

Stanovení těžkých kovů ve víně

Martina Škrabalová

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina Škrabalová**
Osobní číslo: **T150154**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení těžkých kovů ve víně**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.**
2. **Provedte optimalizaci přípravy vzorků vín.**
3. **Koncentrace kovů stanovte pomocí ICP-OES.**
4. **Naměřená a vypočtená data zpracujte a dosažené výsledky kriticky zhodnoťte.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] MORENO-ARRIBAS, M. V., POLO, C. Wine Chemistry and Biochemistry, 1 ed., Springer, New York, 2009, ISBN 978-0-387-74118-5.

[2] MICHLOVSKÝ, M. Lexikon chemického složení vína, první vydání, 2014, Rakvice, ISBN 978-80-905319-2-5.

[3] FLAMINI, R., TRALDI P., 2006. Mass spectrometry in grape and wine chemistry. Part II: The consumer protection. Mass Spectrometry Reviews, 25, WileyInterScience. (s. 741-774).

[4] Vědecké zdroje zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SciFinder Scholar, Medline aj.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Šenkárová, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ŠKRBALOVÁ MARTINA

Obor: ČHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 13.5.2019

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu kovů ve víně. V její experimentální části bylo stanoveno celkem 24 prvků v šesti vzorcích vína. Vzorky byly nejdříve upraveny pro stopovou analýzu a následně měřeny. Měření bylo provedeno pomocí instrumentální metody optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Získaná data byla zpracována a vyhodnocena.

Klíčová slova: víno, těžké kovy, instrumentální metody, optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, mineralizace.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the analysis of metals in wine. In the experimental part were determined twenty-four elements of metals in six samples of wine. First of all, the samples were modified for trace analysis and subsequently measured. Measurement was made by instrumental method of inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Acquired data were processed and evaluated.

Keywords: wine, heavy metals, instrumental methods, inductively coupled plasma optical emission spectrometry, mineralization.

Velké poděkování patří především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Lence Šenkárové, Ph.D. za její odbornou pomoc, velmi vstřícné jednání a věnovaný čas. Svůj další dík bych chtěla věnovat RNDr. Pavlu Kubovi a Mgr. Kamile Dudíkové za odbornou pomoc a umožnění školní práce v laboratoři. Můj poslední a velký dík patří mé rodině a nejbližším za obrovskou podporu po celou dobu studia.

„Vino je jeden z významných symbolů vzdělanosti.“

Ernest Hemingway

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 O VÍNĚ	12
1.1 OBSAH CHEMICKÝCH SLOŽEK VE VÍNĚ	12
1.1.1 Voda	12
1.1.2 Sacharidy	12
1.1.3 Ethanol	13
1.1.4 Oxid siřičitý.....	13
1.1.5 Dusíkaté látky.....	14
1.1.6 Aromatické látky	14
1.1.7 Fenolické sloučeniny.....	15
1.1.8 Kyseliny ve víně.....	16
1.1.9 Minerální látky	16
1.2 TOXICITA PRVKŮ VE VÍNĚ.....	17
1.2.1 Původ kontaminujících kovů v hroznech révy vinné.....	17
1.2.2 Specifikace těžkých kovů.....	19
1.2.2.1 Chrom	19
1.2.2.2 Olovo	19
1.2.2.3 Kadmium	20
1.2.2.4 Arsen.....	20
1.2.2.5 Rtuť	20
2 TECHNIKY STANOVENÍ	22
2.1 METODY PRO ANALÝZU TĚŽKÝCH KOVŮ VE VÍNĚ.....	22
2.1.1 Atomová absorpční spektrometrie	22
2.1.1.1 Plamenová.....	23
2.1.1.2 Elektrotermická.....	23
2.1.2 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.....	23
2.1.3 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem	23
2.2 ICP-OES.....	24
2.2.1 Mechanismus.....	24
2.2.2 Plazma	25
2.2.3 Interference	27
2.2.3.1 Spektrální interference	27
2.2.3.2 Nespektrální interference	27
2.2.4 Příprava vzorku k měření	28
2.2.4.1 Metoda na mokré cestě	28
2.2.4.2 Metoda na suché cestě	29
2.2.5 Generace plynných hydridů	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
3 VZORKY	32
3.1 CHARAKTERISTIKA.....	32
3.2 ÚPRAVA A MINERALIZACE VZORKŮ.....	32
3.3 ANALÝZA VZORKŮ A MĚŘENÍ	34
3.3.1 Standardizace	34

3.3.2	Kalibrace	35
3.3.3	Optický spektrometr s ICP – SPECTRO ARCOS	37
3.3.3.1	Technické údaje	37
3.3.3.2	Optimalizace přístroje a jeho meze detekce	38
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	40
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

Víno a jeho zkoumání započali naši předci již v dávné době, neboť první poznatky o víně pochází z Bible. V některých krajích je víno dokonce součástí kultury. Mnozí mluví o tom, že pokud se víno požívá v rozumných dávkách, tak pak že život nejen zkrášluje, ale co je podstatné, tak také prodlužuje.

V dnešní době se konzumace vína rozšířila v souvislosti s kombinací k delikátním pokrmům. Na tuto skutečnost samozřejmě reagovali i samotní vinaři a produkce se značně zvýšila i spolu s kvalitou. To mimo jiné vedlo také k tomu, že tato kvalita musela být přísněji pozorována. Proto byly zavedeny moderní instrumentální analytické metody do laboratorních praxí.

Cílem této bakalářské práce bylo stanovení těžkých kovů ve víně. V teoretické části byly definovány základní chemické složky vína, a dále byl detailně popsán původ kontaminujících těžkých kovů a jejich specifikace s působením na zdraví člověka.

Pro identifikaci těžkých kovů ve vínech byla zvolena metoda optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 O VÍNĚ

1.1 Obsah chemických složek ve víně

Již od nepaměti chce každý konzumovat co nejkvalitnější víno, a právě z tohoto důvodu chce každý vinař vypěstovat ty nejkvalitnější bobule bohaté na chuť a aroma.

Bobule se skládají z dužiny, vláknitých cévních svazků a moštu, který obsahuje desítky látek (cukry, organické kyseliny, dusíkaté látky, minerální látky, vitamíny, fenolové látky a další), které vstupují do procesu kvašení a čištění vína, kde dochází k jejich transformaci. Vznikají látky podílející se na chuti a vůni vína.

1.1.1 Voda

Voda je základním zdrojem života na Zemi a není tomu ani jinak u rostlin. Voda podporuje jejich růst, správný vývoj a příjem živin. U bobulí révy vinné představuje až 90 % hmoty ze sklizně. Tvoří také základní složku v moštu, kde je její přítomnost definována v množství 80 – 92 % u běžných vín. Ve vyšším množství je v moštu nežádoucí. Toto rozmezí ovlivňuje i cukerná složka vína. Její přítomnost lze snížit buď vymrazováním před sklizni, nebo po sklizni, a to pozdním sběrem nebo sušením slámových vín. [3,7]

1.1.2 Sacharidy

Mezi hlavní zástupce sacharidů patří monosacharidy – D-glukosa a D-fruktosa. Vznikají pomocí fotosyntézy a tvoří téměř 99 % celkových cukrů v bobulích, zbytek tvoří sacharóza a další cukry. Při dozrání bobule může jejich obsah dosáhnout až 200 – 250 g/l. Mají vliv zejména na chuť a kvalitu vína. Poměr glukosy a fruktosy v době zaměkání je 1. Jelikož fruktosa je chuťově sladší než glukosa, označuje se jako tzv. zbytkový cukr. Podle tohoto zbytkového cukru se tiché a šumivé víno rozděluje do jednotlivých kategorií. [1,2,3,4]

Tabulka 1 Rozdělení tichých vín podle obsahu zbytkového cukru

Kategorie tichého vína	Obsah zbytkového cukru
Suché	4 g/l nebo max. 9 g/l, při přepočtu na kyselinu vinnou max. 2g/l
Polosuché	max. 12 g/l
Polosladké	max. 45 g/l
sladké	nejméně 45 g/l

1.1.3 Ethanol

Při alkoholovém kvašení se cukry působením kvasinek přeměňují na alkohol. Mezi hlavní alkohol ve víně patří ethanol. Jeho obsah se pohybuje mezi 11 – 12,5 obj. % u bílých a růžových vín, a 13 – 15 obj. % u vín červených. Obsah alkoholu závisí na množství cukru v moštu, použitých kvasinkách, fermentační teplotě a řady dalších faktorů.

Množství ethanolu ve víně lze ale i záměrně zvýšit či snížit. Zvýšení znamená fortifikaci vína ethanolem. Snížením získáme tzv. de-alkoholizovaná vína, kde je množství alkoholu do 0,5 %, nebo tzv. nízko-alkoholická vína, kde je obsah alkoholu do 5 %. Snížení koncentrace alkoholu lze provést vakuovou destilací vín za snížených teplot nebo reverzní osmósou. [3,4,5,7]

1.1.4 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý se používá ve víně jako velmi účinná antimikrobní a antioxidační látka. Aplikuje se ve formě plynné, při ukončení biologického odbourávání kyselin. Pak začíná zrání vína, po aplikaci dochází k inhibici kvasinek a enzymů způsobujících oxidaci. Vyskytuje se molekulární nebo volný. Koncentrace molekulárního SO₂ byly stanoveny následovně: 0,6 – 0,7 mg/l antioxidační účinky, 0,8 – 1,3 mg/l antibakteriální účinky, 1,5 mg/l zachována čirost vína, nad 2,5 mg/l typický zápach. Koncentrace volného SO₂ byla doporučena na hodnotu 30 mg/l. [3,6,7]

1.1.5 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky se velmi významně podílí na kvalitě a aroma vína. Vyskytují se ve formě anorganické, jako amonné ionty a ve formě organické, jako aminokyseliny, enzymy, vitamíny a bílkoviny. Jsou nedílnou součástí výživy zejména pro kvasinky během jejich fermentačního procesu. Jako zdroj slouží hlavně amonné ionty a volné asimilovatelné aminokyseliny, které se souhrnným názvem označují jako tzv. asimilovatelný dusík v hroznech. Při koncentraci nižší než 150 mg/l dochází k problémům u kvašení. Nastává zpomalení kvašení a zvyšují se negativní sirnaté látky, které mohou způsobit sirkovou chuť ve víně. [3,4,7]

1.1.6 Aromatické látky

Jsou souhrnně nazývány jako směs heterogenních organických sloučenin. Aromatické látky tvoří základ sensorické kvality vína. Jejich nejvyšší obsah byl prokázán při plné zralosti hroznu. Patří sem především estery, těkavé kyseliny, norisoprenoidy, methoxypyraziny, těkavé fenoly, vonné thioly a řada dalších látek. Bylo prokázáno, že jejich tvorba má zárodek ve slupce a těsně pod slupkou bobule. Nelze ale říci, že pro stejnou odrůdu platí i stejné aromatické látky. Při tvorbě těchto látek závisí na mnoha faktorech, jako jsou podmínky a stanoviště pěstování, dále teplota nebo i zdravotní stav samotné révy.

Aromatické látky lze nepřímou rozdělit na primární, sekundární a terciární. Základem jsou látky primární. Ty mají svůj původ již ve zrajícím plodu a v moštu. Jsou tvořeny terpeny, alkoholy a aldehydy. Jelikož tvoří úplný základ pro danou odrůdu, mívají zachováno charakteristické složení a poměr aromatických látek. Dále látky sekundární, které vznikají při technologických procesech z prekurzorů enzymaticky, mikrobiologicky, nebo i tepelnými zásahy. Sekundární aroma má jednu z nejdůležitějších rolí na výsledném aromatu. Vzniká při alkoholovém a jablečno – mléčném kvašení, zastoupené alkoholy, mastnými kyselinami a jejich estery, ketony a aldehydy. Mezi sekundární látky patří také tzv. kvasné aroma, které vznikají také v průběhu kvašení, ale také po jeho ukončení. Tyto látky jsou zpravidla značně těkavé a je těžké je ve víně udržet. V neposlední řadě vznikají terciární látky, a to buď ležením, nebo zráním již vyrobených finálních produktů, kde dochází ke zjemnění aromatu.

Aromatické látky lze přímo posuzovat také na vinici, a to jak sensoricky, tak i vizuálně. Vizuálně lze hodnotit na základě zbarvení slupky a při sensorickém hodnocení se jedná o tzv. volné aromatické látky, zastoupené terpeny a methoxypyraziny. Pro zkušené vinaře je to velmi významný znak, podle kterého určují vhodný termín sklizně. Dobře rozpoznatelné je

to zejména u muškátových odrůd, ale i u vína s ovocnými, květinovými a travnatými tóny. [2,3,4,5,8]

Níže je uveden přehled nejvíce se vyskytujících aromatických látek.

Tab 2. Aromatické látky ze skupiny methoxypyrazinů a jejich sensorický projev

Aromatická látka	Senzorický projev
3-isopropyl-2-methoxypyrazin	Chřest, zelená paprika, rajčatový list
3-sec-butyl-2-methoxypyrazin	Zelený hrášek, zelená paprika
3-isobutyl-2-methoxypyrazin	Zelená paprika, čerstvá zelenina, bylinné tóny, zelený angrešt

Tab 3. Aromatické látky ze skupiny monoterpenů a jejich sensorický projev

Aromatická látka	Senzorický projev
α -terpineol	Nasládlá květinová vůně s jemnými tóny jehličí borovice
nerol	Svěží, vůně růží se zdůrazněnými citrusovými akcenty
β -citronellol	Intenzivní, vůně připomínající růže
geraniol	Muškát, jemná vůně růží, mírně nasládlá
Hotrineol	Sladká květinová vůně
(z)-rose oxid	Lychee, růže
linalool	Květinová vůně s jemným nádechem koření a citronu

1.1.7 Fenolické sloučeniny

Fenolické látky lze rozdělit na neflavonoidní a flavonoidní. Do neflavonoidní skupiny látek patří hydroxybenzoové kyseliny, hydroxyskořicové kyseliny a stilbeny. Naopak do flavonoidní skupiny látek řadíme antokyany, flavan-3-oly a flavonoly. Obě skupiny látek se podílí na sensorických vlastnostech vína, a to jak ze strany barvy, tak i chuti.

U bílých vín hraje významnou roli hydroxyskořicová kyselina. Je obsažena v bobulích, na vzduchu podléhá oxidaci a dochází k jejímu žloutnutí až hnědnutí. To způsobuje nahnědlý nádech u bílých vín.

U vín červených mají velký význam na sensoriku antokyany a třísloviny, které hrají hlavní roli po stránce kvality.

U modrých odrůd mají zásadní vliv antokyanová barviva. Těmto odrůdám se přezdívá barvířky. Antokyanová barviva jsou hlavním ukazatelem při kontrole kvality a odhalování falšovaných vín. Tyto barviva jsou totiž specifickým znakem pro každou jednotlivou odrůdu. Nelze je zaměnit, jelikož se odvíjí od místa pěstování révy a jejího dalšího zemědělského obohacování.

Významnou fenolickou sloučeninou jsou také flavonoly, které tvoří ochranu před škodlivým UV zářením. Při jejich nedostatku nastává sluneční spála révy vinné, kdy dochází ke hnědnutí slupek a zvyšuje se hořkost i hnědnutí vína. [2, 3, 4, 7]

1.1.8 Kyseliny ve víně

Kyselina vinná, jablečná a citrónová jsou primární kyseliny, které mají zásadní vliv na tvorbě chuti bobulí a vína.

