RŮZNÝCH ODRŮD ANGREŠTU

ELEMENTAL ANALYSIS OF THE DIFFERENT GOOSEBERRIES VARIETIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BARBORA LINARTOVÁ

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-BAK0884/2014 | Akademický rok: 2014/2015 |
| Ústav: | Ústav chemie potravin a biotechnologií | |
| Student(ka): | Barbora Linartová | |
| Studijní program: | Chemie a technologie potravin (B2901) | |
| Studijní obor: | Biotechnologie (2810R001) | |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D. | |
| Konzultanti: | Ing. Aleš Matějček, Ph.D. | |

Název bakalářské práce:

Elementární analýza různých odrůd angreštu

Zadání bakalářské práce:

1. zpracování literární rešerže k zadanému tématu
2. příprava vzorků k analýze
3. analýza vzorků pomocí ICP-OES
4. zpracování 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.

Barbora Linartová
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 popisuje a zkoumá prvkovou analýzu několika nových odrůd červeného a zeleného angreštu. Teoretická část se zabývá popisem historie, taxonomií, pěstováním a také biologickými znaky angreštu. V další části se tato práce věnuje shrnutí nutričních parametrů analyzovaných prvků a také popisuje metody, které jsou pro tuto analýzu v potravinářství použitelné. Experimentální část pojednává o přípravě vzorku, jeho následném rozkladu na mokré cestě a o samotné analýze technikou ICP-OES. Zkoumané vzorky byly poskytnuty Výzkumným a šlechtitelským ústavem ovocnářského v Holovousích, s.r.o. Získané výsledky analyzovaných prvků (Cu, Fe, Mg, Mn, P, Zn, Ca, K, Na) v různých odrůdách angreštu byly dále vyhodnoceny s využitím statistických metod a tyto výsledky byly následně porovnány s dostupnou databází. Jako nejperspektivnější se z hlediska obsahu jednotlivých prvků ukázaly být odrůdy červeného angreštu Rolonda a Jocheline, a odrůdy zeleného angreštu Invicta a Mucurines.

ABSTRACT

This bachelor thesis describes and explores the elemental analysis of several new varieties of red and green gooseberries. The theoretical part deals with the history, taxonomy, cultivation and biological characteristics of gooseberry. The next part of the thesis is focus on the summary of nutritional parameters of the analyzed elements and it also describes the methods which characterize the analysis in the food use. The experimental part deals with the preparation of the sample, its subsequent decomposition by using wet way and of the actual analysis using the technique ICP-OES. The sample was provided by "Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský v Holovousích, s.r.o.". The results of analyzed elements (Cu, Fe, Mg, Mn, P, Zn, Ca, K, Na) in the various varieties of gooseberry were further evaluated using statistical methods. These results were then compared with the available databases. The most promising in terms of the content of individual elements proved to be a variety of red gooseberry Rolonda and Jocheline, a variety of green gooseberry Invicta and Mucurines.

KLÍČOVÁ SLOVA

angrešt, ovoce, elementární analýza, ICP-OES

KEYWORDS

gooseberry, fruit, elemental analysis, ICP-OES

LINARTOVÁ, B. *Elementární analýza různých odrůd angreštu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 24 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

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

.....

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Divišovi, Ph.D. za cenné připomínky, konzultace a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Výzkumnému a šlechtitelskému ústavu ovocnářskému v Holovousích s.r.o. za poskytnuté vzorky. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým blízkým za podporu nejen při psaní této práce, ale i během celého studia na vysoké škole.

OBSAH

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Úvod | 7 |
| 2 | Teoretická část..... | 8 |
| 2.1 | Angrešt | 8 |
| 2.1.1 | Historie pěstování..... | 8 |
| 2.1.2 | Taxonomické zařazení..... | 8 |
| 2.1.3 | Pěstování | 8 |
| 2.1.4 | Biologické znaky | 9 |
| 2.2 | Chemické složení | 10 |
| 2.2.1 | Sodík a draslík | 11 |
| 2.2.2 | Hořčík a vápník | 11 |
| 2.2.3 | Fosfor..... | 11 |
| 2.2.4 | Železo | 12 |
| 2.2.5 | Zinek..... | 12 |
| 2.2.6 | Měď | 13 |
| 2.2.7 | Mangan..... | 13 |
| 2.3 | Metody pro prvkovou analýzu potravin | 14 |
| 2.3.1 | Atomová absorpční spektrometrie..... | 14 |
| 2.3.2 | Atomová emisní spektrometrie..... | 14 |
| 2.3.3 | Atomová fluorescenční spektrometrie..... | 15 |
| 2.3.4 | Hmotnostní spektrometrie | 15 |
| 2.3.5 | Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) | 16 |
| 2.3.5.1 | Princip metody a její instrumentace | 16 |
| 2.3.5.2 | Zmlžovače | 17 |
| 2.3.5.3 | Zdroj plazmatu | 17 |
| 2.3.5.4 | Monochromátory | 18 |
| 2.3.5.5 | Detekce záření | 18 |
| 2.4 | Možnosti přípravy vzorku | 19 |
| 2.4.1 | Mineralizace na suché cestě | 19 |
| 2.4.2 | Mineralizace na mokré cestě | 20 |
| 3 | Experimentální část | 21 |
| 3.1 | Popis vzorku | 21 |
| 3.2 | Laboratorní vybavení | 21 |
| 3.2.1 | Pomůcky | 21 |
| 3.2.2 | Přístroje | 21 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.3 | Chemikálie..... | 21 |
| 3.3 | Příprava vzorku | 22 |
| 3.4 | Příprava kalibračních roztoků | 23 |
| 3.5 | Nastavení přístroje pro analýzu prvků..... | 23 |
| 4 | Výsledky a diskuze..... | 25 |
| 4.1 | Analýza vzorků angreštu | 25 |
| 4.1.1 | Červený angrešt..... | 25 |
| 4.1.2 | Zelený angrešt | 28 |
| 4.2 | Porovnání výsledků analýzy..... | 31 |
| 5 | Závěr..... | 32 |
| 6 | Seznam použité literatury..... | 33 |

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o prvkové analýze plodů keře srstka angrešt, který řadíme mezi drobné ovoce, pěstující se převážně na zahrádkách. Zahrádkáři jej využívají nejen ke konzumaci a k užítku, ale také jako příspěvek k estetickému dojmu jejich pozemku. Angrešt lze konzumovat přímo, pro jeho výraznou osvěžující chuť, ale také ho můžeme moštovat a konzervovat ve formě kompotů nebo džemů. Běžně se začal v Evropě pěstovat v 16. století. Na počátku 20. století se zde objevila choroba amerického padlí, která způsobila značné škody. Proto má velký význam šlechtění nových odrůd angreštu, které budou méně náchylné tomuto padlí a ostatním škůdcům.

Z nutričního hlediska je angrešt bohatý na cukry, bílkoviny, sacharidy a vitamíny, převážně vitamín C. Obsahuje také minerální látky, jako jsou např. vápník, hořčík, draslík, fosfor aj. Ty jsou nezbytnou součástí lidské potravy. Zkoumání množství těchto minerálních látek v potravě předchází jakémusi deficitu popř. nadbytku látek ve stravě. Nezralé plody jsou bohaté na pektin, který se přidává do džemů a marmelád, které jsou na tento polysacharid chudé.

Odrůdy angreštu se vyskytují bílé, žluté, zelené a červené. Plod je dužnatá bobule, která má chuť, barvu a pevnost podle doby zrání. Různé odrůdy se liší jak ve velikosti, tak tvaru plodu. Sklizeň je ruční práce a sklízet lze v zeleném, polovyzrálém i zralém stavu. Dužnina může mít chuť sladkou, sladkokyselou, kyselou i aromatickou. Barva dužniny se téměř vždy shoduje se slupkou. Vyznačuje se keřovitým růstem s trny, ale nové odrůdy jsou už i beztrnné.

Experimentální část této bakalářské práce se zabývá prvkovou analýzou několika odrůd angreštu. Vzorky byly nejdříve rozloženy na mokré cestě a dále byly analyzovány pomocí techniky ICP-OES. Naměřené výsledky byly vyhodnoceny s využitím statistických metod a zpracovány pomocí Tukeyho testu a následně porovnány s dostupnou databází.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Angrešt

2.1.1 Historie pěstování

Angrešt známe pod botanickým názvem srstka obecná. Původně šlo o divoký keř, který se vyskytoval převážně v Rusku, kde byl i od 11. století pěstován v klášterech a od 15. století kolem Moskvy. Do Evropy se nejdříve rozšířil okolo 15. století na území Francie. Během 16. století se stal angrešt v Anglii nejoblíbenějším ovocem. Pokusným křížením vznikaly rozmanité, ale i kvalitní odrůdy, proto v tomto období je zaznamenáno už několik odrůd angreštu. Po Anglii se angrešt rozšířil hlavně v Německu. Na území České republiky a Slovenska se dostal během 19. století, kdy bylo známo již 722 odrůd angreštu. Úpad pěstování měla za následek choroba amerického padlí, což je houbové onemocnění listů a plodů. Do této doby se angrešt vyskytoval téměř na každé zahrádce, ale nyní jej nalzáme velmi zřídka. [1; 2]



Obrázek 1: Plody angreštu. Převzato z [3; 4].

2.1.2 Taxonomické zařazení

Angrešt srstka můžeme v literatuře najít pod různými synonymy *Ribes uva-crispa*, *Grossularia uva-crispa* a *Ribes grossularia*. I v češtině ho označujeme jako angrešt srstka, srstka obecná nebo meruzalka angrešt. Lidově se nazývá například chlupáček, zelené jahody, polky nebo měchonky. Ve staročeštině se angreštu říkalo agrest, jako vínu z nezralých hroznů. [5; 6]

Tabulka 1: Taxonomie angreštu. Vytvořeno podle [5; 7].

| | |
|----------|---|
| Říše | rostliny (<i>Plantae</i>) |
| Oddělení | rostliny krytosemenné (<i>Magnoliophyta</i>) |
| Třída | vyšší dvouděložné rostliny (<i>Rosopsida</i>) |
| Podtřída | <i>Rosidae</i> |
| Řád | lomikamenotvaré (<i>Saxifragales</i>) |
| Čeleď | meruzalkovité (<i>Grossulariaceae</i>) |
| Rod | meruzalka (<i>Ribes</i>) |

2.1.3 Pěstování

Angrešt se pěstuje většinou na místech, kde se nedaří vinné révě. Na rozdíl od rybízu, má vyšší požadavky na půdu, vlhkost i teplotu, ale více odolává nízkým teplotám hlavně ve dřevě. Daří se mu ve vlhčích půdách, které jsou bohaté na živiny. Vyhovují mu půdy hlinité nebo hlinitopísčité,

s dostatečným obsahem humusu. Maloplodé odrůdy jsou na tyto faktory méně náročné. Vhodná půdní reakce je neutrální, přesněji 6,4 – 6,8 pH. Kyselejší prostředí může způsobit poruchy ve vývoji a růstu, nebo také předčasné stárnutí keřů. [8; 1; 2]

Odrůdy angreštu se vyskytují zejména ve středních a vyšších polohách do 400 m n.m., při průměrné teplotě nad 8 °C a s vyšší vzdušnou vlhkostí. Uzavřené polohy s občasným výskytem mlh jsou nevhodné pro růst, jelikož hrozí zmrznutí plodů i květů, a keře v těchto lokalitách jsou často napadány padlím angreštovým. [2; 8] Chceme-li dosáhnout kvalitní sklizně angreštu, je potřeba ho pěstovat v teplejších podmínkách než rybíz. Velmi zřídka ho můžeme zhlédnout v Jižních částech Evropy. [1]

Nejčastějšími vyskytujícími chorobami angreštu jsou antraknóza a padlí angreštové. Antraknóza se vyznačuje žlutozelenými skvrnami na čepelích starých listů. Skvrny jsou ohraničené světlým lemováním, nejprve se vyskytují samostatně a později se slučují. V důsledku tohoto onemocnění dochází k oslabení vitality keře i dalšího poškození při přezimování. Padlí angreštové charakterizují zejména bílé povlaky na listech, letorostech a plodech, které časem hnědnou. Plody poté vypadají nevzhledně, mají nepříjemnou chuť a listy se začínají deformovat. Následkem je i konec růstu letorostů. Jako prevence se uvádí brzké jarní zařezání černých konců výhonů a ochranný postřik v období začínajícího kvetení. Mezi běžné škůdce keřů angreštu patří píďalka angreštová (*Abraxas grossulariata*) a pílatka rybízová (*Nematus ribesi*). [9]



Obrázek 2: Plody napadené padlím angreštovým. Převzato z [10].

