



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**STUDIUM GEOGRAFICKÉ AUTENTICITY MORAVSKÝCH
ČERVENÝCH VÍN**

STUDY OF GEOGRAPHICAL AUTHENTICITY OF MORAVIAN RED WINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Bidmonová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1557/2019 Akademický rok: 2019/20
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Karolína Bidmonová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Studium geografické autenticity moravských červených vín

Zadání bakalářské práce:

Rozšíření a validace existujícího modelu pro klasifikaci moravských červených vín

1. Vypracování teoretické části práce
2. Zajištění dostatečného množství vzorků ze 4 moravských vinařských podoblastí
3. Analýza vzorků vín pomocí technik ICP–OES a ICP–MS, HPLC
4. Zpracování naměřených výsledků, diskuse výsledků práce

Termín odevzdání bakalářské práce: 31.7.2020:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Karolína Bidmonová
student(ka)

Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2020

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je diskutováno o možnosti využití analytických metod ke stanovení prvkového profilu vína a ke zjištění fenolických látek ve víně. V teoretické části jsou popsány české a moravské podoblasti, chemické složení vína, autenticita a metody posuzování autenticity vína. Další část obsahuje stručný popis analytických metod, které byly využity v experimentální části. Experimentální část se zabývá stanovení prvkového profilu vína pomocí hmotnostní a opticky emisní spektrometrie, stanovením fenolických látek pomocí vysoce účinné kapalinové chromatografie, stanovením antioxidační aktivity a celkového obsahu fenolických látek. Pro účely klasifikace vzorků vín do skupin byly využity vícerozměrné statistické metody (shluková analýza, analýza hlavních komponent, analýza rozptylu a diskriminační analýza) s cílem oddělení skupin dle geografického původu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Réva vinná, víno, autenticita, geografický původ, elementární analýza, HPLC, ICP-MS, ICP-OES, statistická analýza

ABSTRACT

This bachelor thesis discusses the possibility of using analytical methods to determine the elemental profile of wine and to detect phenolic substances in wine. The theoretical part describes the Czech and Moravian subregions, chemical composition of wine, authenticity and methods of assessing the authenticity of wine. The next part contains a brief description of the analytical methods that were used in the experimental part. The experimental part deals with the determination of the elemental profile of wine by mass and optical emission spectrometry, the determination of phenolic substances by high performance liquid chromatography, the determination of antioxidant activity and the total content of phenolic substances. For the purpose of classifying wine samples into groups, multidimensional statistical methods (cluster analysis, principal component analysis, analysis of variance and discriminant analysis) were used to separate the groups according to geographical origin.

KEYWORDS

Vitis Vinifera, wine, authenticity, geographical origin, elemental analysis, HPLC, ICP-MS, ICP-OES, statistical analysis

BIDMONOVÁ, Karolína. *Studium geografické authenticity moravských červených vín*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124072>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Ing. Jaromír Pořízka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

.....

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala především vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jaromíru Pořízkovi Ph.D. za trpělivost, odborné rady, věnovaný čas a připomínky během konzultací, které mi pomohly při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretická část.....	9
2.1	Původ révy vinné a vína	9
2.2	Vinohradnictví a vinařství v Čechách a na Moravě	9
2.2.1	Česká oblast.....	9
2.2.1.1	Litoměřická podoblast	10
2.2.1.2	Mělnická podoblast	10
2.2.2	Moravská oblast	10
2.2.2.1	Znojemská podoblast	11
2.2.2.2	Velkopavlovická podoblast.....	11
2.2.2.3	Slovácká podoblast	12
2.2.2.4	Mikulovská podoblast.....	12
2.2.3	Produkce vína v České republice	12
2.2.4	Export českých vín	13
2.3	Chemické složení vína.....	14
2.3.1	Voda	14
2.3.2	Anorganické látky	15
2.3.2.1	Anionty	15
2.3.2.2	Kationty.....	16
2.3.3	Organické látky	17
2.4	Autenticita vína.....	18
2.4.1	Způsoby falšování vína	19
2.4.2	Metody posuzování autenticity vína	20
2.4.2.1	Klasické metody hodnocení kvality vína.....	20
2.4.2.2	Autentifikace vín pomocí senzorické analýzy	20
2.4.2.3	Autentifikace vín pomocí izotopové analýzy	21
2.4.2.4	Autentifikace vín na základě elementární analýzy	23
2.4.2.5	Autentifikace vín pomocí fenolického a aminokyselinového profilu.....	23
2.4.2.6	Autentifikace pomocí profilu těkavých látek.....	25
2.4.2.7	Autentifikace pomocí DNA (PCR).....	25
2.5	Použité analytické metody.....	25
2.5.1	Vysoce účinná kapalinová chromatografie	25