Mezi nejsilnější kyselinu patří kyselina vinná. Nejsilnější je pro její výraznou kyselou a ostrou chuť. Ve víně se pohybuje v koncentraci od 5 do 10 g/l. Kyselina vinná může být i sensoricky nežádoucí, a to především při reakci s draselnými ionty. Při reakci těchto dvou látek vzniká nežádoucí zákal na dně láhve, tzv. vinný kámen.

Kyselina jablečná má vliv u bílých odrůd vín, kde způsobuje typickou chuť nezralých, zelených jablek. Její obsah je velmi nízký, a to kolem 2-5 g/l. Podílí se také na jablečno-mléčné fermentaci, kde výsledkem je jemnější a kulatější chuť kyseliny mléčné.

Svěží chuť vína poskytuje kyselina citrónová. Její množství je však ve víně zanedbatelné, a to zhruba od 0,1 do 0,3 g/l. [2, 3, 4, 6]

1.1.9 Minerální látky

Minerální látky, nebo-li popeloviny, jsou obsaženy ve víně formou anorganických iontů. Jejich množství se z velké části odvíjí od lokality, kde je réva pěstována. Záleží tedy na charakteru půdy, jejího přihnojování, nebo zda se jedná o suchou či bohatě srážkovou oblast.

Minerální látky se dají dále rozdělit na makro a mikro-prvky. Mezi makro-prvky jsou hlavní zástupci kationty draslíku K^+ . Tyto kationty mají velký vliv na změnu pH moštu, jelikož mohou nahradit oxoniové ionty H_3O^+ . To způsobí zvýšení pH moštu a možnou změnu kvality vína. Další zástupci makro-prvků jsou vápenaté (Ca^{2+}) a hořečnaté (Mg^{2+}) kationty, které pozitivně ovlivňují kvalitu a chuť vína.

Do skupiny mikro-prvků lze řadit mangan (Mn), železo (Fe), zinek (Zn), bor (B), měď (Cu) a mnoho dalších minerálních látek odvíjejících se od způsobu a místa pěstování. Železo je důležitý u vznikajících červených vín, kde zajišťuje prohloubení červené barvy vína. Dostává se do reakcí s přírodními barvivy, kde se vytváří cheláty iontů železa.

Technologickým zpracováním koncentrace minerálních látek klesá až na stopové, či ultra-stopové koncentrace z důvodů jejich vysrážení. U nás nebyly stanoveny minimální hodnoty koncentrací minerálních látek ve víně, ale jejich obsah by se měl pohybovat v rozmezí 1,8 – 2,8 g/l. Hodnoty pod 1,2 g/l tímto rozmezím mohou indikovat přídavek vody do vína.

1.2 Toxicita prvků ve víně

1.2.1 Původ kontaminujících kovů v hroznech révy vinné

Během vegetační doby se do révy dostávají kovy kořenovým systémem v jejich přirozeném obsahu. Pro nás to znamená v zanedbatelném množství. Existují ovšem faktory, které koncentraci těchto kovů velmi zvyšují a tím snižují jakost vína. Dochází k organoleptickým vadám, ke změně aroma, barvy a chuti.

Mezi první faktor můžeme řadit kontaminaci vinice, tedy zemědělské půdy, na které je réva pěstována. Ke kumulaci toxických prvků dochází v horní, orniční, vrstvě, kde mimo jiné probíhá také mikrobiální aktivita. Důsledek přítomnosti těchto cizorodých látek je přisuzován antropogenním vlivům (průmyslová činnost, doprava, energetika, imise) a používáním nevhodných hnojiv či různých kalů. [10, 11, 12]

Tabulka 4 Mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů v půdě

Těžký kov	Mezní koncentrace [mg/kg sušiny]	
	běžné půdy	písky, hlinité písky a štěrkopísky
Olovo	60	55
Arsen	20	15
Měď	60	45
Zinek	120	105
Kadmium	0,5	0,4
Rtuť	0,3	0,3
Chrom	90	55
Nikl	50	45

Tabulka 5 Mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů v kalech (pro použití na zemědělské půdy)

Těžký kov	Mezní koncentrace [mg/kg sušiny]
Olovo	200
Arsen	30
Měď	500
Zinek	2500
Kadmium	5
Rtuť	4
Chrom	200
Nikl	100

Mezi další faktory se řadí špatná manipulace s hrozny, poté také se sklizeným materiálem a v největší míře používání prostředků na ochranu rostlin révy vinné. Každý z vinařů používá jiné stroje, jiné nádoby na prokvašování i jiné další pomůcky při sběru, zpracování, atd. Není tedy možné určit jednotný návod, jak kontaminaci zabránit, ale můžeme dodržovat určitou prevenci, jak koncentrace kontaminujících kovů ve víně snížit na minimum, pod prahovou koncentrací. Mezi tyto preventivní opatření lze zařadit například omezené použití strojů a drátů, které obsahují zinek, dále vybírat vhodná kompostová hnojiva nebo kaly po odkalení, nástroje a nádoby pro zpracování hroznů používat z nerez oceli a průběžně kontrolovat jejich stav povrchu a laku. A v neposlední řadě také omezit užití fungicidů kontaminované kovem.

Při již zvýšeném obsahu kovů lze využít některých metod k jejich snížení. Jako jeden z možných postupů se používá modré čiření. To snižuje koncentraci železa, mědi a zinku. Bylo ale dokázáno, že se železo, měď, zinek a kobalt dají vysrážet i hexakynoželeznanem draselným, a to až z 80 %. Při modrém čiření je ale potřeba dbát na jeho dávkování, protože může

vznikat i jedovatá kyselina kyanovodíková. Množství potřebné k čiření je třeba zajistit proškolenými enology.

Povolených opatření pro snižování kovů je u nás, i v EU, omezené množství. Jako jedno z dalších opatření lze využít přidání arabské gummy nebo kyseliny citronové. Pracují na principu vytvoření komplexu a následně ochranného koloidu. Při užití arabské gummy je povoleno bez omezení užívat libovolné množství, ale skutečná hodnota se pohybuje v rozmezí 20-80 g/hl. Při užití kyseliny citronové jsou podmínky trochu odlišné. Tam je stanoveno Nařízením ES č. 1493/99 nejvyšší přípustné množství na 1 g/l. [9, 10, 11, 12]

Metody pro odstranění už přítomných kovů jsou velmi náročné. Nejlepším řešením je dbát na minimální kontaminaci kovy.

1.2.2 Specifikace těžkých kovů

1.2.2.1 Chrom

V půdě se chrom vyskytuje v několika oxidačních stupních (od II do VI), kdy nejčastěji vystupuje jako trojmocný, který je nejstabilnější a řadí se mezi esenciální prvky. Mezi největší kontaminanty se ale řadí chrom šestimocný, který vystupuje jako velmi toxická látka. Má negativní vliv na lidské zdraví. Způsobuje mutagenní účinky, karcinogenitu, vnitřní krvácení a nevratně poškozuje zejména ledviny a játra. Naneštěstí existuje řada organických látek, které dokáží šestimocný chrom redukovat na chrom trojmocný. Bylo také prokázáno, že rostliny zadržují chrom pouze ve svém kořenovém systému a znepřístupňují mu ostatní části, takže chrom dále nepřechází do plodů rostlin. [9, 11, 12]

1.2.2.2 Olovo

Vlivem antropogenní činnosti koncentrace olova v půdě v posledních letech vzrůstá. Jeho obsah se pohybuje v rozmezí mezi 2 – 300 mg/kg. Vázáno nejčastěji na humusovou vrstvu půdy z hnojiv a insekticidů. Do životního prostředí se olovo může dostat i z chemického průmyslu – pigmenty do barev, přísady do glazur, ale také jako zbytky různých akumulátorů, či z automobilového provozu jako součást olovnatého benzínu. Olovo je velkou hrozbou hlavně pro děti a těhotné ženy. U těhotných může způsobit v nejhorším případě potrat, ale i významně poškodit nervový systém plodu. U dětí taktéž působí na nervový systém, kde způsobuje jejich mentální retardaci. Pro lidský organismus je rovněž nebezpečné, jelikož působí jako antagonist vápníku, kumuluje se v kostech a narušuje syntézu hemoglobinu. [9, 11, 12]

1.2.2.3 *Kadmium*

V přírodě se obsah kadmia pohybuje na velmi nízkých koncentracích, a to od 0,01 – 1,1 mg/kg. V půdní vrstvě zhruba do 5 cm se obsah kadmia zvyšuje, a to na hodnoty 0,2 – 1,5 mg Cd, kdy s prohlubující se vrstvou obsah klesá. Existují ovšem rostliny, které mají schopnost tento stopový prvek silně kumulovat, a pak jeho koncentrace tisíc násobně vzrůstá. V lidském organismu může vyvolat velké změny, neboť jeho atomový poloměr je stejný jako u zinku, a tak ho může nahrazovat v různých procesech lidského těla. Mimo to také zapříčiňuje vysoký krevní tlak, destrukci červených krvinek a nevratnou změnu na ledvinách, plicích a reprodukčních orgánech. [9, 11, 12]

1.2.2.4 *Arsen*

Arsen můžeme najít v nejvyšším zastoupení v jílových půdách s hodnotami koncentrací od 2 – 20 mg/kg. Dostávají se tam v důsledku imisí, popílků, odsiřovacích látek z kotelen a v největší míře z pesticidů. Nejnebezpečnější forma arsenu pro lidské tělo je trojmocná anorganická forma, která je v organismu také silně kumulativní. Ukládá se v nehtech, kůži, vlasech a orgánech ledvin a jater. Intoxikaci arsenem lze poznat i ze senzorického projevu. Jedinci začne rohovatět kůže, získá šedo zelenou pigmentaci, bílé proužky na nehtech a zápach po česneku z úst. Arsen nejenže proniká přes bariéru placenty a působí tak teratogenně na plod, ale proniká také buněčnými membrány. Bývá označován jako kapilární jed pro jeho negativní vliv na propustnost krevních kapilárních stěn. [9, 11, 12]

1.2.2.5 *Rtuť*

Obsah Hg v půdě, který se pohybuje v koncentraci od 0,02 – 0,2 mg.kg⁻¹ je závislý zejména na výskytu formy tohoto prvku. Může se vyskytovat buď v elementární formě, nebo jako dvojmocná anorganická, či vázaná na organickou složku jako methylrtuť. Při výskytu elementární formy je toxicita nejmenší, jelikož je těkavá a také slabě rozpustná ve vodě. Dvojmocná anorganická forma se váže především na funkční skupiny, které obsahují síru. Negativní funkční vliv má vazba zejména na thiolové skupiny bílkovin, které jsou součástí řady enzymů. Organická rtuť patří mezi nejnebezpečnější formy. Může vznikat redukcí anorganické formy pomocí methanogenních bakterií v anaerobním prostředí. Je velmi nebezpečná nejen pro lidi, kde má mutagenní a teratogenní účinky, ale i ekosystémech, kde se dostává do vodního prostředí.

Formy rtuti v půdě mají zdroj v imisích, ale také v hnojení pomocí čistírenských kalů. Koncentraci tohoto prvku lze snížit zvýšením pH půdy. [9, 11, 12]

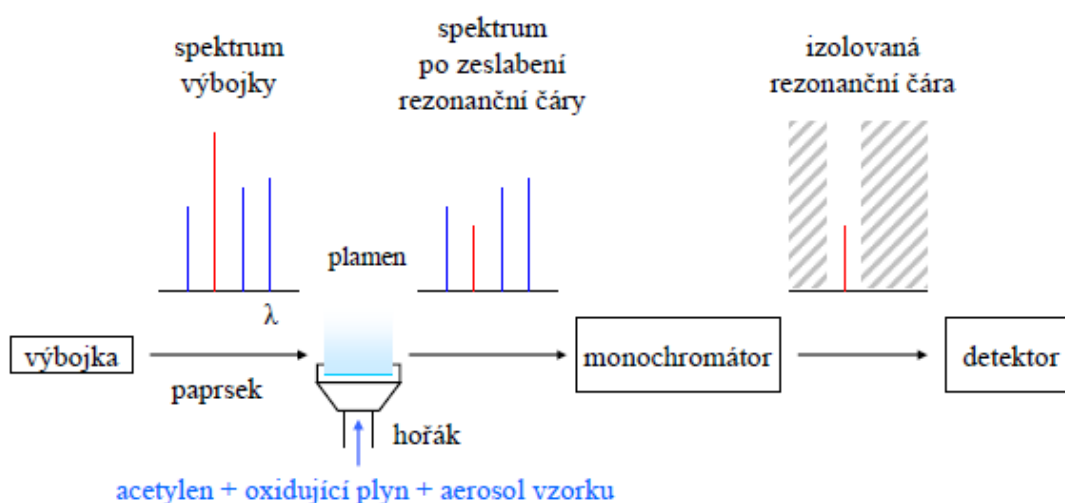
2 TECHNIKY STANOVENÍ

2.1 Metody pro analýzu těžkých kovů ve víně

2.1.1 Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie je jedna z nejvíce rozšířených metod pro stopovou prvkovou analýzu. Vyniká hlavně vysokou citlivostí stanovení, ale také nízkými pořizovacími a provozními náklady. Díky AAS se dá stanovit přes 60 prvků, a to v koncentracích od $\mu\text{g.l}^{-1}$ až po g.l^{-1} .

Jako zdroj záření se zde využívá výbojka, která poskytuje emisní atomové spektrum prvku s jeho charakteristickými rezonančními čarami. Z výbojky se záření dostává do prostoru atomizátoru, kde se nachází volné atomy. Při výstupu z atomizátoru je zřetelný úbytek intenzity záření způsobený absorpcí. Neabsorbované záření vstupuje do optického prostředí, kde putuje přes monochromátor na fotonásobič, který detekuje určitou absorbanci. Dle Lambert-Beerova zákona je tato naměřená hodnota úměrná koncentraci daného prvku. [14, 22, 23]



Obr. č. 1 Schéma AAS

2.1.1.1 Plamenová

Plamenová AAS se využívá u vzorků, které mají při stanovení vyšší koncentrace (desetiny až desítky $\mu\text{g/ml}$). [22]

2.1.1.2 Elektrotermická

Elektrotermická AAS má proti plamenové mnohem citlivější detekci. Využívá se tedy u stopových až ultrastopových analýz (setiny až desítky ng/ml). [22]