2.1.4 Biologické znaky

Angrešt se pěstuje ve formě keře nebo stromku s hustou korunkou. Keř patří mezi nejpřirozenější tvar a má také delší životnost. Dožívá se až 20 let. Do pěti let je potřeba obměňovat větve za mladší a to jak u keře, tak i stromku. Pokud se korunka nachází nad zemí, je to pro keř velkým přínosem. U takovýchto keřů se pak nevyskytuje tolik chorob. [8] Keře dosahují obvykle výšky okolo 1 m a maximálně by měly obsahovat 10 až 12 základních větví. [2] Podoba stromku je více pěstovaným tvarem. Plody zde rostou větší, proto se i lépe sklízí. Nevýhodou u pěstování stromku je, že dochází k častějšímu úhynu kvůli napadení plísněmi. Jeho životnost je kratší a to pouze 8 až 12 let. [8]

Nejvíce kořenů je u angreštu rozloženo v hloubce 5 – 30 cm, ty nejdelší dosahují až 1 m. Vlasové kořínky se nacházejí pod keřem a sahají až do vzdálenosti 1 m od jeho obvodu. Jelikož se kořeny nalézají v dostatečné dálce od povrchu, jde tedy půdu dobře opracovávat. [11]

Výhony vyrůstají z pupenů, které se tvoří na kořenovém krčku před začátkem jara. Jednoleté někdy i víceleté výhony nesou trny, které jsou charakteristické pro různé odrůdy. Mohou se lišit v počtu,

délce i jejich umístění, směrem k vrcholu jich ubývá nebo úplně chybí. Existují též i odrůdy beztrnné, které se pěstitelům více zamlouvají kvůli pohodlnější sklizni. [1]

Listy jsou téměř jistým znakem pro určování odrůd. Mohou se lišit velikostí, barvou, počtem laloků, záhybů i vzdáleností. Takovýchto činitelů je mnohem více a všechny ovlivňují stanovení charakteristických odrůd. Zbarvení má velkou škálu odstínů a to od světle zelené po tmavě zelenou. Mladé keře mívají listy obvykle větší. V suchých a špatných podmínkách jsou naopak zase menší. [11] Listy jsou řapíkaté, tři až pěti laločnaté, tupé a dlouhé 2 až 3 cm. [2]

Květy vyrůstají na krátkých stopkách po 1 až 3 ve svazku, pokud je jich dva a více, liší se ve velikosti. Bývají nazelenalé nebo načervenalé a jsou oboupohlavné. Byly zaznamenány druhy samosprašné i cizosprašné. Květy kvetou brzy z jara a velmi rychle odkvétají a tvoří plody. Včely, pokud se podílejí na opylení, zvyšují kvalitu a počet plodů. [1; 2]

Plody neboli bobule angreštu dozrávají koncem června a nejplodnější je 2 až 3 leté dřevo. V tomto období se slupka angreštu dokonale vybarvuje a díky ní rozlišujeme plody zelené, zelenožluté, žluté a červené. Jejich tvar je obvykle kulatý, elipsovitý, ale i hruškovitý. Všechny plody na keři nemusí mít stejný tvar, ale ten typický pro daný keř převládá. Některé plody jsou velmi malé, ale naopak ty větší mohou dosahovat velikosti až 4 cm a váhy i 20 g. Mívají odlišně dlouhou stopku, mohou být lysé i chlupaté a taktéž pro ně může být charakteristická tloušťka slupky. Odrůdy se liší i různě prosvítající žilnatinou, která slouží k výživě plodu, u níž sledujeme zejména její hustotu a zbarvení. [2; 1]

Odlišná doba zralosti a také sklizně je typickým rysem odrůd angreštu. Zralosti angreštu rozlišujeme do 3 stupňů:

- **Zralost zelená** – je v období června, kdy plody jsou menší a sytě zelené, a obsahují vysoký podíl pektinu.
- **Zralost kompotová** – je v období, kdy plody jsou ještě nevybarvené, mezi prsty při mírném stisknutí pruží a také při zpracování bobule nepraskají a nerozvaňují se.
- **Zralost konzumní** – je v období, kdy plody jsou plně vyvinuté, vybarvené a jsou připraveny pro konzumování. Tato zralost nastává na začátku července. [1; 5]

2.2 Chemické složení

Díky informacím o látkovém složení ovoce lze navrhnout správný způsob budoucího zpracování a taktéž poskytnout údaje o nutričních hodnotách. [3] Zpracované nebo i usušené ovoce si stále uchovává v podstatě stejné nutriční hodnoty jako čerstvé ovoce. Tyto nutriční hodnoty se obvykle dělí na hodnoty energetické a neenergetické. Hodnoty energetické pro nás představují především příjem energie a jsou to zejména látky jako cukry, tuky a v malé míře škrob a alkohol. Neenergetické hodnoty zastupují látky, které mají významné biologické a výživové funkce. Do této třídy patří zejména vitamíny, vláknina, ale taky minerální látky a voda. Chemické složení se v průběhu růstu a zrání neustále mění, závisí také na půdních a klimatických podmínkách. [12]

Pro plody angreštu je charakteristické, že obsahují až 90 % vody, z dalších organických látek jde zejména o sacharidy a ovocné kyseliny. Zbytek chemického podílu tvoří bílkoviny, vláknina, tuky, vitamíny (hlavně vitamín C) a esenciální minerální látky. [9]

Tabulka 2: Chemické složení a obsah některých významných látek v angreštu. Vytvořeno podle [13].

| Voda [g] | Bílkoviny [g] | Tuky [g] | Popel [g] | Sacharidy [g] | Vláknina [g] | Vitamín C [mg] |
|----------|---------------|----------|-----------|---------------|--------------|----------------|
| 87,87 | 0,88 | 0,58 | 0,49 | 10,18 | 4,3 | 27,7 |

Esenciální minerální látky, které člověk musí přijímat v potravě, aby byly zajištěny veškeré životní funkce, a které si tělo neumí vytvořit samo, budou popsány dále.

2.2.1 Sodík a draslík

Sodík se nachází většinou ve vnějším prostoru buněk, kdežto draslík je umístěn v intracelulárním prostoru buňky. Jejich hlavní funkcí v organismu je udržovat osmotický tlak tekutin v celém prostoru buňky a acidobazickou rovnováhu. Tyto prvky jsou zapotřebí taky pro aktivaci některých důležitých enzymů. Na svalovou aktivitu, zejména aktivitu srdečního svalu působí značně přítomnost draslíku. Z těla jsou oba prvky vylučovány močí, ale velké množství sodíku je vylučováno taktéž potem. Člověk, který se tedy nadměrně potí, by měl přijímat větší množství sodíku ve stravě, aby nedocházelo ke ztrátám. Jeho nedostatek může způsobovat svalově křeče, bolesti hlavy a průjemy. Naopak přebytek sodíku vede těžkým poruchám i k dlouhodobě zvýšenému krevnímu tlaku. Nedostatek draslíku může způsobit poruchy ledvin, svalovou slabost nebo nepravidelnost srdeční činnosti.

V potravinách se tyto prvky vyskytují ve formě volných iontů a sodík, kvůli nízkému obsahu v potravinách, řadíme spíše mezi prvky minoritní. Jeho obsah je možno zvýšit solením, např. při ochucování jídel. Oproti tomu obsah draslíku v rostlinných materiálech může dosáhnout až 2 %. Pro dospělého člověka je doporučená denní dávka (DDD) 500 mg sodíku a 2000 mg draslíku. [14] Obsah sodíku v angreštu na 100 g jedlého podílu je 7 mg, kdežto obsah draslíku je 196 mg. [15]

2.2.2 Hořčík a vápník

Hořčík se nachází v těle člověka především v kostře, kde je jeho obsah až 60 %. Dále se vyskytuje v pankreatu, játrech a v kosterním svalstvu. V krvi je obsaženo pouze 1 % množství hořčíku. Je nezbytným prvkem pro všechny metabolické děje, při kterých se tvoří nebo hydrolyzuje ATP. Účastní se stabilizace makromolekul DNA a je důležitý pro aktivaci určitých enzymů. Kromě toho je tento kov nezbytný pro fotosyntetizující organismy, jelikož je centrální molekulou chlorofylu. Společně s vápníkem ovlivňuje permeabilitu biologických membrán a dráždivost buněk. Nedostatek hořčíku způsobuje předráždění a naopak velký nadbytek zase útlum nervové činnosti.

Vápník je v největším množství obsažen v kostech a zubech a to ve formě fosforečnanu vápenatého. K biologickým funkcím vápníku patří především stavební funkce a dále také účast na nervové a svalové činnosti. Je nezbytnou složkou při srážení krve a řada metabolických dějů je regulována prostřednictvím vápenatých iontů.

Vstřebávání vápníku a hořčíku z potravy probíhá v tenkém střevě a nadbytečné množství je z těla vylučováno močí. Stupeň resorpce u vápníku je nižší, jelikož značně záleží na složení potravy a chemické formě vápníku. Hořčík se vyskytuje hlavně v rostlinné potravě. Nejvíce je zastoupen v sóji, luštěninách, pšenici a mouce. Bohatým zdrojem vápníku jsou potraviny živočišného původu, např. mléka, sýry, jogurty a vejce. Pro dospělého ženu je DDD hořčíku 300 mg a pro dospělého muže 350 mg. DDD vápníku obecně pro dospělého člověka je 800 mg, u těhotných žen je to až 1200 mg. [14; 16] Obsah hořčíku v angreštu na 100 g jedlého podílu je 14 mg a obsah vápníku je dvojnásobný až 31 mg. [15]

2.2.3 Fosfor

Fosfor se vyskytuje ve velkém množství v kostech a zubech, jak už bylo popsáno výše, protože hlavními prvky kostní hmoty je vápník, fosfor a fluor. Je to nezbytný prvek pro stavební funkci, pro funkci v energetickém metabolismu a dále pro funkce aktivační, regulační a katalytické. Sloučeniny fosforu se účastní prakticky všech metabolicky významných dějů. Důležité části biologických struktur se skládají z některých sloučenin fosforu. Ve všech živých tkáních je fosfor obsažen ve formě makroergických sloučenin, jako je ATP a GTP. Jejich hydrolyzou získává organismus energii pro energeticky náročné biosyntetické reakce. Naopak v katabolických procesech se energie využívá na uložení do ATP. Přenosem fosfátové skupiny na substrát se aktivují různé sloučeniny v metabolismu.

Fosfor je obsažen také v nukleových kyselinách a některých kofaktorech (FAD, NAD, pyridoxalfosfát).

Tento prvek se také vstřebává v tenkém střevě a to převážně ve formě HPO_4^{2-} . Resorpce i exkrece jsou z části závislé na obsahu vápníku ve stravě, poněvadž tyto dva prvky spolu korelují. Nejlépe se vstřebávají soli a estery kyseliny trihydrogenfosforečné a poněkud snížená resorpce je u polyfosforečanů. Ve většině potravin je fosfor obsažen v množství nad $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, výjimku tvoří rafinované cukry a tuky, kde je jejich obsah téměř stopový. Významným zdrojem fosforu jsou ořechy, sýry a jiné mléčné výrobky. U mnoha potravin rostlinného původu se vyskytují vyšší koncentrace fosforu, na druhé straně jde o fosfor ve formě fytové kyseliny a jejich solí fytátů, které jsou málo využitelné. Doporučená denní dávka fosforu u dospělého člověka je 1200 mg. Důležité je zachovat vhodný poměr vápníku a fosforu ve výživě, neboť při zvýšeném příjmu jednoho prvku, dochází k exkreci prvku druhého. [14] Obsah fosforu v angreštu na 100 g jedlého podílu je 34 mg. [15]

2.2.4 Železo

Nejvyšší koncentrace železa je v krvi, játrech a slezině. V enzymech je zahrnuto pouze nepatrné množství celkového železa v těle. Obecně lze rozdělit železo obsažené v potravě na hemové (váže se na porfyrinový kruh) nebo nehemové. V rostlinách bývá železo vázáno v různých komplexech a to převážně s alifatickými hydroxykyselinami, aminokyselinami thioly, fenolovými látkami, nukleotidy, peptidy a bílkoviny. Funkce železa v organismu může být transport kyslíku krevním řečištěm nebo skladování kyslíku ve svalové tkáni. Funkce souvisí s tím, v jaké sloučenině je železo obsaženo. Hlavní hemové proteiny, které jsou schopné vázat se na kyslík, jsou hemoglobin, barvivo červených krvinek, myoglobin a červené barvivo svalových tkání. Oxymyoglobin slouží jako tkáňový zdroj kyslíku. Ferritin a hemosiderin jsou zásobní formy železa, které se vyskytují zejména v játrech, slezině a kostní dřeni. Apoferritin tvoří obal jádra.