2.5.2	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.....	27
2.5.3	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem	28
2.6	Statistická analýza dat – chemometrie.....	29
2.6.1	Shluková analýza.....	29
2.6.2	Analýza hlavních komponent.....	29
2.6.3	Diskriminační analýza.....	29
2.6.4	Analýza rozptylu	30
3	Experimentální část.....	31
3.1	Laboratorní vybavení.....	31
3.1.1	Laboratorní pomůcky	31
3.1.2	Použité chemikálie	31
3.1.3	Seznam použitých přístrojů.....	31
3.2	Vzorky vína	31
3.2.1	Popis vzorků.....	32
3.2.2	Příprava vzorků	32
3.3	Stanovení prvků pomocí ICP-MS.....	34
3.4	Stanovení prvků pomocí ICP-OES.....	34
3.5	Stanovení fenolických látek pomocí HPLC	35
3.6	Stanovení TPC.....	36
3.7	Stanovení antioxidační aktivity metodou TEAC.....	36
3.8	Stanovení organických kyselin pomocí IC	37
3.9	Statistická analýza dat	38
4	Výsledky a diskuze.....	39
4.1	Prvkový profil moravských červených vín.....	39
4.2	Fenolické látky v moravských červených vínech.....	49
4.3	Organické kyseliny v moravských červených vínech	53
4.4	Stanovení antioxidační aktivity a celkového obsahu fenolických látek	57
4.5	Analýza hlavních komponent	59
4.6	Shluková analýza.....	60
4.7	Kanonická diskriminační analýza.....	61
5	Závěr.....	65
6	Zdroje	66
7	Seznam použitých zkratk.....	79

1 Úvod

Víno patří do skupiny alkoholických nápojů, které obsahuje velkou řadu anorganických i organických látek. Jednotlivé obsahy látek jsou dány odrůdou, dobou sběru, podmínkami růstu, půdním profilem a dalšími faktory. Pokud chceme docílit vytříbené kvality, je nutné najít soulad mezi těmito faktory. Různé jednotlivé látky mají vliv na víno. U červeného vína jsou nejdůležitější fenolické látky (zejména resveratrol), které jsou zodpovědné za barvu, přispívají k hořké chuti a mají dobré antioxidační schopnosti [1]. Díky snadno napodobitelnému chemickému základu, ceně a dostupnosti ve světě bývá víno často falšováno. Nejčastější a nejlevnější varianta, jak víno falšovat, je zředit ho levnější složkou – vodou.

K posouzení autenticity a hodnocení vína se využívá řada analytických metod – senzorická, fyzikálně-chemická a instrumentální metoda. Senzorická metoda posuzuje víno na základě barvy, chuti a konzistence výrobků. Fyzikálně-chemické metody se zaměřují na stanovení hmotnosti, vlhkosti, pH apod. Instrumentální metody patří mezi postupově nejsložitější metody, mezi které patří například chromatografické, separační a spektrofotometrické metody. Nejlepším způsobem, jak dostat co nejpřesnější výsledky, je kombinace více metod, aby mohlo dojít k posouzení více kritérií. Díky bohatému chemickému složení vína je nejvýznamnějším parametrem, který umožňuje určení původu vína, minerální profil. Minerální profil vína je velmi různorodý a je ovlivněn řadou faktorů [2] [3].

Cílem této bakalářské práce bylo rozšíření a validace existujícího modelu pro klasifikaci moravských červených vín. Za tímto účelem bylo potřeba popsat vinařské oblasti v České republice, vysvětlit pojem autenticita vína a objasnit její možnosti použití, využít analytické metody k analýze. V poslední řadě bylo nutné využít metody statistické analýzy k vyhodnocení naměřených dat. Pro stanovení ultra-stopových prvků byla využita metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). K doplnění informací o koncentraci makroprvků byla využita analytická metoda opticky emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). V neposlední řadě byla ke zjištění fenolických látek využita vysoce účinná kapalinová chromatografie (HPLC).

2 Teoretická část

2.1 Původ révy vinné a vína

Vitis vinifera (vinná réva) se považuje za jednu z nejstarších kulturních rostlin, kterou pěstoval člověk [4]. Pěstování vinné révy a výroba vína sahá hluboko do historie lidstva. Vinná réva je liánovitá, světlomilná, planě rostoucí rostlina, která se vyskytuje nejčastěji v lužních lesích okolo velkých řek. Nejstarší naleziště, která prokazují pěstování či výskyt vinné révy, jsou oblasti v údolí velkých řek v Mezopotámii, údolí řeky Jordán a delta Nilu. Většina dnes komerčně pěstovaných odrůd mají původ ze zemí jako je Gruzie, Turecko, Irák, kdy tyto země lze považovat za pravlast révy vinné. Jasně doklady o cílené výrobě vína se objevují ve starém Egyptě. Díky kolonizaci Římanů se do Středomoří dostala réva vinná. Odrůda Chrupka bílá může být důkazem toho, že za rozšíření vinné révy mohou Římané. Tato odrůda má původ v Persii a v průběhu staletí se postupně rozšířila po celém území Středomoří, dokonce i do České republiky. Největší rozvoj pěstování vinné révy je spojován s vládou Karla IV., který zveleboval krajinu vinnou révou [5].

