

# Kovy v průběhu výroby vína

Pavína Žižková

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavčina Žižková**  
Osobní číslo: **T20478**  
Studijní program: **B0711A130009 Materiály a technologie**  
Specializace: **Ochrana životního prostředí**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Kovy ve víně v průběhu jeho výroby**

## Zásady pro vypracování

- Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.
- Proveďte optimalizaci přípravy vzorků vín.
- Koncentrace kovů stanovte pomocí ICP-MS.
- Naměřená a vypočtená data zpracujte a dosažené výsledky kriticky zhodnoťte.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] MORENO ? ARRIBAS, M. V., POLO, C.: *Wine Chemistry and Biochemistry*, 1st 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: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2023

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### Prohlašuji,

- že jsem bakalářskou práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- **že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.**

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na stanovení obsahu kovových prvků v průběhu zpracování a výroby vína. Konkrétně byla sledována odrůda Ryzlink rýnský, ročník 2022. Sledované vzorky jsou porovnávány v určitých fázích výroby s přihlédnutím na použití ochranných prostředků a materiálu nádrží a pomůcek při procesu výroby vína.

Cílem práce je stanovení kovových prvků metodou ICP – MS a AAS. Účelem práce je také posoudit jaký vliv na obsah kovu má používání pesticidů a různé možnosti výrobních technologií.

Praktická část se zaměřuje na určení koncentrace kovů metodou ICP – MS a AAS (plamenová a elektrotermická).

Klíčová slova: víno, ICP – MS, AAS, kovy ve víně, Ryzlink rýnský

## **ABSTRACT**

This study deals with determination of metallic elements during the process and the production of wine. Specifically, the variety Ryzlink rýnský, vintage 2022, is studied. These samples from different stages of production are tested into account the use of protective equipment and material of tanks and utensils during the winemaking process. The purposes of this study are to determine metallic elements using ICP-MS and AAS and also to explore the effects of pesticides on the content of metal. The experimental part is focused on the determination of metal concentration using ICP-MS and AAS methods.

Keywords: wine, ICP – MS, AAS, metals in wine, Ryzlink rýnský

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Lence Šenkárové, Ph.D., ze vedení mé bakalářské práce, za její vstřícnost, připomínky a podmětné rady.

Poděkování patří také vinařství Rochůz za poskytnutí vzorků a postřikového plánu k praktické části mé bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 RÉVA VINNÁ</b> .....	<b>11</b>
1.1 KOŘEN .....	11
1.2 DŘEVO .....	11
1.3 LIST .....	11
1.4 PLOD (HROZEN) .....	12
<b>2 KLASIFIKACE VÍN</b> .....	<b>13</b>
2.1 TICHÁ VÍNA.....	13
2.2 ŠUMIVÁ VÍNA.....	15
2.3 LIKÉROVÉ VÍNO .....	16
2.4 VÍNA ORIGINÁLNÍ CERTIFIKACE (VOC) .....	16
<b>3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VÍNA</b> .....	<b>17</b>
3.1 ALKOHOLY .....	17
3.2 SACHARIDY.....	17
3.3 DUSÍKATÉ SLOUČENINY .....	18
3.4 VITAMÍNY .....	18
3.5 ENZYMY .....	18
3.6 MINERÁLNÍ LÁTKY .....	19
3.7 KYSELINY .....	19
3.8 FENOLOVÉ SLOUČENINY .....	20
<b>4 KOVY VYSKYTUJÍCÍ SE VE VÍNĚ</b> .....	<b>21</b>
4.1 OLOVO.....	21
4.2 ARSEN.....	21
4.3 MĚĎ.....	22
4.4 ZINEK.....	22
4.5 MANGAN.....	23
4.6 HLINÍK .....	23
4.7 ŽELEZO .....	23
4.8 KADMIUM .....	24
4.9 RTUŤ.....	24
4.10 CHROM .....	24
4.11 NIKL .....	24

4.12	SELEN .....	24
<b>5</b>	<b>STANOVENÍ KOVŮ VE VÍNĚ .....</b>	<b>25</b>
5.1	ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE.....	25
5.1.1	Princip metody.....	25
5.1.2	Instrumentace.....	26
5.1.3	Příklady využití.....	27
5.2	ATOMOVÁ EMISNÍ SPEKTROMETRIE .....	27
5.2.1	Princip metody.....	27
5.2.2	Budící zdroje.....	27
5.2.3	Instrumentace.....	29
5.2.4	Příklady využití.....	29
5.3	ATOMOVÁ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE .....	29
5.4	RENTGENOVÁ FLUORESCENČNÍ ANALÝZA.....	30
5.5	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM.....	31
5.5.1	Princip metody.....	31
5.5.2	Instrumentace.....	32
5.5.3	Interference .....	32
5.5.4	Matrix efekt.....	33
<b>6</b>	<b>RYZLINK RÝNSKÝ .....</b>	<b>34</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>36</b>
7.1	POUŽITÉ MATERIÁLY A CHEMIKÁLIE.....	36
7.2	POUŽITÉ POMŮCKY A PŘÍSTROJE .....	36
7.3	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ .....	36
7.4	POUŽITÉ POSTUPY A METODY.....	38
7.4.1	Úprava vzorků.....	38
7.4.2	Příprava zásobních a kalibračních roztoků kovových prvků.....	38
7.4.3	Příprava ladícího roztoku.....	40
<b>8</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>41</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>61</b>



## ÚVOD

Na kvalitu vína má vliv celá řada faktorů. Mezi ně se řadí zejména lokalita vinice, podnebí v daném místě, typ půdy a způsob ochrany révy vinné.

V průběhu celého procesu výroby vína je nutno eliminovat nežádoucí vlivy na výsledný produkt. Je třeba monitorovat prvky, zejména těžké kovy, které mají negativní vliv na zdraví člověka. Hodnoty koncentrace prvků ovlivňuje především typ půdy, její znečištění, lokalita dané vinice např. v blízkosti velké aglomerace. Dalšími častými zdroji jsou technologické postupy při výrobě vína a také používání ochranných prostředků.

Cílem bakalářské práce je zjistit koncentraci kovových prvků v jednotlivých vzorcích révy vinné a současně srovnat obsah těchto prvků v různých fázích výroby vína. Z důvodu vlivu aplikace ochranných prostředků na obsah kovů byl poskytnut seznam všech používaných chemických ochranných prostředků včetně jejich složení.

Pro analýzu vzorků byla vybrána metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem a atomová absorpční spektrometrie. Metoda ICP – MS byla zvolena především pro stanovení stopových koncentrací prvků.

Stěžejním zdrojem pro zpracování práce byla zejména odborná literatura a další odborné práce.

# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 RÉVA VINNÁ

Obliba vína neustále roste v celém světě. Velký rozmach v poslední době tedy zaznamenávají obory jako vinohradnictví a vinařství. V České republice je réva vinná pěstována zejména v oblasti jižní Moravy, Polabí, Karlštejna a Mělníka. Nejpočetnější skupinou, která se zabývá jejím pěstováním a následnou výrobou vína jsou tzv. malovinaři. Zastoupeny jsou ale také firmy menší velikosti až po velké.

Réva vinná je popínavá rostlina, která dorůstá do 10 – 30 metrů. Je tvořena kořenovým systémem, dřevem, listy a hrozny. [3]

## 1.1 Kořen

Kořenový systém má několik funkcí – zásobovací, příjem vody a živin z půdy, tvorba rostlinných hormonů, upevnění rostliny v půdě. Tento systém má vliv na růst a celkový vývoj révy vinné. Réva vinná má tři druhy kořenů. Prvním druhem jsou tzv. hlavní kořeny, které révu ukotvují v půdě, rostou do velké hloubky a zajišťují tak přístup ke zdroji vody. Nejdůležitější jsou kořeny vedlejší. Jsou důležité pro příjem živin a vody z půdy. Těsně pod povrchem půdy rostou povrchové kořeny. Tyto kořeny je nutno odstraňovat, rostlina by ztrácela svoji odolnost vůči mrazu. Kořeny produkují růstové látky, na kterých závisí kvalita hroznů. [7]

## 1.2 Dřevo

U révy vinné klasifikujeme dřeva dle stáří na staré dřevo, dvouleté a jednoleté. Do všech typů dřev se ukládají zásobní látky (sacharidy, minerální látky). Kmínek keře je tvořen starým dřevem, takto je nazýváno dřevo starší než 2 roky. Zdřevnatěním letorostů vzniká jednoleté dřevo, které se označuje jako plodné. Z oček tohoto dřeva vyrůstají letorosty, na kterých jsou hrozny. Odstraňováním jednoletého dřeva se může regulovat růst a plodnost dané rostliny. Z tohoto plodného, jednoletého, dřeva vzniká následující rok dřevo dvouleté. [7]

## 1.3 List

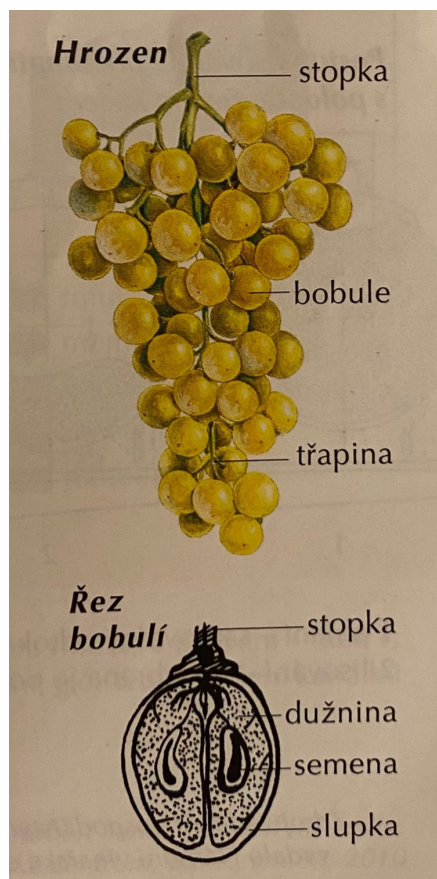
Listy mají vyživovací funkci, rostlina prostřednictvím listů dýchá a přijímá vodu (transpirace). Probíhá zde fotosyntéza, réva tím získává nezbytné látky pro vývoj a růst. Fotosyntéza je důležitým faktorem pro tvorbu cukrů v bobulích a je tak ovlivněna kvalita hroznů. [7]

## 1.4 Plod (hrozen)

Hrozen je složen z bobulí a z třapiny. Od rozložení bobulí na hrozně se odvíjí náchylnost na hnilobu a houbové choroby. Bobule se řadí k dužnatým plodům se semeny. K hroznům jsou bobule upevněny krátkou stopkou na třapině, která zásobuje bobule důležitými živinami a vodou. Třapiny mají vysoký podíl fenolových sloučenin hroznů (až 20 %).

Bobule jsou tvořeny třemi částmi – slupkou, dužninou a semenem. Ve slupce jsou obsaženy aromatické látky a barviva. Největší podíl na obsahu dužniny má voda, cukry (fruktóza a glukóza) a kyseliny. Nejvíce zastoupeným prvkem v dužnině je draslík, významný podíl má také železo. Ostatní prvky jsou zastoupeny minimálně.

Semena obsahují třísloviny a olej. Při mechanickém zpracování je nutno dbát na to, aby se při procesu nedrtila semena. Drcením semen je následně poškozena kvalita vína. [2]



Obrázek 1 Popis stavby hroznu a bobule [4]

## 2 KLASIFIKACE VÍN

V České republice se vína klasifikují dle druhu odrůdy a stavu vyzrálosti hroznů. Do jednotlivých kvalitativních tříd se víno zařazuje dle podílu cukru v hroznové šťávě v době sklizně. Množství cukru je závislé na mnoha faktorech. Některé tyto faktory lze ovlivnit, jiné nelze. Mezi neovlivnitelné faktory zejména patří geografická poloha vinice (např. orientace na světovou stranu, těžká zamokřená půda) a počasí v průběhu konkrétního roku. K ovlivnitelným faktorům řadíme volbu vhodné odrůdy, optimální orientace vinice ke slunci, dodržení dostatečného rozestupu mezi keři.

Podíl cukru v hroznech můžeme měřit různými přístroji, tj. hustoměry a optickými přístroji. Míra obsahu cukru v hroznové šťávě je udávána tzv. stupni normalizovaného moštoměru (NM). Tato hodnota stanovuje, kolik kg cukru je ve sto litrech moštu. Takto se postupuje pouze v České republice, ostatní země mají rozdílné postupy a odlišné jednotky. Způsob a podmínky zařazování vín do jednotlivých jakostních kategorií definují zákon a návazné vyhlášky. Zákon „o vinohradnictví a vinařství“ dal do souladu naši platnou legislativu s předpisy Evropské unie. [4]

Základním rozdělením vín v České republice:

- Tichá vína
- Šumivá vína
- Likérová vína
- Vína originální certifikace (VOC) [8]

### 2.1 Tichá vína

Tichá vína můžeme klasifikovat dle různých hledisek, dle obsahu zbytkového cukru a dle kategorie. Podle obsahu zbytkového cukru se dělí na suchá, polosuchá, polosladká a sladká. Následně je podrobněji uvedeno dělení dle kategorie.

- Odrůdové víno

V minulosti se odrůdové víno označovalo jako víno stolní. Navzájem se od sebe odlišovalo pouze dle obsahu cukru a barvy. Uváděla se jen země původu a nebyla označena odrůda, ročník ani vinařská oblast. Po změnách v legislativě bylo stanoveno, že tento druh vína je možno vyrábět ve všech zemích Evropského společenství a bude na něm uvedeno: Původ

země EU. Další změny se týkaly označení ročníku a odrůdy, konkrétní produkt musí obsahovat minimálně 85 % daného ročníku a dané odrůdy. [4]

- Zemské víno

U těchto vín je nutno sklídit hrozny výlučně v České republice. Cukernatost u tohoto druhu vín musí být minimálně 14 °NM. Obě tyto podmínky musí být splněny, aby víno mohlo být označeno jako zemské. Následně lze na etiketě uvést název odrůdy, ročník a zeměpisné označení (České zemské víno, Moravské zemské víno). [4]

- Jakostní víno

Obdobně jako zemské víno se i jakostní víno musí sklídit v České republice, ale s podmínkou, že v oblasti, kde se sklídilo musí být i vyrobeno. Cukernatost hroznů u jakostního vína je minimálně 15 °NM. Na lahvi je uveden název vinařské oblasti, také označení „jakostní víno“. Tato vína je možno doplnit dovětkem „odrůdové“ nebo „známkové“. V takových případech lze toto uvést také na etiketě. Jakostní odrůdové víno je vyráběno z hroznů, rmutu nebo moštu, avšak maximálně ze tří odrůd. Jakostní víno známkové je vyráběno ze stejných surovin, navíc je možno ho vyrábět z jakostního vína nebo mísením jakostních vín. [4]

- Jakostní víno s přívlastkem

Tato vína musí být tuzemského původu, dále je zde stanovena podmínka sklizení v totožné vinařské podoblasti. Taktéž výroba musí probíhat v oblasti, ve které byly hrozny sklizeny. Podrobnější podmínky jsou stanoveny předpisy. Na etiketě nalézáme informace o názvu vinařské oblasti, kde bylo víno vyrobeno, kde byly sklizeny hrozny, dále také označení „jakostní víno s přívlastkem“ s uvedením konkrétního druhu vína. Jakostní vína s přívlastkem můžeme rozdělit na níže uvedené kategorie:

- Kabinetní víno – cukernatost nejméně 19 °NM, nižší podíl alkoholu.
- Pozdní sběr – cukernatost nejméně 21 °NM, nelze pěstovat v jakékoliv oblasti.
- Výběr z hroznů – cukernatost nejméně 24 °NM, kvalita hroznů je výjimečná, specifická vůně a chuť s nádechem medu a hrozinek.
- Výběr z bobulí – cukernatost nejméně 27 °NM, vyrábí se pouze z vybraných bobulí.