Bylo zjištěno, že resorpce dvojmocného železa probíhá snadněji než resorpce trojmocného železa. Během trávení tedy dochází k částečné redukci trojmocného železa, které bylo obsaženo v přijímané potravě, na dvojmocné. Resorpce železnatých iontů probíhá ve dvanáctníku a v části lačnicku. V buňkách střevní sliznice jsou vstřebané železnaté ionty oxidovány na železité a připojením apoferritinu vytváří ferritin. Odtud začíná být železo řízeně přenášeno do krve. Při transferu dochází opět k částečné redukci železa a tím i k uvolnění z ferritinu. Dvojmocné železo se v krevním řečišti opět oxiduje a vstupuje do molekuly transferrinu, což je transportní bílkovina, která zajišťuje transfer železa ke všem tkáním. Některé látky ovlivňují resorpci příznivě, naopak některé negativně. Látky, které zvyšují vstřebávání železa ze stravy, jsou např. kyselina askorbová, citronová, jablečná, aminokyseliny a sacharidy. Látky, které naopak snižují vstřebávání, jsou buď natolik stabilní rozpustné sloučeniny, z kterých železo nemůže být uvolněno, anebo jsou to látky, které tvoří s železem nerozpustné sloučeniny. Resorpci taktéž negativně ovlivňují některé bílkoviny, samotná vláknina vstřebávání příliš neovlivňuje. Vysoký zdroj železa v potravinách má maso, vnitřnosti, vejce, luštěniny, čaj a kakao. Menší obsah železa mají ryby, cereálie, drůbež, špenát, ořechy a nejchudší na železo jsou mléčné výrobky, tuky, oleje a většina ovoce. V naší republice se využívá fortifikace, což je obohacování potravin železem. Fortifikovány jsou mléčné výrobky určené pro náhradní výživu kojenců (př. Sunar). Nedostatečný příjem železa může způsobit chudokrevnost a snížení imunity, protože je v krvi sníženo množství hemoglobinu a červených krvinek. Naopak při nadbytku železa může docházet ke shromažďování hemosiderinu v játrech a to může vést k jejich těžkému poškození. Pro ženy od 11 do 50 let je DDD železa 15 mg, pro dospělé ženy a muže nad 50 let je DDD 10 mg. [14] Obsah železa v angreštu na 100 g jedlého podílu je 0,56 mg. [15]

2.2.5 Zinek

Největší množství zinku se nachází v kůži, vlasech, nehtech, očních tkáních, ledvinách, játrech, slezině a v mužských pohlavních orgánech. Obsah zinku v krvi připadá 75-88 % na erythrocyty, 12-

22 % na krevní plazmu a zbytek jsou leukocyty a krevní destičky. V krevní plazmě je zinek vázán převážně na sérový albumin. Tento prvek se vyskytuje v tělech všech organismů. Zinek, ve formě metaloenzymů, kterých je na světě známo více jak 200, se podílí na katalýze reakcí v mnoha metabolických dráhách. Insulin jako peptidový hormon pankreatu tvoří komplex s tímto prvkem.

Vstřebávání zinku v trávicím ústrojí probíhá v tenkém střevě a z organismu je vylučován v podobě stolice. Do střevního obsahu se dostává ve vylučované žluči a pankreatické šťávě. Resorpce je ovlivněna složením potravy. Vysoká koncentrace bílkovin a aminokyselin resorpci usnadňuje, naopak kyselina fytová a vláknina účinnost resorpce snižuje. Nedostatek zinku pro organismus má za následek zpomalený růst a nedostatečný vývoj mužských pohlavních orgánů. Další symptomy mohou být ztráta chuti, změny na kůži, vypadávání vlasů a nehtů. Vysoký příjem zinku může být pro organismus toxický. Může způsobit podráždění sliznice trávicího ústrojí a zvracení. Zinek je antagonistou mědi. Doporučená denní dávka pro chlapce a muže je 15 mg, pro ženy a dívky 12 mg a pro dospělé muže a ženy nad 50 let 10 mg. [14] Obsah zinku v angreštu na 100 g jedlého podílu je 0,19 mg. [15]

2.2.6 Měď

Měď se vyskytuje v játrech, ledvinách, svalstvu, mozku a plicích. V jaterních buňkách je většina mědi vázána v molekulách enzymu superoxidodismutasy, v mozkové tkáni je obsažen metaloprotein cerebropretein, v krevní plazmě je důležitou vazebnou látkou mědi metaloprotein ceruloplasmin a v erythrocytech je obsažen erythropretein. Měď je důležitým prvkem pro všechny živočichy včetně člověka. Kuproenzymy jsou souhrnný název pro enzymy, u kterých jsou měďnaté ionty součástí jejich aktivních center. Měď je podstatná pro účinné využití železa a pro biosyntézu významných sloučenin. Deficit mědi tedy může podobně vést jako u železa k chudokrevnosti.

K resorpci mědi dochází aktivním transportem a prostou difúzí. Z těla odchází zejména stolicí, část resorbované mědi je vyloučena žlučí. U většiny potravin je obsah mědi nižší než $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, obzvláště mléko je na tento prvek chudé. Vysoké koncentrace můžeme najít např. v telecích játrech, v luštěninách a některých houbách. Koncentrace mědi může být zvýšená i kontaminací. Týká se to plodin, které mohou být opatřeny postřikem bohatým na pesticidy na bázi měďnatých sloučenin nebo při používání měděných nádob při potravinářském zpracování surovin. Ionty mědi působí jako katalyzátor při oxidaci. Nedostatek mědi u člověka je velmi vzácný. Při dlouhodobějším nižším příjmu se může objevit zvýšená hladina cholesterolu v krvi i změny srdečního rytmu. Toxicita je velmi nízká, nejvíce jedovaté měďnaté ionty jsou pro ryby. Pro dospělého jedince je DDD mědi 1,5-3 mg. [14] Obsah mědi v angreštu na 100 g jedlého podílu je 0,11 mg. [15]

2.2.7 Mangan

Nejvyšší obsah manganu můžeme najít v kostech, játrech, pankreatu a ledvinách, naopak nižší obsah se nachází v mozku, srdci a plicích. Nejvíce se tento prvek vyskytuje v mitochondriích a také v biologických strukturách obsahující keratin. Většina manganu v krvi je obsažena v erythrocytech. Dále je přítomen i v molekulách několika enzymů, zejména se jedná o pyruvát-karboxylasu a argininasu. Ovlivňují metabolismus všech látek, které se odbourávají na pyruvát a v dalším kroku jsou degradovány v citrátovém cyklu. Další enzymy, které jsou aktivovány ionty manganu, jsou např. hydrolasy, kinasy, dekarboxylasy a glykosyltransferasy.

Vstřebávání tohoto prvku z potravy probíhá především v tenkém střevě. Jeho účinnost může být ovlivněna vysokým příjmem železa. Naopak i vyšší příjem manganu snižuje resorpci železa a to může vést až k poklesu hladiny hemoglobinu. Takováto korelace byla objevena i mezi kobaltem a manganem. Vstřebaný mangan se nejčastěji z těla vylučuje žlučí a v malém množství močí. Vyskytuje se především v potravě rostlinného původu, potravin živočišného původu, jako jsou maso a ryby mají obsah manganu velmi nízký. Dobrymi zdroji manganu jsou obiloviny a luštěniny, také lesní plody, některé čajové lístky a různé druhy koření. Dlouhodobý nedostatek tohoto prvku v potravě se může projevit zpomaleným růstem, abnormálním vývojem kostí a poškozením reprodukční funkce.

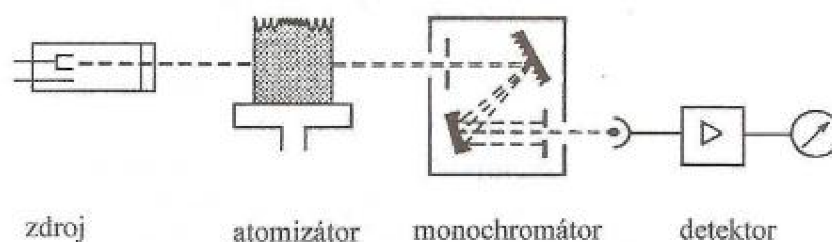
Nedostatkem je pak ovlivněn i metabolismus lipidů a isoprenoidů. Otrava manganem je téměř nemožná, jeho toxické účinky se mohou objevit až při velmi vysokých dávkách. Doporučená denní dávka pro dospělého člověka a dospívající jedince je 2-5 mg. [14] Obsah manganu v angreštu na 100 g jedlého podílu je 0,1 mg. [17]

2.3 Metody pro prvkovou analýzu potravin

Metod pro stanovení prvků v biologickém materiálu je mnoho, záleží na jejich využitelnosti a také na požadavcích na určitou metodu. Velmi častá je potřeba převedení pevného vzorku na kapalný, který se rozpustí pomocí různých kyselin. Poté může být využit pro analýzu určitý typ analytické metody, podle využití jejich chemických reakcí. Používají se zejména metody spektrometrické, atomová emisní a absorpční spektrometrie, atomová fluorescenční spektrometrie, hmotností spektrometrie a v dnešní době má obrovské využití metoda ICP-OES.

2.3.1 Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je optická metoda, která využívá princip měření absorpce elektromagnetického záření volnými atomy prvků v plynném stavu. Tyto volné atomy vznikají v tzv. atomizátorech a absorbují elektromagnetické záření o určité energii, záření o určité vlnové délce. [18; 19] Úbytek primárního záření je mírou koncentrace volných atomů prvku, který dané záření absorboval. Rozdíly energií mezi jednotlivými elektronovými stavy atomu jsou typické pro daný prvek. [20] Touto metodou jsme schopni stanovit více jak 60 prvků, kovových prvků a metaloidů. Atomový absorpční spektrometr se skládá ze zdroje primárního záření, atomizátoru, monochromátoru a detektoru. Zdrojem primárního záření bývá nejčastěji výbojka s dutou katodou, kde dutá katoda je vyrobena přímo ze stanovovaného prvku a anoda z kovu s vysokou teplotou tání. V atomizátoru dochází k přeměně stanovovaného prvku z roztoku do plynného atomárního stavu. Atomizátor tedy vytvoří absorpční prostředí a prochází jím záření. Jako monochromátor se nejčastěji využívá interferometricky zhotovená difrakční mřížka, kde dochází k izolaci vhodných spektrálních čar, na které je možné sledovat množství absorpce. Pro detekci záření se používají zejména fotonásobiče. Pomocí detektoru tedy stanovujeme opticky absorpční signál, který se nazývá absorbance. [18; 19]

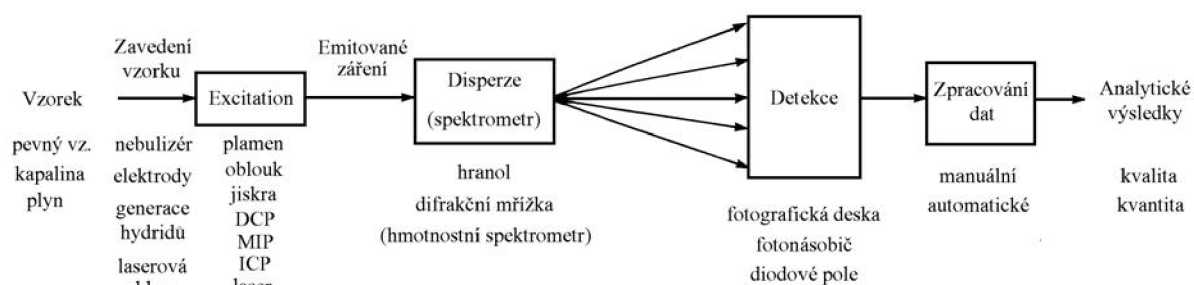


Obrázek 3: Zjednodušené schéma AAS. Převzato z [19].