2.1.2 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

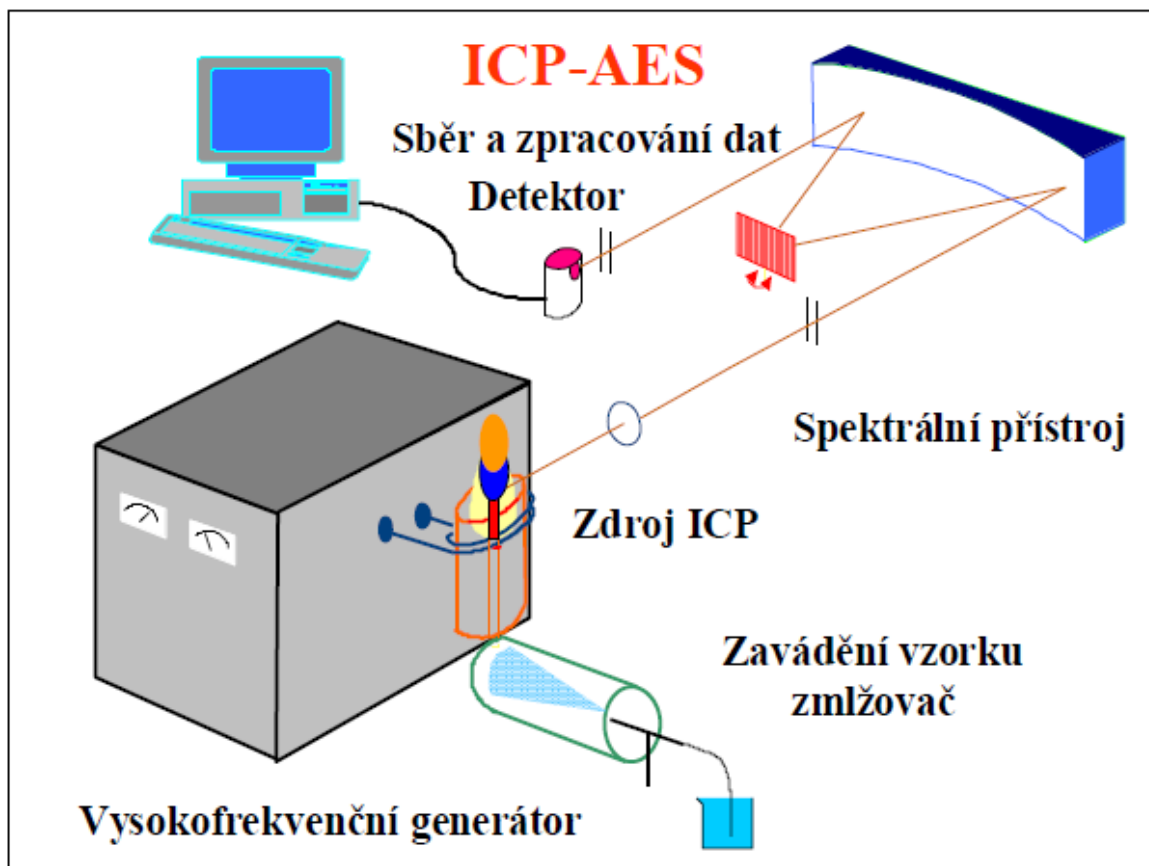
Patří k nejcitlivějším metodám víceprvkové analýzy. Velkou předností ICP-MS je rychlá analýza s velmi nízkými detekčními limity, a to až v ng/l . Tento přístroj dokáže rozeznat většinu kovů, nekovů i s jejich izotopy v širokém koncentračním rozsahu. Jeho velkou nevýhodou jsou ale vysoké pořizovací a provozní náklady. [9]

2.1.3 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Podstata této metody spočívá v tom, že aerosol okyseleného vzorku se proudem argonu přivede do argon-argonového plazmatu, ve kterém dojde k termické excitaci a ionizaci atomů. Při následné deexcitaci dojde k vyzáření charakteristických kvant. Měřením intenzity emitovaného záření charakteristického kvanta se stanoví obsah daného prvku ve vzorku. Složkou kvality daného prvku ve vzorku je charakterizována polohou čar ve spektru. Naopak tomu kvantitativní složka charakterizuje koncentraci daného prvku ve vzorku a je vyjádřena intenzitou jednotlivých čar. [13]

2.2 ICP-OES

2.2.1 Mechanismus



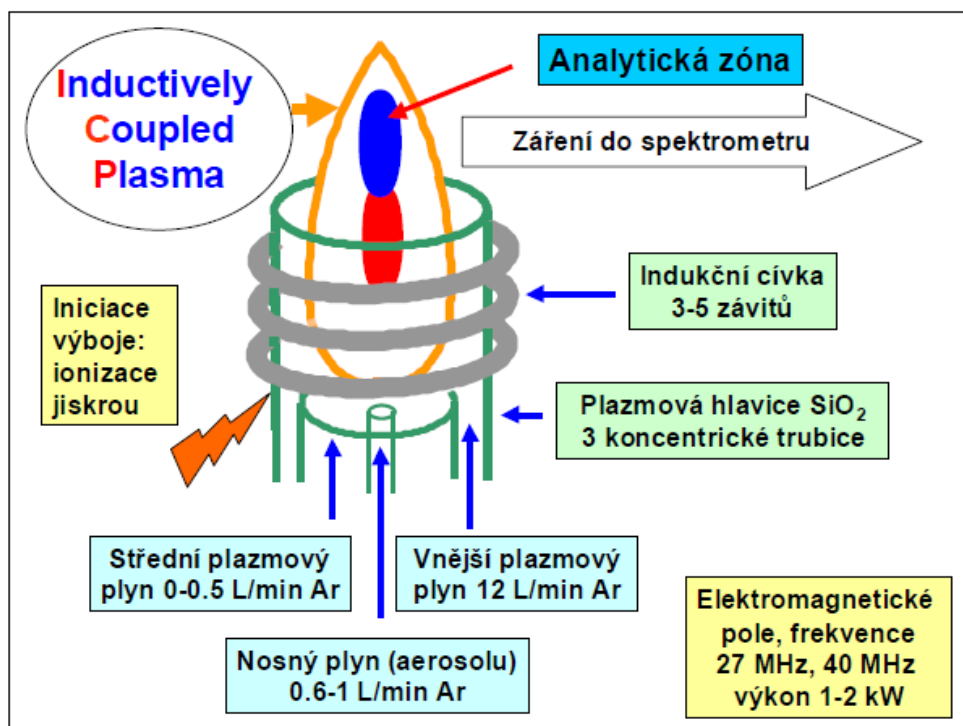
Obr. č. 2 Mechanismus ICP

Po mineralizaci vzorků jsou vzorky vloženy do auto sampleru. Tam je mineralizát vzorku nasáván injektorem pomocí peristaltické pumpy do křemenného zmlžovače. Díky proudu argonu je kapalný vzorek převeden na aerosol. Ten je dále přiveden do argonového plazmatu. Při tomto přechodu na plazma dojde k velkému množství dodání energie. Ta převyšuje ionizační energii přítomných atomů a dojde v atomech k excitaci jejich elektronů do vyšších energetických hladin. Vzhledem k nestabilitě této hladiny elektrony putují zpět do stavu základního. Při této „cestě zpět“ vyzáří foton o určité vlnové délce. Tato vlnová délka je zachycena a charakterizuje určitý stanovovaný prvek. Vyzářené světlo dále putuje na monochromátor. Tento disperzní prvek se může lišit dle typu buzení, a to buď na Paschen-Runge nebo Echelle mřížku. Nejčastěji využívaný je Echelleho disperzní systém. Tam je umístěn optický hranol, za ním se nachází optická mřížka. Echelleho mřížka dispergované světlo ještě detailněji rozloží. Takto dispergované záření je přivedeno na detektor, který převádí intenzitu dopadajícího záření na elektrický signál. [13, 15, 16, 18]

2.2.2 Plazma

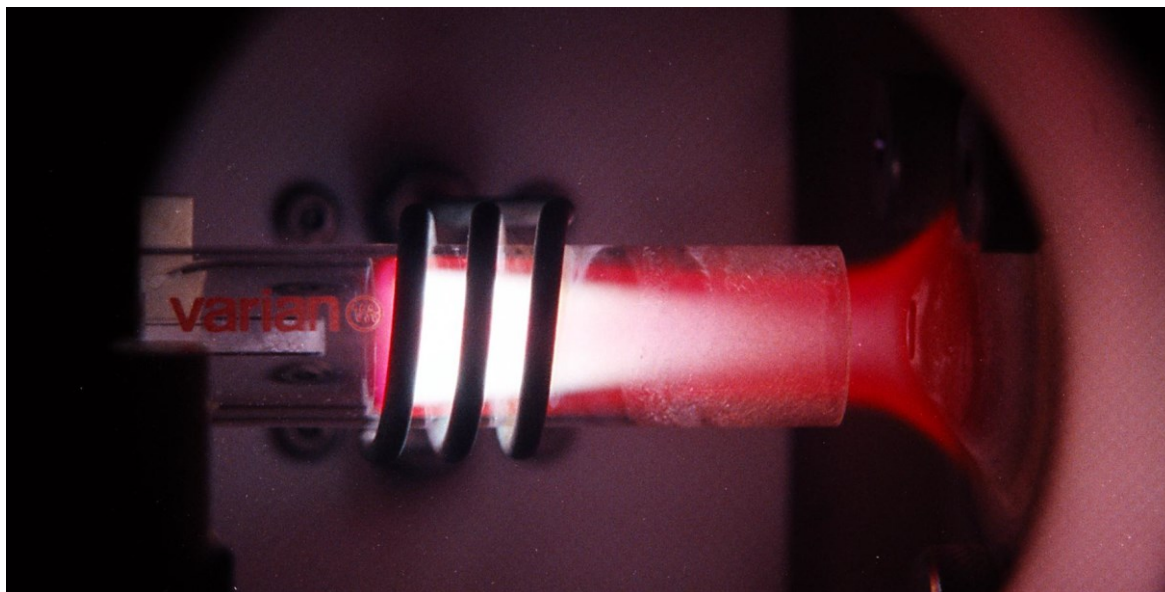
Plazma je ionizovaný plyn, který obsahuje elektricky nabitě částice. Dělí se na kladné a záporné částice, a jejich počet je v plazmě vždy rovnocenný, navenek tedy neutrální.

V plazmové hlavici pak vzniká indukčně vázané plazma, a to přenosem vysokofrekvenčního proudu do proudu plynu, nejčastěji argonu. Tato hlavice má tvar toroidální – prstencový a je uložena v indukční cívce. Skládá se ze třech žárupevných křemenných trubic a plní mnoho funkcí – izolaci plazma od indukční cívky, dále pro udržení stabilního výboje usměrňuje tok vnějšího plazmového plynu a také umožňuje zavést vzorek do plazmatu z trysky injektoru pomocí argonu.



Obr. č. 3 Schéma plazmové hlavice

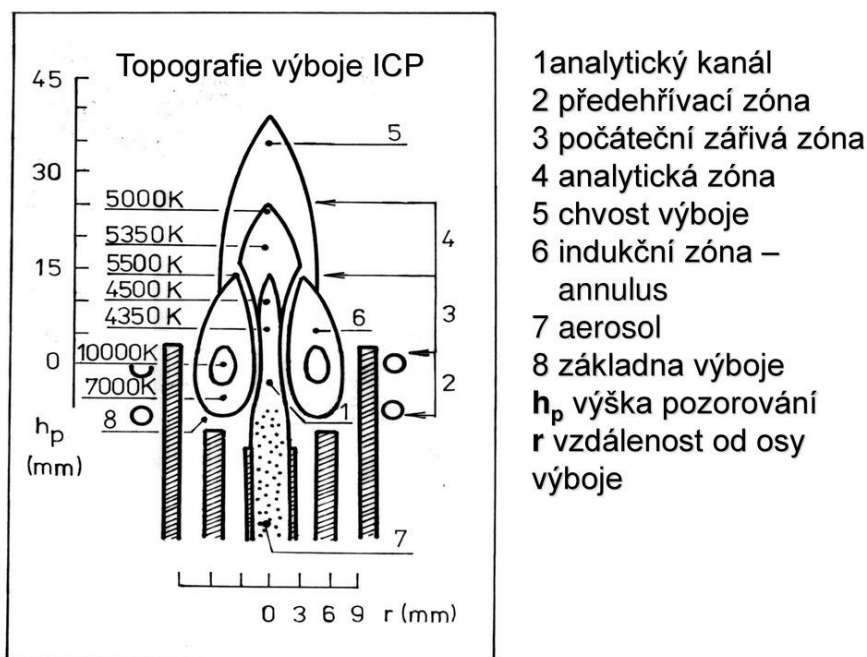
Pro vytvoření plazmového výboje je nutno dodat energii volným elektronům z vnějšího zdroje. U ICP tento zdroj představuje elektromagnetické pole indukční cívky plazmového generátoru. Udržení výboje zajišťují elektrony, které mají již dostatečnou kinetickou energii a způsobují další, lavinovitou ionizaci plynu. Při této řetězové reakci dochází k vytvoření nepřetržitého výboje.



Obr. č. 4 Výboj plazmatu

Je také obtížné přiřadit plazmatu jedinou termodynamickou teplotu, protože ionty mají rozdílnou kinetickou energii. Teplota plazmatu je závislá na pozorované oblasti výboje, která se rozděluje na indukční zónu (plazmový prstenec), kde se koná přenos energie elektromagnetického pole cívky do plazmatu a na analytický kanál, kde se soustřeďuje vzorek, který je transportován argonem. Podle oblasti výboje, zde přímo podle oblasti v analytickém kanálu a podle prostorového rozdělení intenzity emise čar dochází k rozdělení na předehřívací zónu, počáteční zářivou zónu, analytickou zónu a chvost výboje. Nejdůležitější je pozornost zaměřena na analytickou zónu, což je oblast pro preferenční excitaci iontů.

Rozdílné teploty obou oblastí mají u ICP svůj velký význam. Plazmový prstenec má při vyšší teplotě vyšší viskozitu než argon v analytickém kanálu, a tak omezuje jeho mísení s vnějším plazmovým plynem. Ionty vzorku jsou díky tomu v analytickém kanálu a nepřechází do chladných periferních oblastí výboje. Díky tomu nedochází ani k samoabsorpci a kalibrační závislosti tak mají lineární rozsah až 6 koncentračních řádů. [13, 15, 16, 17, 18]



Obr. č. 5 Topografie výboje

2.2.3 Interference

Interference se řadí do skupiny rušících vlivů. Dochází při nich k ovlivňování a změně signálu analytu vzorku. Rozlišujeme dva druhy interferencí, a to spektrální a nespektrální.

2.2.3.1 Spektrální interference

Mezi spektrální interference řadíme překryv atomových a iontových čar. Tento jev lze eliminovat více způsoby. Mezi první způsoby řadíme velkou rozlišovací schopnost spektrometru. Dále jej lze vyloučit výběrem vhodné čáry podle atlasu čar nebo podle relativních intenzit čar v programu ICP a v poslední řadě je nutné přejít na jinou metodiku. [18, 24]

2.2.3.2 Nespektrální interference

I přes veškeré pozitivní vlastnosti, které ICP vyjadřuje, máme i řadu nespektrálních interferencí, a těmi jsou – konstrukce a frekvence oscilátoru, konfigurace plazmové hlavičky, složení a průtoky plynů, příkon do plazmatu, zobrazení výboje a výška pozorování.

Vliv nespektrálních interferencí na správnost výsledků můžeme eliminovat přibližným modelováním kalibračních roztoků a použitím nějaké „vnitřního standardu“ (porovnávacího vzorku). [18, 24]

2.2.4 Příprava vzorku k měření

Před samotnou analýzou je nutná úprava vzorku. Nejvíce používaným způsobem je úprava vzorku mineralizací. Od vzorku se touto cestou odstraní jeho organická složka a dojde k uvolnění vazeb v dané analytické matici. Při samotné mineralizaci je nutno dbát na pozornost proti případné kontaminaci vzorku a následného zkreslení výsledků.

Při této destruktivní technice dochází k převodu látky organické formy na formu anorganickou. Dosahuje se lepší konzistence vzorku, snižuje se viskozita a zvyšuje homogenita. Metoda rozkladu vzorku se liší od biologické matrice. Každá skupina matric se rozkládá při jiné teplotě, tlaku a jiného požadovaného času. Při rozkladu je nutno překonat vysokou aktivační energii při destrukci organické hmoty. [25]

Mineralizační techniky můžeme rozdělit do skupin rozkladu na mokré a suché cestě.

2.2.4.1 Metoda na mokré cestě

Při mineralizaci na mokré cestě používáme k rozkladu matrice koncentrované minerální kyseliny. Dochází následně k oxidaci za zvýšené teploty. Maximální teplota je dána bodem varu oxidačních činidel. Nejčastěji používaná oxidační činidla jsou čistá HNO_3 a další reakční směsi: $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$, $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$. Rychlost reakce se odvíjí od reakční teploty a přidaných katalyzátorů.