- Výběr z cibéb – cukernatost nejméně 32 °NM, vyráběno pouze z přezrálých bobulí nebo bobulí napadených plísní šedou.
- Ledové víno – cukernatost nejméně 27 °NM, vyráběno z hroznů zmrzlých nejméně na -7 °C.
- Slámové víno – cukernatost nejméně 27 °NM, hrozny sušené na slámě, rákosových rohožích nebo zavěšené v suchu po dobu minimálně tři měsíce. [4]

## 2.2 Šumivá vína

Tradiční šumivé víno pochází z francouzské oblasti Champagne. Vyrábí se kvašením v lahvi, tzv. „šampaňská metoda“. Tento způsob výroby se stal vzorem pro ostatní země, ale s označením „tradiční metoda“. Šumivá vína mohou kvasit ve velkých nerezových nádobách tzv. metodou charmat, dále je možno provádět sycení vín oxidem uhličitým, kdy vznikají perlivá vína. Podle vinařského zákona z roku 2004 se šumivá a perlivá vína dělí na níže uvedené kategorie. [5]

- Perlivé víno = Jakostní perlivé víno

Víno je syceno oxidem uhličitým z tlakové bomby, tzv. impregnace. Perlivá vína se vyrábí z tuzemských stolních nebo jakostních vín. [5]

- Šumivé víno

Šumivé víno se vyrábí kvašením tichých vín, kdy se cukr mění na alkohol a oxid uhličitý. Ke kvašení dochází v uzavřených lahvích nebo uzavřených nerezových nádobách. Na výrobu lze použít jak víno tuzemské, tak i z jiných zemí. [5]

- Jakostní šumivé víno = Sekt

Jedná se o vína, která vznikají druhotným kvašením. Kvašení probíhá v lahvích a následně v tancích. Lze na ně použít hrozny jak tuzemské, tak dovezené. Vyrábí se z jakostních odrůdových vín. [5]

- Jakostní šumivé víno stanovené oblasti = Sekt stanovené oblasti

Tento druh šumivého vína je vyráběn z jakostního odrůdového vína, které je sklizeno a vyráběno ve stejné vinařské oblasti. Typickým příkladem je oblast Champagne. [5]

- Pěstitelský sekt

Pěstitelský sekt musí splňovat stejné podmínky jako Sekt stanovené oblasti, tj. sklizeň a výroba ve stejné oblasti. K tomu výrobce tohoto typu sektu musí být současně pěstitel révy vinné, ze které je víno vyrobeno. [5]

- Aromatické jakostní šumivé víno = Aromatický sekt

Toto víno na rozdíl od ostatních výše uvedených vzniká kvašením moštu. [5]

- Aromatické jakostní šumivé víno stanovené oblasti = Aromatický sekt stanovené oblasti

Aromatický sekt stanovené oblasti je vyráběn z jakostních odrůdových vín, jejichž hrozny pochází z jedné vinařské oblasti. Kvasný proces musí probíhat minimálně jeden měsíc. [5]

### **2.3 Likérové víno**

Likérové víno je vyráběno z hroznového moštu, který je částečně zkvašen. Dále je možno ho vyrábět z vína za přídavku destilátu z vína nebo z produktů révy vinné a zahuštěného hroznového moštu.

Jakostní likérové víno je nutno vyrobit ve stejné oblasti, ve které byly sklizeny hrozny. [8]

### **2.4 Vína originální certifikace (VOC)**

Pokud je na trh uvedeno víno s tímto označením je nutno, aby jej sdružení vinařů takto ohodnotilo a zařídilo. Uvedené sdružení provede kontrolu původu hroznů a povahu vyráběných vín. Víno originální certifikace musí splňovat podmínky pro jakostní víno a další požadavky stanovené zákonem, např. výroba musí být provedena na menším území, než je vinařská oblast. V roce 2012 byla pod označením VOC registrována tři vína. [4]



## 3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VÍNA

### 3.1 Alkoholy

Ve víně se vyskytuje přibližně třicet druhů alkoholů. Alkoholy tvoří po vodě druhou nejvýznamnější složku vína, ve víně jsou zastoupeny v malém nebo stopovém množství. Vyšší alkoholy (tj. alkoholy s více než dvěma atomy uhlíku) současně s estery hrají významnou roli ve vůni vína. Mezi hlavní alkoholy, které jsou obsaženy ve víně patří: methanol, ethanol, propan-1-ol, 2-methyl propan-1-ol, 3-methyl butan-1-ol, 2-methyl butan-1-ol. [1]

### 3.2 Sacharidy

Sacharidy se řadí do skupiny polyhydroxyderivátů karbonylových sloučenin, jedná se o organické molekuly. Je v nich obsažena ketonická nebo aldehydická funkční skupina a dle skupiny, kterou sacharid obsahuje, je klasifikujeme na ketózy a aldózy.

Dále můžeme sacharidy dělit dle počtu atomů uhlíku ve struktuře na: triózy, tetrózy, pentózy a hexózy.

Další členění je dle počtu jednotek ve struktuře sacharidů. Takto dělíme na: monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy.

Monosacharidy jsou jednoduché cukry, jedná se o elementární jednotku složitějších sacharidů (např. fruktóza, glukóza, galaktóza). Jejich vlastností je dobrá rozpustnost ve vodě, jsou nositelem sladké chuti, ve víně jsou obsaženy ve velkém množství.

Oligosacharidy se skládají z více jak ze dvou monosacharidových jednotek, maximálně však z deseti (např. laktóza, sacharóza, maltóza). Stejně jako monosacharidy jsou dobře rozpustné ve vodě, nesou sladkou chuť, ve víně jsou obsaženy pouze v malém množství.

Polysacharidy obsahují více jak deset monosacharidových jednotek, které jsou spojeny glykosidickými vazbami. Jsou ve víně nežádoucí, protože způsobují problémy při filtraci. Obsah konkrétních polysacharidů se odvíjí od odrůdy, způsobu výrobního procesu vína a vyzrálosti hroznů. Zároveň se snižuje dle způsobu uchování vína a také délky jeho uchování. Vlastnosti polysacharidů jsou také závislé na kvalitě hroznů (plíseň). Polysacharidy na rozdíl od monosacharidů a oligosacharidů ve víně nejsou nositelem sladké chuti. [1] [20]

### 3.3 Dusíkaté sloučeniny

Dusík je prvek, který je obsažen v rostlinách i živočiších. Tento prvek není ve víně majoritní složkou. V révě vinné je obsah dusíku dán genetickou výbavou, je obsažen v organické i minerální formě. Například ve Francii je nejvyšší obsah dusíku ve víně v regionu Champagne. Dalšími faktory, které ovlivňují množství dusíku v rostlině jsou podnebí, hnojení, zdroj vody, podnož, zdravotní stav a zralost. Záleží také na celém procesu výroby vína. [1]

Dusíkaté látky jsou významné při výživě a činnosti kvasinek, mají vliv na kvalitu vína a také na vznik aromatických látek ve víně. Zásadními dusíkatými sloučeninami jsou aminokyseliny, bílkoviny a sloučeniny s dusíkem v amonné formě. [3]

### 3.4 Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární sloučeniny vytvářené zásadně autotrofními organismy. Klasifikujeme je na vitamíny rozpustné v tucích a ve vodě. Obsah vitamínů v révě vinné je různý a závisí na konkrétní odrůdě a procesu výroby vína. Lze konstatovat, že červená vína obsahují větší množství vitamínů než vína bílá. Pro kvašení vína jsou důležité vitamíny skupiny B. Při procesu alkoholového kvašení jsou nejvýznamnějšími vitamíny biotin, thiamin a kyselina panthotenová. Růst kvasinek je podmíněn výskytem právě biotinu. K nadměrné tvorbě  $H_2S$  dochází při absenci kyseliny panthotenové. [1] [3] [19]

### 3.5 Enzymy

Jedná se o jednoduché nebo složité bílkoviny s katalytickou aktivitou, jsou ve vodě rozpustné a sráží se ethanolom. Enzymy jsou náchylné na teplotu. Při výrobě vína jsou enzymy důležitou součástí. [1]

Správné použití enzymů pozitivně působí na kvalitu vína. Je třeba vytvořit vhodné podmínky a je nutná znalost vztahů mezi jednotlivými enzymy. Enzymatické přípravky se používají na zlepšení např. vylisnosti hroznů, filtrace a stabilizace vína. [3]

### 3.6 Minerální látky

Minerální látky jsou prvky, které nacházíme v potravinách po procesu oxidace organické části na oxid uhličitý, vodu aj. Tyto látky můžeme klasifikovat z několika pohledů. Lze je dělit podle jejich množství v potravinách, dle nutričního významu, vlivů ve stravě a jejich původu. Např. dle množství minerální látky dělíme do čtyř skupin:

- a) Makroprvky – Na, Mg, K, Cl, Ca, S a P
- b) Minoritní prvky – Fe, Zn
- c) Stopové prvky – As, Al, B, Cr, Pb, Sn, Cu
- d) Ultrastopové prvky.

Z půdy se dostávají minerální látky do hroznové bobule a jsou zde částečně ukládány. Nejčastěji se vyskytujícím minerálem v hroznech je draslík, který je důležitý pro iontovou rovnováhu. Ve velké míře je v rostlině zastoupen i fosfor, který je stěžejní složkou metabolismu. Minerální látky mohou do vinné révy vstoupit i vlivem technologického postupu (ošetření rostliny, materiálem nádoby a zařízení), záleží i na geografické poloze, typu půdy apod. Minerální látky hrají důležitou roli při tvorbě chuťových vlastností a výtažku vína.

Minerály měď a železo mají vliv na použité technologie při procesu výroby vína. Mohou způsobovat různé zákaly. Dále např. vápník pozitivně působí na aroma a chuť vína, v případě vysokého podílu hořčíku má produkt nahořklou chuť. [1] [3]

### 3.7 Kyseliny

Ve víně lze nalézt velké množství druhů organických kyselin, jejichž jednotlivé podíly se mění a jsou zastoupeny v malém množství. V průběhu vinifikace, tj. celý proces výroby vína od zpracování hroznů až po lahvování produktu, se tyto kyseliny vyvíjejí. Ve víně nacházíme nejen organické kyseliny, ale i minerální. Množství kyselin obsažené v produktech z révy vinné závisí na podnebí v dané oblasti, množství slunečního svitu, vlhkost, vzdálenost od větších vodních ploch, množství výskytu srážek a také na odrůdě révy vinné. Dle nařízení (Evropského parlamentu a Rady) č. 1234/2007 a č. 606/2009 lze v České republice víno přikyselit i odkyselit. Tímto nařízením je dáno rozmezí dodatečné úpravy vína.

Mezi nejvíce zastoupené organické kyseliny v révě vinné patří kyselina vinná a kyselina jablečná, společně 70-90 % obsahu ze všech kyselin obsažených v bobulích. Nejvíce

zastoupenou kyselinou ve víně je kyselina vinná. Je pro ni typická kovová příchuť, odvíjí se od ní kyselost v hroznech. V méně vyzrálých bobulích se nejvíce vyskytuje kyselina jablečná. Množství této kyseliny závisí na konkrétní odrůdě a klimatu. Zráním hroznů se obsah snižuje. Od této kyseliny závisí nezralé, hrubé tóny ve víně. Dalším, již méně zastoupeným druhem je kyselina citrónová. Ve větším množství je obsažena v ledovém víně a také v hroznech, které jsou napadeny ušlechtilou plísní. Tuto kyselinu lze použít jako prevenci proti železitým zákalům. Dalšími organickými kyselinami, které lze nalézt ve víně jsou kyselina šťavelová, kyselina askorbová a kyselina glykolová atd. [1] [3]

### **3.8 Fenolové sloučeniny**

Fenolové sloučeniny mají velký význam pro vinařství. Složení a podíl těchto sloučenin je velmi odlišný u odrůd, ze kterých je vyráběno bílé a červené víno. Fenolové sloučeniny určují barvu a strukturu vína a mají antioxidační vlastnosti. Dále mají vliv na průběh stárnutí vína, jeho hořkost, stahující pocit v chuti a jímavost kyslíku. Podíl těchto sloučenin ve víně závisí na typu odrůdy, stavu hroznů po sklizni, klimatických podmínkách v daném roce a způsobu vinifikace. Fenolové sloučeniny klasifikujeme na:

- a) Fenolové kyseliny
- b) Třísloviny (taniny)
- c) Flavony a flavonoly
- d) Antokyany. [1] [3]

## 4 KOVY VYSKYTUJÍCÍ SE VE VÍNĚ

Kovy se do životního prostředí dostávají z mnoha zdrojů. Zdroji v lokálním, ale i celoplošném měřítku jsou různá odvětví průmyslu i zemědělství. Koncentrace kovů závisí na lokalitě vinice, na blízkosti dopravní infrastruktury a energetiky, používání nevhodných druhů hnojiv, apod. Do révy vinné se kovy především dostávají kořenovým systémem z půdy. Největší koncentrace kovů v půdě je v její horní vrstvě. Do vína jako do produktu se kovy mohou dostávat i jinými způsoby, např. používáním kovových nádob a nádrží, potrubí z mosaze či mědi, apod. Maximální koncentrace kovů ve víně je stanovována Mezinárodní organizací pro révu a víno. [9]

### 4.1 Olovo

Víno je hlavním zdrojem olova pro člověka. Olovo je ve vyšších koncentracích pro zdraví člověka škodlivé. Působí na dlouhé kosti, ledviny, játra, mozek a placentu. Vzhledem k této škodlivosti je stanoven maximální povolený limit olova ve víně na 0,2 mg/l. Olovo se do révy vinné dostává z půdy. V půdě je přirozeně přítomno v horninách důsledkem rozkladu radioaktivních prvků. Dalším zdrojem je používání přípravků na ochranu rostliny, jedná se zejména o používání insekticidu arseničnanu olovnatého (v současné době je zakázaný). U větších dopravních tepen a městských aglomerací se olovo dostávalo do rostliny z výfukových plynů automobilů. Vlivem používání bezolovnatého benzínu a katalyzátorů je tento zdroj olova v současné době minimální. Jestliže se vinice nachází v blízkosti továren, které zpracovávají olovo nebo vyrábějí barviva na bázi olova, je koncentrace olova tímto v rostlině také ovlivněna. Posledním významným zdrojem je dešťová voda.

50 % olova se z moštu eliminuje současně s matolinami a kvasničnými kaly ve formě síranů. Vliv na zvýšenou koncentraci olova v hotovém víně po kvašení může způsobit materiál s barvou, která je na bázi olova. Dále používání nádrží s keramickými dlaždicemi a také používání potrubí, uzávěrů, kohoutků či jiných potřeb z bronzu nebo mosaze. [1]

### 4.2 Arsen

Arsen se řadí mezi toxické kovy. Při spalování uhlí a tavení kovů se arsen dostává do ovzduší, ze kterého se následným spadem dostane do zemědělských půd. Pohyb arsenu je závislý na vstřebávání v půdě, na obsahu humusu, zrnitosti a vlhkosti půdy. Do rostlin je vstřebáno méně arsenu z jílovitých půd, kde je obsažen vysoký podíl oxidů železa a hliníku

a jílovitých minerálů. Při chronickém působení na lidské tělo je arsenem poškozen imunitní systém, působí také negativně na centrální nervový systém, kůži a vlasy. Závažná otrava arsenem způsobuje cirhózu jater, poškození ledvin, následně vznikají také nádorová onemocnění. V současné době je koncentrace arsenu limitována na 0,2 mg/l. Do roku 2000 byla réva ošetřována přípravky na bázi arsenových solí. V důsledku těchto přípravků docházelo k nestandardnímu zvýšení koncentrace arsenu ve víně. Od roku 2001 jsou uvedené přípravky zakázané. Dalšími zdroji kontaminace půdy arsenem jsou ochranné prostředky na dřevo, léčiva pro veterinární medicínu. [1] [6] [17]

### 4.3 Měď

Nejvýznamnějším zdrojem mědi v moštu jsou postřiky na rostlinu měďnatými přípravky. V případě, že během procesu výroby vína jsou používány potrubí, kohoutky a další vinařský materiál z mědi, mosaze a bronzu se zvyšuje koncentrace kovu ve víně. Při alkoholovém kvašení je měď eliminována redukcí se sírou a kvasničnými kaly a dále sedimentací. Při anaerobních podmínkách je nízká schopnost mědi reagovat s prostředím, ve kterém je obsažen volný oxid siřičitý. Následkem je vysrážení síranu měďného a bílkovin, tj. měďný zákal. Tento zákal je specifický pro bílá vína, je aktivován UV paprsky a ztrácí se kontaktem se vzduchem. Měďný zákal se nevyskytuje příliš často. Lze jej odstranit modrým čiřením ferrokyanidem draselným (obdobně jako u železa). Tvorbě měďného zákalu lze předcházet používáním bentonitu.

Měď příznivě působí na oxidaci železa, tímto ovlivňuje vliv bílého železitého zákalu.