2.3.2 Atomová emisní spektrometrie

Atomová emisní spektrometrie (AES) je metoda, která je založená na sledování emise elektromagnetického záření volnými atomy látek v plynném stavu. [21] Působením vysokých teplot ve zdroji je zkoumané látce dodáváno velké množství energie, která způsobí převedení atomů nebo iontů do vyšších energetických stavů. Setrvávání v tomto stavu je velmi krátkodobé, proto následně dochází k přechodu na nižší energetickou hladinu, při kterém částice vysílá charakteristické čárové spektrum. Skládá se ze záření určitých vlnových délek, které jsou charakteristické pro prvky přítomné ve vzorku. Poloha čar ve spektru, neboli jejich vlnová délka, kterou můžeme porovnávat s knihovnou, nám určuje kvalitativní vlastnosti vzorku. Intenzita těchto čar slouží obvykle ke kvantitativní analýze. [18]

Atomový emisní spektrometr se skládá z budícího zdroje, optického spektrometru, detektoru a vyhodnocovacího zařízení. V budícím zdroji je dodáním energie vzorek převeden z tuhé fáze nebo roztoku do fáze plynné, ve kterém pak dochází k atomizaci a excitaci elektronů. Jako zdroje budící energie lze použít plamen, jiskrový nebo obloukový výboj, laser, mikrovlnně indukovanou nebo indukčně vázanou plazmu. Plamen jako atomizátor je spíše zdroj nižší budící energie, jelikož nedosahuje tak vysokých teplot a hodí se na analýzu pouze některých prvků. Jiskrový výboj je vysokonapěťový krátkodobý elektrický výboj, který dosahuje teploty až 12 000 K. Používá se hlavně pro kvantitativní analýzu kovů. Obloukový výboj je dlouhodobý elektrický výboj, který má větší spotřebu vzorku, ale dosahuje nižší teploty. Čar je tedy ve spektru méně a jsou intenzivnější, proto se hodně využívá ke stanovení stopových prvků a kvalitativní analýze. [18; 21] Tyto metody buzení jsou vhodné pro pevné vzorky, kdežto pro vzorky potravin a roztoky je příznivější použít jako budící zdroj plazmu. [16] Plazmový zdroj umožňuje i analýzu velmi malých vzorků i nekovových materiálů s velkou citlivostí. Princip vzniku plazmy je působením vysokofrekvenčního elektromagnetického pole pomocí indukční cívky v prostředí argonu. Do ní je vnášen aerosol roztoku vzorku v argonu. Polychromatický paprsek, který vychází z budícího zdroje, vstupuje štěrbinou do optické části spektrometru a disperzním prvkem je rozložen na monochromatické paprsky. Disperzním prvkem bývá nejčastěji hranol nebo difrakční mřížka, který se systémem rovinných a dutých zrcadel tvoří optickou část přístroje. Na detekce záření se využívají fotoelektrický článek, fotonásobič nebo diodové pole. [18; 21]



Obrázek 4: Schéma instrumentace AES. Převzato z [18]

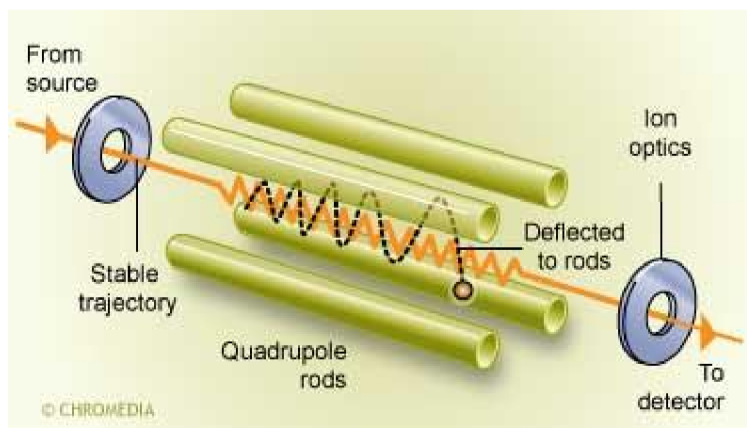
2.3.3 Atomová fluorescenční spektrometrie

Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS) je méně využívaná metoda než AAS, právě kvůli větší experimentální náročnosti měření. Na začátku je vzorek vpraven do atomizátoru, kde dochází k excitaci atomů jako u AAS a následně pak měříme fluorescenční záření. Proces měření je analogický jako u AAS, ale paprsek se měří kolmo k budícímu zdroji. Jde o proces s nízkou účinností, proto je potřeba produkovat vysokou intenzitu záření. U dutých katodových lamp se tedy díky tomu velmi snižuje jejich životnost. Nejvíce využívané jsou bezelektrodové vysokofrekvenční výbojky nebo spektrální obloukové lampy. Dražším řešením tohoto problému jsou laditelné lasery. Dnes se vyrábí i přístroje, kde lze pozorovat fluorescenci i v plazmě. Na detekci se volí co nejcitlivější fotonásobiče s malým šumem. Tato metoda má využití pro ultrastopovou analýzu kadmia, rtuti a zinku. [21; 16]

2.3.4 Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie (*Mass spectrometry* – MS) je separační technika, při které se vzorek převádí na ionizovanou plynnou fázi a vzniklé ionty se separují podle poměru jejich hmotnosti a náboje (m/z). Každý hmotnostní spektrometr se skládá z iontového zdroje, hmotnostního analyzátoru a detektoru. Jejich základními kroky v této technice je odpaření vzorku, následuje jeho ionizace, poté zrychlení iontu do hmotnostního analyzátoru, separace iontů hmotnostním filtrem a poslední je detekce iontů. Ionizací vznikají kationty, které jsou umístěny v akcelerační komoře a v ní jsou urychleny napětím. Urychlené kationty vstupují do magnetického pole. Ionty se separují pomocí filtru, přes který projdou jen ty ionty, které se pohybují po stabilní dráze o správném poměru m/z . Ostatní

ionty se vybíjí při dotyku s některou z tyčí. Jako hmotnostní analyzátor se běžně používá kvadrupól, iontová past nebo průletový analyzátor (TOF). Iontové detektory převádějí proud dopadajících iontů na proud elektronů. „Faraday cup“ je jednoduchý detektor, který je tvořen elektrodou miskovitěho tvaru. Dopad iontu na elektrodu způsobí jeho vyražení z povrchu a elektron pak dopadá na anodu. Vzniklý elektrický proud je zesilován zesilovačem, jehož šum omezuje citlivost tohoto detektoru. Druhým typem detektoru je elektronásobič, což je soustava několika elektrod konstruovaných do typu zužující trubice. Do širší části trubice dopadají ionty, tato část má záporný potenciál a v užší části je konec uzemněn. Ion vyrazí elektron, který dopadá na místo s nižším potenciálem a vyrazí další elektrony. Další nárazy elektronů zesilují signál, který je veden do zesilovače a odtud je vyhodnocován. [24; 40]



Obrázek 5: Hmotnostní analyzátor - kvadrupól. Převzato z [22]

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

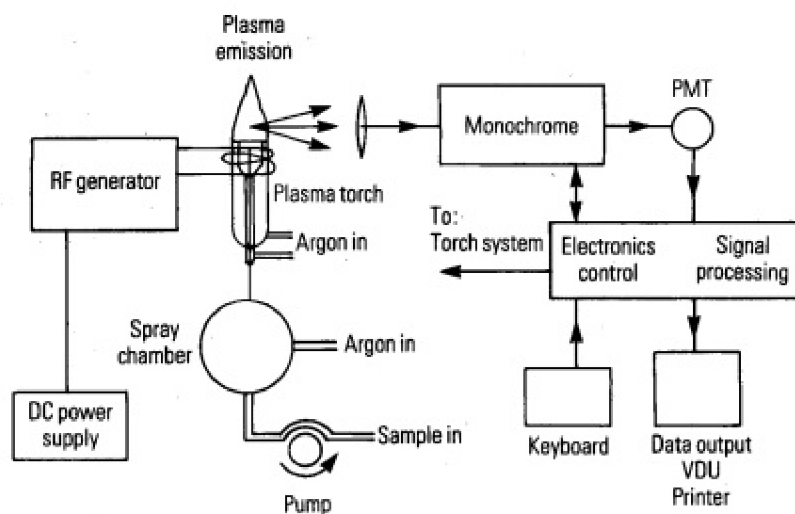
2.3.5.1 Princip metody a její instrumentace

Tato metoda se využívá ke stanovení široké škály hlavních, vedlejších i stopových prvků. Optická emisní spektrometrie se zabývá energetickými přechody valenčních elektronů daného prvku. Po excitaci elektronů do vyšších energetických hladin dochází následně k jejich návratu zpět na základní hladinu a tím může dojít k emisi elektromagnetického záření ve formě přebytečné energie. Spektrum emise záření se jeví jako zářící čáry na černém pozadí a tyto čáry tvoří tzv. série. [23; 24] Vlnovou délku elektromagnetického záření, které je potřeba dodat energii k excitaci nebo naopak kterou vyzáří při deexcitaci, popisuje Planckův zákon:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda},$$

kde h je Planckova konstanta, c je rychlost šíření elektromagnetického záření ve vakuu a λ vlnová délka záření. Energetické hladiny, na které elektron může přecházet, jsou specifické a vyzařují kvanta energie potřebné pro přechody elektronů. [25]

Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem se skládá ze zmlžovacího zařízení, plazmového zdroje, monochromátoru a detektoru. Kapalný vzorek je do zmlžovače přiváděn pomocí peristaltického čerpadla a po smíchání s nosným plynem (nejčastěji argon) je vzorek odváděn do plazmové hlavice. Tam dochází k odpaření rozpouštědla, k rozpadu molekul na atomy a k excitaci valenčních elektronů v atomech, které při deexcitaci emitují záření. Elektromagnetické záření je filtrováno pomocí monochromátoru jen na určité vlnové délky, záleží na měření určitého prvku. Detektor na konci snímá přečištěné záření a na základě jeho odezvy dochází ke zpracování dat v počítači. [24; 26]



Obrázek 6: Schématický diagram ICP-OES. Převzato z [27]

2.3.5.2 Zmlžovače

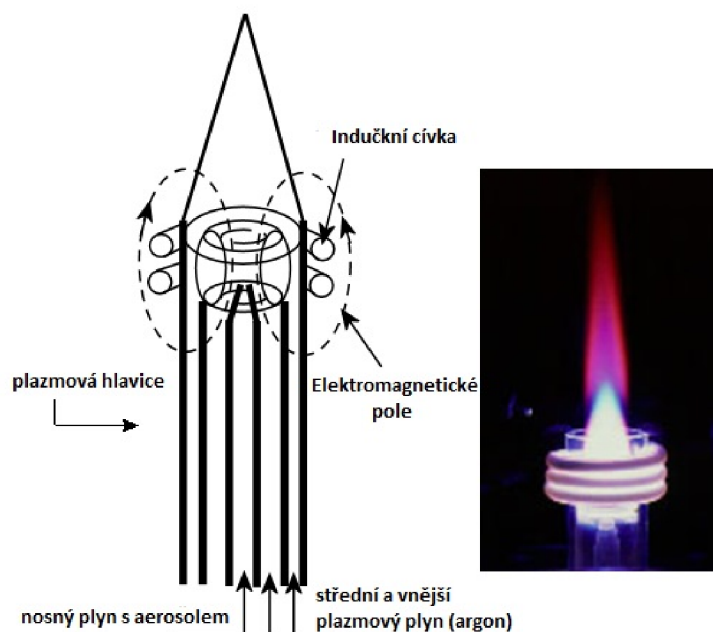
Před přenesením vzorku do plazmového zdroje je nezbytné vzorek nejprve zmlžít na aerosol pomocí zmlžovače. Zmlžovače dělíme na pneumatické a ultrazvukové. Pneumatické zmlžovače patří mezi nejčastěji používané přístroje pro vytváření aerosolu z roztoků. U tohoto typu je zmlžování závislé na průtoku pracovního plynu. Kinetická energie pracovního plynu vycházejícího z trysky, má podstatně vyšší rychlost než kapalina, která je k jejímu ústí transportována pomocí čerpadla nebo přímo sacím efektem plynové trysky. Pneumatické zmlžovače jsou vhodné zejména pro vzorky s vysokým obsahem rozpuštěných solí nebo s dispergovanou pevnou fází. Vyrábí se z materiálu odolávajícího chemickému působení analyzovaných roztoků. Ultrazvukové zmlžovače se řadí mezi typy, kde zmlžování není závislé na průtoku nosného plynu. Tyto zmlžovače fungují na principu vznikající vibrace piezoelektrické membrány, pomocí akustické energie. To způsobí rozptyl kapaliny do plynu a dochází tak k produkci mnohem jemnějšího aerosolu. Jejich výhodou je i vyšší citlivost vlastního stanovení. [25; 28]

2.3.5.3 Zdroj plazmatu

Obecně ve spektroskopii, jak už bylo popsáno výše, je zapotřebí převést prvky z analyzovaného vzorku do stavu volných atomů neboli plynné fáze. Je tedy potřeba pracovat s vysokými teplotami, jelikož některé kovové i nekovové prvky vyžadují teplotu až 2 000 K. Používá se tedy jako budící zdroj plazma, což je částečně ionizovaný plyn. [24; 23; 26]

Plazma je ohraničena tzv. plazmovou hlavicí, která se skládá z plazmového hořáku, vysokofrekvenční cívky a zdroje napájení. Plazmový hořák je tvořen soustavou tří trubic, obvykle z křemenného skla. V těchto třech trubicích a v jejich okolí proudí tři toky pracovních plynů (aerosol se vzorkem, pomocný neboli chladící plyn a plyn k tvorbě plazmatu). Jako pomocný, plazmový i nosný plyn se používá argon. Jemná frakce aerosolu se vzorkem se dostává do hořáku. Pro vytvoření a udržení plazmového výboje je potřeba dodávat energii z vnějšího zdroje. Jako vnější zdroj se v tomto případě využívá elektromagnetické vysokofrekvenční pole indukční cívky, která je spojená s generátorem. Tento generátor dodává výboji ICP potřebnou energii k vykonání ionizační práce. Při iniciaci výboje ICP dojde k uvolnění několika elektronů z argonu, které jsou dále urychlovány díky přítomnosti v elektromagnetickém poli. Tyto zrychlené elektrony spolu i s dalšími atomy argonu

interagují za uvolnění dalších elektronů. Tyto vzájemné interakce elektronů, atomů a iontů argonu pak nazýváme indukčně vázaným plazmatem. [23; 25]