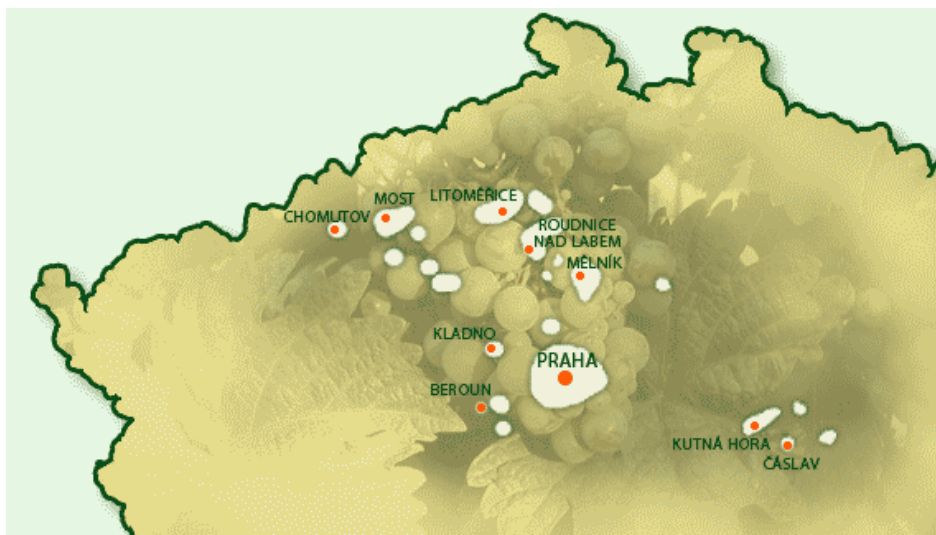
2.2 Vinohradnictví a vinařství v Čechách a na Moravě

Dle situační zprávy z roku 2019 tvoří obhospodařená plocha vinic v České republice přibližně 18,1 tisíc ha. Více než dvě třetiny celkově obhospodařované půdy tvoří odrůdy moštové bílé, jednu třetinu odrůdy moštové modré a pouze 0,5 % obhospodařované půdy připadá na stolní a podnožové odrůdy. K 31.12.2018 bylo v ČR zaregistrováno 17,6 tisíc pěstitelů [6]. V současné době jsou na území České republiky podle zákona z roku 2004 dvě vinařské oblasti, oblast česká a moravská. Tyto dvě oblasti jsou zcela rozdílné obsahem, přírodními podmínkami, významem i produkovanými víny. Mezi nejčastěji pěstované odrůdy révy vinné patří: Veltlínské zelené, Müller Thurgau, Ryzlink rýnský a Ryzlink vlašský z bílých a Frankovka, Svatovavřínecké, Zweigeltrebe a Rulandské modré z modrých odrůd [7].

2.2.1 Česká oblast

Česká oblast se člení na podoblasti litoměřickou a mělnickou. Tato oblast leží severně od 50° s.š. a navazuje na míšeňskou oblast v údolí Labe v Německu a zasahuje do Libereckého, Středočeského a Ústeckého kraje. Území osázené vinicemi není v této oblasti rovnoměrné. Jednotlivé vinice jsou rozprostřené kolem říčních toků, zejména Vltavy, Labe, Berounky a Ohře. Podle Evropské unie je česká vinařská oblast spolu s nejsevernějšími německými

vinicemi zařazena do zóny A. Tato oblast je charakteristická tím, že má nejpříznivější podmínky pro doslazování [7]. V české vinařské oblasti je zaregistrováno 75 vinařských oblastí, a to 35 vinařských obcí v litoměřické podoblasti a 40 vinařských obcí v mělnické podoblasti, s celkovou osázenou plochou 647 ha. Celkem je na tomto území zaregistrováno 169 pěstitelů [8].



Obrázek 1: České vinařské podoblasti [9]

2.2.1.1 Litoměřická podoblast

Historie pěstování révy vinné na Litoměřicku sahá až do nejstarších dob osídlení krajiny českým obyvatelstvem a také do období křesťanství, kdy byly Litoměřice po Praze druhým největším vinařským městem v Čechách. Podloží vinic Litoměřicka a Mostecka je často čedičové, na nižších částech vápenité, což jsou výborné podmínky pro pěstování bílé révy vinné [10].

2.2.1.2 Mělnická podoblast

Vinice na Mělnicku leží především na vápenitém podkladu vrstev opuky, která je místy překryta hlinitopísčnými náplavami. Tyto půdy jsou lehčí, záhřevné a poskytují výborné podmínky pro pěstování modrých odrůd [10].

2.2.2 Moravská oblast

Moravská oblast se nachází především v Jihomoravském kraji, jižně od 48°40' severní šířky a je geograficky charakteristická svým podnebím, tedy vyšším teplotním rozdílem mezi dnem a nocí [11]. Dělí se na čtyři podoblasti: znojemskou, mikulovskou, velkopavlovickou a slováckou. Plocha osázených vinic v moravské oblasti má rozsah 18 068 ha. Zaregistrováno je zde 383 vinařských obcí a celkem je na tomto území zaregistrováno 18 399 pěstitelů.

Moravská oblast je oproti české oblasti zařazena do zóny B, společně se slovenskými a rakouskými vinohrady. Zóna B se vyznačuje přísnými pravidly pro doslazování [6][7]. Mezi nejrozšířenější odrůdy v moravské oblasti patří: Müller-Thurgau, Veltlínské zelené, Svatovavřínecké, Frankovka, Ryzlink vlašský a Ryzlink rýnský [5].