Nedostatek mědi může způsobovat vznik kardiovaskulárních chorob u člověka. Konzumace červeného vína přispívá ke zvýšení obsahu mědi v těle člověka. [1] [5]

### 4.4 Zinek

Koncentrace zinku ve víně je ovlivněna zejména používáním vinařských potřeb a nářadí s galvanizovaným pokovováním. Dalším zdrojem jsou přípravky proti houbovým chorobám, které obsahují zinkové soli. Při delším nakvašení rmutu na pevných částech hroznů se zvyšuje obsah zinku ve víně. Důsledkem je svíravá chuť vína, a proto je stanovena maximální hodnota zinku na 5 mg/l. Co se týče vlivu zinku na zdraví člověka, má příznivý vliv na imunitu, kvalitu vlasů a nehtů. [1]

## 4.5 Mangan

Hlavním zdrojem jsou půdy bohaté na mangan, např. vína z oblasti Beaujolais. Mangan se do vína může dostávat také používáním přípravků na ochranu révy vinné, které obsahují manganové soli. Podíl tohoto kovu ve vínech je rozdílný, pohybuje se v rozmezí od 0,4 do 4 mg/l. V červených vínech je obsah manganu vyšší než v ostatních vínech. [1]

## 4.6 Hliník

Nejčastějším způsobem jak se hliník dostává do vína je při ošetření bílého vína bentonitem. V současné době se čiření vína bentonitem považuje za rizikové. V lidském těle větší množství hliníku působí neurotoxicky, z tohoto důvodu je nutno omezit obsah hliníku ve vínech na minimum. Hliníkový materiál se při výrobě vína příliš nepoužívá, tudíž nedochází ke kontaminaci z vinařských zařízení. [1]

## 4.7 Železo

Zejména ve víně, které obsahuje rozpuštěný kyslík se nachází železité soli. Tyto soli jsou velmi málo rozpustné. Podíl železnatých a železitých kationtů závisí na koncentraci kyslíku a oxidu siřičitého při uložení vína. V případě, že obsah železa vzroste nad 8 – 12 mg/l zvyšuje se možnost vzniku zákalů. U červených vín se vytváří tzv. černý zákal. Je způsoben oxidací dvojmocného železa na trojmocné železo za přítomnosti kyslíku. Trojmocné železo následně reaguje s taniny červených vín. U bílých a růžových vín dochází k vysrážení nadbytečného železa s fosfáty, vzniká bílý zákal.

V révě vinné se vyskytuje biologické železo v koncentraci 4 – 6 mg/l. Nežádoucí zvýšený obsah se do vína dostává ze slupek bobulí, na které sedal prach z železité půdy. Další možností je používání železného nářadí během procesu zpracování hroznů, kdy se železo ve styku s kyselinou vinnou rozpouští. Je tedy žádoucí používat pouze plastové nebo nerezové nádoby a nástroje.

K odstranění přebytečného železa se využívá modré čiření ferrokyanidem draselným. Tento způsob je pod přísnou kontrolou, kvůli nebezpečí vzniku jedovaté kyseliny kyanovodíkové. Dalším způsobem snižování podílu železa ve víně je použitím fytátu vápenatého. Výsledky tohoto procesu jsou ale nejisté. [5]

## **4.8 Kadmium**

Kadmium se dostává do půdy prostřednictvím odpadů a spadů z energetického, chemického a metalurgického průmyslu. Dále fosforečnými hnojivy, průmyslovými komposty a kaly z čistíren odpadních vod. Kadmium je velice toxické a karcinogenní, způsobuje poškození jater, ledvin, reprodukčních orgánů a plic. [6]

## **4.9 Rtuť**

Rtuť je kov, který je jako jediný při standardní teplotě tekutý. Do rostlin se vstřebává především z půdy, do které se dostává vlivem energetického průmyslu, hutnictví a kalů z čistíren odpadních vod. Na obsah rtuti v půdě má vliv mikrobiální činnost. Tento kov v lidském těle působí na plíce, ledviny, nervový systém, kůži. [6]

## **4.10 Chrom**

Chrom je řazen mezi nejvýznamnější kontaminanty atmosféry, hydrosféry a pedosféry. Tento kov je obzvláště v půdních vodách velmi mobilní. Při vysokém podílu šestimocného chromu v půdě se snižuje její úrodnost a pro velké množství rostlin je velmi toxický. Chrom je významný karcinogen, může poškozovat játra, ledviny, způsobovat vnitřní krvácení. Při vdechování prachu z chromu jsou postiženy dýchací cesty. [6]

## **4.11 Nikl**

Nikl znečišťuje zejména půdy a jako kontaminant se vyskytuje také ve vodách. Nejvíce se vyskytuje v blízkosti hutnictví, výroby nikl-kadmiových článků a rafinérií niklu. Nikl u člověka způsobuje poškození centrálního nervového systému, srdečního svalu, ledvin. Vznikají alergické reakce a tumory v oblasti plic. [6]

## **4.12 Selen**

Jedná se o polokov, který v lidském těle působí v nízkém množství jako antioxidant, ale při vyšší koncentraci je toxický. Mění metabolismus některých prvků a tím snižuje jejich toxicitu (kadmium, rtuť, jodu a stříbra). Otravy zapříčiněné selenem jsou málo časté, projevují se jako nemoci kůže, poškozením nehtů, zubů, může být zasažen také nervový systém. [6]



## 5 STANOVENÍ KOVŮ VE VÍNĚ

Ke stanovení kovů ve víně se používá více metod. Jednou z těchto metod jsou atomové spektrometrie. Do atomových spektrometrií patří: atomová emisní spektrometrie, atomová absorpční spektrometrie, atomová fluorescenční spektrometrie a rentgen fluorescenční spektrometrie. Další metodou je hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Níže jsou jednotlivé metody blíže popsány.

### 5.1 Atomová absorpční spektrometrie

#### 5.1.1 Princip metody

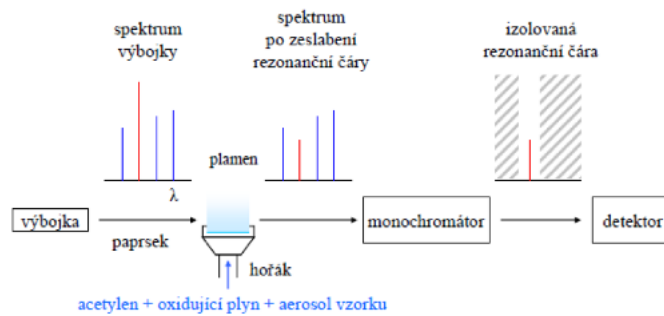
Tato metoda se používá pro kvantitativní elementární analýzu více než 60 prvků. Jedná se zejména o prvky, které jsou kovové.

Principem metody je absorpce monochromatického záření volnými atomy daného prvku v elementárním energetickém stavu.

Jako zdroj primárního záření lze použít kovovou výbojku s dutou katodou, materiál výbojky je ze sledovaného kovu. Druhou možností je bezelektrodová výbojka. Nevýhodou bezelektrodové výbojky je finanční náročnost na výbojky a napájecí zdroje. Výhodou je vyšší intenzita vysílaného záření.

Při procesu je nutné stanovený prvek přeměnit na atomární páru (volné atomy v elementárním nebo excitovaném stavu). Nejčastějším atomizátorem je plamen. Jako palivo se používá acetylen, propan-butan, vodík a jako oxidovadlo oxid dusný a vzduch. Poměr paliva a oxidovadla určuje vlastnost plamene. Vzorek se na plamen přivádí v podobě aerosolu, nad plamenem se vypařuje rozpouštědlo. Tímto procesem vzniknou volné atomy, které absorbují záření. Další možností atomizace je elektrotermická atomizace, ke které je používána grafitová píčka. Výhodou této metody je vyšší citlivost než u atomizace plamenem a stačí pouze malé množství vzorku.

Záření, které není absorbováno postupuje dále do monochromátoru, v němž se sleduje absorpce a odečítá se absorbance. [12] [13]

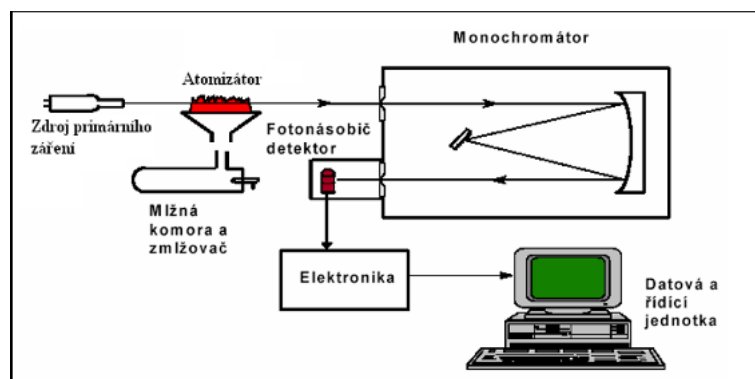


Obrázek 2 Schéma atomové absorpční spektrometrie [12]

### 5.1.2 Instrumentace

K atomové absorpční spektrometrii se používá atomový absorpční spektrometr. Je tvořen čtyřmi částmi:

- zdroj rezonančních čar prvku (sledovaného),
- absorpční prostředí,
- monochromátor,
- indikační systém (skládá se z detektoru, elektrického obvodu, měřidla k odečítání absorbance).



Obrázek 3 Schéma atomového absorpčního spektrometru

Signál je vyhodnocen prostřednictvím kalibrační křivky a metody standardního přídatku. [13]

### 5.1.3 Příklady využití

Metoda se používá při analýze vzorků všech skupenství. Atomovou absorpční spektrometrií lze analyzovat vzorky půd, rud, plastů, živočišných tkání, kovových slitin, apod. Tyto tuhé vzorky je nutno rozpustit. U plynných vzorků je potřeba zachytit dané prvky v kondenzované fázi. Takto je možno kontrolovat ovzduší, které je znečištěno toxickými kovovými sloučeninami. [13] [16]

## 5.2 Atomová emisní spektrometrie

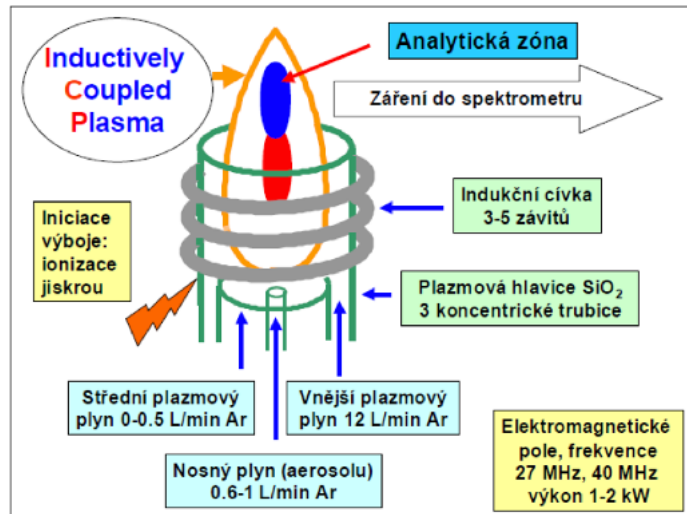
### 5.2.1 Princip metody

Princip atomové emisní spektrometrie je založen na pozorování emise elektromagnetického záření volnými atomy v plynném stavu. Sledovaný prvek se ve vhodném budícím prostředí atomizuje nebo zčásti ionizuje, následně atomy nebo ionty přejdou do vyššího energetického stavu. Během návratu na nižší energetický stav ionty nebo atomy emitují charakteristické čárové spektrum. Spektrální čára odpovídá obsahu prvku. Množství emisních čar závisí na elektronovém uspořádání a budícím zdroji. [12] [13]

### 5.2.2 Budící zdroje

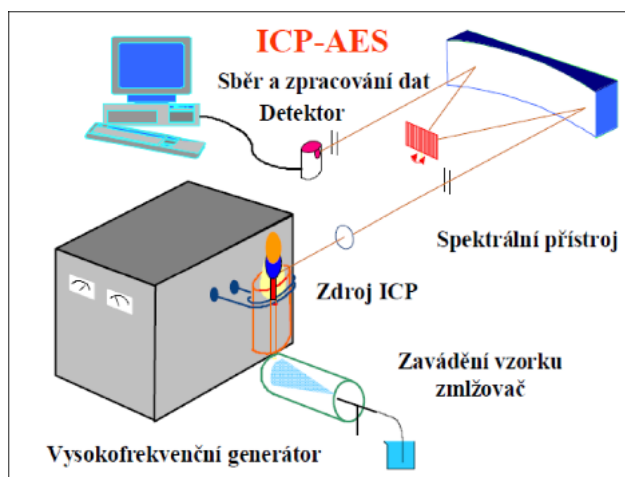
Budící prostředí s nejnižší teplotou poskytuje plamen. Tedy v tomto případě hovoříme o plamenové fotometrii. Teplota tohoto zdroje závisí na zvoleném palivu a oxidovadlu. Do plamene jsou vkládány vzorky převedené do aerosolu. Metoda je používána pouze u prvků, které mají nízké excitační potenciály (alkalické kovy, kovy alkalických zemin, u přechodných kovů nelze tento zdroj použít). Výhodou plamenové spektrometrie je velký dynamický rozsah, není ekonomicky náročná, používají se jednoduché přístroje.

Dalším budícím zdrojem je indukčně vázané plazma. Jedná se o ionizovaný neutrální plyn, počet záporných a kladných částic je v plazmě stejný. Pohyby částic v plazmatu závisí na místních podmínkách a také na podmínkách stavu plazmatu v odlehlejších okolí. Výboj indukčně vázaného plazmatu vzniká v proudícím argonu, který vytéká z plazmové hlavice. K zažehnutí dochází jiskrovým výbojem a následně je udržován prostřednictvím indukční cívky. Plazmová hlavice obsahuje tři soustředné trubice z křemene. Trubice jsou uloženy v indukční cívce. Rozlišujeme tři druhy toků plynu – argonu do plazmové hlavice. První typ vytváří výboj, hovoříme o plazmovém, vnějším toku. Tok, který stabilizuje výboj je tzv. pomocný, střední. Poslední je nosný, centrální, který tvoří analytický kanál a přináší aerosol vzorku. [12] [13]



Obrázek 4 Schéma plazmové hlavice [15]

Aerosol je při výboji vysušen, dochází k odpaření a je atomizován. Volné atomy jsou excitovány, případně i ionizovány. K této metodě je nutno použít kvalitní spektrometr s vysokým rozlišením. Metoda atomové emisní spektrometrie s využitím budícího zdroje indukčně vázaného plazmatu je ekonomicky náročnější než plamenová spektrometrie. Detekční limity jsou nižší než u atomové absorpční spektrometrie. Pomocí atomové emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem lze analyzovat vzorky všech skupenství. [13]



Obrázek 5 Schéma optického emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [15]

Dalšími zdroji, které lze použít při atomové emisní spektrometrii jsou:

- elektrický výboj – oblouk, jiskra,
- laser,
- plazmové zdroje – stejnosměrné plazma, mikrovlnně indukované plazma a kapacitně vázané plazma. [12] [13]

### 5.2.3 Instrumentace

Z budícího zdroje odchází záření do spektrální přístroje. Na spektrometr jsou kladeny velké nároky kvůli rozlišovacím schopnostem disperzních přístrojů. Na rozdělení vlnové délky slouží difrakční mřížka, hranol nebo filtr. Následně záření proudí na detektor. [12] [13]

### 5.2.4 Příklady využití

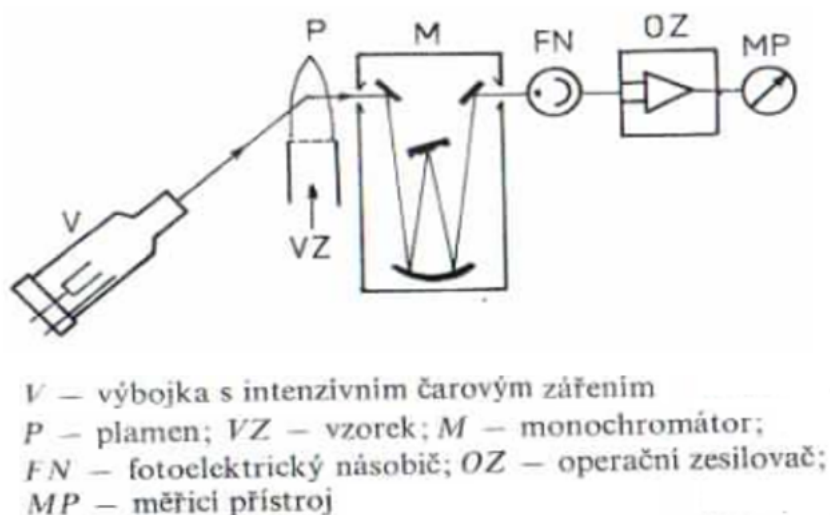
Atomová emisní spektrometrie se používá pro kvalitativní analýzu. U tohoto typu analýzy se zjišťují tzv. rezonanční čáry, tj. poslední čáry. Pro hledaný prvek je nutno zjistit minimálně tři rezonanční čáry. Dalším využitím je semikvantitativní odhad koncentrací. U této analýzy se provádí vizuální nebo spektrální kontrola. Posledním typem analýzy je kvantitativní analýza. Stanovují se zde prvky v roztocích nebo v tuhých materiálech z kovu. [12] [13]

## 5.3 Atomová fluorescenční spektrometrie

V praxi je tato metoda méně využívaná než atomová absorpční a atomová emisní spektrometrie. Lze konstatovat, že je využívána spíše výjimečně. Slouží k měření fluorescence atomů v ultrafialovém a viditelném záření. Využívá se pouze u měření velmi nízké koncentrace toxických kovů.