Obrázek 7: Plazmová hlavice. Převzato z [29]

2.3.5.4 Monochromátory

Indukčně vázané plazma vysílá elektromagnetické záření, které se skládá z analyticky využitelného záření atomů a iontů analytu, záření přítomných nedisociovaných molekul a radikálů pocházejících ze složek vzorku (např. rozpouštědla, vzduchu difundujícího do vyšších zón výboje). Pro vydělení jednotlivých složek záření a pro změření jejich intenzity při požadované vlnové délce se využívá monochromatických zařízení. Nedisperzní monochromatické zařízení z polychromatického zařízení vydělí jen požadovanou oblast bez rozkladu záření na spektrum. Zde se řadí různé druhy filtrů, které pracují na principu absorpce, interference, rozptylu a polarizace záření. Disperzní monochromatické zařízení rozkládá záření na prostorově uspořádané spektrum, ze kterého se mechanickým způsobem (štěrbiny) mohou vydělit požadované úzké oblasti, což umožňuje současné měření několika monochromatických složek. Postupné skenování celého spektra nebo změření potřebného spektra sekvenčním způsobem při zvolených vlnových délkách lze pootočením soustavy nebo posuvem výstupní štěrbin. Pro potřeby spektrometrie s ICP se používají difrakční mřížky a to buď rovinné, nebo duté. Ve speciálních případech se využívá hranolů. [25]

2.3.5.5 Detekce záření

Na zjištění intenzivních poměrů v elektromagnetickém záření v UV–VIS oblasti spektra se nejčastěji využívají jako detektory různé typy fotonásobičů, méně emisně citlivé fotoelektrické články, fotonky nebo fotocitlivé diody. Fotografická detekce a na ní založená fotografická fotometrie se už používá jen zřídka, kvůli zdlouhavému a složitému zpracování a náročnému vyhodnocování signálů. Pro potřeby obrazového zpracování dvojrozměrného signálu se v dnešní době využívá vedle sebe uložených úzkých fotocitlivých diod, které umožňují současně měřit intenzity ve více oblastech spektra najednou. Dvojrozměrný detektor, který udělal největší pokrok ve směru detekce záření, je Charge Injection Device (CID) detektor. Toto detekující zařízení obsahuje 512 fotocitlivých buněk v horizontálním a 512 ve vertikálním směru, což umožňuje poskytnout 2 612 444 informací. To zajišťuje sledování prakticky celého spektra záření s dostatečnou rozlišovací schopností, což moderně a spolehlivě nahradilo již zmíněnou fotografickou detekci. Univerzálnost spektrometrů opatřených

tímto typem polovodičového detektoru vykompenzuje sekvenční spektrometry při zachování veškerých výhod současného měření. [23; 24; 25]

2.4 Možnosti přípravy vzorku

Připravený vzorek k analýze by měl být homogenní, reprezentativní a nekontaminovaný. Pro reprezentativnost a homogenitu vzorku je třeba, aby části rostlin nebo plody byly v dostatečném množství. Složení rostlinných vzorků je závislé na několika faktorech. Záleží na analyzované části rostliny, jejím stáří, zdravotním i výživném stavu. [30]

Před zpracováním vzorku je důležité nejdříve jeho povrch dekontaminovat. To se dělá nejprve mechanicky, a pokud je to nezbytné, tak se zbytky krátce omyjí vodou. Dekontaminace je nejčastěji způsobena prachem, půdou a popř. solemi ze závlahové vody. Jestliže je potřeba pro analýzu materiál sušený, tak další postup spočívá v rozprostření tenkých plátků vzorku na misku, která je následně vložena do horkovzdušné sušárny na 60 °C. Po mletí se vzorky dosuší v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti. V případě, že je potřeba pro analýzu materiál čerstvý, po dekontaminaci se dále postupuje v homogenizaci materiálu pomocí mixéru. Takto homogenní vzorek je vhodný pro další analýzu. [30]

Pro stanovení stopových, vedlejších i hlavních koncentrací kovových i nekovových prvků v organických, rostlinných nebo živočišných materiálech se aplikuje široká škála rozkladných postupů a analytických metod. Jde o převedení pevné látky do kapalného skupenství. Metody mineralizace můžeme rozdělit dle těchto kritérií na:

- rozklady na suché cestě
- rozklady na mokré cestě.

Tyto metody lze dále klasifikovat podle:

- teploty (vysoká a nízká)
- tlaku (normální nebo zvýšený)
- otevřeného, polouzavřeného nebo uzavřeného systému
- statického nebo dynamického režimu
- typu ohřevu (konvenční nebo mikrovlnné záření). [30; 31]

2.4.1 Mineralizace na suché cestě

Hlavní úlohou při rozkladu biologických materiálů je, aby se velké organické molekuly rozložily na menší fragmenty a nakonec až na původní prvky, z kterých se organická látka skládá. Většina organických látek se rozkládá při 300 – 700 °C, ale ani při těchto teplotách nemusí být rozklad úplný. Mohou vznikat fragmenty molekul, které jsou charakteristické pro daný typ látky, ale mohou obsahovat vázané analyty, které jsou předmětem stanovení. Mnohé organické látky, u kterých bývá konečným produktem vznik CO_2 , je zapotřebí teplota okolo 800 °C, resp. až 1050 °C. Při takto vysokých teplotách nelze pracovat z důvodu nebezpečí ztráty těkavých analytů. Proto se organický materiál rozkládá při nižších teplotách, působením tepelné energie, oxidačních činidel a pomalým spalováním. Tento proces lze urychlit změnou tlaku popř. využitím dynamického systému. Biologický vzorek materiálu se spaluje v muflonové peci postupným zvyšováním teploty tak, aby nedocházelo ke ztrátám stanovovaných prvků. Vzniklý popel se následně vyluhuje ve vhodné kyselině. V této fázi je už vzorek připravený k analýze. [30; 31]

2.4.2 Mineralizace na mokré cestě

Velmi rozšířený, klasický typ rozkladu přírodního materiálu. Základem rozkladu organických látek je jejich rozklad oxidací koncentrovanými kyselinami s velkými oxidačními schopnostmi, které mohou být zesíleny dodáním dalších oxidačních nebo pomocných činidel jako je např. KI, H₂O₂ katalyzovaný solemi Fe²⁺ a další. Jako koncentrované kyseliny se nejčastěji používají anorganické kyseliny (kyselina dusičná, sírová, chloristá nebo jejich kombinace). Kyselina dusičná má kromě jejich silných oxidačních účinků také schopnost vytvářet ve vodě dobře rozpustné soli stanovovaných prvků. Je dostupná i ve vysoké čistotě, reaguje s alifatickými a aromatickými látkami, což nemusí být vždycky přínosem. Je vhodná i pro stopovou analýzu. Celková mineralizace probíhá v několika stupních. Nejprve dochází ke karbonizaci, při které směs zhnědne, až zčerná. Dalším stupněm procesu je oxidace, kdy dochází k rozkladu organické látky, uvolnění CO₂, H₂O, NO₂ a k vyčerení rozkladné směsi. Poté je potřeba z roztoku odpařit přebytek vody, neboli oddýmit přebytek kyseliny. Připravený mineralizát se po vychladnutí kvantitativně převede do vhodné odměrné baňky a doplní se ultračistou deionizovanou vodou po rysku. Výsledný kapalný vzorek je připravený pro analýzu. [30; 31]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Popis vzorku

Pro analýzu byly použity vzorky zeleného a červeného angreštu, které pocházely z Výzkumného a šlechtického ústavu v Holovousích. Vzorky byly sklizeny v červnu 2014 v období konzumní zralosti, ale pro pozdější využití a analýzu byly zmrazeny. Přehled všech zkoumaných odrůd pro tuto bakalářskou práci je uveden v následující tabulce:

Tabulka 3: Přehled analyzovaných odrůd angreštu

| Odrůda | Barva odrůdy | Odrůda | Barva odrůdy |
|-------------------|--------------|----------------|--------------|
| Karát | červená | Invicta | zelená |
| Rolonda | červená | Reflamba | zelená |
| Karmen | červená | Mucurines | zelená |
| Hinnonmacki Rot | červená | Rixanta | zelená |
| Alan | červená | Zebín | zelená |
| Jocheline | červená | Citronový obří | zelená |
| Černý neguš | červená | Veliš | zelená |
| Krasnoslawjanskij | červená | | |

3.2 Laboratorní vybavení

3.2.1 Pomůcky

- Běžné laboratorní sklo (kádinky, Erlenmayerovy baňky, odměrné baňky, pipety atd.)
- Nůž a dřevěné prkénko
- Třecí miska s tloučkem
- Tyčový mixér ETA
- Kvantitativní filtry Munktell, středně velké póry (č.389; Munktell&Filtrak GmbH, D)

3.2.2 Přístroje

- Analytické laboratorní váhy AND HA-202M (A&D Company, JAP)
- Lednice a 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 Bonn, D)
- Autosampler AS 500 (Horiba Scientific Ltd., F)
- Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem Jobin Yvon Ultima 2 (Horiba Scientific Ltd., F)

3.2.3 Chemikálie

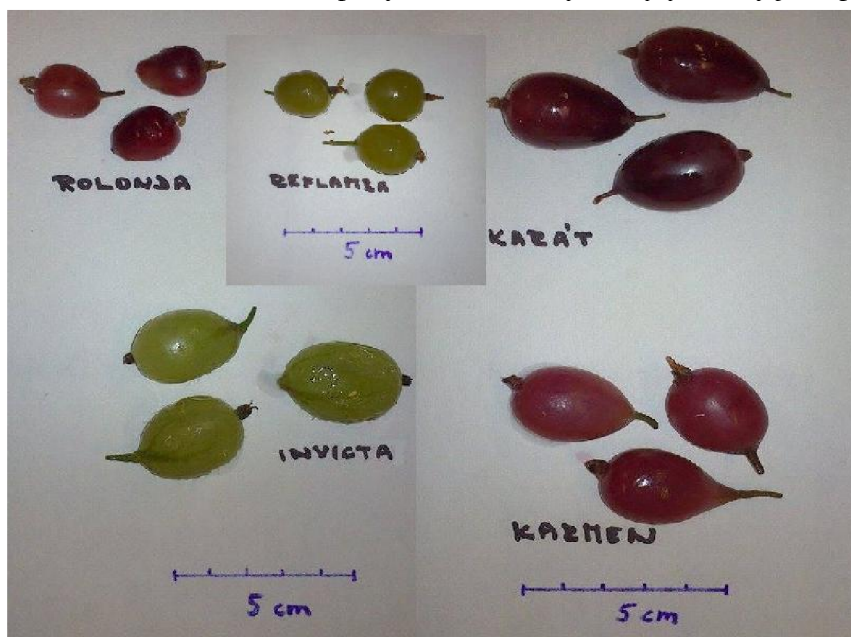
- Ultračistá deionizovaná voda vyrobená stanicí ELGA PureLab Classic (Veolia Water Systems Ltd., UK)
- Kyselina dusičná 67 %, p.a.+ (Analytika Praha spol. s.r.o., ČR)
- Standardy prvků, koncentrace 1 g.dm⁻³ (Analytika Praha spol. s.r.o., ČR)

3.3 Příprava vzorku

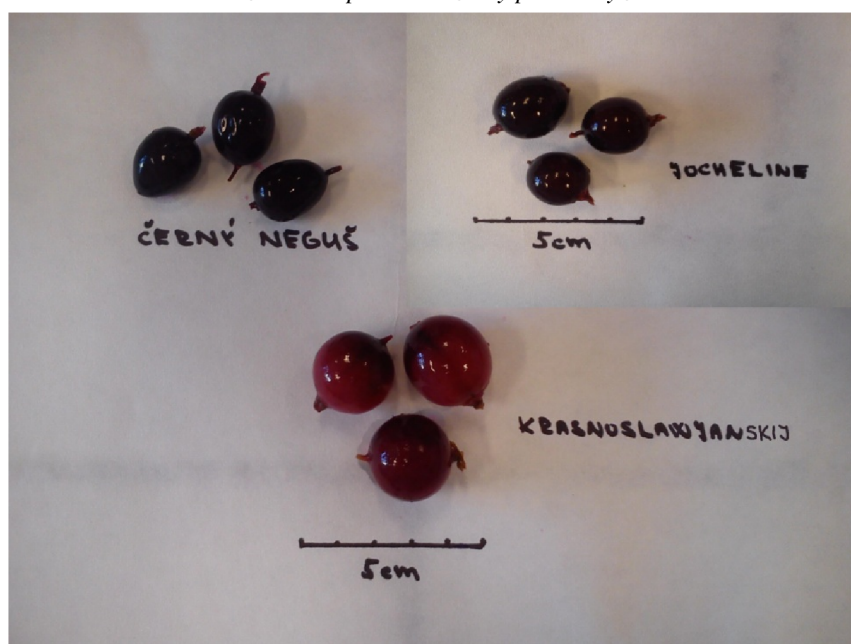
Vzorky byly vytaženy z mrazničky a nechaly se volně na vzduchu roztát. Po celou dobu s nimi bylo manipulováno v rukavicích, aby nedošlo k jejich kontaminaci. Po rozmražení vzorků byly odstraněny přebytečné třapiny a listy. Vzorky byly následně rozetřeny v třecí misce a poté rozmixovány mixérem na čerstvou homogenní směs.