Obrázek 2: Moravské podoblasti v České republice [9]

2.2.2.1 Znojenská podoblast

Pro znojenskou podoblast je typické chladnější klima, a to díky tomu, že se nachází v dešťovém stínu Českomoravské vrchoviny, která je tvořena prahorními útvary. Především v severní části podoblasti vznikly půdy se šterkovým podložím, spraší, břidlicemi a občasnými jíly, na nichž se skvěle daří vínům, jako je Ryzlink rýnský, Veltlínské zelené, Rulandské modré a Svatovavřínecké [9][10]. Znojenská podoblast je tvořena 90 vinařskými obcemi a 218 viničními tratěmi. Celková plocha osázených vinic je ve znojenské oblasti 3182 ha a celkový počet pěstitelů 1101 [6].

2.2.2.2 Velkopavlovická podoblast

Velkopavlovická podoblast je typická pro výrobu modrých odrůd, které mají rády půdy s vysokým obsahem hořčíku [7]. Viniční tratě ve velkopavlovické oblasti se rozprostírají na vápenitých jílech, pískovcích a písčitých půdách, kde se výborně daří modrým odrůdám, jako je Frankovka a Svatovavřínecké víno. Velkopavlovická podoblast se řadí mezi nejteplejší a nejslunečnější podoblasti na Moravě [9]. V této podoblasti je 70 vinařských obcí s 6700 pěstiteli. Počet viničních tratí je zde 321 a celková plocha osázených vinic je 4872 ha [6].

2.2.2.3 Slovácká podoblast

Většina vinařských obcí leží podél řeky Moravy, kde vanou studené severovýchodní větry. Nízká nadmořská výška a lehká půda stupňují intenzitu letních teplot. V důsledku toho zde vznikají především vína s výrazným odrůdovým charakterem, jako je například Ryzlink rýnský, Rulandské bílé z bílých odrůd a z modrých odrůd především Frankovka či Zweigeltrebe. Oproti ostatním moravským vinařským podoblastem je zde mnoho vinic vysázeno na těžkých půdách, tvořené především jílem. Jsou to půdy dobře udržující vláhu, a proto z nich réva může čerpat výživu i v suchých letech. Tyto podmínky dodávají vínům dojem vyšší extraktivnosti a chuťové plnosti [7]. Slovácká podoblast je tvořena 118 vinařskými obcemi a 418 viničními tratěmi. Celková plocha osázených vinic je 4413 ha. Počet pěstitelů je zde 7852 [6].

2.2.2.4 Mikulovská podoblast

Charakteristickou dominantou Mikulovské oblasti je především vápencový masiv Pavlovských vrchů. Na jeho úbočích jsou rozšířené vápenaté jíly, písky i sprašové návěje. Na těchto typických půdách se nejlépe daří Ryzlinku vlašskému, Rulandskému šedému a Chardonnay [7]. V Mikulovské oblasti můžeme najít celkem 30 vinařských obcí s plochou osázených vinic 4948 ha. Dále se v Mikulovské podoblasti nachází 185 viničních tratí a 2395 pěstitelů [6].

2.2.3 Produkce vína v České republice

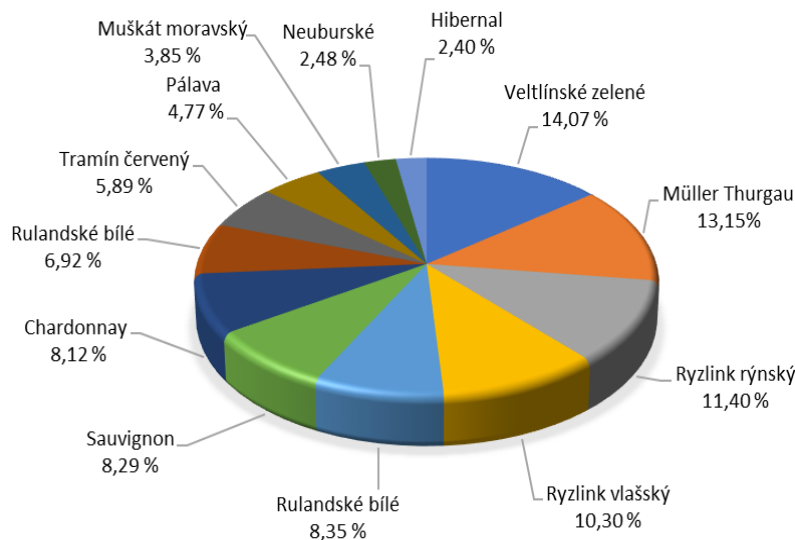
Průměrná produkce vína za poslední tři roky se pohybuje okolo 705 tisíc hl za rok. Z celkové produkce vína připadá 1/3 na vína červená a 2/3 na vína bílá. Ze statistického hlediska nelze uvést, že každým rokem stoupá produkce vína, například v roce 2015/2016 byla o 22,4 % větší produkce, než v roce 2017/2018. V tabulce č. 1 můžeme vidět porovnání produkce vína za posledních 6 let [6].