Záření se absorbuje z primárního zdroje. Atomy excitují do vyšší elektronové hladiny a v následné emisi sekundárního záření při návratu zpět. Dle vlnové délky sekundárního záření s porovnáním s délkou primárního záření rozlišujeme, zda se jedná o rezonanční či nerezonanční fluorescenci.

Jako zdroj záření se používá bezelektrodová vysokofrekvenční výbojka nebo spektrální oblouková lampa či laser. Prostředí, ve kterém vzniká fluorescenční záření je plamen. Dalšími nástroji při této metodě jsou monochromátor a detektor. Vyhodnocení signálu probíhá pomocí kalibrační přímky. [13]

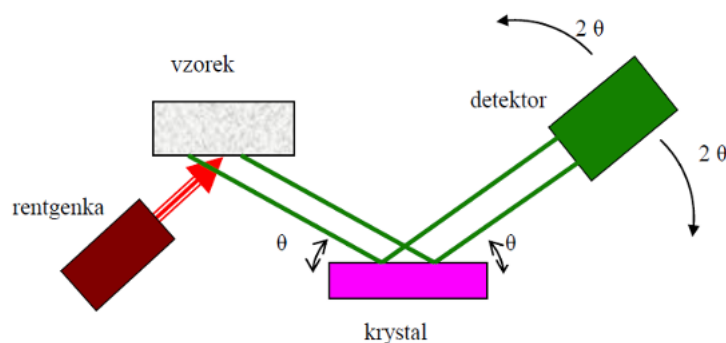


Obrázek 6 Schéma atomové fluorescenční spektrometrie

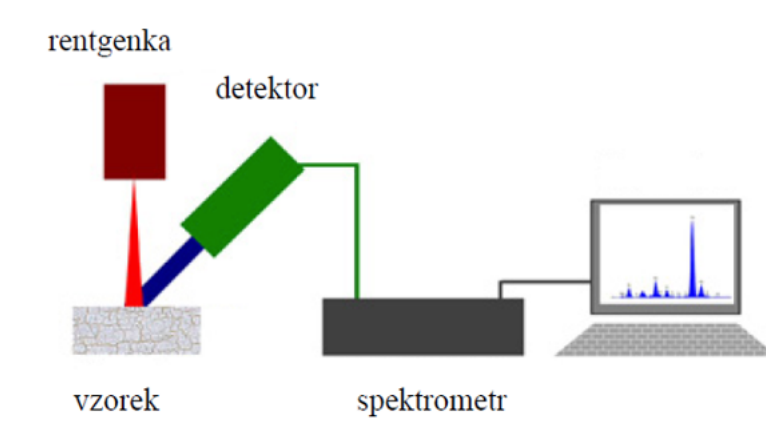
## 5.4 Rentgenová fluorescenční analýza

Jedná se o metodu elementární analýzy. Rentgenové spektrum vzniká při ozáření konkrétního vzorku rentgenovým zářením. Následně dochází k vyražení elektronu z vnitřního orbitalu atomu. energii, která je nutná k vyražení elektronu, získává atom srážkou s jiným volně letícím elektronem, nebo absorpcí kvanta rentgenového záření. Na místo, které se uvolnilo přechází elektron z vyššího orbitalu. Rozdíl těchto dvou hladin foton vyzáří ve formě kvanta. Výsledkem všech přechodů vyražených elektronů je čárové rentgenové fluorescenční spektrum.

K rentgenové fluorescenční analýze lze využít více typů přístrojů. Záleží, zda je sekundární rentgenové záření rozkládáno dle vlnové délky nebo dle energie fotonů. Jako zdroj rentgenového záření je používána rentgenka a jako detektory se používají křemíkový polovodičový detektor a Geigerova-Müllerova trubice. [13]



Obrázek 7 Schéma vlnově disperzního rentgenového spektrometru



Obrázek 8 Schématické uspořádání energiově rentgenového spektrometru

## 5.5 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem se používá ke stanovení konkrétních prvků ze sledovaného vzorku. Prvky lze zachytit i v ultrastopových koncentracích. Metoda je zejména využívána při hodnocení rizik v životním prostředí (zjišťování toxicity ve vzduchu, vodě, půdě a v sedimentech), dále se používá v potravinářském průmyslu při zjišťování kontaminace potravin rtuť, olovem a cínem. V případě vína je možno zjistit kontaminaci alkylolovem způsobenou provozem motorových vozidel. Dalším odvětvím, kde lze využít tuto metodu je hygiena, medicína a zdraví v pracovním prostředí např. při sledování prachových částic během svařování oceli. [10] [11] [14] [18]

### 5.5.1 Princip metody

K zajištění ionizace prvku sledovaného vzorku je využito indukčně vázané plazma. Tedy jedná se o iontový zdroj, který převádí neutrální molekuly vzorku na nabitě částice (ionty). Výhodou indukčně vázaného plazmatu jako ionizačního zdroje je, že téměř všechny prvky ionizuje jen do prvního stupně a přibližně polovinu prvků z periodické tabulky ionizuje skoro na 100 %. Další výhodou pro analýzu vzorku prostřednictvím hmotnostní spektrometrie je, že ionty jsou soustředěny v centrálním kanálu výboje, tím je usnadňováno jejich vzorkování. Jakmile jsou převedeny neutrální molekuly analytu na ionty, jsou vedeny přes rozhraní (interface) do hmotnostního analyzátoru. Následně dochází k vyhodnocení. [10] [11] [14]

### 5.5.2 Instrumentace

V prvotní fázi je kapalný vzorek převeden na jemný aerosol prostřednictvím plynu argonu. Následně se aerosol dostává do plazmové trubice, kde se indukčními cívkami vytváří argonové plazma. Další částí procesu je vysoušení aerosolu, jeho odpařování a v závěru dochází k ionizaci a atomizaci. Vzniklé ionty vstupují do rozhraní, které je složeno ze dvou kuželů udržovaných ve vakuu vakuovými pumpami. Efektem principu rozhraní je oddělení toku iontů od toku argonu. Následně jsou ionty vnášeny do iontové optiky. Iontová optika je tvořena elektrostatickými čočkami. Přístroj může obsahovat od jedné až po dvanáct elektrostatických čoček. Poslední fází je vstup iontů z iontové optiky do hmotnostního analyzátoru. Ionty jsou členěny v plynné fázi dle poměru hmotnosti a jejich náboje. V praxi je možno využít více typů analyzátorů dle potřeby rozlišení fyzikálních jevů např. kvadrupólový analyzátor, iontová past, průletový analyzátor a sektorový analyzátor. Po rozdělení iontů v hmotnostním analyzátoru jsou ionty vedeny na detektor, zde jsou převedeny na proud elektronů. Proud elektronů je téměř vždy upraven zesilovačem tak, aby odpovídal koncentraci analytu ve vzorku. Z detektoru je signál vyslán do informačního systému v počítači a zde je výsledek vyhodnocen. [10] [11] [14]

### 5.5.3 Interference

U metody hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem může dojít ke dvěma hlavním druhům interferencí. Jedná se o spektrální interferenci a nespektrální interferenci. Interferenci charakterizujeme jako jev, u kterého dochází k vzájemnému ovlivňování a zejména ke změnám signálu analytu, jenž je ve vzorku a způsobuje ho rušící prvek (interferent).

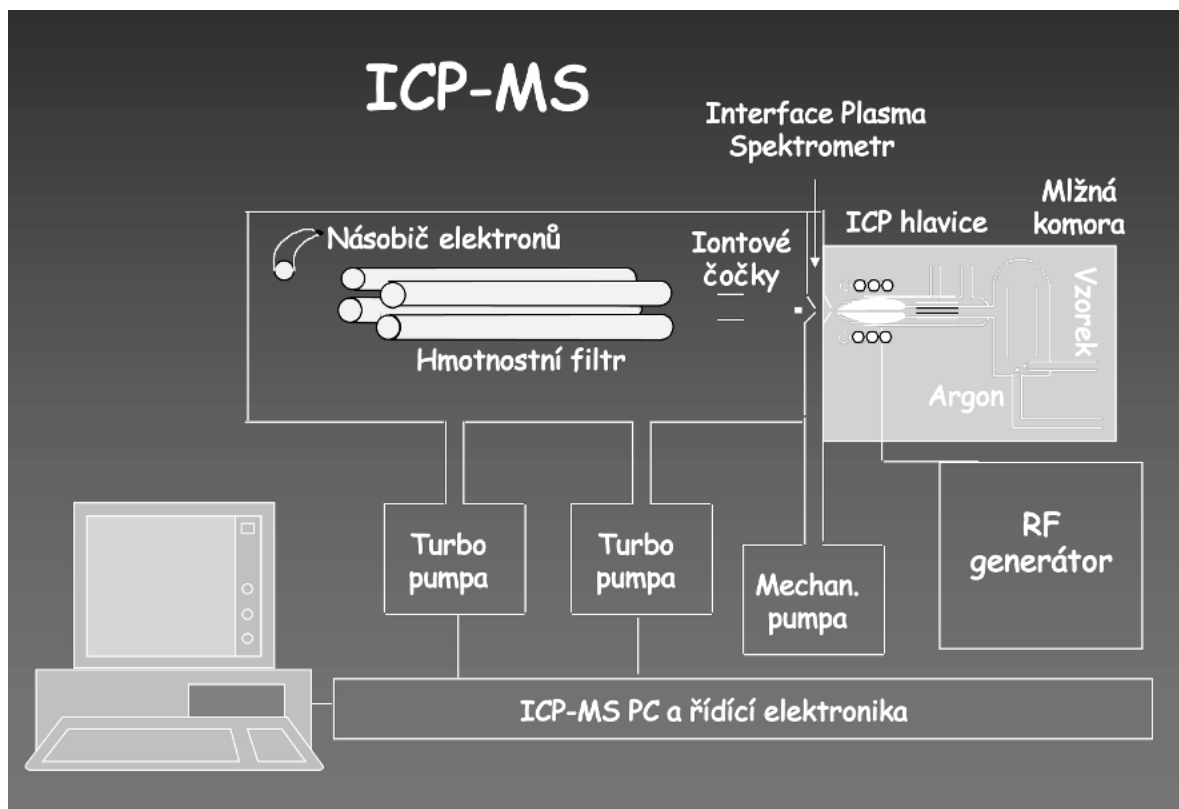
Oba druhy interferencí je možno potlačit několika způsoby např. spektrální interference lze potlačit využitím kvalitnějšího rozlišení nebo také použitím cold podmínek v indukčně vázaném plazmatu pro snížení tvorby iontů s argonem. Jednou z podmínek cold plazmatu je nízký příkon, vysoký průtok nosného plynu argonu, významné matrix efekty. U nespektrální interference lze využít metodu standardního přídatku nebo metodu izotopového měření, apod. [10] [11] [12] [14]



### 5.5.4 Matrix efekt

Pod pojmem matrice jsou chápány všechny složky obsažené ve vzorku mimo konkrétního, sledovaného analytu. Matrice je velmi důležitá při volbě analytické metody, má také vliv na správné výsledky analýzy a jejich kvalitu.

V případě vína je možno konstatovat, že chemická analýza tohoto produktu je náročná z důvodu složitosti matrice vína. U vína je často spojen i vznik obou typů interferencí, je tedy žádoucí, aby při analýze byly interference co nejvíce potlačeny. Z tohoto důvodu je třeba upravit analyzovaný vzorek. Nejefektivnějším způsobem odstranění matrix efektu u vzorku vína je izotopové zředování. Principem této metody je vložení roztoku izotopu sledovaného prvku do analyzovaného vzorku. U hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem se osvědčilo ředění pomocí kyseliny dusičné v poměru 1:10. Další možností odstranění matrix efektu je před vlastním měřením vzorku jeho úprava mineralizací. [10] [11]



Obrázek 9 Schématické uspořádání hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem [10]

## 6 RYZLINK RÝNSKÝ

Ve své praktické části budu zjišťovat koncentraci kovů u odrůdy bílého vína Ryzlinku rýnského. První zmínka o pěstování Ryzlinku rýnského je z roku 1435 z Německa. Tato odrůda byla oceňována až od 18. století, kdy mniši v Porýní sklídili a následně zpracovali zdravé hrozny odděleně od hroznů, které byly napadeny ušlechtilou plísní. Zjistili, že z nahnilých hroznů byl chuťově kvalitnější Ryzlink než z hroznů zdravých. Genetickými analýzami bylo zjištěno, že tato odrůda je náhodným křížením odrůd Heunisch a Tramínu.

V současné době je Ryzlink rýnský pěstován celosvětově, patří mezi jedno z nejkvalitnějších bílých vín.

Typická barva pro toto víno je zelenožlutá barva. Zlatavé odstíny jsou typické pro zralejší vína. U bobulových výběrů se objevují jantarové odstíny.

Mají široké spektrum vůní, které se odvíjí od půdního typu a ročníku. Vína mohou mít ovocnou vůni – růže, nezralé jablko, citrónová kůra, broskev, růžové dřevo, kdoule. Dále mohou mít také kořenitou vůni, minerální, zemitou či kouřovou. Během zrání vína voní také po medu, mandlích, hrozinkách nebo marcipánu. V případě, kdy je réva pěstována ve velmi teplých lokalitách jsou bobule opáleny do hnědé barvy. Pak víno voní po petroleji a kerosinu. Významnou roli v chuti této odrůdy hraje kyselina a její zralost. Nejtypičtější chuť Ryzlinku rýnského nacházíme ve zralých, suchých, kabinetních vínech. Velmi ceněny jsou vyšší stupně přívlastkových vín. [4]



Obrázek 10 Ryzlink rýnský [4]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## **7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

V praktické části bakalářské práce jsem pracovala s ultračistými chemikáliemi a redestilovanou vodou. U stopové analýzy je nutno dodržovat čistotu a zabránit zkreslení výsledků, které by mohlo být způsobeno organickým znečištěním a ionty.

### **7.1 Použité materiály a chemikálie**

Vzorky:

- bobule a stopky révy vinné odrůdy Ryzlink rýnský
- bobule révy vinné odrůdy Ryzlink rýnský po odstopkování
- šťáva révy vinné odrůdy Ryzlink rýnský po vylisování
- šťáva révy vinné odrůdy Ryzlink rýnský po odkalení
- šťáva révy vinné odrůdy Ryzlink rýnský po zákvasu
- mladé víno odrůdy Ryzlink rýnský po první stáčce
- víno Ryzlink rýnský ročník 2022

Peroxid vodíku – obsah min. 30%, analpure-ultra, Analytika spol. s r.o.

Kyselina dusičná 6 - 69%, analpure-ultra, Analytika spol. s r.o.

Metranal 8 – zelená řasa, materiál pro kontrolu jakosti (QCM), Analytika spol. s r.o.

Ultračistá H<sub>2</sub>O

### **7.2 Použité pomůcky a přístroje**

Laboratorní sklo

Analytické váhy – KERN ABJ-NM 220 - 4NM

Rozkladný mikrovlnný laboratorní systém MLS 1200 mega

Hmotnostní spektrometr s ICP – Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS

Atomový absorpční spektrometr ContrAA 800D (Analytikjena, Německo)

### **7.3 Charakteristika vzorků**

Analyzována byla odrůda Ryzlink rýnský z vinohradu v Polešovicích. Na obrázku č. 11 je zobrazen daný vinohrad v Polešovicích. Sledované vzorky bobulí byly sesbírány v roce

2022 a vzorek sledovaného vína je ročník 2022. Rostliny révy vinné na této vinici jsou běžně ošetřovány pesticidními přípravky.



Pro ochranu révy vinné byly použity pesticidy, které jsou uvedeny v tabulce 1. Jedná se zejména o fungicidní prostředky.