Do Erlenmayerových baněk o objemu 50 cm³ byly naváženy zkoumané vzorky. Průměrná navážka vzorku byla 8 g a každý vzorek byl připraven ve dvou až třech opakováních. Ke každému vzorku bylo přidáno 20 cm³ kyseliny dusičné a následně byly umístěny na reciproční třepačku, kde byly vzorky ponechány 24 hodin při otáčkách 150 rpm.

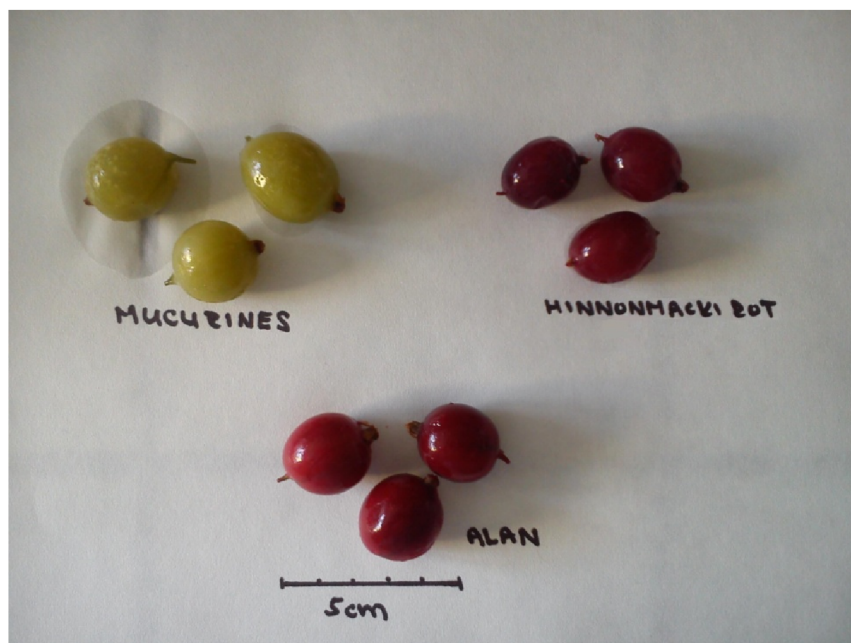
Další den byly vzorky umístěny na topnou desku, kde byly povařeny do úplné mineralizace. Zmineralizované vychladnuté vzorky byly kvantitativně převedeny do 50 cm³ odměrných baněk a doplněny ultračistou deionizovanou vodou po rysku. Před analýzou byly vzorky ještě přefiltrovány.



Obrázek 8: Připravené vzorky pro analýzu č.1



Obrázek 9: Připravené vzorky pro analýzu č.2



Obrázek 10: Připravené vzorky pro analýzu č.3



Obrázek 11: Připravené vzorky pro analýzu č.4

3.4 Příprava kalibračních roztoků

Pro kalibraci přístroje musely být nejprve připraveny kalibrační roztoky. Roztoky byly připraveny do 100 cm³ odměrných baněk. Každá banka obsahovala 20 cm³ kyseliny dusičné a odměřené množství standardů analyzovaných prvků ze zásobních roztoků (Cu, Fe, Mg, Mn, P, Zn Ca, K, Na,) a byly doplněny ultračistou deionizovanou vodou po rysku. Přístroj ICP-OES byl kalibrován v rozsahu 0–1 mg·dm⁻³ pro Cu, Fe, Mg, Mn, P a Zn a v rozsahu 0-10 mg·dm⁻³ pro Ca, K a Na. Pro kalibraci byl připraven také slepý pokus, kde do 100 cm³ baňky bylo přidáno 20 cm³ kyseliny dusičné a zbytek baňky byl po rysku doplněn ultračistou deionizovanou vodou.

3.5 Nastavení přístroje pro analýzu prvků

Prostřednictvím přístroje Ultima 2 bylo provedeno měření na Fakultě chemické, VUT v Brně. Vzorky byly dávkovány do přístroje pomocí autosampleru Horiba. Základní nastavení přístroje bylo

shrnuto v tabulce č.4. Ostatní parametry optimalizace byly nastaveny podle diplomové práce Ing. Václava Štursy, který tuto problematiku zjišťoval.

Tabulka 4: Nastavení přístroje

| Přístroj | ICP-OES Ultima 2 (Horiba Scientific Ltd., Illkirch Cedex F) | |
|---------------|--|---------------------------|
| Průtok argonu | Plazmový plyn | 12,98 l·min ⁻¹ |
| | Pomocný plyn pro měření Cu, Fe, Mg, Mn a Zn | 0,2 l·min ⁻¹ |
| | Pomocný plyn pro měření Ca, K a Na | 0,8 l·min ⁻¹ |
| Zmlžovač | Typ Meinhard | |
| Mlžná komora | Cyklonová | |

Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem vychází z normy ČSN EN ISO 11885. Tato norma určuje metodu stanovení rozpuštěných a nerozpuštěných forem výskytu prvků. Pro měření této práce byly vlnové délky převzaty z této normy. Pokud norma uvádí pro daný prvek více vlnových délek, byla vybrána vlnová délka s největší citlivostí a také s co nejmenší interferencí. Souhrn vlnových délek použitých pro měření této bakalářské práce je uveden v následující tabulce.

Tabulka 5: Přehled použitých vlnových délek

| Prvek | Vlnová délka [nm] | Prvek | Vlnová délka [nm] |
|-------|-------------------|-------|-------------------|
| Cu | 327,396 | P | 213,618 |
| Fe | 259,940 | Ca | 422,673 |
| Mg | 285,213 | K | 766,490 |
| Mn | 257,610 | Na | 588,995 |
| Zn | 206,191 | | |

Veškeré získané výsledky měření byly zpracovávány programem MS Excel 2010 (Microsoft Corporation, USA) a také pomocí doplňku XLstat (Addinsoft, USA).

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Analýza vzorků angreštu

Prostřednictvím metody ICP-OES bylo analyzováno 9 prvků v 15 odrůdách angreštu. Z toho bylo 8 odrůd červeného a 7 odrůd zeleného angreštu. Obsahy prvků byly mezi sebou porovnány statistickými metodami – ANOVA, Tukeyho metoda mnohonásobného porovnávání. Veškeré naměřené koncentrace prvků ve všech odrůdách jsou shrnuty v dalších tabulkách. Naměřené koncentrace jsou porovnávány s průměrnými koncentracemi angreštu získaných z databáze USDA (United States Department of Agriculture). Pro srovnání obsahů prvků jsou dále uvedeny i průměrné obsahy různých druhů ovoce.

4.1.1 Červený angrešt

Měď

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci mědi u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace mědi se pohybovala od $0,47 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $0,9 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Největší obsah mědi byl stanoven u odrůd Rolonda, Jocheline a Černý neguš. Průměrná koncentrace mědi v těchto odrůdách byla $0,9 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Alan, Karmen a Karát. Průměrná koncentrace mědi u těchto odrůd byla $0,59 \pm 0,09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace mědi u všech stanovovaných odrůd byla určena na $0,7 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Železo

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci železa u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Jeho koncentrace se u jednotlivých odrůd pohybovala od $4,1 \pm 0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $5,7 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u odrůd Rolonda, Jocheline a Černý neguš a průměrná koncentrace železa v těchto odrůdách byla $5,6 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Karát, Hinnonmacki Rot a Krasnoslawjanskij. Průměrná koncentrace železa u těchto odrůd červeného angreštu byla $4,2 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace železa u všech odrůd červeného angreštu byla $4,8 \pm 0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Hořčík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci hořčíku u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace hořčíku se mezi jednotlivými odrůdami červeného angreštu pohybovala mezi 80 ± 12 a $128,65 \pm 0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla stanovena u odrůd Jocheline, Rolonda a Karmen. Průměrná koncentrace u těchto odrůd byla $121 \pm 13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Alan, Hinnonmacki Rot a Krasnoslawjanskij. Průměrná koncentrace hořčíku v těchto odrůdách byla určena na $82 \pm 8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace hořčíku ve všech odrůdách červeného angreštu byla $101 \pm 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Mangan

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci manganu u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace manganu se v červeném angreštu v závislosti na odrůdě pohybovala mezi $0,5 \pm 0,1$ a $2,7 \pm 0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace manganu byla stanovena u odrůd Rolonda, Jocheline a Černý neguš. Průměrná koncentrace manganu u těchto odrůd byla $1,8 \pm 0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Alan, Hinnonmacki Rot a Krasnoslawjanskij. Průměrný obsah manganu v těchto odrůdách byl zjištěn na $0,6 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace u všech stanovovaných odrůd červeného angreštu byla $1,2 \pm 0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Fosfor

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci fosforu u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Jeho koncentrace se u jednotlivých odrůd pohybovala od $244 \pm 18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $417 \pm 16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u odrůd Rolonda a Jocheline. Průměrná koncentrace fosforu v těchto odrůdách byla $400 \pm 32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Karát a Karmen. Průměrná koncentrace fosforu u těchto odrůd červeného angreštu byla $259 \pm 38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace fosforu u všech stanovovaných odrůd červeného angreštu byla $321 \pm 63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Zinek

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci zinku u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace zinku se mezi jednotlivými odrůdami červeného angreštu pohybovala mezi $1,1 \pm 0,1$ a $2,7 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla stanovena u odrůd Rolonda a Karmen. Průměrná koncentrace u těchto odrůd byla $2,7 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Alan a Hinnonmacki Rot. Průměrná koncentrace zinku v těchto odrůdách byla určena na $1,1 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace zinku ve všech odrůdách červeného angreštu byla $1,9 \pm 0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Vápník

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci vápníku u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace vápníku se pohybovala od $242 \pm 25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $540 \pm 32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsah vápníku byl stanoven u odrůdy Jocheline a to na $540 \pm 32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace vápníku stanovena ještě u odrůd Karát a Rolonda. Průměrná koncentrace vápníku u těchto odrůd byla $401 \pm 31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůdy Krasnoslawjanskij, jehož koncentrace byla $242 \pm 25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace vápníku u všech stanovovaných odrůd červeného angreštu byla $368 \pm 92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Draslík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci draslíku u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace draslíku se v červeném angreštu v závislosti na odrůdě pohybovala mezi 1350 ± 10 a $2681 \pm 396 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace draslíku byla zjištěna u odrůd Rolonda, Jocheline a Karmen. Průměrná koncentrace draslíku u těchto odrůd byla $2380 \pm 365 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Alan, Hinnonmacki Rot a Krasnoslawjanskij. Průměrný obsah draslíku v těchto odrůdách byl stanoven na $1584 \pm 204 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace u všech stanovovaných odrůd červeného angreštu byla $1989 \pm 431 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Sodík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci sodíku u jednotlivých odrůd červeného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace sodíku se pohybovala od $9 \pm 2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $23 \pm 2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsah sodíku byl stanoven u odrůdy Krasnoslawjanskij a to na $23 \pm 2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace sodíku stanovena ještě u odrůd Jocheline a Černý neguš. Průměrná koncentrace sodíku u těchto odrůd byla $19,0 \pm 0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Karát a Rolonda. Průměrná koncentrace sodíku v těchto odrůdách byla $10 \pm 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace sodíku u všech stanovovaných odrůd červeného angreštu byla $15 \pm 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tabulka 6: Minerální složení analyzovaných odrůd červeného angreštu v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

| Odrůdy: | Karát | Rolonda | Karmen | Hinnonmacki Rot | Alan | Jocheline | Černý neguš | Krasnoslawjanskij |
|---------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Cu | 0,6±0,1 ^{abcd} | 0,9±0,2 ^{abc} | 0,59±0,01 ^{bcd} | 0,70±0,03 ^{abcd} | 0,47±0,01 ^d | 0,9±0,1 ^{ab} | 0,9±0,2 ^{abc} | 0,8±0,1 ^{abcd} |
| Fe | 4,1±0,3 ^e | 5,4±0,3 ^{abc} | 4,5±0,4 ^{cde} | 4,20±0,02 ^e | 4,7±0,2 ^{bcd} | 5,7±0,1 ^a | 5,5±0,2 ^{ab} | 4,3±0,1 ^{de} |
| Mg | 91±6 ^{bcd} | 121±5 ^{ab} | 117±21 ^{abc} | 80±12 ^{de} | 84±11 ^{cde} | 128,65±0,02 ^a | 102±3 ^{abcd} | 83±5 ^{cde} |
| Mn | 1,2±0,1 ^{bcd} | 1,4±0,1 ^{bc} | 1,3±0,2 ^{bcd} | 0,5±0,1 ^g | 0,5±0,1 ^{fg} | 2,7±0,3 ^a | 1,4±0,3 ^{bc} | 0,7±0,1 ^{efg} |
| P | 254±52 ^{def} | 382±40 ^{ab} | 244±18 ^{ef} | 292±4 ^{bcd} | 308±1 ^{bcd} | 417±16 ^a | 344±1 ^{abcd} | 372±5 ^{abc} |
| Zn | 2,3±0,2 ^{bcd} | 2,7±0,1 ^{abcde} | 2,6±1 ^{bcd} | 1,1±0,1 ^f | 1,1±0,1 ^f | 1,7±0,1 ^{def} | 1,81±0,02 ^{cdef} | 1,6±0,1 ^{ef} |
| Ca | 402±20 ^{abc} | 412±52 ^{abc} | 341±89 ^{bcd} | 303±68 ^{bcd} | 356±98 ^{abcd} | 540±32 ^a | 354±43 ^{abcd} | 242±25 ^{cde} |
| K | 1978±126 ^{bcd} | 2207±24 ^{abc} | 2681±396 ^a | 1636±122 ^{cdef} | 1350±10 ^{ef} | 2103±42 ^{abcd} | 1811±19 ^{bcd} | 1764±112 ^{cdef} |
| Na | 10±1 ^{efg} | 9±2 ^{fg} | 12±3 ^{efg} | 15±2 ^{def} | 16±1 ^{de} | 19,1±0,4 ^{abcd} | 19±1 ^{abcd} | 23±2 ^{abc} |