Tabulka 1: Produkce vína v ČR v letech 2014/2015–2018/2019 [6]

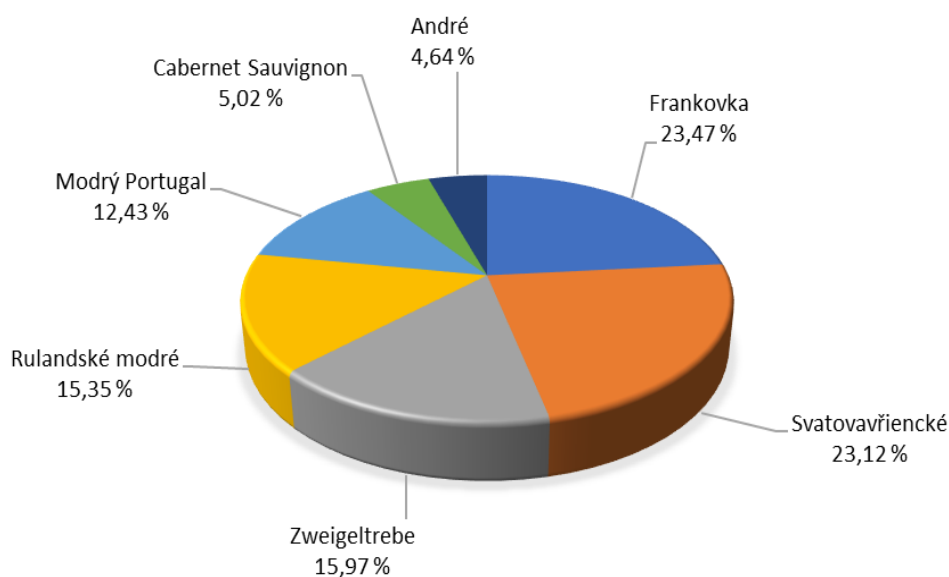
	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Produkce vína (tisíc hl)	536	819	617	635	681
Meziroční index (%)	–17	+53	–25	+3	+7

Odrůdy pro komerční účely musí projít zkouškami pro registraci odrůd. Zkoušky, kterými musí projít jsou v souladu ustanovení podle §30 směrnice Komise 2004/29/ES ze dne 4.4.2004. Všechny nově vypěstované odrůdy musí být zapsány do odrůdové knihy [12].

V roce 2018 byla do odrůdové knihy zapsána nová odrůda, a to Rulenska. Mimo tuto odrůdu byly v posledních letech v ČR zaregistrovány pouze dvě bílé odrůdy, Mery a Svojsen, a to v roce 2015. Nejčastěji pěstované odrůdy v České republice jsou uvedeny níže (Obrázek č. 3 a 4) [6].



Obrázek 3: Nejvíce pěstované bílé odrůdy v České republice



Obrázek 4: Nejvíce zastoupené modré odrůdy v České republice

2.2.4 Export českých vín

Export českých a moravských vín narůstá každým rokem, ale stále vysoce zaostává za importem vín do České republiky. Porovnání exportu a importu českého vína je uvedeno v Tabulce č. 2 [6].

Tabulka 2: Obchodní bilance s vínem v České republice (v mil. Kč) [6]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Dovoz	-3139	-3563	-3685	-4170	-3933	-4137	-4256	-4756	-5339
Vývoz	464	550	553	811	702	547	427	435	415

Nejvíce exportovaného vína za rok 2018 bylo do členských států EU. Téměř veškeré (88 %) exportované víno putovalo do členských zemí EU, nejvíce na Slovensko (49 %), do Polska (26 %) a do Rumunska (8 %). Při porovnání exportu baleného a nebaleného vína zjišťujeme, že nebalené víno v období 2008–2013 mělo přibližně o polovinu větší export, než víno balené. Oproti tomu v roce 2016–2018 se zvýšil export baleného vína v poměru 5:1 k nebalenému vínu [6].

2.3 Chemické složení vína

Víno obsahuje složky jak anorganického, tak organického původu. Jednotlivé obsahy látek jsou dány odrudou vína, dobou sběru, podmínkami růstu, půdním profilem, výrobními procesy, vhodným uložením vína a také jeho stářím. Abychom dostali víno vytříbené kvality, je nutné najít soulad mezi všemi těmito faktory. Jednotlivé vůně a chutě můžeme přisoudit k různým chemickým složkám. Těkavé látky (terpeny, vyšší alkoholy, estery) jsou zodpovědné za aromatický profil vín. Způsobují ovocné nebo bylinné vůně vína. Sacharidy způsobují sladkost. Přítomnost tříslovin, popřípadě kyseliny vinné způsobuje trpkost, popřípadě kyselost.

Některé složky mohou způsobovat vady vína, jako je například zákal, sraženina na dně lahve apod. Nadměrné množství těkavých látek způsobuje změnu příjemné bylinné, ovocné chuti na chuť dráždivou dokonce i štiplavou [1].