Tabulka 1 Seznam pesticidních přípravků

Název produktu	Účinná látka [g.l <sup>-1</sup> ]	Choroba
Kumulus	Síra 800 g.l <sup>-1</sup>	Padlí révové
Rombus TRIO	tebukonazol 167 g.l <sup>-1</sup> , triadimenol 43 g.l <sup>-1</sup> , spiroxamin 250 g.l <sup>-1</sup>	padlí révové
Antre	probineb 700 g.l <sup>-1</sup> (obsahuje Zn)	červená spála, černá hniloba
Pegaso F	valifenalate 60 g.l <sup>-1</sup> , folpet 480 g.l <sup>-1</sup>	plíseň révová
Dynali	difenolkonazol 30 g.l <sup>-1</sup> , cyflufenamid 60 g.l <sup>-1</sup>	padlí révové, černá hniloba
Cymbal	cymoxanil 450 g.l <sup>-1</sup>	plíseň révová
Verita	fenamidon 44,4 g.l <sup>-1</sup> , fosetyl 667 g.l <sup>-1</sup> (obsahuje Al)	plíseň révová
Sulfolac	síra 798,4 g.kg <sup>-1</sup>	padlí révové
Aliette bordeaux	fosetyl 250 g.l <sup>-1</sup> , oxychlorid 250 g.l <sup>-1</sup> (obsahuje Al, Cu)	plíseň révová
Karathane	meptyldinokap 350 g.l <sup>-1</sup>	padlí révové
Luna experience	fluopyram 200 g.l <sup>-1</sup> , tebuko-nazol 200 g.l <sup>-1</sup>	padlí révové, bílá hniloba
Aquavvitrin	vodní sklo draselné 280 g.l <sup>-1</sup>	plíseň šedá, červená spála

## 7.4 Použité postupy a metody

### 7.4.1 Úprava vzorků

Pro úpravu vzorků v mé bakalářské práci jsem použila metodu mikrovlnného rozkladu. Tato metoda patří mezi nejvíce používané. Před měřením na hmotnostním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem je nutno vzorky takto upravit z důvodu vyloučení možných rušivých vlivů.

Mineralizace byla provedena u každého vzorku jednou, probíhala v 6 patronách. V patronách číslo 1 – 4 byly vzorky (každý vzorek byl analyzován duplicitně), v patroně číslo 5 bylo 0,1 g certifikovaného materiálu (zelená řasa) a 6. patrona sloužila jako slepý pokus. Do každé patrony bylo přidáno 2,5 ml kyseliny dusičné a 0,5 ml peroxidu vodíku. Následně byly vzorky vloženy na mikrovlnný rozklad do přístroje MLS 1200. Výsledné mineralizáty byly kvantitativně převedeny do 50 ml odměrných baněk, které byly doplněny po rysku redestilovanou vodou.

### 7.4.2 Příprava zásobních a kalibračních roztoků kovových prvků

Pro přípravu zásobních a kalibračních roztoků se použily standardní roztoky kovů o koncentraci  $1,000 \pm 0,002$  g/l v matrici 2% kyseliny dusičné. Konkrétní prvky jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Přehled sledovaných prvků

Prvek	Stanovovaný izotop	Prvek	Stanovovaný izotop
Hořčík	<sup>24</sup> Mg	Zinek	<sup>66</sup> Zn
Hliník	<sup>27</sup> Al	Arsen	<sup>75</sup> As
Vápník	<sup>44</sup> Ca	Selen	<sup>82</sup> Se
Titan	<sup>48</sup> Ti	Rubidium	<sup>87</sup> Rb
Vanad	<sup>51</sup> V	Molybden	<sup>100</sup> Mo
Chrom	<sup>52</sup> Cr	Kadmium	<sup>111</sup> Cd
Mangan	<sup>55</sup> Mn	Antimon	<sup>121</sup> Sb
Železo	<sup>57</sup> Fe	Baryum	<sup>137</sup> Ba
Nikl	<sup>60</sup> Ni	Olovo	<sup>208</sup> Pb
Měď	<sup>63</sup> Cu	Cín	<sup>118</sup> Sn

Byly připraveny kalibrační roztoky kovových prvků celkem do 9 odměrných baněk. Do každé odměrné baňky se přidalo po 2 ml kyseliny dusičné. Tyto kalibrační roztoky se použily pro atomovou absorpční spektrometrii. V tabulkách 3 a 4 jsou uvedené přehledy koncentrací jednotlivých prvků v daných odměrných baňkách.

Tabulka 3 Přehled koncentrací jednotlivých prvků pro AAS

Číslo odměrné baňky	<sup>66</sup> Zn [mg/l]	<sup>63</sup> Cu [mg/l]	<sup>57</sup> Fe [mg/l]	<sup>55</sup> Mn [mg/l]
0 (slepý pokus)	0	0	0	0
1	80	2	5	1
2	160	4	20	2
3	320	6	50	4
4	640	10	80	5

Tabulka 4 Přehled koncentrací jednotlivých prvků pro AAS

Číslo odměrné baňky	<sup>111</sup> Cd [µg/l]	<sup>60</sup> Ni [µg/l]	<sup>27</sup> Al [µg/l]
0 (slepý pokus)	0	0	0
1	5	25	125
2	10	50	250
3	15	75	375

Pro ICP – MS byl připraven zásobní roztok o koncentraci 10 mg/l jednotlivých prvků do 250 ml odměrné baňky. Následně se přidalo 2 ml kyseliny dusičné. Ze zásobního roztoku se vytvořily kalibrační roztoky o koncentracích 0,1 ppb, 1 ppb, 10 ppb a 100 ppb.

### **7.4.3 Příprava ladícího roztoku**

Připravil se kalibrační roztok, který obsahoval prvky Bi, In, Sc, Tb a Y v 5% kyselině dusičné o koncentraci 10 mg/l. Z tohoto kalibračního roztoku se vytvořil do 50 ml odměrné baňky ladící roztok o koncentraci 10 µg/l.



## 8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Koncentrace jednotlivých kovů mohou být nejspíše ovlivněny zejména pesticidními prostředky, přítomností kovů v půdě a možnou kontaminací při výrobě vína. Při sklizni bobulí jsou používány plastové nádoby, u kterých je pravděpodobnost kontaminace kovy minimální. K lisování bobulí a následnému kvašení jsou používány nerezové nádoby a zásobníky. V těchto případech by mohlo dojít ke kontaminaci kovy např. chromem, niklem nebo molybdenem. Na odstranění nečistot, které zůstávají na čířidlech, je používáno bentonitové čiření.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách spolu s koncentracemi izotopů kovů. Pro každý sledovaný kov je vytvořen graf. Jednotlivé vzorky byly měřeny dvakrát vedle sebe a výsledky byly zprůměrovány. V tabulce 5 jsou uvedeny pro větší přehlednost zkratky pro jednotlivé vzorky.

Tabulka 5 Zkratky pro jednotlivé vzorky

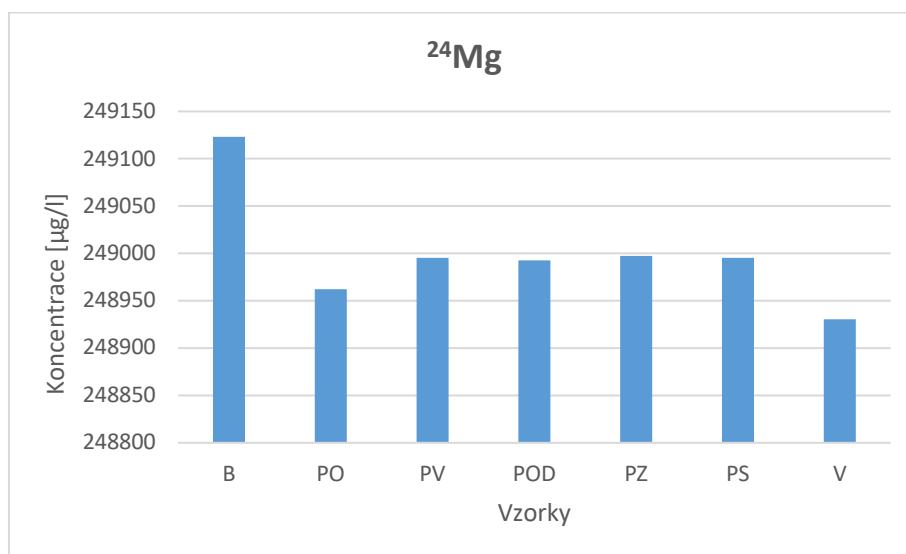
Vzorek	Zkratka
Bobule	B
Po odstropkování	PO
Po vylisování	PV
Po odkalení	POD
Po zákvasu	PZ
Po jedné stáčce	PS
Víno	V

Tabulka 6 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích

Vzorek	c [µg/l]				
	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>44</sup> Ca	<sup>48</sup> Ti	<sup>51</sup> V
<b>B</b>	249123,3	2827,75	1620,5	1,40125	13,23
<b>PO</b>	248962,5	2791	1591	1,325	12,075
<b>PV</b>	248995,5	2795,5	1597	1,346	12,42
<b>POD</b>	248992,5	2796,5	1593	1,344	12,265
<b>PZ</b>	248997,5	2798,5	1595,5	1,345	12,275
<b>PS</b>	248995,5	2798	1596	1,343	12,48
<b>V</b>	248930,5	2791,5	1580,5	1,338	11,92

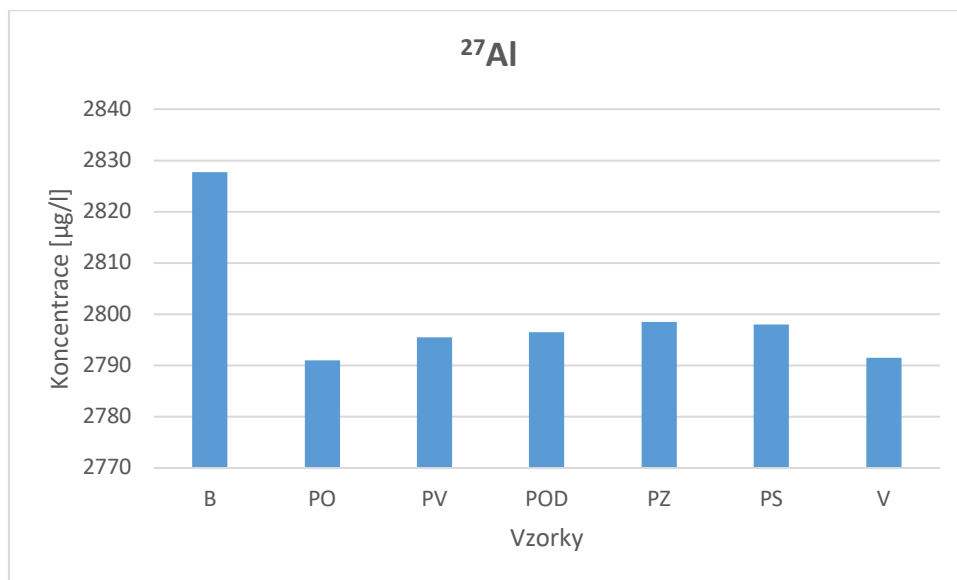
Hořčík, hliník a vápník se běžně v půdě nachází ve zvýšených koncentracích, z tohoto důvodu lze odvodit zvýšenou koncentraci těchto kovů ve vzorcích.

V zemině se hořčík vyskytuje jako jeden z alkalických kovů. Je základní složkou chlorofylu, z tohoto důvodu má důležitou funkci pro rostliny. Průměrný obsah hořčíku v půdě se pohybuje 0,4 – 0,6 % a je závislý na minerálním složení mateční horniny. Průmyslová hnojiva mohou mít vliv na snížení obsahu hořčíku v půdě. U sledovaných vzorků byl největší obsah hořčíku u bobulí. U ostatních vzorků obsah hořčíku lehce poklesl. [21]



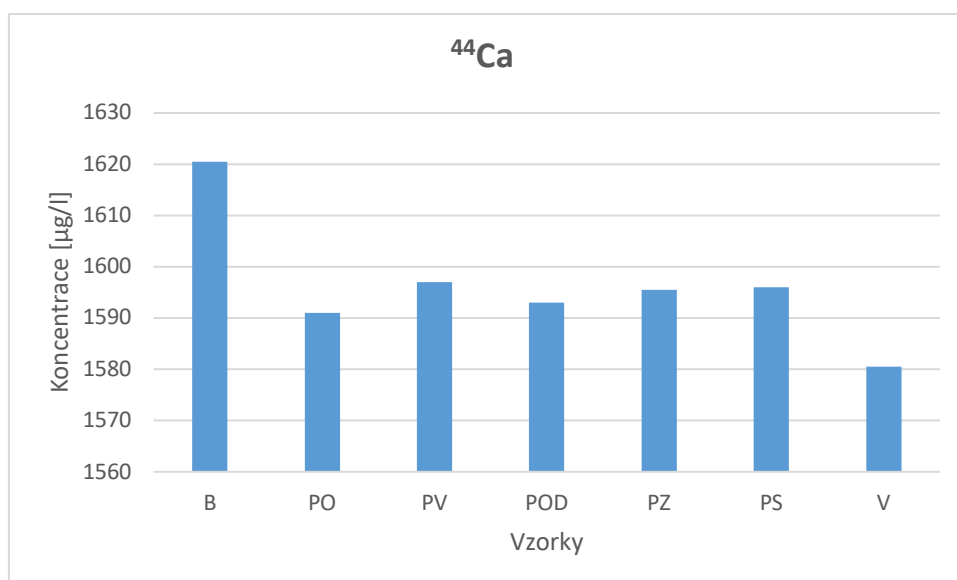
Obrázek 11 Naměřené koncentrace izotopu hořčíku ve vzorcích

V půdě se hliník běžně vyskytuje ve formě nerozpustných sloučenin. Na koncentraci hliníku v půdě mají vliv i pesticidní přípravky. Nejvyšší koncentrace hliníku u sledovaných vzorků je v bobulích. [22]



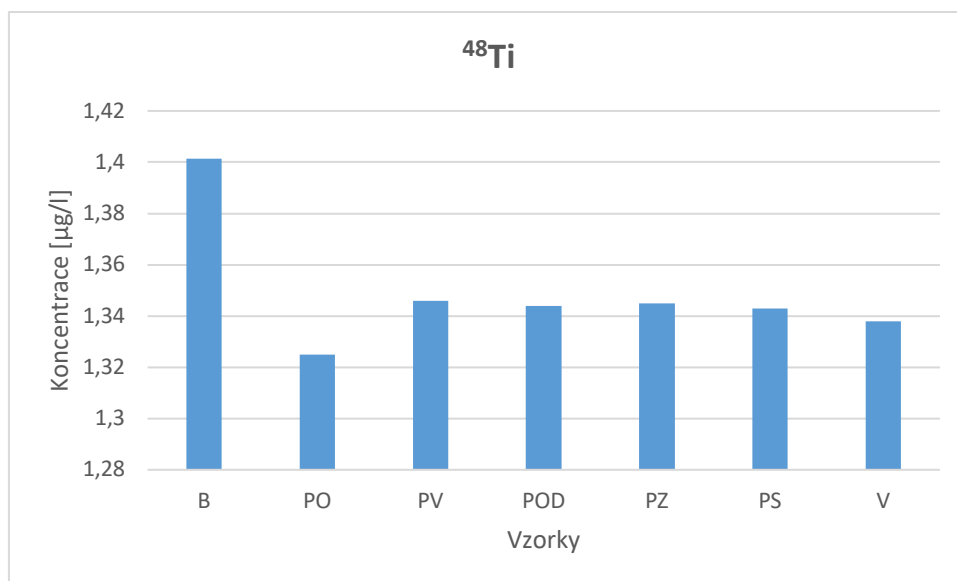
Obrázek 12 Naměřené koncentrace izotopu hliníku ve vzorcích

Ve vínech je vápník sledovaným prvkem. Průměrná koncentrace vápníku ve vínech je 10 – 200 mg/l. Ve všech sledovaných vzorcích je koncentrace vápníku podprůměrná. [23]



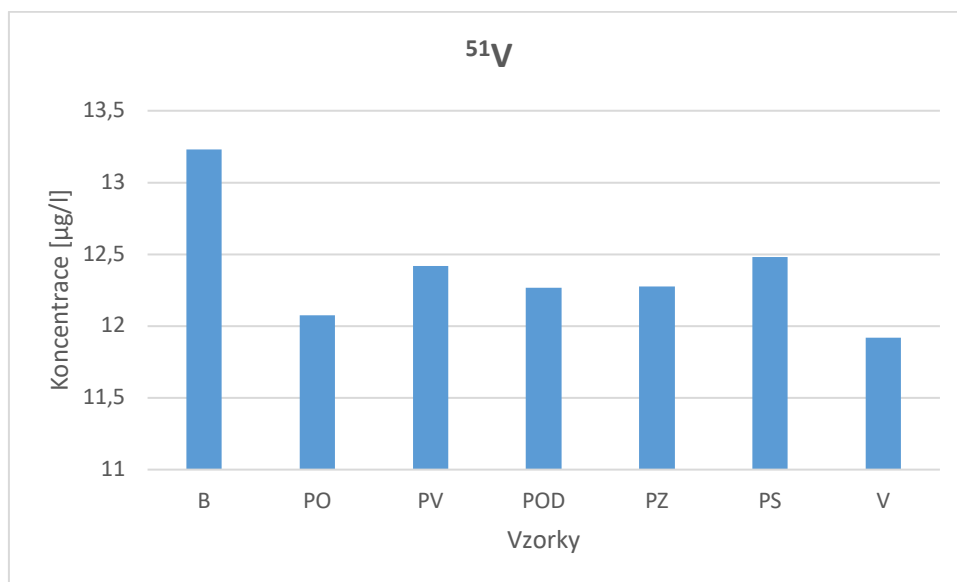
Obrázek 13 Naměřené koncentrace izotopu vápníku ve vzorcích

Největší obsah titanu je ve vzorku bobulí. Z grafu je zřejmé, že v průběhu výroby koncentrace titanu klesá.