Mokřý rozklad může proběhnout buď v otevřeném, nebo v uzavřeném systému. Otevřený systém nabízí konvenční a mikrovlnný ohřev. Tento způsob má své nevýhody v energeticky a časově náročné práci, kde je také další nevýhoda při velké spotřebě reakčních činidel. Velké plus v tomto systému je mineralizace mikrovlnným ohřevem, kde může být současně rozloženo šest odlišných druhů matric, kdy každá z nich má různě nastavený režim rozkladu.

Častěji využívanou metodou je mineralizace vzorku pomocí uzavřeného systému. Ten zabraňuje ztrátám těkavých prvků a omezuje kontaminaci z vnějších zdrojů na minimum. Při konvenčním ohřevu dochází k mineralizaci v křemenných nádobkách High Pressure Asher. High Pressure Asher jsou komerčně vyráběné sety, které jsou přesně uzpůsobené k rozkladu vzorku při vysoké teplotě (kolem 300°C) a za zvýšeného tlaku. Proces celé oxidace je systémově řízen a přesný růst teploty a tlaku lze pozorovat na displeji počítače.

Dokonalým procesem mineralizace se stal ale až uzavřený mikrovlnný ohřev. Ten využívá elektromagnetické mikrovlnné záření, které vyvolává vibraci molekul díky pohybu iontů a rotaci dipólů, ovšem bez změny struktury v molekule. Záření je vyvolané magnetronem. Jako pracovní frekvence z hlediska optimální absorpce energie ve vzorku byla vybrána hodnota 2450 MHz, což je vlnová délka kolem 12 cm a rezonátor má výstupní výkon 600 až 700 W. Při mikrovlnném ohřevu nastává záhřev přímo ve vzorku působením interakce mezi mikrovlnným zářením a molekulami vzorku. V praxi je tato metoda velmi výhodná. Dochází k významnému zkrácení doby rozkladu a snížení spotřeby kyselin.

U těchto mikrovlnných zařízení existují dva typy využívané mikrovlnné energie. První je energie s rozptýleným polem. Uprostřed se nachází rotor a kolem jsou rozloženy reakční nádoby. Rotor zajišťuje stejnosměrné rozložení energie ve všech nádobkách. Druhý typ je s fokusovaným mikrovlnným polem. Tam je energie přiváděna pomocí speciálního vlnovodu, který je směřován na místo rozkladu vzorku.

V nedávné době byl na trh uveden mineralizátor Multiwave Systém. Oproti ostatním zařízením jsou zde navíc umístěny čidla ke kontrole teploty a tlaku. Reakční sety pro práci s tímto systémem jsou vyrobeny z teflonu a celé zařízení je chlazeno vzduchem. Určité typy, jako např. MLS 1200 MEGA, jsou opatřeny odpařovacím systémem. Ten odstraňuje přebytečné množství reakční směsi. V praxi to sice znamená delší přípravu vzorku, jelikož pak nastává přelítí mineralizátu a jeho doplnění na určitý objem v odměrné baňce, ale zvyšuje se tak citlivost detekce při následném měření. [18, 25]

2.2.4.2 Metoda na suché cestě

Rozklad na suché cestě je založen na čtyřech hlavních krocích, a to sušení, zuhelnění, zpopelnění a loužení popela. Sušení probíhá v horkovzdušných sušárnách, lyofilizátorech nebo na topných deskách. K zuhelnění dochází při teplotách 200 – 400°C, ke zpopelnění je požadována teplota vyšší, a to až nejvýše 550°C. Posledním krokem je loužení popela. K loužení je jako nejčastější minerální kyselina používána kyselina chlorovodíková a dusičná. Popel i s kyselinou je následně vložen do ultrazvukové lázně. Jako katalyzátor oxidace, tzv. pomocné činidlo, se zde využívá např. HNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ apod.

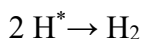
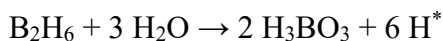
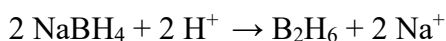
Za zmínku zde také stojí přístroj, který tohoto suchého rozkladu využívá, a to přístroj AMA-254 pro stanovení rtuti. Dochází ke generaci par kovové rtuti, které se zachycují v amalgamátoru. Cesta začíná vysušením vzorku, jeho spálením v pícce v proudu kyslíku. Takto upra-

vený vzorek je přiveden na katalytickou pec, kde se dokončí oxidace a finální produkt spalování je přiveden na amalgamátor, kde je pomocí ohřevu zachycena rtuť a uvolněna do měřících kyvet. [18, 25]

2.2.5 Generace plynných hydridů

Je jedna z nejstarších používaných reakcí pro stanovení řady toxických prvků: Sb, As, Se, Te, Sn, Pb a Bi. K jejímu významnému rozšíření došlo ale až po roce 1972, kdy se zavedlo redukční činidlo NaBH₄. To umožnilo již přesnější dávkování a regulaci průběhu reakce.

Reakce schématicky:



Z většího objemu vzorku dochází k relativnímu zakoncentrování v plynné fázi a tím také k vyšší účinnosti separace analytů, následně také k rychlejšímu vnášení do excitačního prostředí. Díky tomuto způsobu se dosahuje k výrazně lepší detekovatelnosti, a to až o dva řády proti přímému zmlžování roztoků.

Jako redukční činidlo se používá roztok 0,5 – 1% NaBH₄ stabilizovaný 0,1% NaOH, přiváděný rychlostí 0,5 – 2 ml/min. a předem upravený roztok vzorku přiváděný do reaktoru rychlostí 3,5 – 15 ml/min.

Při generování plynných hydridů patří k nejvýznamnějším interferentům přechodné prvky. Snižující účinnost redukčních reakcí. Některé ionty jsou redukovány na elementární kovy s vysokým aktivním povrchem, který snižuje účinnost převodu hydridů do fáze plynné. Interference lze do určité míry eliminovat vhodným prostředím reakce – koncentrace HCl a přídavkem předredukčních a maskujících činidel. [18, 19, 20, 21, 22]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VZORKY

Pro praktickou část této bakalářské práce bylo použito k analýze šesti odrůd vín. Po celou dobu analýzy byly dodrženy veškeré zásady pro stopovou analýzu techniky ICP-OES. Před začátkem samotné analýzy byly veškeré laboratorní pomůcky umyty v lázni s 10% kyselinou dusičnou, následně opláchnuty v demineralizované vodě a vysušeny v sušárně. Pro mineralizaci byla použita od firmy LACHNER 65 – 69 % kyselina dusičná a peroxid vodíku, 30% p.a. K hydridové zkoušce byla použita kyselina chlorovodíková (LACHNER, , konc p.p - $\rho(\text{HX}\lambda)=1,40 \text{ kg/l}$) a pracovní roztok borohydridu sodného, koncentrace 0,5% v 0,1% hydroxidu sodném.

3.1 Charakteristika

V mé praktické části bakalářské práce bylo analýze podrobena celkem šest vzorků vín, z toho pět vzorků vín bílých a jeden vzorek růžového vína. Všechny odrůdy vín pochází z vinařské oblasti Morava. Tramín červený (ročník 2018 a 2019), Muškát moravský a Ryzlink vlašský pocházejí z Mikulovské vinařské podoblasti. V této podoblasti se předpokládají vyšší hodnoty vápníku, ale o to méně draslíku, fosforu a hořčíku.

Z Velkopavlovické vinařské podoblasti pocházejí sledované vzorky Veltlínského bílého vína a vína růžového. Bílé odrůdy se pěstují v severní části podoblasti, kde se nachází sušší písčité podloží.

3.2 Úprava a mineralizace vzorků

Před samotnou mineralizací vzorků bylo provedeno jejich zakoncentrování, a to pomocí sušárny nastavenou na 70°C po dobu třech dnů. Zakoncentrování bylo provedeno z důvodů zvýšení detekce jednotlivých kovových prvků. Poté byl vzorek rozložen pomocí mikrovlnného ohřevu při zvoleném programu.

Zakoncentrované vzorky, s původním objemem 50 ml, byly rozpuštěny v 9 ml koncentrované kyseliny dusičné, převedeny do připravených mineralizačních patron, a nakonec doplněny o 1 ml peroxidu vodíku sloužící jako katalyzátor. Stejným způsobem byl připraven i slepý pokus, který namísto vzorku obsahoval demineralizovanou vodu. Nakonec byly obdobně připraveny i certifikované vzorky pro kontrolu správnosti jakosti. Všechny patrony byly uzavřeny pomocí moment klíče a vloženy do mikrovlnného systému, kde pomocí příslušného programu probíhal rozklad vzorků.

Mineralizát byl následně převeden do 50 ml odměrné baňky a doplněn po rysku demineralizovanou vodou. Poté byl mineralizát přefiltrován přes řídký filtr do příslušných zkumavek a měřen.



Obr. č. 6 Měření pomocí hydridové techniky

3.3 Analýza vzorků a měření

3.3.1 Standardizace

Tab č. 6 Přehled měřených prvků ve víně

Prvek	Měřený izotop
Stříbro	^{107}Ag
Hliník	^{27}Al
Bor	^{11}B
Baryum	^{137}Ba
Berylium	^9Be
Vápník	^{114}Ca
Kadmium	^{111}Cd
Kobalt	^{59}Co
Chrom	^{52}Cr
Měď	^{63}Cu
Železo	^{57}Fe
Sodík	^{23}Na
Hořčík	^{24}Mg
Mangan	^{55}Mn
Molybden	^{100}Mo
Nikl	^{60}Ni
Fosfor	^{31}P
Olovo	^{208}Pb
Vanad	^{51}V
Zinek	^{66}Zn
Síra	^{32}S
Selen	^{82}Se
Arsen	^{75}As
Antimon	^{121}Sb

Pro přípravu standardních roztoků byl použit Standardní víceprvkový zásobní roztok LIT 1 (Analytika s.r.o. Praha) a víceprvkový standardní roztok LIT 3 (Analytika s.r.o. Praha) o známých koncentracích, které jsou uvedeny v tabulkách 7 a 8.

Tab č. 7 Standardní víceprvkový zásobní roztok LIT1

PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]
Mo	10,0
B	20,0
Al, Cu, Mn	100
Fe, Zn	200
Na	500
Mg, P	2000
K	2500
Ca	5000

Tab č. 8 Standardní víceprvkový zásobní roztok LIT3

PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]
Be	5,00
Cd	10,0
Ag, Ba, Mo	20,0
B, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V	50,0
Zn	100

3.3.2 Kalibrace

Ke kalibraci jsem použila již uvedené víceprvkové standardy jejich postupným ředěním.

Kalibrační roztok I

Kalibrační roztok I byl připraven tak, že bylo pipetováno 5 ml zásobního víceprvkového roztoku a 0,25 ml zásobního roztoku o $c = 1000 \text{ mg/l}$ do odměrné baňky o objemu 500 ml a doplněno po rysku redestilovanou vodou. Z tohoto roztoku bylo pipetováno 20 ml do odměrné baňky 200 ml, přidáno 2,5 ml konc. kyseliny dusičné a doplněno po rysku redestilovanou vodou.

Tab č. 9 Koncentrace jednotlivých prvků pro Kalibrační roztok I

PRVEK	KONCENTRACE [$\mu\text{g/l}$]	PRVEK	KONCENTRACE [$\mu\text{g/l}$]
Ag	50,0	Cu	20,6
B	15,1	Ni	50
Ba	5,5	Pb	203
Be	1,1	Tl	407
Cd	21	V	500
Co	20,6	Zn	20,4
Cr	25,5		

Kalibrační roztok II

Kalibrační roztok II byl připraven tak, že bylo pipetováno 2 ml zásobního roztoku Mg, 1 ml zásobního roztoku Na a 10 ml zásobního roztoku Ca, přidáno 2,5 ml konc. kyseliny dusičné a pipetováno do 200 ml odměrných baněk. Objem baňky byl doplněn redestilovanou vodou po rysku.

Tab č. 10 Koncentrace jednotlivých prvků pro Kalibrační roztok II

PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]	PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]
Ca	50	Mg	10
K	5	Na	5

Kalibrační roztok III

Kalibrační roztok III byl připraven tak, že bylo pipetováno 1 ml zásobního roztoku víceprvkového roztoku do 100 ml odměrných baněk, přidáno 10 ml konc. kyseliny dusičné a doplněno redestilovanou vodou po rysku.

Tab. č. 11 Koncentrace jednotlivých prvků pro kalibrační roztok III

PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]	PRVEK	KONCENTRACE [mg/l]
Fe	0,147	Mn	0,049
Al	1,01		

3.3.3 Optický spektrometr s ICP – SPECTRO ARCOS

3.3.3.1 Technické údaje

Polychromátor

- Tepelně stabilizovaný na +15°C
- Kruhová konstrukce, Paschen-Runge montáž
- Ohnisková vzdálenost 750 nm
- Vlnový rozsah: 130 – 770 nm

Detektor

- 32 lineárních CCD čipů, 3648 pixelů na 1 čip
- Pixelové rozlišení: 130 – 340 nm 3 pm
- Nejkratší měřicí čas pro jednu analýzu: 2 s

RF-Generátor

- Volněběžící, frekvence: 27,12 MHz
- RF výkon: 0,7 až 1,7 kw
- Automatické zapálení plazmy
- Pohotovostní režim (šetří energii i argon)
- Plně řízený počítačem
- Chlazený vzduchem
- Pevný stabilní zdroj zabudovaný v přístroji

Pracovní prostředí

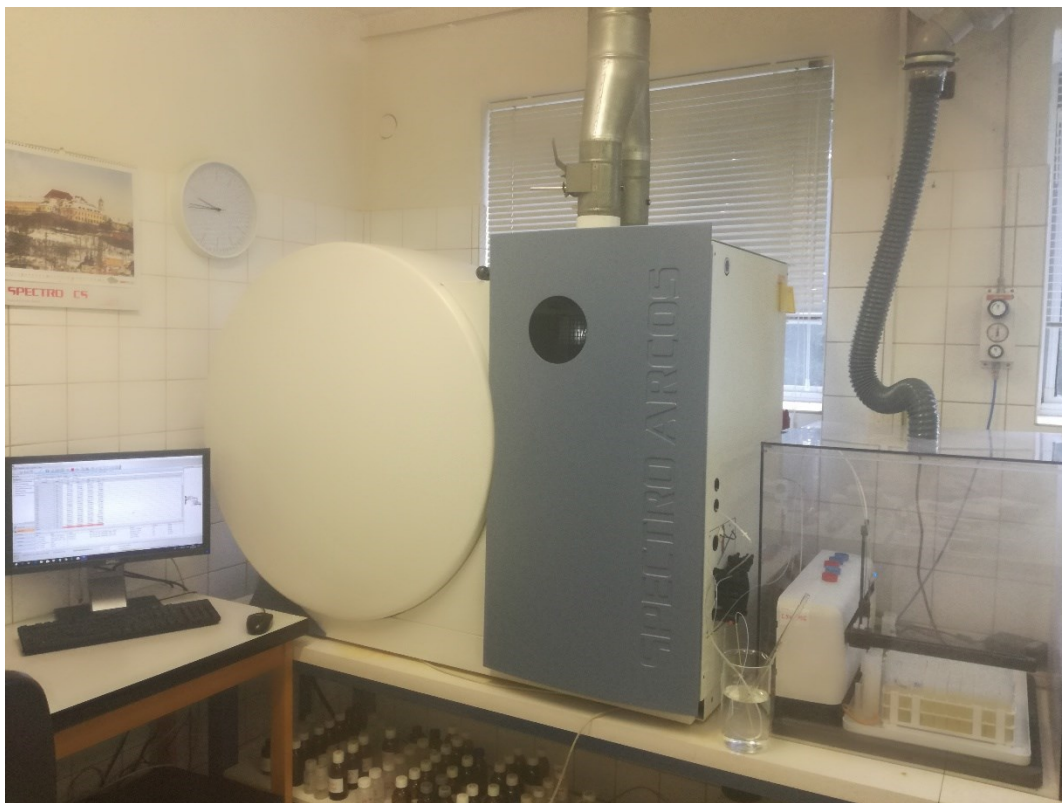
- Teplota okolí: 18 – 35°C

Požadavky na chlazení

- Objem: 1 x 250 m³ za hodinu
- Generátor: 1 x 250 m³ za hodinu

Argon

- Kvalita: >4,6 (99,999%), tlak: 7,5 bar



Obr. č. 7 Optický spektrometr ICP – SPECTRO ARCOS

3.3.3.2 Optimalizace přístroje a jeho meze detekce

Optimalizace přístroje, neboli rekalibrace, se provádí pro správný chod přístroje a optiky. Zajišťuje snížení interferencí a nastavuje co nejnižší možné meze detekce. Rekalibrace přístroje byla provedena pomocí Multi Standard Solution „Spectro Genesis ICAL Solution“.