2.3.1 Voda

Voda je majoritní složkou vína, která je obsažena ve všech typech vína. Její procentuální podíl je v rozmezí 85–90 %. Téměř veškerá voda (99 %) ve víně je biologického původu a dostává se do vína přes kořenový systém [5]. Z hlediska kontroly potravin je voda jeden z nejsledovanějších kvalitních znaků. Pokud víno obsahuje velké množství vody nebiologického původu, tak je pravděpodobné, že víno bylo nastaveno levnější složkou – vodou. Ředění vína vodou není v České republice povoleno a tímto problémem se zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI). Kontrolou výroby vína a uvádění do oběhu vína a vinařských produktů se zabývají inspektoři ze SZPI, kdy dne 1.6.2018 zjistili, že

společnost DAJOT s.r.o. je tzv. příjemcem vína, která jako první uvedla do oběhu cizí víno na území České republiky. Proběhlo odebrání vzorků vína a došlo k zjištění, že víno obsahuje přídavek 84 % vody, což patří k nepovolenému enologickému postupu a veškeré víno od společnosti DAJOT s.r.o. muselo být zlikvidováno [13].

2.3.2 Anorganické látky

Minerální látky se do moštu dostávají jednak z půdy, ale také manipulací při zpracování a uskladnění moštu vín [4]. Průměrný obsah minerálních látek v moštu je mezi 3–5 g/l, ve víně samotném je tento obsah mezi 1,5–4 g/l. Minerální látky můžeme rozdělit na anionty a kationty. Běžné koncentrace nejvýznamnějších a nejzastoupenějších prvků ve víně jsou prezentovány v Tabulce č. 3.

Tabulka 3: Koncentrace nejzastoupenějších minerálních prvků ve víně [5]

Prvek:	Obsah v moštu v g.l ⁻¹		
	nízký	střední	vysoký
Popel	2,5	3	6
Draslík	1	2	3
Fosfáty	0,2	0,35	0,5
Sírany	0,03	0,2	0,35
Hořčík	0,1	0,2	0,25
Vápník	0,04	0,14	0,25
Bór	Stopové množství	0,03	0,07
Mangan	Stopové množství	0,03	0,05
Železo	Stopové množství	0,02	0,03
Měď	Stopové množství	0,002	0,003
Zinek	Stopové množství	0,002	0,005

2.3.2.1 Anionty

Mezi nejdůležitější anionty patří fosforečnany, chloridy, sírany a uhličitany. Chloridy a jejich množství ve víně jsou proměnlivé a ve většině případů nepřevyšují množství 50 mg/l. Ionť chloru se dostává do vína během číření vaječným bílkem, kde se velmi často vyskytuje NaCl. Obsah síranu je limitován na maximální obsah 1 g/l při vyjádření v K₂SO₄. Obsah síranů se může zvýšit během sádrování, postupným sířením či přidáváním síranu amonného do moštu. Fosforečnany se ve víně vyskytují ve formě fosfátu nebo kyseliny fosforečné.

Jejich obsah je v rozmezí 20–300 mg/l, kdy červená vína obsahují dvakrát více fosforu, než vína bílá. Obsah siřičitanů, hydrogen siřičitanů a oxidu siřičitého je v červených vínech průměrně 50 mg/l. Prvním zdrojem těchto aniontů je dávka oxidu siřičitého do sklizených hroznů a do vína, aby byla ustálena rovnováha mezi oxidem siřičitým a látkami (antokyany, polyfenoly), které se mohou vázat s oxidem siřičitým.

2.3.2.2 *Kationty*

Obsah kationtů ve víně závisí na mnoha faktorech jako je podloží, způsob ošetření, hnojení, vyzrálости hroznů nebo klima. Kationty ve víně můžeme rozdělit do tří skupin, na majoritní, minoritní a stopové minerální látky.

A) majoritní minerální látky (Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S).

Draslík je zdaleka nejzastoupenějším prvkem ve víně. Rozsah jeho koncentrace je 0,1–1,8 g/l. S ohledem na minimální denní potřebu draslíku u člověka, která činí 2 g/l, lze uvést, že víno není příliš dobrým zdrojem draslíku ve výživě člověka. Jeho množství ve víně se může měnit v závislosti na hnojení půdy, odrůdě vinné révy či vyzrálости hroznů.

Sodík a jeho přítomnost ve víně je přirozená, především ve formě chloridu sodného, který se do vína dostává během zavlažování vinic. Ke zvýšení obsahu sodíku ve víně vedou přídavky disiřičitanu sodného při výrobě vína nebo používání bentonitů o nedostatečné čistotě. Doporučené množství sodíku ve víně je 10–40 mg/l. Sodík se nepovažuje za nebezpečné prvky, ale pokud jeho množství ve víně překročí 60 mg/l, stává se víno nebezpečné pro konzumenty, kteří drží neslanou dietu.

Vápník se vyskytuje převážně v dužině hroznových bobulí, ze kterých se poté dostává do moštu a vína. Obsah vápníku je závislý na pH a na obsahu ethanolu. Pokud je obsah vápníku příliš velký (vyšší než 60 mg/l u červeného vína), můžeme pozorovat vysrážení vínanu vápenatého. Vysrážení vínanu vápenatého je nezávislé na teplotě, a proto k vysrážení může dojít i v letním období. K zamezení rizika vzniku vínanu vápenatého je nejlepším prostředkem vyhnoutí se náhodnému přidání vápníku do vína během vinifikace.