Obrázek 14 Naměřené koncentrace izotopu titanu ve vzorcích

Z výsledků je patrné, že koncentrace vanadu v průběhu výroby kolísá. Lze pozorovat i pokles po bentonitovém čiření vína (POD), kterým jsou odstraněny nečistoty a zákal.

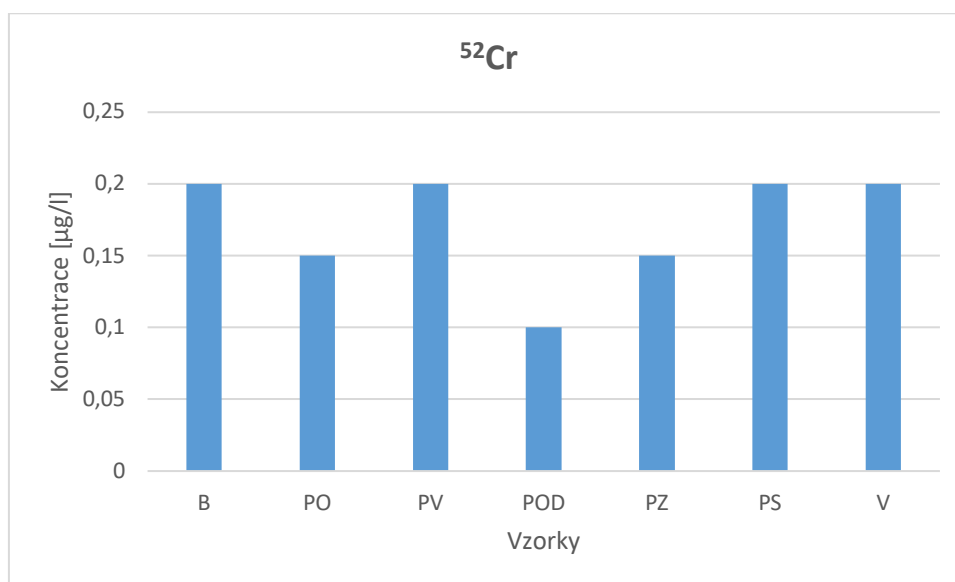


Obrázek 15 Naměřené koncentrace izotopu vanadu ve vzorcích

Tabulka 7 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích

Vzorek	c [µg/l]				
	<sup>52</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu
<b>B</b>	0,2	992,5	151,15	64	199,175
<b>PO</b>	0,15	936	140,65	59,85	189,3
<b>PV</b>	0,2	955	143,65	60,75	192,6
<b>POD</b>	0,1	952	144,05	61,1	192,85
<b>PZ</b>	0,15	951	143,65	61,35	192,3
<b>PS</b>	0,2	956	144,15	61,5	192,6
<b>V</b>	0,2	928,5	140,15	59,3	189,5

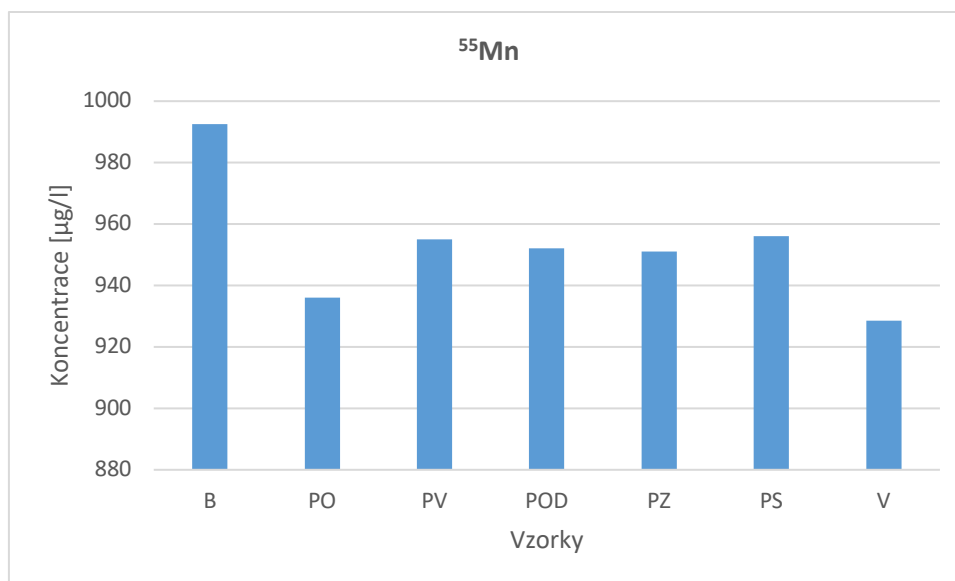
Chrom je prvek, který má negativní vliv na zdraví člověka. Obsah chromu v půdě se uvádí 250 mg/kg. Naměřené koncentrace u sledovaných vzorků jsou oproti uvedenému obsahu v půdě velice nízké, a v průběhu výroby kolísá. Lze tedy konstatovat, že naměřené koncentrace chromu nemají negativní vliv na zdraví člověka. [24]



Obrázek 16 Naměřené koncentrace izotopu chromu ve vzorcích

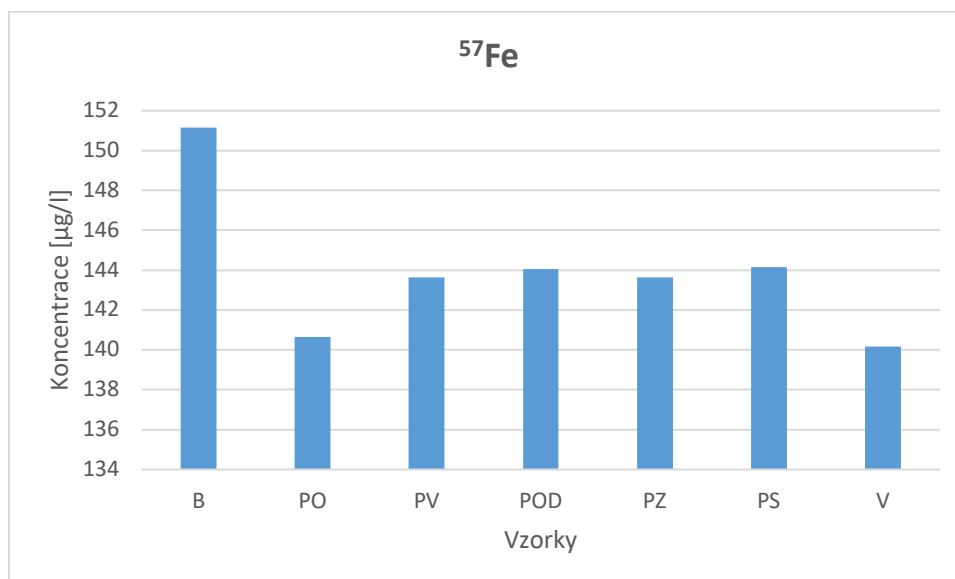
Obsah manganu v půdě se pohybuje v rozmezí 0,01 – 0,29 %. V půdě jej nacházíme např. ve formě rozpustného  $Mn^{2+}$ , těžce rozpustných solí a oxidů a jejich hydrátů. Obsah

přístupného manganu v půdách ČR kolísá od 1 do 235 mg/kg. Koncentrace manganu je nejvyšší v bobulích a poté klesá. [21]



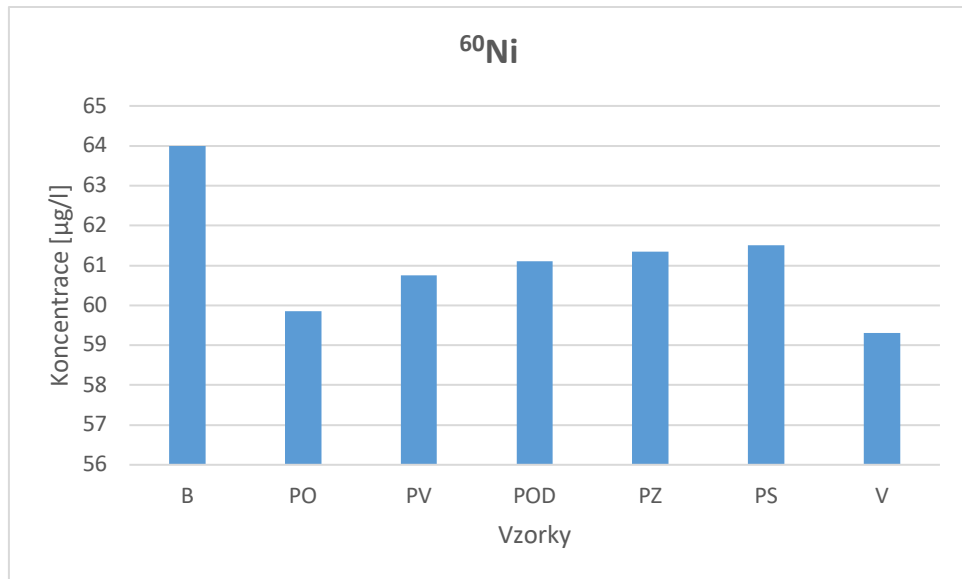
Obrázek 17 Naměřené koncentrace izotopu manganu ve vzorcích

Železo je prvek, který je ve víně vždy obsažen. Vysoká koncentrace má ale negativní vliv na tvorbu zákalů a chuti vína. Železo se do rostliny může dostávat z ornice, ze které je transportováno do hlubších vrstev půdy. V závislosti na stupni oxidace a pH půdy může dojít k jeho vysrážení. Při používání železných nádob při procesu výroby vína může dojít ve styku s kyselinou vinnou k uvolňování železa, což v případě sledovaných vzorků neplatí. Při výrobě těchto vzorků byly použity plastové a nerezové nádoby a nástroje. [21]



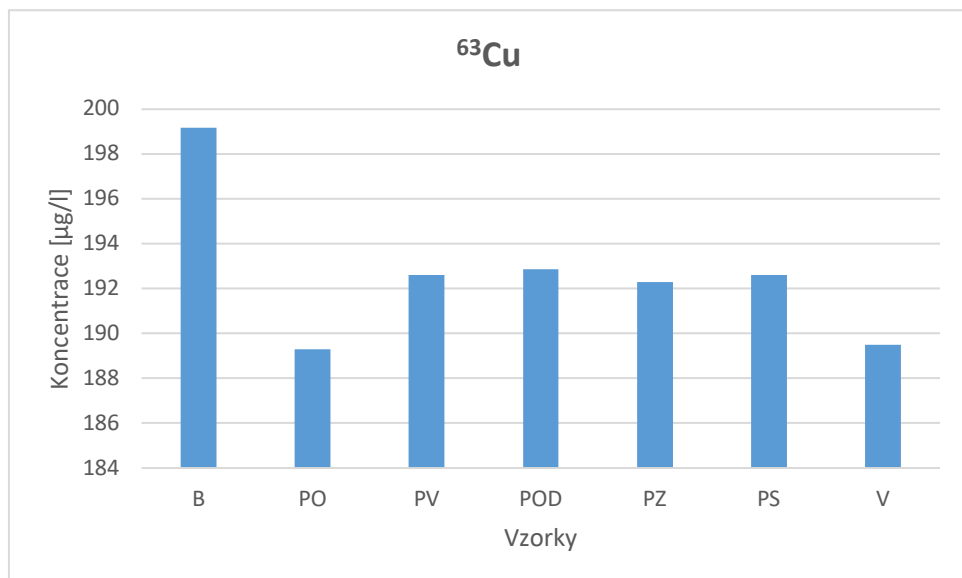
Obrázek 18 Naměřené koncentrace izotopu železa ve vzorcích

Koncentrace niklu je nejvyšší u vzorku bobulí a následně klesá. Má obdobný trend jako u předchozího kovu, železa.



Obrázek 19 Naměřené koncentrace izotopu niklu ve vzorcích

Měď se do vzorků mohla dostat z půdy, použitím pesticidů nebo měďnatých sloučenin pro eliminaci zápachu sirných sloučenin. Směrnice ES č. 606/2009 definuje maximální koncentraci mědi ve víně 1 mg/l. Koncentrace mědi ve vzorcích se pohybují od 0,189 – 0,199 mg/l, což je v souladu s danou směrnicí. [25]



Obrázek 20 Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích

Tabulka 8 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích

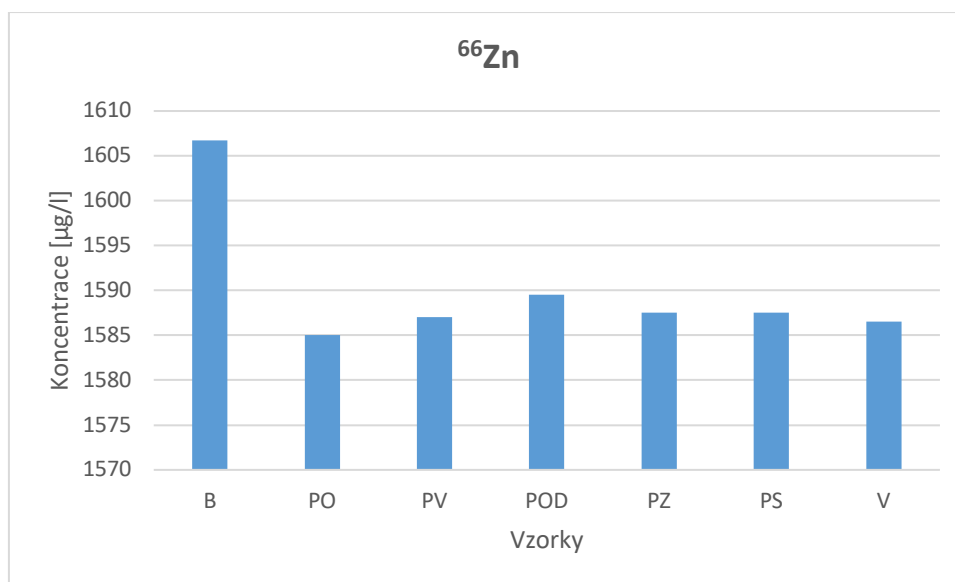
Vzorek	c [µg/l]				
	<sup>66</sup> Zn	<sup>75</sup> As	<sup>82</sup> Se	<sup>87</sup> Rb	<sup>100</sup> Mo
<b>B</b>	1606,75	<D.L	<D.L	909,5	1,645
<b>PO</b>	1585	<D.L	<D.L	888	1,44
<b>PV</b>	1587	<D.L	<D.L	885,5	1,455
<b>POD</b>	1589,5	<D.L	<D.L	889,5	1,47
<b>PZ</b>	1587,5	<D.L	<D.L	893	1,465
<b>PS</b>	1587,5	<D.L	<D.L	885	1,47
<b>V</b>	1586,5	<D.L	<D.L	879,5	1,46

Pozn. D.L. – Limit detekce přístroje

U vzorků se koncentrace izotopů arsenu a selenu pohybovala pod mez detekce přístroje.

Koncentrace zinku v půdě se pohybuje okolo 10 – 300 mg/l převážně anorganicky vázaný.