*Indexy znamenají rozdělení do skupin dle významnosti Tukeyho testu, různé indexy ve stejném řádku označují statisticky významně rozdílné hodnoty ($p < 0,05$)

4.1.2 Zelený angrešt

Měď

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci mědi u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace mědi se pohybovala od $0,49 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $1,0 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Největší obsah mědi byl stanoven u odrůd Citronový obří a Veliš. Průměrná koncentrace mědi v těchto odrůdách byla $0,9 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůdy Reflamba a to na $0,49 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla nízká koncentrace mědi stanovena ještě u odrůd Invicta, Rixanta a Zebín, Průměrná koncentrace mědi u těchto odrůd byla $0,6 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace mědi ve všech stanovovaných odrůdách zeleného angreštu byla $0,7 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Železo

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci železa u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Jeho koncentrace se u jednotlivých odrůd pohybovala od $3,9 \pm 0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $5,5 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u odrůd Mucucrines, Zebín a Veliš. Průměrná koncentrace železa v těchto odrůdách byla $5,4 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Reflamba, Invicta a Citronový obří. Průměrná koncentrace železa u těchto odrůd zeleného angreštu byla $4,2 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace železa u všech odrůd zeleného angreštu byla $4,7 \pm 0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Hořčík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci hořčíku u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace hořčíku se mezi jednotlivými odrůdami zeleného angreštu pohybovala mezi 56 ± 2 a $100 \pm 6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla stanovena u odrůd Invicta a Mucurines. Průměrná koncentrace u těchto odrůd byla $97 \pm 7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Zebín, Citronový obří a Veliš. Průměrná koncentrace hořčíku v těchto odrůdách byla určena na $62 \pm 7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace hořčíku ve všech odrůdách zeleného angreštu byla $77 \pm 17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Mangan

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci manganu u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace manganu se v zeleném angreštu v závislosti na odrůdě pohybovala mezi $0,558 \pm 0,003$ a $1,61 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace manganu byla stanovena u odrůd Veliš, Invicta a Zebín. Průměrná koncentrace manganu u těchto odrůd byla $1,5 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůdy Mucurines a to na $0,558 \pm 0,003 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla nízká koncentrace manganu stanovena ještě u odrůd Rixanta a Citronový obří. Průměrný obsah manganu u těchto odrůd byl zjištěn na $0,8 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace u všech stanovovaných odrůd zeleného angreštu byla $1,1 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Fosfor

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci fosforu u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Jeho koncentrace se u jednotlivých odrůd pohybovala od $140 \pm 11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $421 \pm 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u odrůdy Mucurines a to na $421 \pm 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace fosforu stanovena ještě u odrůd Rixanta a Veliš. Průměrná koncentrace u těchto odrůd byla $275 \pm 35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůd Invicta a Reflamba. Průměrná koncentrace fosforu v těchto odrůdách angreštu byla $150 \pm 17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace fosforu u všech odrůd zeleného angreštu byla $240 \pm 92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Zinek

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci zinku u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace zinku se mezi jednotlivými odrůdami zeleného angreštu pohybovala mezi $1,5 \pm 0,1$ a $4,0 \pm 0,1$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byla stanovena u odrůd Reflamba, Zebín, Citronový obří a Veliš. Průměrná koncentrace u těchto odrůd byla $3,5 \pm 0,6$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůd Mucurines a Rixanta. Průměrná koncentrace zinku v těchto odrůdách byla určena na $1,6 \pm 0,1$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace zinku ve všech odrůdách zeleného angreštu byla 3 ± 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Vápník

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci vápníku u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace vápníku se pohybovala od 162 ± 11 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 448 ± 26 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsah vápníku byl stanoven u odrůdy Invicta a to na 448 ± 26 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace vápníku stanovena ještě u odrůd Mucurines a Veliš. Průměrná koncentrace vápníku u těchto odrůd byla 342 ± 36 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůdy Citronový obří, jehož koncentrace byla 162 ± 11 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace vápníku u všech stanovovaných odrůd zeleného angreštu byla určena na 300 ± 101 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Draslík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci draslíku u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace draslíku se v zeleném angreštu v závislosti na odrůdě pohybovala mezi 1103 ± 14 a 2413 ± 19 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace draslíku byla zjištěna u odrůdy Invicta a to na 2413 ± 19 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace draslíku stanovena ještě u odrůd Reflamba, Mucurines, Rixanta a Veliš. Průměrná koncentrace draslíku u těchto odrůd byla 1575 ± 176 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace byla zjištěna u odrůdy Citronový obří a to na 1103 ± 14 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace u všech stanovovaných odrůd zeleného angreštu byla 1638 ± 439 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Sodík

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že rozdíl v koncentraci sodíku u jednotlivých odrůd zeleného angreštu je statisticky významný ($p < 0,05$). Koncentrace sodíku se pohybovala od 8 ± 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 25 ± 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsah sodíku byl stanoven u odrůd Mucurines a Veliš. Průměrná koncentrace sodíku u těchto odrůd byla 24 ± 2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále byla vysoká koncentrace sodíku stanovena ještě u odrůd Invicta, Rixanta, Zebín a Citronový obří. Průměrná koncentrace sodíku u těchto odrůd byla 19 ± 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace byla stanovena u odrůdy Reflamba a to na 8 ± 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Celková průměrná koncentrace sodíku u všech stanovovaných odrůd zeleného angreštu byla určena na 19 ± 5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tabulka 7: Minerální složení analyzovaných odrůd zeleného angreštu v mg·kg⁻¹

| Odrůdy: | Invicta | Reflamba | Mucurines | Rixanta | Zebín | Citronový obří | Veliš |
|---------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Cu | 0,6±0,1 ^{cd} | 0,49±0,01 ^d | 0,7±0,2 ^{abcd} | 0,671±0,004 ^{abcd} | 0,64±0,02 ^{abcd} | 1,0±0,1 ^a | 0,8±0,1 ^{abcd} |
| Fe | 4,3±0,1 ^e | 3,9±0,3 ^e | 5,5±0,4 ^{ab} | 4,64±0,01 ^{bcd} | 5,4±0,1 ^{abc} | 4,3±0,1 ^e | 5,2±0,3 ^{abcd} |
| Mg | 100±6 ^{abcd} | 79±6 ^{de} | 92±7 ^{abcde} | 73±2 ^{de} | 61±3 ^e | 56±2 ^e | 68±9 ^{de} |
| Mn | 1,4±0,2 ^b | 1,15±0,04 ^{bcd} | 0,558±0,003 ^{efg} | 0,75±0,02 ^{defg} | 1,3±0,1 ^{bcd} | 0,8±0,3 ^{cdefg} | 1,61±0,01 ^b |
| P | 140±11 ^g | 165±10 ^{fg} | 421±15 ^a | 278±20 ^{cde} | 231±12 ^{ef} | 220±10 ^{efg} | 272±57 ^{de} |
| Zn | 2,2±0,2 ^{bcd} | 4,0±0,1 ^a | 1,64±0,04 ^{def} | 1,5±0,1 ^{ef} | 3,48±0,01 ^{ab} | 3±1 ^{abcd} | 3,3±0,2 ^{abc} |
| Ca | 448±26 ^{ab} | 297±20 ^{bcd} | 355±8 ^{abcd} | 231±13 ^{cde} | 206±6 ^{de} | 162±11 ^{de} | 328±56 ^{bcd} |
| K | 2413±19 ^{ab} | 1653±217 ^{cdef} | 1718±86 ^{cdef} | 1448±15 ^{def} | 1312±103 ^{ef} | 1103±14 ^f | 1481±242 ^{def} |
| Na | 18±1 ^{cd} | 8±1 ^g | 25±1 ^a | 18±1 ^{abcd} | 18±2 ^{bcd} | 20±1 ^{abcd} | 24±2 ^{ab} |

*Indexy znamenají rozdělení do skupin dle významnosti Tukeyho testu, různé indexy ve stejném řádku označují statisticky významně rozdílné hodnoty ($p < 0,05$)

4.2 Porovnání výsledků analýzy

Minerálnímu složení angreštu se věnuje minimum autorů. Jejich pozornost je spíše věnována organickým látkám, které jsou v angreštu obsaženy. Literatura neuvádí ani rozdílné prvkové složení dle červených a zelených odrůd angreštu, pouze uvádí průměrné koncentrace. Z tohoto důvodu koncentrace vybraných prvků v angreštu, které byly získány v rámci této bakalářské práce, bylo možné porovnat pouze s výsledky databáze U. S. Department of Agriculture Nutrient Database. Pro porovnání a zajímavost bylo v tabulce 8 provedeno porovnání obsahu jednotlivých prvků v angreštu s jinými druhy ovoce.

Průměrné koncentrace mědi, hořčíku, manganu, fosforu a draslíku, které byly naměřeny v rámci této bakalářské práce, jsou v porovnání s dostupnou literaturou [32] srovnatelné. Koncentrace ostatních prvků stanovených v této bakalářské práci je vyšší, než udává dostupná literatura [32].

Průměrné koncentrace všech analyzovaných prvků obsažených v angreštu jsou ve srovnání s koncentrací prvků obsažených v jablkách se slupkou vyšší. Taktéž jsou průměrné koncentrace všech prvků stanovovaných v této bakalářské práci vyšší než jejich koncentrace obsažené ve švestkách. Avšak koncentrace prvků obsažených ve švestkách je vyšší než koncentrace prvků obsažených v jablkách se slupkou. Lze konstatovat, že průměrné koncentrace mědi, hořčíku a draslíku obsažených ve švestkách jsou téměř srovnatelné s průměrnou koncentrací těchto prvků v analyzovaném angreštu. Průměrné koncentrace všech stanovovaných prvků obsažených v angreštu lze porovnat i s minerálním složením drobného ovoce. Průměrné koncentrace všech prvků stanovovaných v této bakalářské práci jsou srovnatelné s průměrnými koncentracemi jahod, malin, bezinky, dřínu a rakytníku. U bezinky se vyskytují vyšší koncentrace draslíku a sodíku, u dřínu pak vyšší koncentrace fosforu, vápníku a draslíku, než koncentrace těchto prvků obsažených v analyzovaném angreštu. Borůvky mají obecně nižší koncentrace všech stanovovaných prvků ve srovnání s koncentrací prvků obsažených v analyzovaném angreštu.

Rozdíly ve výsledcích mohly být zapříčiněny mnoha důvody. Jedno z několika příčin mohlo být klimatické prostředí, ve kterém byly vzorky angreštu pěstovány. Další rozdíly mohlo také způsobit různé množství slunečního záření, úhrn srážek v dané oblasti, jiný typ půdy, na které byly odrůdy pěstovány a zejména stáří rostliny a analýza jiných odrůd angreštu, než které byly analyzovány při této bakalářské práci.