Tab č. 12 Spektrální čáry, mez detekce a rušivé vlivy

PRVEK	VLNOVÁ DÉLKA	MEZ DETEKCE	RUŠIVÉ
Ag	328,068	2,00	-
Al	396,152	3,00	Mo,Cu
As	189,042	1,00	Al
B	249,773	10,0	Fe,Cr
Ba	455,403	0,200	-
Be	234,861	0,080	-
Ca	317,933	20,0	Fe,V
Cd	228,802	0,200	As,Co
Co	228,616	0,200	Ti
Cr	267,716	0,300	Mn, V
Cu	324,754	0,300	Ti, Fe
Fe	259,940	1,11	-
K	766,490	200	Mg, Ar
Mg	279,079	2,00	-
Mn	257,610	1,63	Fe,Mo,Cr
Mo	202,030	0,315	Al, Fe
Na	588,995	23,6	-
Ni	231,04	0,223	Co
P	214,914	2,88	Cu, Al, Mg
Pb	220,353	0,305	Al, Co, Ti
S	181,978	1,00	Cr, Mo
Sb	206,833	0,200	Cr, Mg, Co, Mn
Se	204,040	0,600	-
Tl	190,840	0,700	-
V	311,071	0,324	Fe, Mn, Ti, Cr
Zn	213,856	1,94	Cu, Ni, Fe

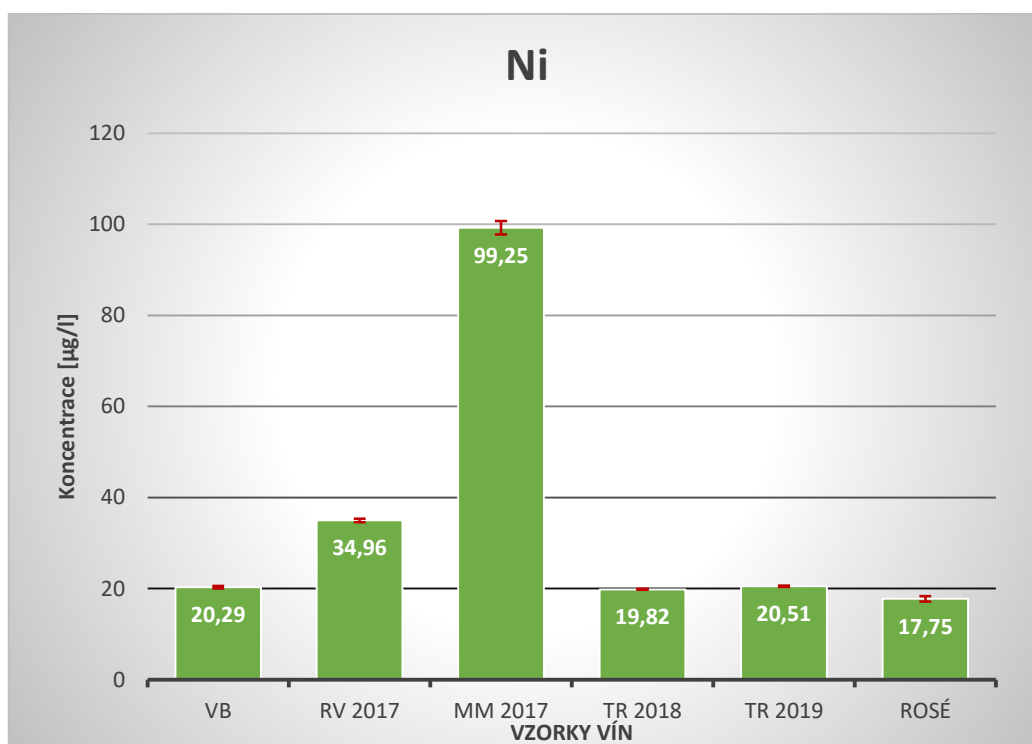
4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Po úpravě a mineralizaci všech analyzovaných vzorků, následného provedení kalibrace, standardizace a rekalizace přístroje ICP-OES byly vzorky měřeny. Celkem bylo analyze podrobena 6 vzorků vín, ve kterých bylo stanoveno stopové množství kovových prvků. Každý z těchto vzorků byl naměřen pětkrát. V dalším kroku byla z těchto hodnot vypočtena průměrná hodnota a k té její směrodatná odchylka.

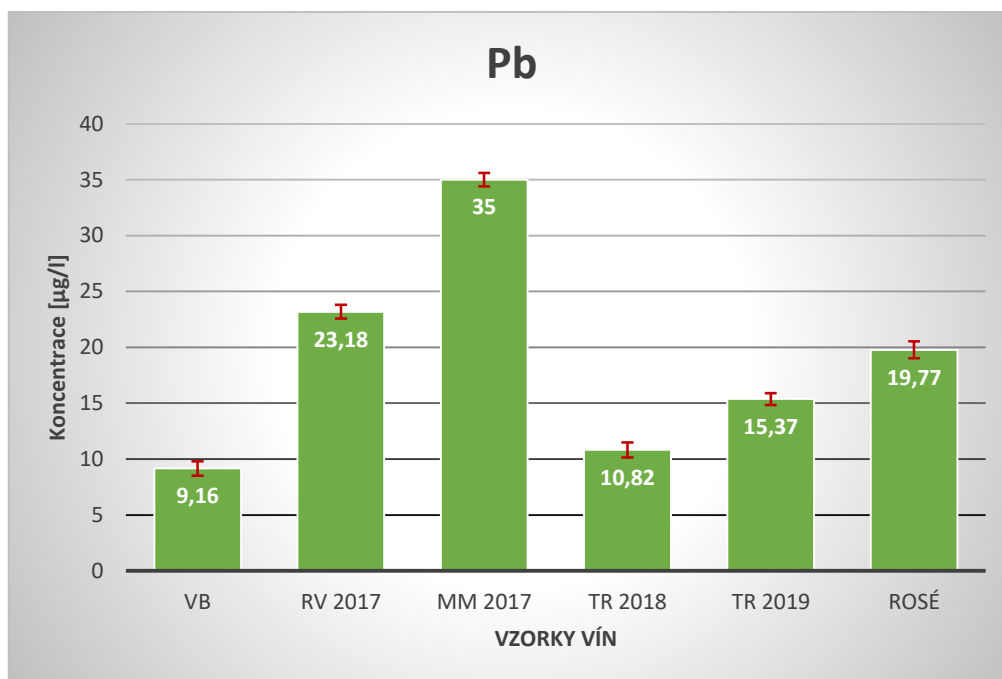
Přehled naměřených kovových prvků s příslušnými koncentracemi je definován níže v tabulkách.

Tab 13 Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

vzorek	Cd [$\mu\text{g/l}$]	Cr [$\mu\text{g/l}$]	Ni [$\mu\text{g/l}$]	Pb [$\mu\text{g/l}$]
VB	< MD	< MD	20,29 \pm 0,27	9,16 \pm 0,64
RV 2017	< MD	< MD	34,96 \pm 0,36	23,18 \pm 0,62
MM 2017	< MD	< MD	99,25 \pm 1,50	35,0 \pm 0,61
TR 2018	< MD	< MD	19,82 \pm 0,11	10,82 \pm 0,68
TR 2019	< MD	9,79 \pm 0,02	20,51 \pm 0,12	15,37 \pm 0,52
ROŠÉ	< MD	< MD	17,75 \pm 0,59	19,77 \pm 0,76



Obr. č. 8 Koncentrace niklu v analyzovaných vínech

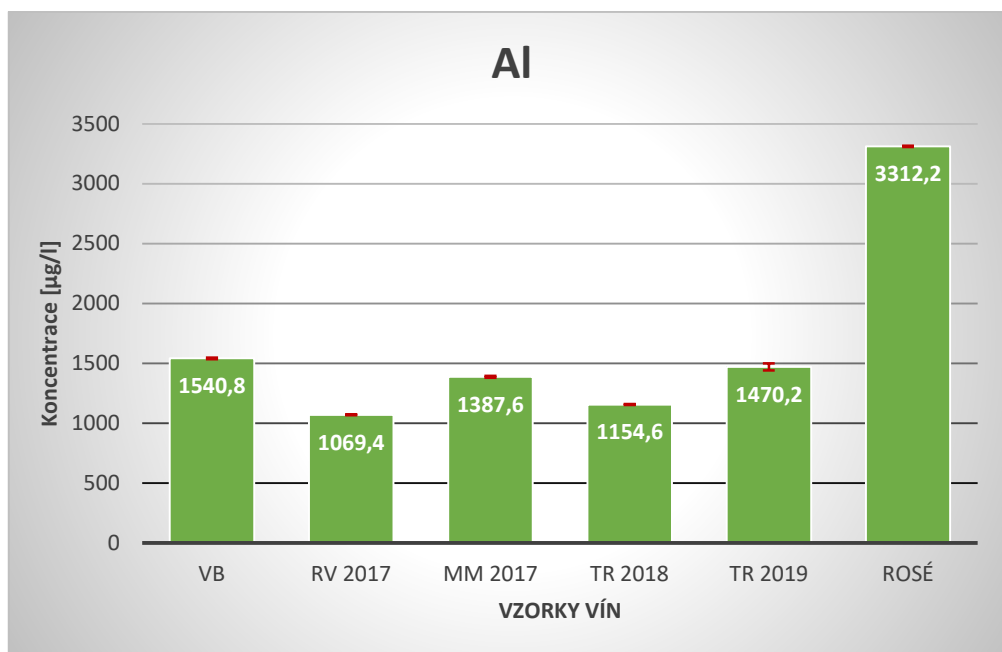


Obr. č. 9 Koncentrace olova v analyzovaných vínech

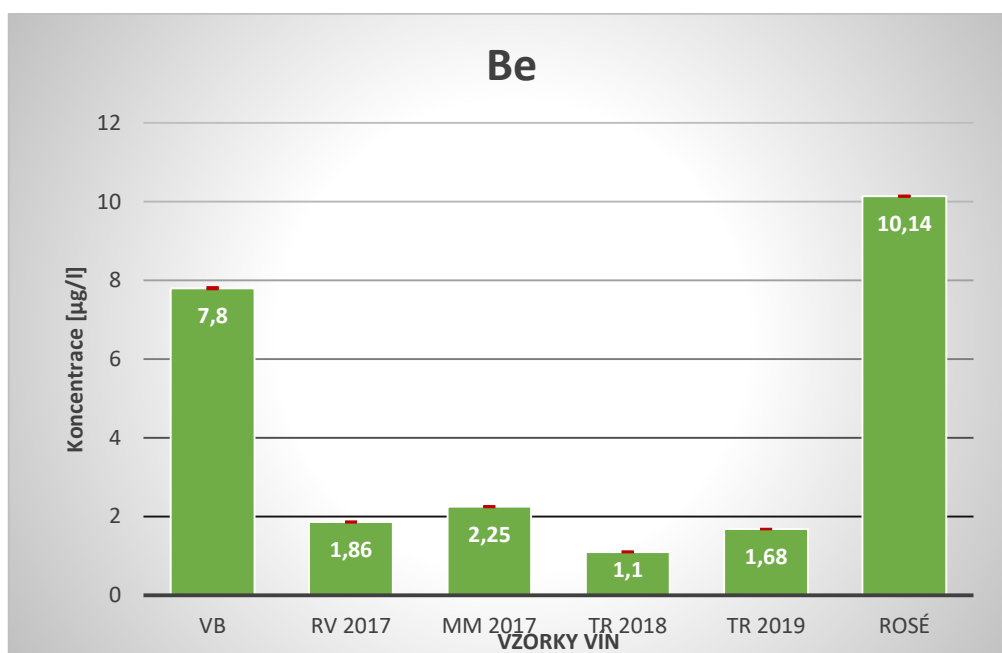
Kadmium, chrom, nikl a olovo řadíme mezi toxické kovy ve víně. Jsou také zdraví škodlivé a mohou se kumulovat v těle. Naměřené koncentrace kadmia a chromu jsou velmi nízké, dokonce i pod mez detekce. Nejvyšší přípustné množství kadmia je 10 µg/l a chromu 200 µg/l. Koncentrace niklu a olova jsou mírně zvýšené, zejména u odrůdy Muškátu moravského. Limitní množství olova je 150 µg/l a u niklu 100 µg/l. Z grafu je zřejmé, že ani jeden z prvků tuto hranici nepřekračuje. Vyšší množství lze zdůvodnit zřejmě jejich přítomností již v geografickém podloží.