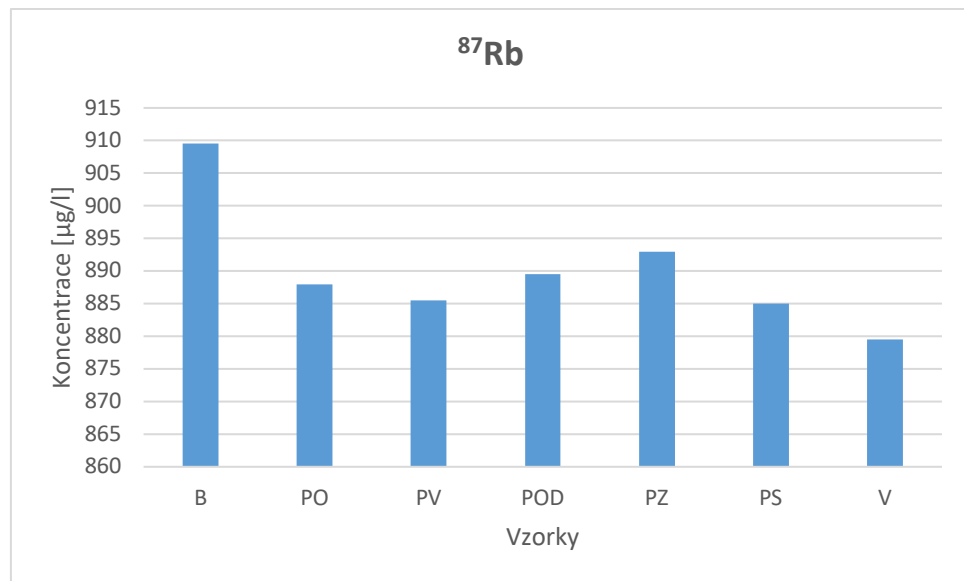
Ve sledovaných vzorcích může být obsah zinku ovlivněn použitím chemického přípravku Antre, který jej obsahuje. Nejvyšší koncentrace je opět v bobulích. [21]



Obrázek 21 Naměřené koncentrace izotopu zinku ve vzorcích

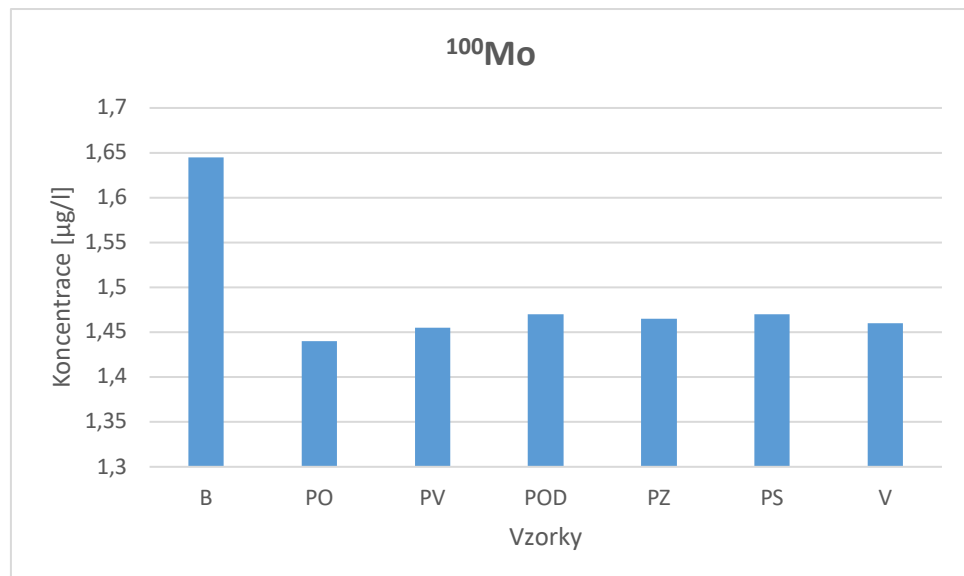


Obsah rubidia ve sledovaných vzorcích kolísá. Koncentrace rubidia ve vzorcích se pohybuje v rozmezí od 0,875 – 0,909 mg/l.



Obrázek 22 Naměřené koncentrace izotopu rubidia ve vzorcích

Koncentrace molybdenu je v půdě oproti ostatním prvkům nízká, pohybuje se v průměru ve výši 3 mg/kg. Do půdy se molybden může dostávat prostřednictvím hnojiv. Hodnoty molybdenu ve sledovaných vzorcích mají stabilní hodnotu, výjimku tvoří vzorek bobulí. [21]



Obrázek 23 Naměřené koncentrace izotopu molybdenu ve vzorcích

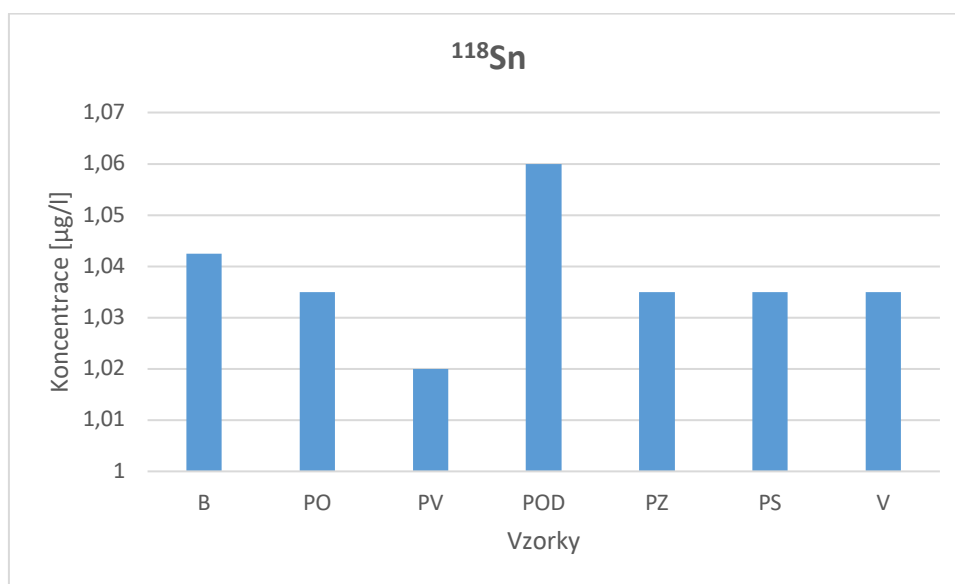
Tabulka 9 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích

Vzorek	c [µg/l]				
	<sup>111</sup> Cd	<sup>118</sup> Sn	<sup>121</sup> Sb	<sup>137</sup> Ba	<sup>208</sup> Pb
<b>B</b>	<D.L	1,0425	0,8725	25,9	0,175
<b>PO</b>	<D.L	1,035	0,61	23,9	0,15
<b>PV</b>	<D.L	1,02	0,63	23,9	0,15
<b>POD</b>	<D.L	1,06	0,63	24,1	0,15
<b>PZ</b>	<D.L	1,035	0,635	24,15	0,15
<b>PS</b>	<D.L	1,035	0,645	23,8	0,15
<b>V</b>	<D.L	1,035	0,635	23,7	0,1

Pozn. D.L. – Limit detekce přístroje

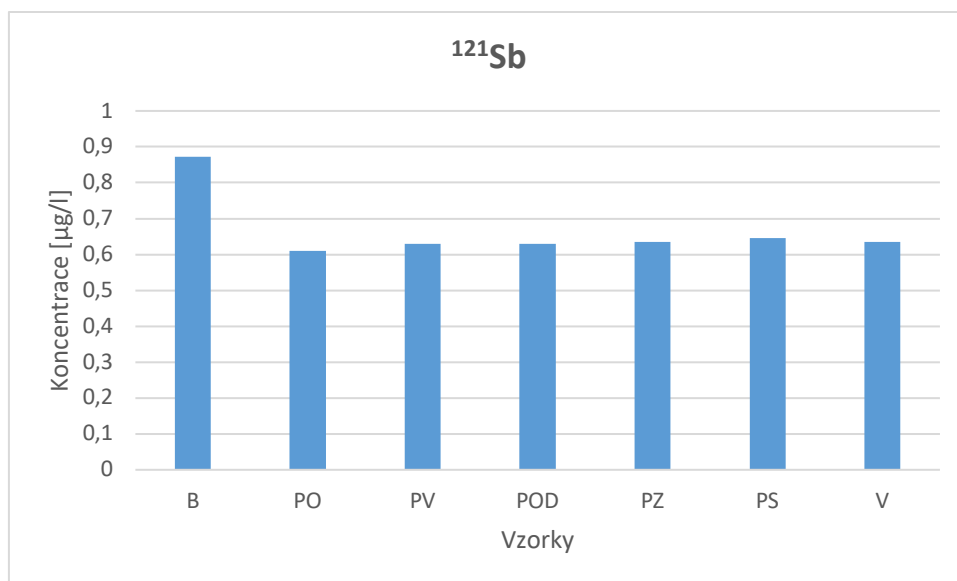
U vzorků se přítomnost kadmia pohybovala pod limitem detekce přístroje. Jeho přítomnost nešlo tedy ověřit.

Koncentrace cínu je u jednotlivých vzorků nestabilní. Jeho nejvyšší obsah je ve fázi po odkalení.



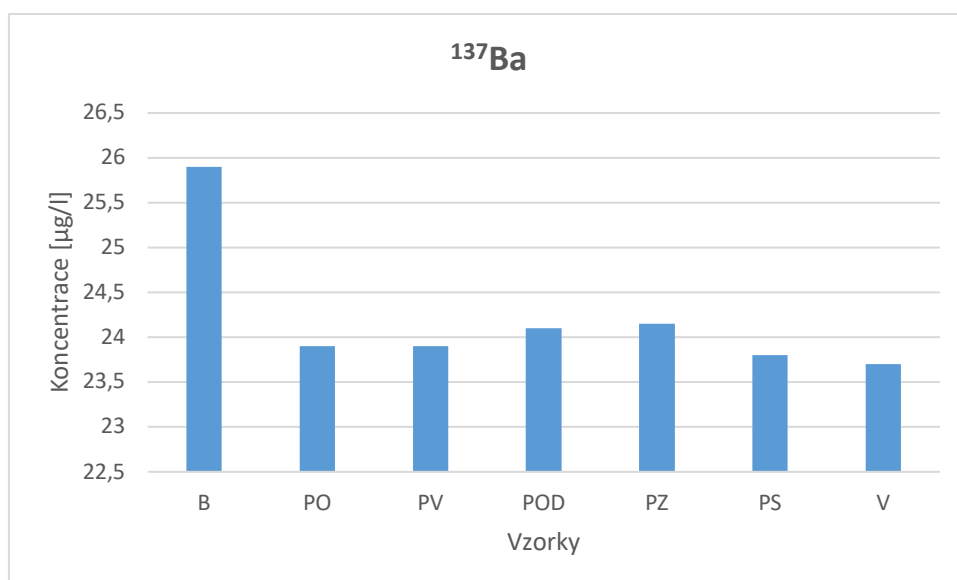
Obrázek 24 Naměřené koncentrace izotopu cínu ve vzorcích

Z výsledku sledování obsahu koncentrace antimonu vyplývá, že jeho obsah v různých fázích výroby vína je téměř neměnný. Nejvyšší koncentrace je u bobulí.



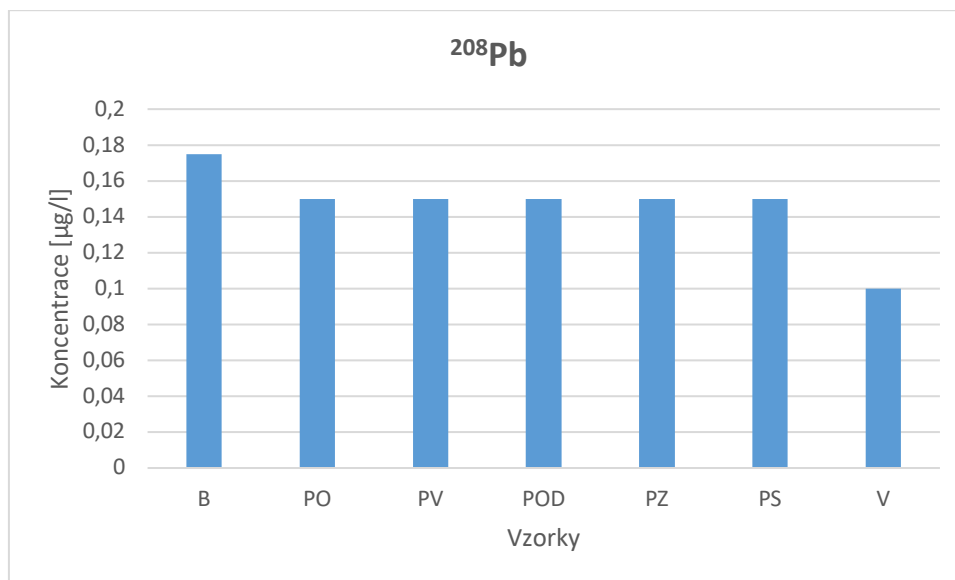
Obrázek 25 Naměřené koncentrace izotopu antimonu ve vzorcích

Na základě proběhlého měření lze konstatovat, že mezi obsahem barya v jednotlivých vzorcích je minimální rozdíl. Nejvyšší obsah barya je v bobulích, tj. o 1  $\mu\text{g/l}$  více než u vzorku s druhou nejvyšší hodnotou, tj. po zákvasu.



Obrázek 26 Naměřené koncentrace izotopu barya ve vzorcích

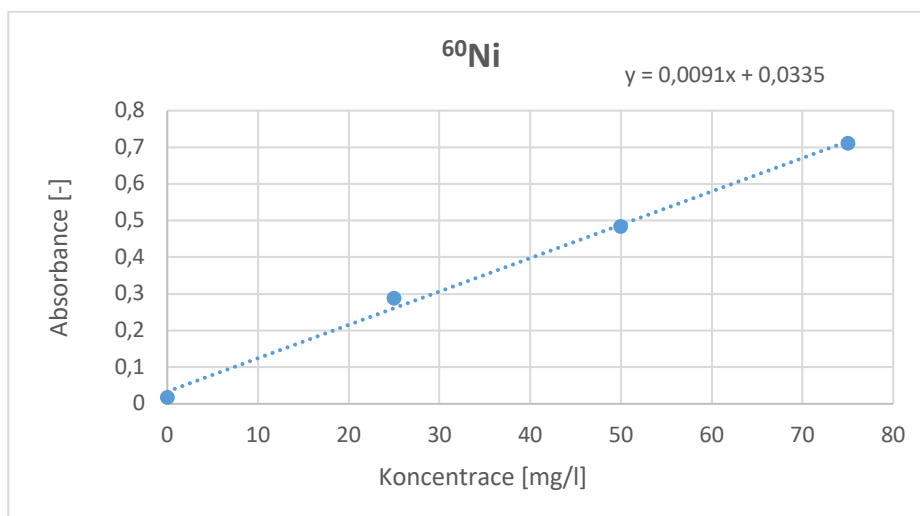
Maximální obsah olova je definován v nařízení ES č. 78/2005 hodnotou 0,2 mg/kg z důvodu negativního vlivu olova na zdraví člověka. Vzorky nedosahují limitní koncentrace a jejich hodnoty jsou téměř identické.



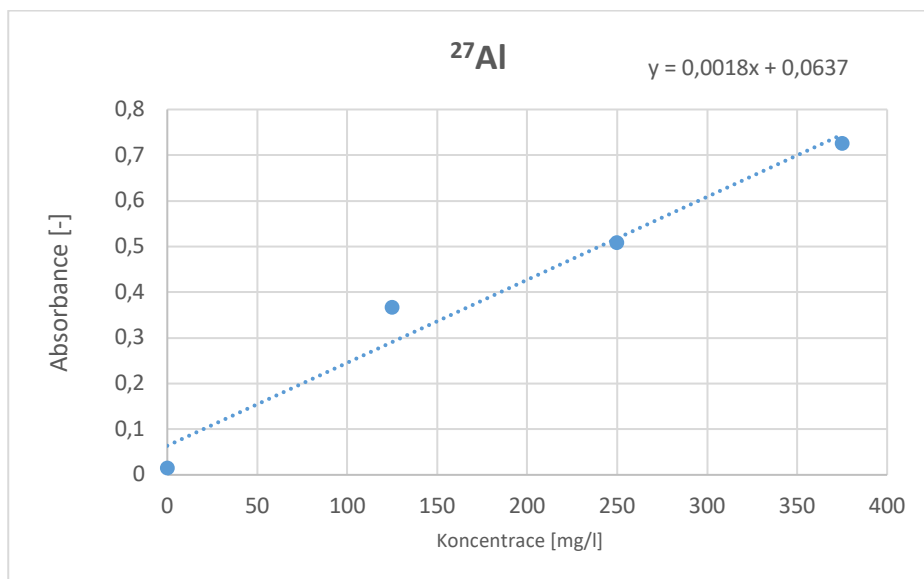
Obrázek 27 Naměřené koncentrace izotopu olova ve vzorcích

Všechny výše uvedené změřené hodnoty jsou provedeny metodou ICP – MS. Dále byla použita plamenová AAS a elektrotermická AAS, výsledné hodnoty vzorků byly pod mezí detekce. Na základě této skutečnosti je zřejmé, že AAS (plamenová i elektrotermická) není vhodná pro zjišťování velmi malých koncentrací.