Hořčík a jeho minerální soli jsou rozpustné ve víně. Hořčík působí stimulačně na metabolické dráhy kvasinek. Víno obsahuje 80–140 mg/l hořčíku.

B) Minoritní minerální prvky (Fe, Zn)

Železo ve víně při nízkých koncentracích slouží jako aktivátor enzymů při fermentaci, pokud má vyšší koncentraci, potom má vliv na redoxní systém vína ve prospěch oxidace. Obvykle by víno mělo obsahovat 2 až 5 mg/l železa, může dojít i ke zvýšenému procentu obsahu

železa, a to díky použití kovového vinařského materiálu, manipulací nebo i dopravou. **Zinek** je velmi důležitý pro růst vinné révy, jeho nedostatek může zapříčinit omezený růst rostlin, změny barvy listů a také růstové vady kořenového systému.

C) Stopové minerální prvky (Al, As, B, Cd, Co, Cu, F, Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn)

Velké množství některých prvků by mohlo znamenat pro organismus velké zdravotní potíže. Zvýšené množství hliníku způsobuje Alzheimerovu nemoc, olovo způsobuje oběhové a ledvinové potíže, fluor vede ke zvracení a břišním bolestem [14][15][16].

2.3.3 Organické látky

Druhou nejvíce zastoupenou látkou po vodě jsou alkoholy, bylo jich identifikováno více jak 30. Nejvíce zastoupený alkohol je ethanol, který vzniká alkoholovým kvašením jednotlivých sacharidů za působení kvasinek rodu *Saccharomyces* [14]. Množství ethanolu ve víně označovaných jako stolní vína se pohybuje okolo 9 až 14 obj. %, u vín nazývaných fortifikovaná je obsah ethanolu v rozmezí 17 až 22 obj. % [17]. Pokud je obsah ethanolu nižší než 10 obj. %, tak jsou vína náchylná k octovatění [18].

Ve vyšší koncentraci je zastoupen i methanol, jehož přítomnost ve víně je spojena s hydrolyzou pektinů. Jeho množství je závislé na délce macerace pevných částí hroznů. Alkoholy, které mají více jak dva uhlíky (vyšší alkoholy), ovlivňují buket vína. Glycerol (polyalkohol), jehož obsah ve víně je po ethanolu a vodě třetí nejvyšší, se pohybuje kolem hodnoty 6,7 g/l při 12 obj. % ethanolu [14].

Další významnou složkou vína jsou látky sacharidického a polysacharidického původu. Nejvíce je zde přítomno monosacharidů, jako je D-glukóza a D-fruktóza. Jejich přítomnost způsobuje ve víně sladkou chuť [4]. Oligosacharidy jsou ve víně přítomny ve stopovém množství a jsou tvořeny dvěma až deseti podjednotkami. Laktóza se ve víně běžně nevyskytuje, pokud je zde ale přítomna, může pocházet z číření vína. S maltózou se setkáváme ve stopovém množství, pokud je množství maltózy vyšší, může nám sloužit jako jeden z ukazatelů, že došlo k podvodnému doslazování. Sacharóza se vyskytuje v malém množství v mošttech, je snadno hydrolyzována v průběhu alkoholového kvašení na glukózu a fruktózu. Přítomnost sacharózy ve víně indikuje umělý přídavek, což je často spojováno s falšováním [14].

Mezi hlavní prekurzory k vytvoření buketu patří karbonylové sloučeniny (acetaldehyd, formaldehyd, vanilín, volné i esterifikované alkoholy apod.) a dusíkaté látky (bílkoviny,

aminokyseliny). Dusíkaté látky jsou důležité pro čiření vína a jako výživa pro kvasinky v kvasícím moštu. Nejvyšší podíl zastoupení dusíkatých látek mají aminokyseliny [19][20].

Během procesu vinifikace jsou do vín (především červených) extrahovány fenolické látky, které se vyskytují ve slupce, semenech, ale i dužině hroznů. Koncentrace a typ fenolické látky závisí na odrůdě hroznů, stádiu zrání, půdních a klimatických podmínkách a ošetření [21]. Fenolické sloučeniny jsou zodpovědné za barvu a přispívají k hořké chuti vína, také mají dobré antioxidační schopnosti. Jednou z nejdůležitějších látek je resveratrol, který je ve víně obsažen ve dvou izomerních formách, trans a cis. Antioxidační vlastnosti mají i jiné fenolické složky vína, například katechin, epikatechin a kvercetin [22].

Množství vitamínů ve víně je proměnlivé v závislosti na odrůdě a způsobu vinifikace. Všeobecně vyšší obsah vitamínu mají červená [14]. Víno obsahuje především vitamíny skupiny B a vitamin P, který vyztužuje buněčnou stěnu červených krvinek [18]. Ve víně jsou také přítomny aromatické látky, které jsou většinou sensoricky cenné, kdy odpovídají za vůni a chuť vína. I když je obsah aromatických látek ve víně relativně velmi nízký (do 500 mg/kg), postačuje k tvorbě čichové a částečné chuťové struktury [4].