Tab 14 Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

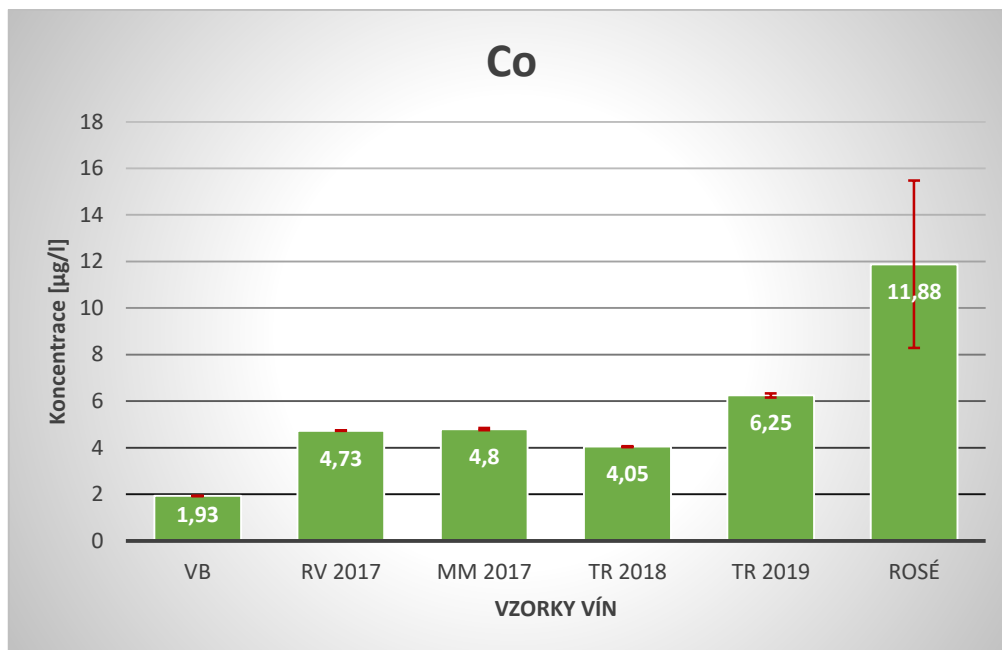
vzorek	Al [µg/l]	Co [µg/l]	Fe [µg/l]	Ag [µg/l]	Be [µg/l]
VB	1540,8 ± 7,2	1,93 ± 0,01	805,8 ± 3,5	< MD	7,8 ± 0,02
RV 2017	1069,4 ± 3,6	4,73 ± 0,004	1506,4 ± 5,8	< MD	1,86 ± 0,005
MM 2017	1387,6 ± 7,8	4,8 ± 0,05	2415,6 ± 13,84	< MD	2,25 ± 0,01
TR 2018	1154,6 ± 3,8	4,05 ± 0,02	3344,0 ± 15,8	< MD	1,1 ± 0,004
TR 2019	1470,2 ± 29,0	6,25 ± 0,09	4366,4 ± 32,0	< MD	1,68 ± 0,002
ROSÉ	3312,2 ± 5,4	11,88 ± 3,6	2145,6 ± 0,6	<MD	10,14 ± 0,01



Obr. č. 10 Koncentrace hliníku v analyzovaných vínech

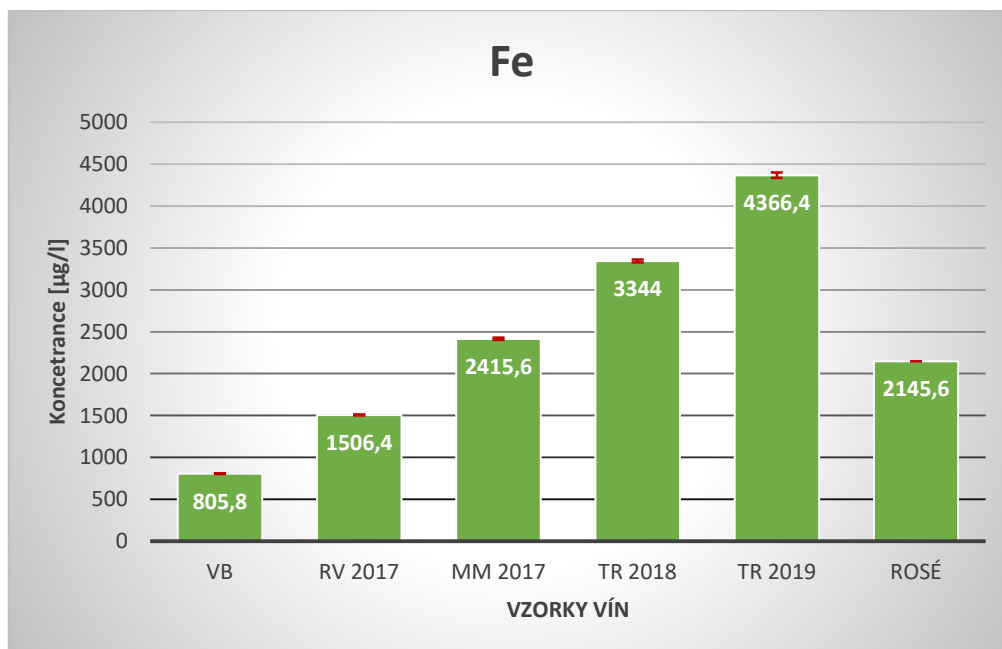


Obr. č. 11 Koncentrace beryllia v analyzovaných vínech



Obr. č. 12 Koncentrace kobaltu v analyzovaných vínech

Hliník, beryllium a kobalt se řadí ke kovům, které mají škodlivý účinek na aroma, barvu a chuť vína. Zvýšenou koncentraci lze pozorovat u růžového vína. Lze předpokládat, že tento nárůst nastal při odlišném technologickém zpracování, než je tomu u vín bílých.

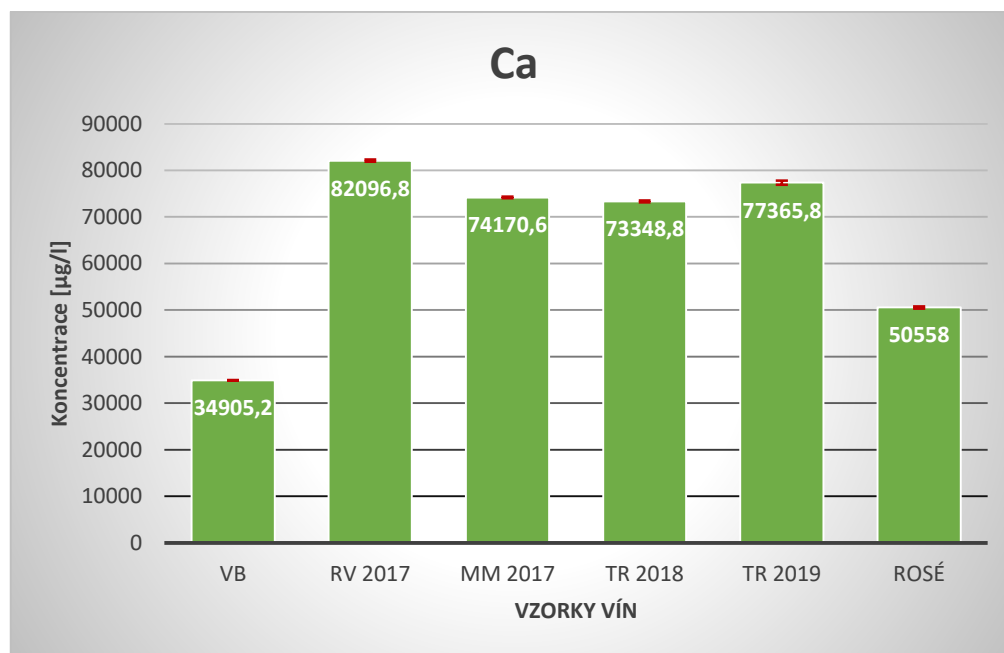


Obr. č. 13 Koncentrace železa v analyzovaných vínech

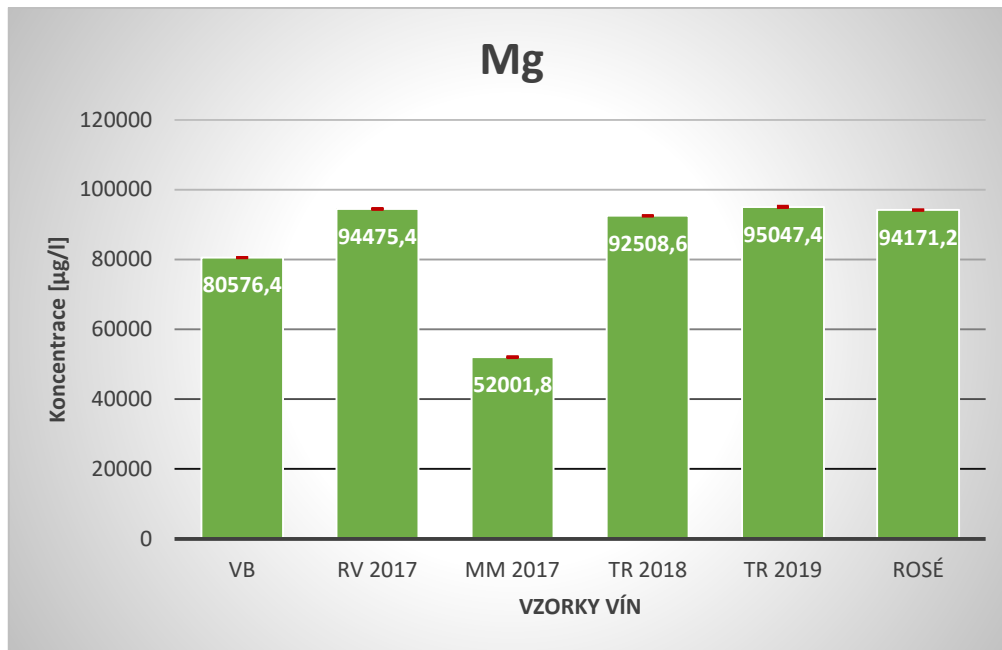
Vysoký obsah železa se přisuzuje půdnímu složení, na kterém je réva vinná pěstována. Obsah může být dále ovlivněn i zařízením, pomocí kterého se réva zpracovává. Jeho vyšší množství se může z vína odstranit pomocí číření, aby případně nevznikaly zákaly.

Tab 15 Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

vzorek	Ca [$\mu\text{g/l}$]	Mg [$\mu\text{g/l}$]	S [$\mu\text{g/l}$]	Cu [$\mu\text{g/l}$]	B [$\mu\text{g/l}$]
VB	34905,2 \pm 90	80576,4 \pm 90	103006,2 \pm 170	31,13 \pm 0,2	4740 \pm 0,2
RV 2017	82096,8 \pm 260	94475,4 \pm 198	98023,6 \pm 85	99,86 \pm 0,5	5270,6 \pm 6,0
MM 2017	74170,6 \pm 180	52001,8 \pm 170	95788,8 \pm 120	124,91 \pm 2,8	3134 \pm 0,2
TR 2018	73348,8 \pm 190	92508,6 \pm 130	210989,6 \pm 1070	183,76 \pm 2,9	3516,6 \pm 0,2
TR 2019	77365,8 \pm 440	95047,4 \pm 240	211558,8 \pm 990	210,94 \pm 2,3	3790,2 \pm 0,5
ROŠÉ	50558 \pm 260	94171,2 \pm 155	110396,4 \pm 1480	110,38 \pm 5,4	4219,6 \pm 2,0



Obr. č. 14 Koncentrace vápníku v analyzovaných vínech

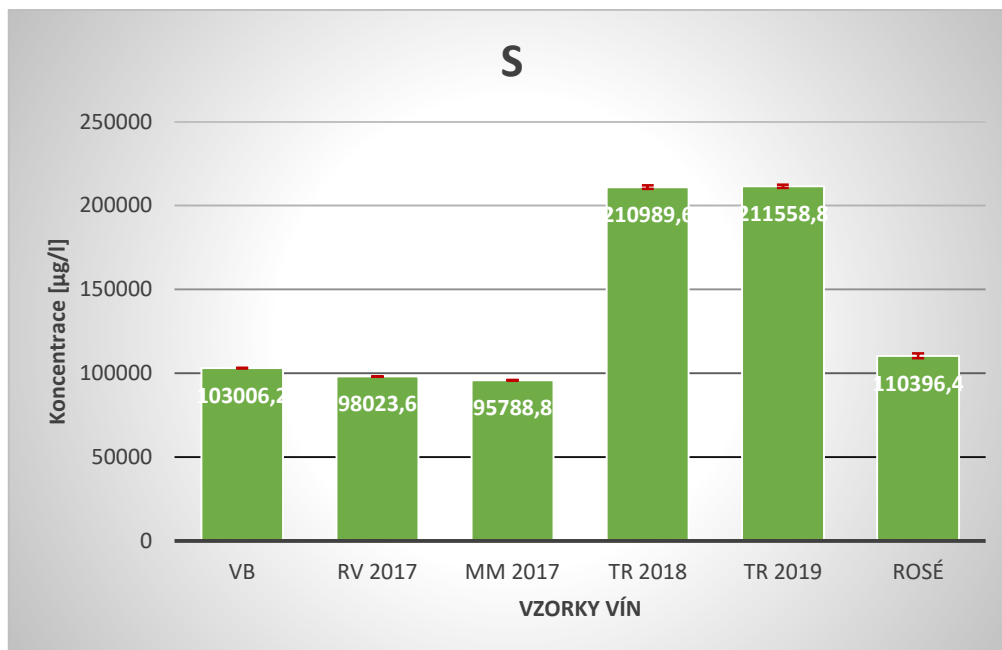


Obr. č. 15 Koncentrace hořčíku v analyzovaných vínech

Vápník a hořčík patří mezi hojně zastoupené prvky ve víně. Koncentrace těchto kovů úzce souvisí se stářím vína, zralostí, zpracováním a způsobem uchovávání.

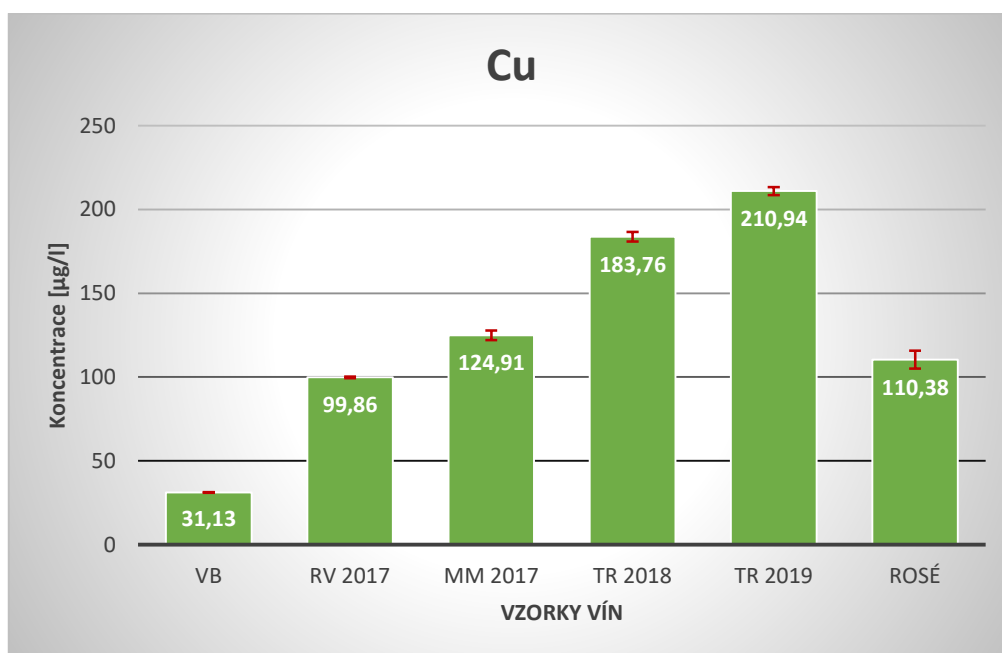
Pokud porovnáme koncentrace vápníku, tak si můžeme povšimnout vysoké koncentrace u všech druhů, jen u Veltlínského bílého vína je koncentrace poloviční. Tuto skutečnost si můžeme vysvětlit odlišnou oblastí pěstování. Vápník se do půdy a následně do révy vinné dostává nejčastěji ve formě aktivního uhličitanu vápenatého, a ten proniká až do hlubších vrstev půdy. Tam pomocí kořenového systému umožňuje lepší příjem živin. Při velmi nadměrném množství může u rostliny způsobovat tzv. žloutenku.

Vysoké koncentrace lze pozorovat i u hořčíku, který je většinou spojován s mineralitou půdy. Je ale také součástí chlorofylu. Naopak nedostatek hořčíku můžeme najít u révy, která se pěstuje na půdách s vyšším obsahem vápna nebo na písčitéch a suchých.