Tabulka 8: Minerální složení v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

| | Cu | Fe | Mg | Mn | P | Zn | Ca | K | Na |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|------------|--------|
| BP | 0,7±0,2 | 4,7±0,6 | 90±22 | 1,2±0,5 | 284±86 | 2,3±0,9 | 337±101 | 1829±463 | 17±5 |
| angrešt | 0,7 | 3,1 | 100 | 1,44 | 270 | 1,2 | 250 | 1980 | 10 |
| jablka | 0,27 | 1,2 | 50 | 0,35 | 110 | 0,4 | 60 | 1070 | 10 |
| švestky | 0,57 | 1,7 | 70 | 0,52 | 160 | 1 | 60 | 1570 | 0 |
| jahody | 0,5 | 2,8-9,5 | 121-154 | 2,8-3,4 | 210-241 | 0,8-1,1 | 160-312 | 1405-1530 | 10-26 |
| maliny | 0,9-1,1 | 5,2-7,0 | 176-222 | 1,6-7,0 | 290-351 | 2,7-4,0 | 219-250 | 1510-1718 | 10-51 |
| bezinka | 1,1-2,0 | 16-30 | 50-739 | 0,6-9,5 | 390-1131 | 5,1-11,3 | 380-1528 | 2800-5494 | 60-146 |
| borůvky | 0,6 | 2,8 | 60 | 3,4 | 120 | 1,6 | 60 | 770 | 10 |
| dřín | 0,5-3,6 | 0,5-1,8 | 72-715 | 0,7-1,9 | 606 | 0,5-4,4 | 517-1560 | 4225-14301 | – |
| rakytník | – | 4.15 | 40-240 | – | 82-206 | – | 64-256 | 62-806 | 7-125 |

(BP): průměrné výsledky naměřené v rámci bakalářské práce, (angrešt, jablka a švestky) převzato z [32], (jahody, maliny, bezinka, borůvky, dřín a rakytník) převzato z [13; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39].

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout teoretické znalosti o ovoci rodu angrešt srstka (*Grossularia uva-crispa*), jehož plody byly využity pro elementární analýzu. Dále byly v této bakalářské práci popsány význam a nutriční parametry analyzovaných prvků. Těmito prvky byly měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, zinek, vápník, draslík a sodík. Tyto prvky se řadí mezi esenciální, proto je důležité, aby je člověk přijímal v potravě. V další kapitole byly popsány metody, které jsou vhodné pro stanovení koncentrací minerálních látek v potravinách. Pro analýzu různých druhů angreštu v této práci byla použita metoda ICP-OES.

Cílem experimentální části této bakalářské práce bylo použití metody ICP-OES pro prvkovou analýzu několika nově vypěstovaných odrůd angreštu. Vzorok pocházely z Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského v Holovousích, kde byly pěstovány v nově vysazeném experimentálním sadu. Analýze bylo podrobena 15 vzorků červeného a zeleného angreštu, z toho bylo 8 odrůd červeného angreštu a 7 odrůd zeleného angreštu. Získané výsledky byly dále vyhodnoceny s využitím statistických metod.

Pro červený angrešt bylo pomocí Tukeyho testu zjištěno, že se obsah všech zkoumaných prvků v jednotlivých odrůdách červeného angreštu statisticky významně liší ($p < 0,05$). Ze zkoumaných odrůd byly nejbohatší na minerální látky odrůdy Rolonda a Jocheline. Odrůda Rolonda obsahovala nejvíce mědi, hořčíku, fosforu a draslíku. Koncentrace těchto prvků byla stanovena na $0,9 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cu), $21 \pm 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mg), $382 \pm 40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (P), $2207 \pm 24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (K). Odrůda Jocheline obsahovala ze všech stanovovaných prvků nejvíce železa ($5,7 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), hořčíku ($128,65 \pm 0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a vápníku ($540 \pm 32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Naopak nejmenší obsah minerálních látek byl u odrůdy Alan a Hinnonmacki Rot. U odrůdy Alan byly nejnižší koncentrace mědi ($0,47 \pm 0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), zinku ($1,1 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a draslíku ($1350 \pm 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Odrůda Hinnonmacki Rot měla nejnižší koncentrace hořčíku a manganu. Koncentrace těchto prvků byla $80 \pm 12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mg) a $0,5 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mn).

U zkoumaných odrůd zeleného angreštu byl dle Tukeyho testu zjištěn statisticky významný rozdíl analyzovaných prvků ($p < 0,05$). Z analyzovaných odrůd byla na minerální látky nejbohatší odrůda Invicta. Nejvyšší koncentrace v této odrůdě byla u hořčíku ($100 \pm 6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), vápníku ($448 \pm 26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a draslíku ($2413 \pm 19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Ze všech zkoumaných odrůd zeleného angreštu nejméně sodíku obsahovala odrůda Reflamba a to $8 \pm 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmenší obsah hořčíku, vápníku a draslíku obsahovala odrůda Citronový obří. Koncentrace těchto prvků byla $56 \pm 2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Mg), $162 \pm 11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Ca) a $1103 \pm 14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (K).

Konzumací 100 g angreštu je pokryta z 1-2% doporučená denní dávka příjmu makroprvků a z 2-5% doporučená denní dávka mikroprvků. Minerálnímu složení angreštu se věnuje minimum publikací, naopak organické složení těchto plodin je studováno více. Koncentrace prvků stanovené u různých odrůd angreštu byly porovnatelné s databází U. S. Department of Agriculture Nutrient Database. Případné rozdíly v koncentraci prvků mohly být způsobeny různým klimatickým prostředím, úhrnem srážek, typem půdy, chemickým ošetřením a zejména stářím a danou odrůdou angreštu.

V minulosti bylo pěstitelství angreštu na ústupu, protože se začala hojně vyskytovat choroba hnědé padlí. To způsobilo velký ústup od pěstování tohoto druhu ovoce. V dnešní době se rozvíjí trend opětovného pěstování a šlechtění angreštu, zejména odrůd s vyšší odolností na choroby a větší výtěžností množství ovoce. Výsledky této bakalářské práce mohou pomoci při volbě vhodné odrůdy k založení nových sadů angreštu.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **LUŽA, Josef.** 1967. *Malá pomologie*. 2. vyd. Praha : SZN, 384 s.
- [2] **HRIČOVSKÝ, Ivan.** 1990. *Rybíz, angrešt na zahrádce*. 2. vyd. Překlad Zdeněk Makovička. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 52 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 80-209-0097-7.
- [3] **NGUYEN, Quynh Anh.** 2014. *Základní chemické parametry plodů několika odrůd angreštu*. Brno, 48 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. Vedoucí práce PhDr. Miroslav Hrstka, Ph.D.
- [4] Angrešt - pěstování angreštu. 2005. *Bydlení pro každého* [Online]. Dostupné z: <http://zahrada.bydleniprokazdeho.cz/ovoce/Angrest/>.
- [5] **RODZÍKOVÁ, Martina.** 2014. *Komplexní charakterizace plodů angreštu*. Brno, 130 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. Vedoucí práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.
- [6] **NOSRETI, Darius.** 2003. Byliny a jejich lidové názvy. *Archeus/Byliny Idy Rystonové* [Online]. Dostupné z: http://www.darius.cz/archeus/BB_A.html.
- [7] **KLČ, Vladimír.** 2012. Ribes uva-crispa L. *botany.cz* [Online]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/ribes-uva-crispa/>.
- [8] **RICHTER, Miloslav.** 2004. *Malý obrazový atlas odrůd ovoce*. Vyd. 1. Lanškroun: TG tisk, 85 s. ISBN 80-903-4876-9.
- [9] **NESRSTA, Dušan, Tomáš JAN a Milan HANČ.** 2013. *Drobné ovoce a skořápkoviny: přes 140 barevných fotografií a popisů odrůd*. 1. vyd. Olomouc: Baštan, 213 s. ISBN 978-80-87091-40-1.
- [10] Ovocnictví 1. 2004. *Multimediální učební skriptum ovocnictví* [Online]. Dostupné z: http://tilia.zf.mendelu.cz/ustavy/551/ustav_551/eltronic_ovoc/_private/ochrana/ochrana.htm.
- [11] **NOVÁKOVÁ, Jana.** 2013. *Analýza vybraných nutričních parametrů v nových odrůdách angreštů*. Brno, 96 s. Diplomová Práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. Vedoucí práce RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.
- [12] **HANOUSEK, Miloš.** 2006. *Domácí výroba moštů*. 1. vyd. Praha: Grada, 75 s., [8] s. barev. obr. příl. ISBN 80-247-1445-0.
- [13] **ZHAO, Yanyun.** 2007. *Berry fruit: value-added products for health promotion*. Boca Raton: CRC Press, 430 s. ISBN 08-493-5802-7.
- [14] **VELÍŠEK, Jan.** 2009. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [15] Egřeše. 2014. *Online potravinová databáze* [Online]. Dostupné z: <http://www.pbd-online.sk/#>.
- [16] **ŠTURSA, Václav.** 2014. *Prvková analýza různých druhů drobného ovoce*. Brno, 57 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

- [17] Angrešt. 2012. *Sezónní potraviny* [Online]. Dostupné z: <http://sezonka.cz/angrest/>.
- [18] **NĚMCOVÁ, Irena.** 2004. *Spektrometrické analytické metody I.* 2. vyd. Praha: Karolinum, 166 s. ISBN 80-246-0776-X.
- [19] **KOMÁREK, Josef.** 2000. *Atomová absorpční spektrometrie.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 85 s. ISBN 80-210-2500-X.
- [20] **KOMÍNKOVÁ, J., O. MESTEK (překl.), J. KROFTA a kol.** 1997. *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie II, aktualizace textu Atomová absorpční spektrometrie.* VŠCHT Praha.
- [21] **KLOUDA, Pavel.** 2003. *Moderní analytické metody.* 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 132 s. ISBN 80-863-6907-2.
- [22] **LINGEMAN, Henk.** 2014. How to select a technique. *Chromedia analytical sciences* [Online]. Dostupné z :<http://www.chromedia.org/chromedia?waxtrapp=yqegzCsHqnOxmOIIEcCbC&subNav=yarwnEsHqnOxmOIIEcCzBeC>.
- [23] *Inductively coupled plasma spectrometry and its applications.* 2007. 2. ed. Oxford: Blackwell, 427 s. ISBN 978-1-4051-3594-8.
- [24] *Handbook of analytical techniques.* 2001. Weinheim : Wiley-VCH, 559 s. ISBN 35-273-0165-8.
- [25] **PLŠKO, Eduard.** 1994. *Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: sborník přednášek z kurzu 15.-17.6.1994 v Komorní Lhotce.* Český Těšín: 2 THETA, 224 s.
- [26] **HOLZBECHER, Závěš a Jaroslav CHURÁČEK.** 1987. *Analytická chemie.* Vyd. 1. Praha: SNTL,
- [27] **KANICKÝ, Viktor.** 1999. *Atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem a emisní spektrografie s obloukovým výbojem* [Online]. Dostupné z: http://cheminfo.chemi.muni.cz/chem_sekce/predmety/C7300/AES/.
- [28] **MIHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK.** 2004. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy - Oficiální časopis České společnosti chemické* [Online]. (98). Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf
- [29] Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). 2004. *Chemiasoft* [Online]. Dostupné z: www.chemiasoft.com/chemd/node/52.
- [30] **ZBÍRAL, Jiří.** 1994. *Analýza rostlinného materiálu.* Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- [31] **KRAKOVSKÁ, Erika.** 2001. *Rozklady v analytické chemii: současný stav a trendy.* 1. vyd. Košice: Viena, 226 s. ISBN 80-889-2248-8.
- [32] Foods List. 2001. *U.S. Department of Agriculture* [Online]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>.
- [33] **KALYONCU, I.H., N. ERSOY a M. YILMAZ.** 2009, *Asian J Chem*, **21**, 6555 s.
- [34] **BAL, L.M., V. MEDA, S.N. NAIK a S. SATYA.** 2011, *Food Res Int*, **44**, 1718 s.

- [35] **HEGEDUS, A., E. BALOGH, R. ENGEL, B.Z. SIPOS, J. PAPP, A. BLAZOVICS a E. STAFENOVITS-BANY AI.** 2008, *Hort Sci*, **43** (6), 1711 s.
- [36] **CHARLEBOIS, D., P.L. BYERS, C.E. FINN a A.L. THOMAS.** 2010, *Horticultural Reviews*, **37**, 213 s.
- [37] **VAGIRI, Michael, Anders EKHOLM, Elisabeth ÖBERG, Eva JOHANSSON, Staffan C. ANDERSSON a Kimmo RUMPUNEN.** 2013, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **61** (39), 9298 s.
- [38] **CETKOVSKÁ, J., P. DIVIŠ, M. VESPALCOVÁ, J. POŘÍZKA a V. ŘEZNÍČEK.** 2015, *Acta Alimentaria*, stránky 1-8. DOI: 10.1556/AAlim.2014.0013. Dostupné z: <http://www.akademiai.com/openurl.asp?genre=article>.
- [39] **DIVIŠ, P., J. POŘÍZKA, M. VESPALCOVÁ, A. MATĚJÍČEK a J. KAPLAN.** 2015, *J Element*, in press. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.758.
- [40] **NĚMCOVÁ, Irena a kolektiv.** 1998. *Spektrometrické analytické metody II*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 162 s. ISBN 80-718-4586-8.