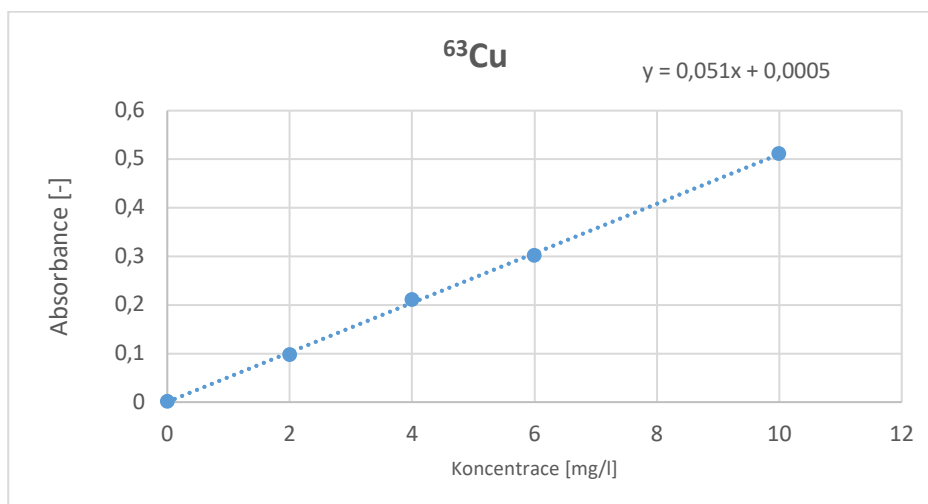
Níže jsou uvedeny příklady kalibračních přímek pro plamenovou i elektrotermickou AAS.



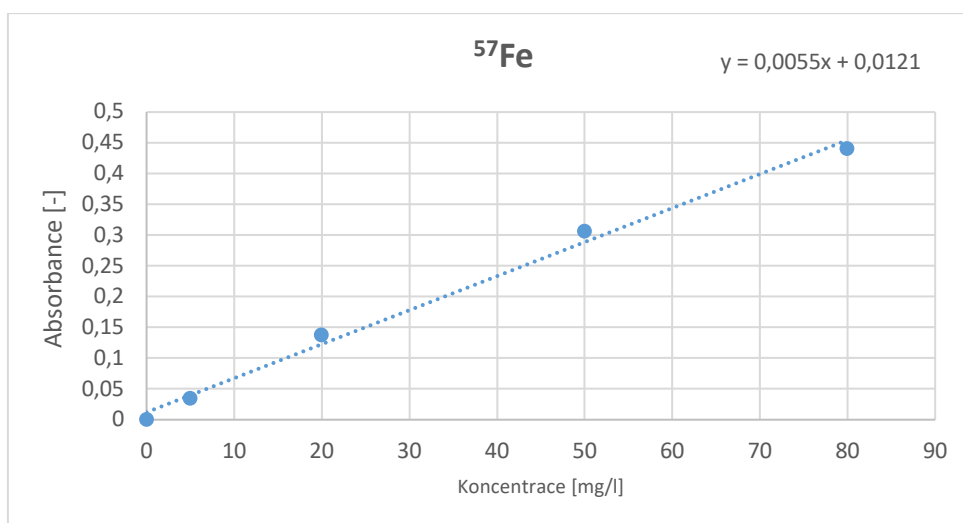
Obrázek 28 Kalibrační přímka standardů pro nikl



Obrázek 29 Kalibrační přímka standardů pro hliník



Obrázek 30 Kalibrační přímka standardů pro měď



Obrázek 31 Kalibrační přímka standardů pro železo

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zjistit koncentraci kovových prvků v jednotlivých sledovaných vzorcích révy vinné a současně srovnat obsah těchto prvků v různých fázích výroby vína.

Sledování koncentrace kovů ve víně je v praxi nutné z více důvodů. Prioritou je vliv konzumace vína na zdraví člověka, kdy obsah těžkých kovů, zejména olova, arsenu a kadmia, není žádoucí. Přítomnost dalších kovů jako např. železo, měď, zinek mají vliv na kvalitu vína. Při vysokých koncentracích vznikají v průběhu procesu výroby vína zákal a ovlivňují tak výsledný produkt.

Teoretická část bakalářské práce byla rozdělena do několika kapitol. V prvních dvou kapitolách byla stručně popsána rostlina révy vinné a dále byla uvedena klasifikace vín. Další kapitola byla věnována chemickému složení vína a obecnému popisu jednotlivých složek. Kovy, které je možno nalézt ve víně, jsou uvedeny ve čtvrté kapitole. Tato kapitola se zabývá konkrétními kovy, jakým způsobem ovlivňují kvalitu a chuť vína, jaký je jejich zdroj nebo také jaký vliv mají na zdraví člověka. V poslední kapitole teoretické části jsou popsány metody, kterými je možno stanovit kovy ve víně. Pro naplnění cíle bakalářské práce byly vybrány metody ICM – MS a AAS, jejichž princip je také v ní uveden.

Ke stanovení koncentrace kovů ve víně byly analyzovány vzorky v průběhu výroby vína odrůdy Ryzlink rýnský, ročník 2022, vinice Polešovice, vinařství Rochůz. K posouzení vlivu používaných ochranných prostředků byl k této práci poskytnut seznam pesticidních přípravků.

Analýzou byla sledována koncentrace dvaceti kovových prvků. Vzorky byly nejdříve podrobeny mikrovláknému rozkladu. Analýza poskytnutých vzorků byla provedena oběma metodami. Výsledné koncentrace jednotlivých prvků ve vzorcích z plamenové a elektrotermické AAS byly pod mezí detekce přístroje. Z toho lze odvodit, že plamenová a elektrotermická AAS není vhodná pro stanovení stopových koncentrací prvků.

Zvýšenou koncentraci je možno sledovat u hořčíku a vápníku. Toto lze vysvětlit zvýšeným obsahem těchto kovů v půdě, což je běžný jev. Dalším zdrojem může být spodní voda, ze které v období sucha réva vinná čerpá vodu a živiny. Hořčík je standardně obsažen ve stopce a dužnině i toto je jedním z možných důvodů zvýšené koncentrace.

Další zvýšenou koncentraci můžeme sledovat u hliníku. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna ve vzorku bobulí. Používané ochranné prostředky Antre a Aliette bordeaux obsahují hliník, a tím pravděpodobně dochází k jeho zvýšené koncentraci.

Z výsledků analýzy je zřejmé, že obsah těžkých kovů, olova a arsenu, s negativním vlivem na zdraví člověka je v limitech stanovených legislativou Evropské unie (ES č. 78/2005 – 0,2 mg/l). Hodnoty arsenu, selenu a kadmia se pohybovaly pod limitem detekce přístroje.

Výskyt kovů chromu a cínu je v průběhu výroby vína kolísavý, což může být způsobeno použitím nerezových nádob a pomůcek v určité fázi procesu výroby.

U ostatních sledovaných prvků je nejvyšší výskyt koncentrace kovů vždy u vzorku bobulí. Z důvodu odstranění bílkovin se provádí číření a stabilizace bentonitem, v rámci tohoto procesu se může snižovat koncentrace kovů ve výsledném produktu. Z naměřených nízkých koncentrací kovů ve vzorku vína lze předpokládat, že použití bentonitu v průběhu procesu výroby vína snižuje obsah kovů.

Z výsledků je zřejmé, že mezi hlavní zdroje kovů ve sledovaných vzorcích patří geologické podloží, složení půdy, případně spodních vod. Dalším důležitým faktorem je použití ochranných chemických postřiků a jejich míra.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MICHLOVSKÝ, Miloš. *Lexikon chemického složení vína: příručka praktického vinaře*. Rakvice: Vinselekt Michlovský, 2014. ISBN 978-80-905319-2-5.
- [2] MICHLOVSKÝ, Miloš. *Bobule*. Rakvice: Vinselekt Michlovský, 2014. ISBN 978-80-905319-3-2.
- [3] PAVLOUŠEK, Pavel. *Výroba vína u malovinařů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3487-3.
- [4] KRAUS, Vilém a Jiří KOPEČEK. *Setkání s vínem*. Aktualiz. vyd. Praha: Radix, 2012. ISBN 978-80-86031-96-5.
- [5] KRAUS, Vilém, Zuzana FOFFOVÁ a Bohumil WURM. *Nová encyklopedie českého a moravského vína*. Praha: Praga Mystica, c2005-c2008. ISBN 978-80-86767-09-3.
- [6] MAREŠOVÁ, Věra. *Ekotoxikologie. Kovy. Průmyslové látky*. [online]. In: . Univerzita Karlova [cit. 2023-02-08]. Dostupné z: [https://soudni.lf1.cuni.cz/file/5684/04\\_NT\\_Ekotoxikologie.pdf](https://soudni.lf1.cuni.cz/file/5684/04_NT_Ekotoxikologie.pdf)
- [7] JUGA, Petr. *Vliv stresu vyvolaného suchem na révu vinnou a kvalitu hroznů*. Lednice, 2015. Dostupné také z: [https://theses.cz/id/54yl49/zaverecna\\_prace.pdf](https://theses.cz/id/54yl49/zaverecna_prace.pdf). Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta. Vedoucí práce Pavel Pavloušek.
- [8] Rozdělení vín v ČR. In: *Velkovinotéka* [online]. ©2017 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.velkovinoteka.cz/rozdeleni-vin-v-cr-m40/>
- [9] BORŮVKA, Luboš, Josef KOZÁK a Světla KRIŠTOUFKOVÁ. Speciace těžkých kovů v kontaminované půdě. *Chemické listy* [online]. Praha, 1997(91), 868-870 [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997\\_10\\_868-870.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_10_868-870.pdf)



- [10] VIKTOR, Kanický. *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS* [online]. In: . Brno, 2007 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/sci/jaro2007/C6300/Kanicky\\_ICP\\_MS\\_vyuka.pdf](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2007/C6300/Kanicky_ICP_MS_vyuka.pdf)
- [11] HOŘČIČKOVÁ, Ivana. *Analýza vín pomocí ICP-MS - stanovení těžkých kovů*. Zlín, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická. Vedoucí práce Lenka Veverková.
- [12] *Atomová spektrometrie* [online]. In: . [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~koplikr/Atomová%20%20spektrometrie.pdf>
- [13] ŠENKÁROVÁ, Lenka. *Optické metody*. Zlín, 2022. Power point prezentace.
- [14] MIHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemie. *Chemické listy* [online]. Praha, 2004(98), 123-130 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004\\_03\\_02.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf)
- [15] ŠKRABALOVA, Martina. *Stanovení těžkých kovů ve víně*. Zlína, 2019. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická. Vedoucí práce Lenka Šenkárová.
- [16] Determination of metals in wine with atomic spectroscopy (flame-AAS, GF-AAS and ICP-AES). *FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS* [online]. 2010, 126-133 [cit. 2023-04-06]. ISSN 0265-203X. Dostupné z: doi:10.1080/02652030110071336
- [17] Arsenic speciation in white wine by LC-ICP-MS. *FOOD CHEMISTRY* [online]. 2011, 126(3), 1406-1411 [cit. 2023-04-06]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2010.11.120
- [18] Classification of wines according to several factors by ICP-MS multi-element analysis. *FOOD CHEMISTRY* [online]. 2019(270), 273-280 [cit. 2023-04-06]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.07.087

- [19] Vitamins in wine: Which, what for, and how much?. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY* [online]. 2021, **3**(20), 2991-3035 [cit. 2023-04-06]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12743
- [20] Carbohydrate-flavour conjugates in wine. *CARBOHYDRATE POLYMERS: 0144-8617* [online]. 1999, 3(38), 283-286 [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: doi:10.1016/S0144-8617(98)00103-9
- [21] RICHTER, Rostislav. *Živinný režim půd* [online]. [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pud\\_y/puda\\_mg.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pud_y/puda_mg.htm)
- [22] HRUŠKA, J., E. CIENCIALA, P. MORAVČÍK, T. NAVRÁTIL, J. HOFMEISTER, 2001: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví I. – *Lesnická práce* 80, 12, 494-495. ISSN 0322-9254
- [23] STEIDL, R. 2002. Sklepní hospodářství, Národní salón vín. ISBN 80-903201-0-4
- [24] GERYCH, Pavel. *Výskyt chromu v životním prostředí*. Zlín, 2006. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Josef Houser.
- [25] KNÁPEK, Jan, Romana BUCHTOVÁ a Dagmar VOŠMEROVÁ. Stanovení mědi ve víně plamenovou atomovou absorpční spektrometrií. 2010. ISBN 978-80-7395-282-2.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

B	Bobule
PO	Po odstopkování
PV	Po vylisování
POD	Po odkalení
PZ	Po zákvasu
PS	Po jedné stáčce
V	Víno
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
ICP – MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Popis stavby hroznu a bobule [4].....	12
Obrázek 2 Schéma atomové absorpční spektrometrie [12].....	26
Obrázek 3 Schéma atomového absorpčního spektrometru .....	26
Obrázek 4 Schéma plazmové hlavice [15] .....	28
Obrázek 5 Schéma optického emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [15] .....	28
Obrázek 6 Schéma atomové fluorescenční spektrometrie.....	30
Obrázek 7 Schéma vlnově disperzního rentgenového spektrometru .....	30
Obrázek 8 Schématické uspořádání energiově rentgenového spektrometru.....	31
Obrázek 9 Schématické uspořádání hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem [10].....	33
Obrázek 10 Ryzlink rýnský [4] .....	34
Obrázek 11 Naměřené koncentrace izotopu hořčíku ve vzorcích.....	42
Obrázek 12 Naměřené koncentrace izotopu hliníku ve vzorcích.....	43
Obrázek 13 Naměřené koncentrace izotopu vápníku ve vzorcích .....	43
Obrázek 14 Naměřené koncentrace izotopu titanu ve vzorcích .....	44
Obrázek 15 Naměřené koncentrace izotopu vanadu ve vzorcích.....	44
Obrázek 16 Naměřené koncentrace izotopu chromu ve vzorcích .....	45
Obrázek 17 Naměřené koncentrace izotopu manganu ve vzorcích.....	46
Obrázek 18 Naměřené koncentrace izotopu železa ve vzorcích .....	46
Obrázek 19 Naměřené koncentrace izotopu niklu ve vzorcích .....	47
Obrázek 20 Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích .....	47
Obrázek 21 Naměřené koncentrace izotopu zinku ve vzorcích .....	48
Obrázek 22 Naměřené koncentrace izotopu rubidia ve vzorcích.....	49
Obrázek 23 Naměřené koncentrace izotopu molybdenu ve vzorcích .....	49
Obrázek 24 Naměřené koncentrace izotopu cínu ve vzorcích .....	50
Obrázek 25 Naměřené koncentrace izotopu antimonu ve vzorcích .....	51
Obrázek 26 Naměřené koncentrace izotopu barya ve vzorcích .....	51
Obrázek 27 Naměřené koncentrace izotopu olova ve vzorcích .....	52
Obrázek 28 Kalibrační přímka standardů pro nikl .....	52
Obrázek 29 Kalibrační přímka standardů pro hliník .....	53
Obrázek 30 Kalibrační přímka standardů pro měď .....	53
Obrázek 31 Kalibrační přímka standardů pro železo .....	53

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Seznam pesticidních přípravků .....	37
Tabulka 2 Přehled sledovaných prvků .....	38
Tabulka 3 Přehled koncentrací jednotlivých prvků pro AAS .....	39
Tabulka 4 Přehled koncentrací jednotlivých prvků pro AAS .....	39
Tabulka 5 Zkratky pro jednotlivé vzorky .....	41
Tabulka 6 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích .....	42
Tabulka 7 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích .....	45
Tabulka 8 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích .....	48
Tabulka 9 Přehled naměřených koncentrací kovových izotopů ve vzorcích .....	50