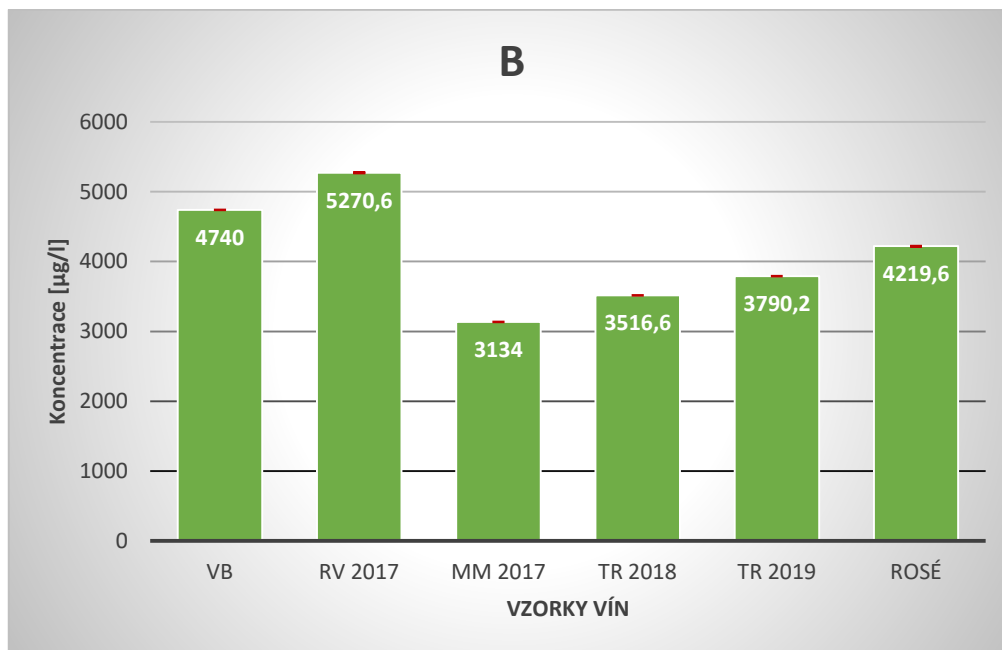
Obr. č. 16 Koncentrace síry v analyzovaných vínech

Z grafu pro koncentraci síry vidíme, že je síra ve víně hojně zastoupena. Nejvyšší hodnoty jsou u obou ročníků odrůdy Tramínu červeného. U ostatních odrůd se hodnoty příliš neliší. Zdroj síry ve víně můžeme najít především v podobě oxidu siřičitého. Ten, jak je již zmíněno v teoretické části, slouží ke konzervaci vína. Ve větším množství si ho ale mnozí mohou spojit s bolestí hlavy a změnou chuti vína.



Obr. č. 17 Koncentrace mědi v analyzovaných vínech

Z naměřených koncentrací mědi lze konstatovat, že interval zastoupení tohoto kovu je celkem široký. Koncentrace mědi dosahuje hodnot od 31 do 211 $\mu\text{g/l}$. Tato rozmanitost lze přisuzovat vnějším nečistotám. Vnější nečistoty se mohou do vína dostat z použitých pesticidů, fungicidů nebo hnojiv. V potaz musíme brát také použité materiály při zpracování. I takto může měď do vína proniknout.

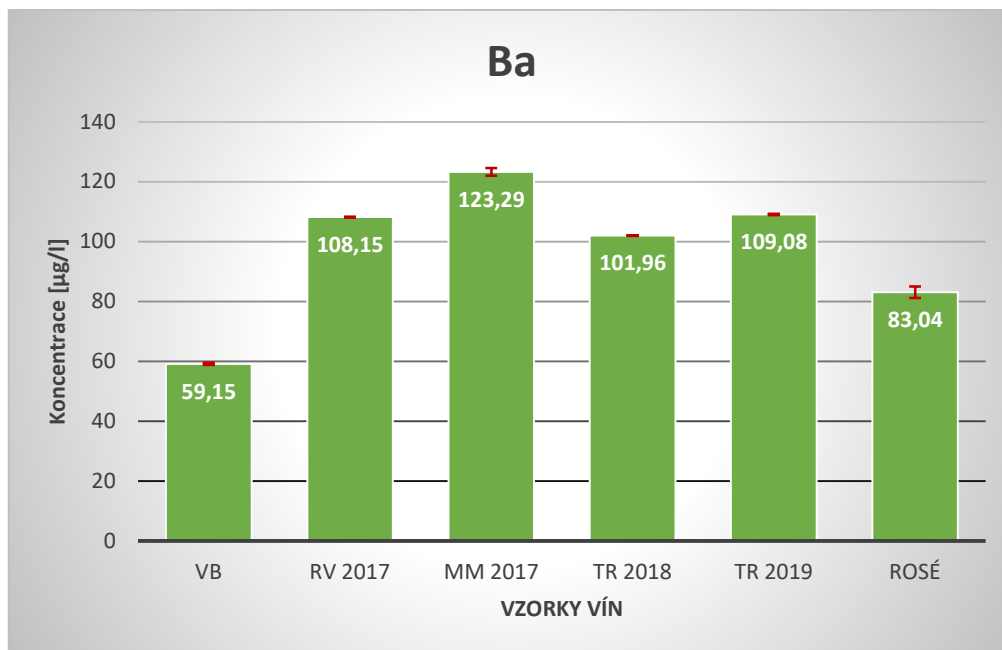


Obr. č. 18 Koncentrace bóru v analyzovaných vínech

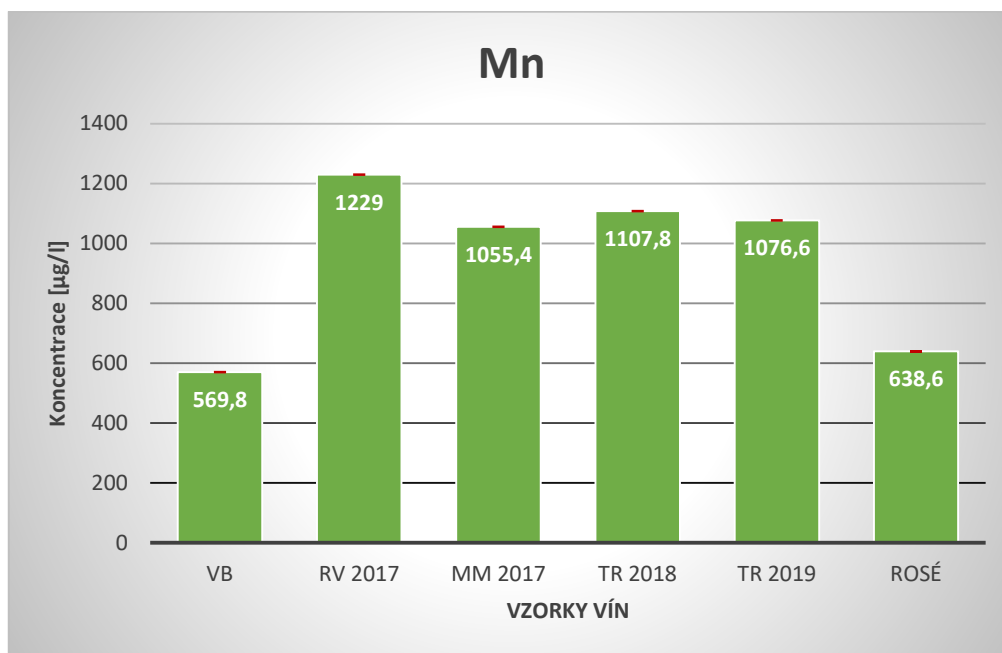
Výsledky bóru jsem posoudila za velmi překvapivé, jelikož jsem očekávala jeho nižší koncentraci. Po nastudování odborné literatury jsem zjistila, že bór je hojně zastoupen v půdě, odkud se dostává do révy a hroznů.

Tab 16 Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

vzorek	Ba [$\mu\text{g/l}$]	Mn [$\mu\text{g/l}$]	Mo [$\mu\text{g/l}$]	Na [$\mu\text{g/l}$]	P [$\mu\text{g/l}$]
VB	59,15 \pm 0,39	569,8 \pm 0,03	< MD	19487,6 \pm 21,8	134563,4 \pm 920
RV 2017	108,15 \pm 0,14	1229 \pm 0,02	1,24 \pm 0,01	12726,4 \pm 4,2	65853 \pm 151
MM 2017	123,29 \pm 1,26	1055,4 \pm 0,06	7,6 \pm 0,09	11632,8 \pm 1,9	66679,6 \pm 156
TR 2018	101,96 \pm 0,12	1107,8 \pm 0,1	< MD	53751,2 \pm 0,2	137193,2 \pm 293
TR 2019	109,08 \pm 0,23	1076,6 \pm 0,1	< MD	52902,4 \pm 8,6	157515,6 \pm 447
ROSÉ	83,04 \pm 1,92	638,6 \pm 0,1	1,39 \pm 0,06	20199,6 \pm 55	118492,4 \pm 1235



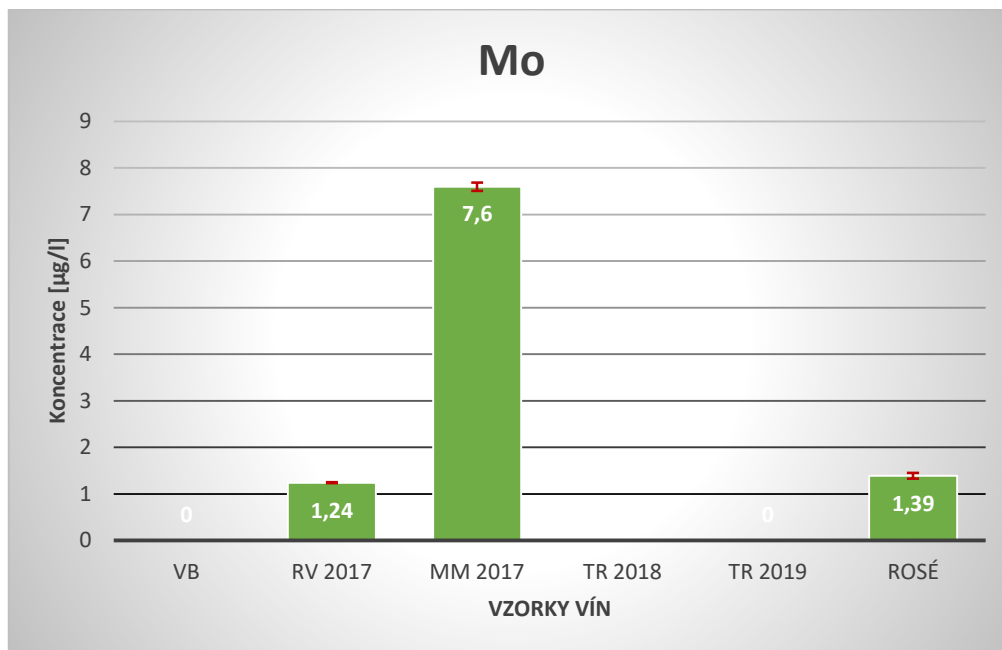
Obr. č. 19 Koncentrace barya v analyzovaných vínech



Obr. č. 20 Koncentrace manganu v analyzovaných vínech

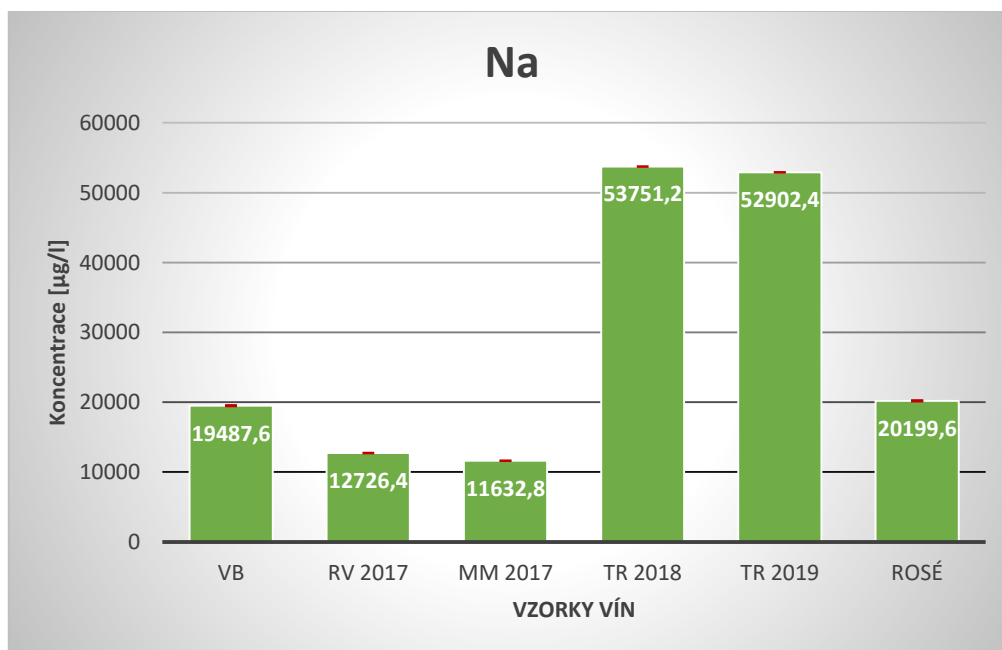
Pokud porovnáme koncentrace barya, tak je z grafu zřejmé, že jeho koncentrace jsou si velmi podobné. Nižší hodnotu můžeme nalézt u vzorku Veltlínského bílého a růžového vína. Z odborné literatury jsem se dozvěděla, že baryum je součástí vápenců, které se vyskytují v podloží révy vinné. Další možnost jeho původu ve vzorku je laboratorní kontaminace při odpařování vzorků v sušárně ve skleněných kádinkách.

Stejně je tomu tak i u kovového prvku manganu. Velmi podobné zastoupení manganu můžeme ale najít u obou ročníků Tramínu červeného. Tato skutečnost lze vysvětlit např. odlišností odrůd vín.



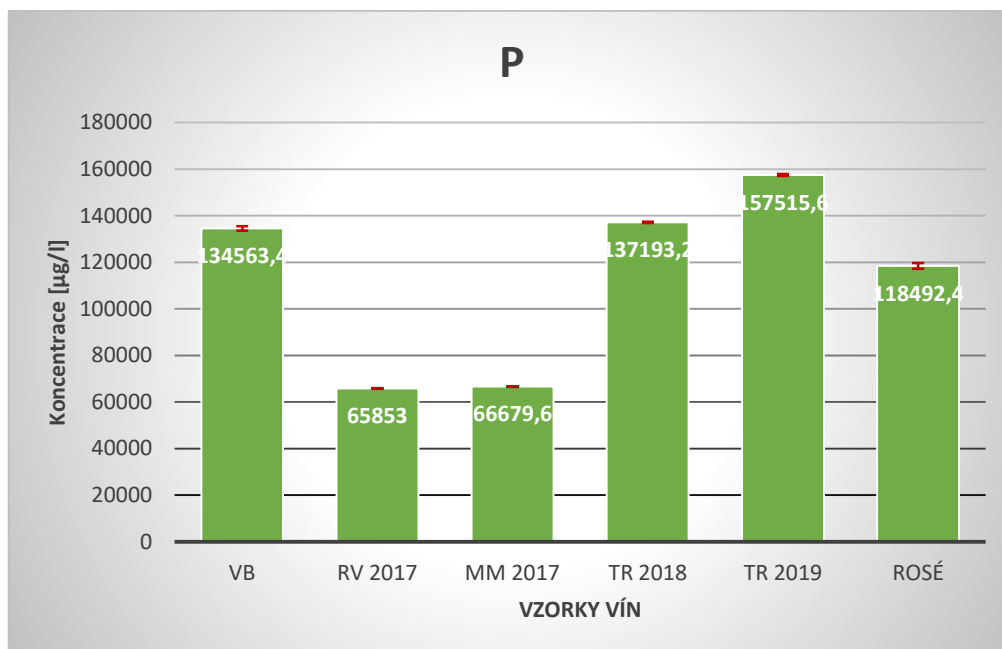
Obr. č. 21 Koncentrace molybdenu v analyzovaných vínech

U prvku molybdenu lze z výsledků vidět, že je jeho koncentrace ve vínech poměrně zanedbatelná. Mírně zvýšen je oproti ostatním vzorkům vína pouze u Moravského muškátu, ale i tak je jeho koncentrace velmi nízká.



Obr. č. 22 Koncentrace sodíku v analyzovaných vínech

Nejvyšší hodnoty sodíku byly naměřeny u odrůdy Tramínu červeného, který pochází ze stejného geologického podloží. Lze tedy zkonstatovat, že v průběhu roku 2018 a 2019 se jeho zastoupení téměř nezměnilo. Rozdílnou koncentraci u ostatních analyzovaných vzorcích přisuzují odlišnosti odrůdy a geologického území.



Obr. č. 23 Koncentrace fosforu v analyzovaných vínech

Poměrně vysoká koncentrace fosforu má dle mého názoru původ v jeho organické formě fosfátů. Ty jsou obsaženy v kvasničném sedimentu, a pokud se sediment včas neodstraní, tak se fosfor vyluhuje zpět do vína. Fosfor ale lze nalézt také v půdě.

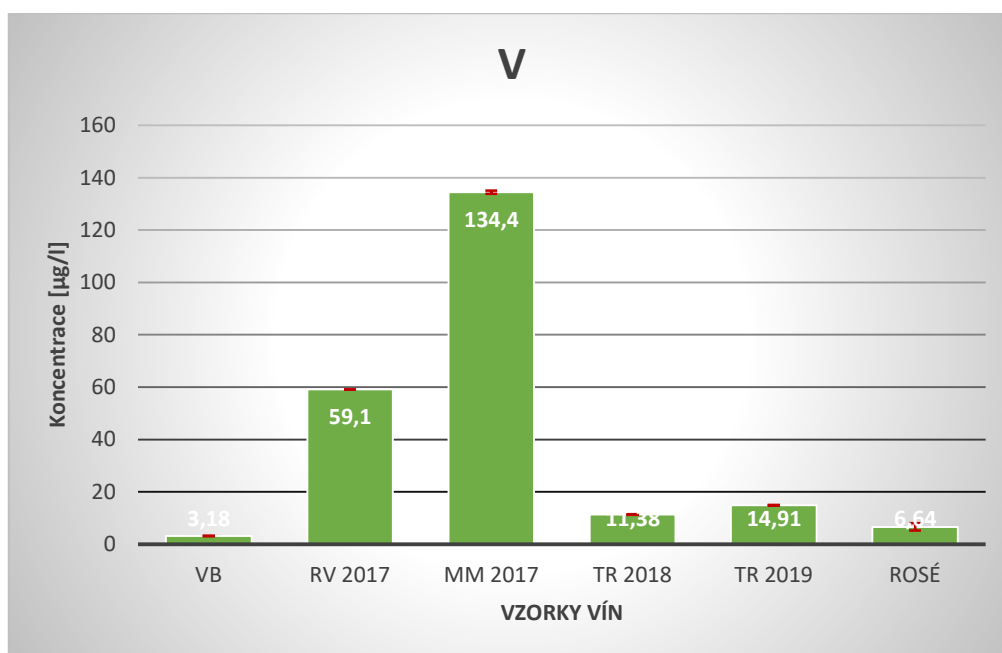
Tab 17 Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

vzorek	Se [µg/l]	As [µg/l]	Sb [µg/l]	V [µg/l]	Zn [µg/l]
VB	< MD	< MD	< MD	3,18 ± 0,07	454,8 ± 0,003
RV 2017	< MD	< MD	< MD	59,1 ± 0,1	734 ± 0,01
MM 2017	< MD	< MD	< MD	134,4 ± 0,6	471,2 ± 0,009
TR 2018	< MD	< MD	< MD	11,38 ± 0,09	700,6 ± 0,01
TR 2019	< MD	< MD	< MD	14,91 ± 0,1	674,4 ± 0,01
ROSÉ	< MD	< MD	< MD	6,64 ± 1,44	520,6 ± 0,1

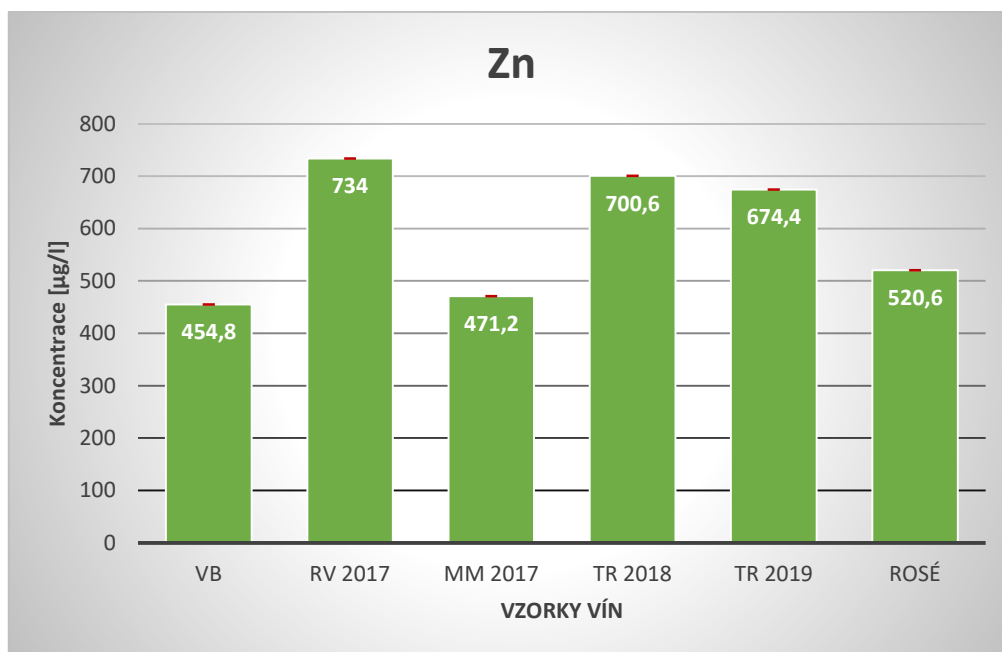
Koncentrace selenu, arsenu a antimonu byly ve vzorcích vín tak nízké, že ani pomocí hydriodové zkoušky se nepodařily zachytit, tudíž byla koncentrace určena za nižší, než je mez detekce.

U prvku vanadu byly hodnoty zvýšené pouze u odrůdy vína Moravského muškátu a u Ryzlinku vlašského, jinak byly hodnoty nízké. U těchto dvou odrůd se jedná zřejmě o kontaminaci buď z půdy, během hnojení nebo zpracování.

Zinek byl poměrně hojně zastoupen u všech druhů vín. Je to zřejmě z důvodu, že je řazen mezi mikro-prvky, které jsou obsaženy v semenech hroznů. Jeho přirozený obsah se pohybuje v intervalu od 500 do 3500 $\mu\text{g/l}$. Pokud je obsah vyšší, může docházet ke kontaminaci z pozinkovaných nádob.



Obr. č. 24 Koncentrace vanadu v analyzovaných vínech



Obr. č. 26 Koncentrace zinku v analyzovaných vínech

ZÁVĚR

V mé práci byla provedena analýza šesti vzorků vín, kde jsem určovala celkem 24 prvků. Primárním cílem mé bakalářské práce bylo zaměřením se na těžké kovy, zejména arsen, olovo, chrom a kadmium. Dále jsem porovnávala prvky ze s-, p- a d- skupiny.

Jak již bylo řečeno, zkoumáno bylo celkem šest vzorků vín. Jako suché víno bylo vybráno Veltlínské bílé a z vín sladkých a polosladkých byl vybrán Muškát moravský, Ryzlink vlašský a odlišné ročníky odrůdy Tramínu červeného. Pro mírnou odlišnost bylo jako poslední víno zvolené růžové.

Samotná analýza vzorků proběhla na optickém spektrometru ICP – SPECTRO ARCOS. Překrok tohoto samotného měření byl mikrovlnný rozklad matrice, který proběhl v systému MARS 6 (CEM, USA).

Po samotném měření a zpracování výsledků mohu říci, že naměřené těžké kovy nepřesáhly koncentraci přípustnou legislativou. Mohu tedy dále zkonstatovat, že vzorky analyzovaných vín nejsou nikterak zdraví škodlivé.

Zvýšená přítomnost některých prvků může být ovlivněna půdním složením, kde se réva vinná pěstuje, nebo i zařízením a technologickými postupy, při kterých se hrozny zpracovávají. Dle mého názoru, může být obsah ovlivněn insekticidy a fungicidy používané ve vinohradech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRAUS, V., FOFKOVÁ Z., VURM B.: *Encyklopedie českého a moravského vína*, druhé vydání 2008, Praha, Praga Mystica, ISBN 978-80-86767-09-3
- [2] EDER, R. a kol.: *Vady vína*, 2006, Valtice, Národní vinařské centrum, o.p.s., ISBN 80-903201-603
- [3] FIC, V. a kol.: *Vino – analýza, technologie, gastronomie*, 2015, Český Těšín, Ing. Václav Helán – 2THETA, ISBN 978-80-86380-77-3
- [4] PAVLOUŠEK, P., BUREŠOVÁ, P.: *Vše, co byste měli vědět o víně ... a nemáte se koho zeptat*, 2015, Praha, Grada Publishing, a.s., ISBN 978-80-247-4351-6
- [5] BALÍK, J., STÁVEK, J.: *Vinařská technologie*, 2017, Valtice, Národní vinařské centrum, o. p. s., ISBN 978-80-87498-77-4
- [6] JOHNSON, H.: *Kapesní průvodce světovými víny*, 2003, Praha, Geronimo Collection, s. r. o., ISBN 80-238-9510-9
- [7] MICHLOVSKÝ, M.: *Lexikon chemického složení vína*, první vydání 2014, Rakvice, ISBN 978-80-905319-2-5
- [8] JACKSON, R. S.: *Wine Science*, 2000, Elsevier, ISBN 978-0-12-379062-0
- [9] HORČIČKOVÁ, I.: *Analýza vín pomocí ICP-MS – stanovení těžkých kovů*, UTB ve Zlíně, Fakulta technologická, Diplomová práce 2017
- [10] FÍŠER, J., NOVÁKOVÁ, M., MACEK, T.: *Mechanismy snižující toxicitu rizikových prvků u rostlin*, Chem. Listy 108, 566 – 571. [online]. 2014 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2014_06_566-571.pdf
- [11] BORŮVKA, L., KOZÁK, J., KRIŠTOUFKOVÁ, S.: *Speciálně těžkých kovů v kontaminované půdě*, Chem. Listy 91, 868 – 870. [online] 1997. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_10_868-870.pdf
- [12] KAFKA, Z., PUNČOCHÁŘOVÁ, J.: *Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita*, Chem. Listy 96, 611 – 617. [online]. 2002. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/download/2316/2316/+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&g
- [13] OTRUBA, V.: *Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem* [online]. 2010. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2014/C7031/um/7_AS_ICP-OES.pdf

- [14] *Metody atomové spektrometrie* [online]. Dostupné z: https://web.vscht.cz/~koplikr/6_FA_atomov%C3%A1_%20spektrometrie.pdf
- [15] *Optická emisní spektrometrie*, INCHEBIO. [online]. Dostupné z: <http://ach.upol.cz/user-files/intranet/vmach-03-1347906958.pdf>
- [16] NOVOTNÝ, K., VACULOVÍČ, T., KANICKÝ, V.: *Analýza pevných vzorků – Soubor úloh laboratorního cvičení*. [online]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1431/podzim2012/C8102/um/LA-ICP-OES.pdf>
- [17] KANICKÝ, V., HRDLIČKA, A.: *Spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP – Principy a analytické vlastnosti*. [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2016/F5910/um/F5910_ICP_AH.ppt
- [18] PLŠEK, E., a kol.: *Sborník přednášek z kurzu Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem*, 1994, Český Těšín, 2THETA.
- [19] ŠÍMA, J., RYCHLOVSKÝ, P.: *Konstrukce kombinované cely pro elektrochemickou generaci těkavých sloučenin v metodě AAS*, Chem. Listy 92, 676 – 679 [online]. 1998. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1998_08_676-679.pdf
- [20] *Generování těkavých sloučenin v AAS*. [online]. Dostupné z: <http://ach.upol.cz/user-files/intranet/vmach-3-3-1380629051.pdf>
- [21] KAŇA, A., MESTEK, O.: *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/anl/lach2/AAS.pdf>
- [22] *Atomová spektrometrie* [online]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~koplikr/Atomov%C3%A1%20%20spektrometrie.pdf>
- [23] VÁVROVÁ, J.: *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. Dostupné z: http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS4/hypertext/JVABL.htm
- [24] LECH, T., LACHOWICZ, T.: *Application of ICP-OES to multielement analysis of biological material in forensic inorganic toxicology*. [online]. 2009. Dostupné z: http://www.forensicscience.pl/pfs/77_lech.pdf
- [25] MADER, P., ČURDOVÁ, E.: *Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků*. Chem. Listy 91, 227 – 236. 1997. [online]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/1997_04_227-236.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EU	Evropská unie
ES	Evropská směrnice
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
ICP - MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP – OES	Optická spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP	Indukčně vázané plazma
VB	Veltlínské bílé víno
RV	Ryzlink vlašský
MM	Moravský muškát
TR	Tramín červený

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. Č. 1 Schéma AAS

Obr. č. 2 Mechanismus ICP

Obr. č. 3 Schéma plazmové hlavice

Obr. č. 4 Výboj plazmatu

Obr. č. 5 Topografie výboje

Obr. č. 6 Měření pomocí hydridové techniky

Obr. č. 7 Optický spektrometr ICP – SPECTRO ARCOS

Obr. č. 8 Koncentrace niklu v analyzovaných vínech

Obr. č. 9 Koncentrace olova v analyzovaných vínech

Obr. č. 10 Koncentrace hliníku v analyzovaných vínech

Obr. č. 11 Koncentrace beryllia v analyzovaných vínech

Obr. č. 12 Koncentrace kobaltu v analyzovaných vínech

Obr. č. 13 Koncentrace železa v analyzovaných vínech

Obr. č. 14 Koncentrace vápníku v analyzovaných vínech

Obr. č. 15 Koncentrace hořčíku v analyzovaných vínech

Obr. č. 16 Koncentrace síry v analyzovaných vínech

Obr. č. 17 Koncentrace mědi v analyzovaných vínech

Obr. č. 18 Koncentrace bóru v analyzovaných vínech

Obr. č. 19 Koncentrace barya v analyzovaných vínech

Obr. č. 20 Koncentrace manganu v analyzovaných vínech

Obr. č. 21 Koncentrace molybdenu v analyzovaných vínech

Obr. č. 22 Koncentrace sodíku v analyzovaných vínech

Obr. č. 23 Koncentrace fosforu v analyzovaných vínech

Obr. č. 24 Koncentrace vanadu v analyzovaných vínech

Obr. č. 25 Koncentrace zinku v analyzovaných vínech

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení tichých vín podle obsahu zbytkového cukru

Tab. 2: Aromatické látky ze skupiny methoxypyrazinů a jejich sensorický projev

Tab. 3: Aromatické látky ze skupiny monoterpenů a jejich sensorický projev

Tab. 4: Mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů v půdě

Tab. 5: Mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů v kalech (pro použití na zemědělské půdy)

Tab. 6: Přehled měřených prvků ve víně

Tab. 7: Standardní víceprvkový zásobní roztok LIT1

Tab. 8: Standardní víceprvkový zásobní roztok LIT3

Tab. 9: Spektrální čáry, mez detekce a rušivé vlivy

Tab. 10: Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

Tab. 11: Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

Tab. 12: Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

Tab. 13: Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

Tab. 14: Koncentrace jednotlivých prvků naměřené ve vzorcích vína