2.4 Autenticita vína

Díky své ceně, dostupnosti ve světě a snadno napodobitelnému základnímu chemickému složení se víno, zkvašený a zušlechtěný mošt nebo rmut z hroznů révy vinné stávají objektem falšování [2]. Autenticita vína znamená splnění předpokladů a požadavků o totožnosti daného produktu nebo zdroje. Autenticita se dá charakterizovat pro několik oblastí, pro rok výroby, pro zeměpisný původ vína, odrůdy vinné révy a výrobní technologie [23]. Problematikou falšování vína se zabývá evropská, tak i národní legislativa. Kvalitou a bezpečností vína se po celé Evropě zabývá Evropské referenční centrum pro kontrolu odvětví vína (ERC-CES). V České republice se touto problematikou zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce, která provádí kontroly bezpečnosti, jakosti a falšování vín. Státní zemědělská a potravinářská inspekce při kontrole vína využívá celou řadu analytických technik, vycházející z platné evropské legislativy, tj. z nařízení rady (ES) 1308/2013. Dále také SZPI vychází z českých právních předpisů týkající se vína, tj. zákon č. 321/2004 Sb., o vinohradnictví a vinařství a o změně některých souvisejících zákonů, dále také vycházejí z právních vyhlášek č. 88/2017 Sb., o provedení některých ustanovení zákona o vinohradnictví a vinařství a vyhlášky číslo 254/2010 Sb., kterou se stanoví seznam vinařských podoblastí, vinařských obcí a viničních tratí. SZPI za rok 2018 provedla celkem 1305 šarží vína, kdy z tohoto počtu vín byly provedeny rozboru u celkem 740 šarží, kde

sledovali 4 hlavní parametry: bezpečnost, jakost, falšování a označení. Bylo zjištěno, že v roce 2018 nevyhovovalo 314 šarží. Z tohoto celkového počtu bylo odhaleno, že 34 šarží nevyhovělo kvůli falšování [2][6]. Z hlediska možnosti doslazování moštu legislativa rozděluje země produkující vína do 3 skupin, podle klimatických podmínek dané země. Země, které mají nejteplejší klima patří do zóny C, země s méně teplým klimatem patří do zóny B a země s nejchladnějším klimatem jsou zařazeny do zóny A. Dle legislativy je Česká republika rozdělena pouze na zónu A a B [8].

2.4.1 Způsoby falšování vína

Nejčastější případy falšování vína jsou ředění vína vodou, uvedení nepravého místa původu, odrůdy či stáří vína, nedodržování deklarovaného koncentráту technologie či ovlivňování senzorických vlastností vína, např. přidavkem cukru, aromat nebo barviv [2]. Nejčastější příklady falšování uspořádané do čtyř kategorií jsou zobrazené v Tabulce č. 4.

Tabulka 4: Příklady falšování vína uspořádané do čtyř kategorií [2]

Způsob zfalšování	Příklady
Nedodržení povoleného nebo deklarovaného technologického postupu	- Přídavek lihu - Chaptalizace – přídavek cukru nebo rektifikovaného moštového koncentráту - Chybné uvádění stáří vína (roční sklizně) - Způsob kvašení šumivých vín - Neoprávněné uvádění bio původu
Nastavení vína levnější složkou	- Ředění vína vodou
Nastavení vína ke zlepšení jeho vlastností	- Přídavek glycerolu, diethylen glykolu, cukrů nebo jiných sladidel pro zlepšení chuti - Přídavek umělých aromat - Přídavek přírodních a syntetických barviv - Přídavek kyseliny octové
Chybná deklarace geografického původu	- Vydávání dovozových vín nebo vína vyrobeného ze zahraničních hroznů za tuzemské - Napodobeniny známých vín (např. Champagne, Porto)

2.4.2 Metody posuzování autenticity vína

Víno je produkt, který se snadno falšuje, a proto je předmětem časté manipulace. V dnešní době patří víno k nejčastěji kontrolovaným výrobkům. K autentifikaci vín je nejvhodnější použít kombinované metody tak, aby se dalo posoudit více kritérií (například jeho kvalita, odrůda, stáří, místo původu apod.). K posuzování výsledků je pak nutné porovnávání s rozsáhlými databázemi a mezinárodními standardy složení vín, které vznikly dlouholetým sledováním fyzikálních a chemických vlastností vín z různých evropských regionů [2]. Ke zjištění autenticity může být aplikováno více analytických postupů a to senzorické, fyzikálně-chemické a analyticko-instrumentální. Tyto oblasti hodnocení autenticity jsou podrobně popsány níže [3].

2.4.2.1 Klasické metody hodnocení kvality vína

Mezi klasické metody hodnocení kvality vína, které souvisí s jeho originalitou patří především stanovení obsahu alkoholu (ethanolu, methanolu), veškerých cukrů, těkavých látek, celkových kyselin, volného a vázaného oxidu siřičitého, vybraných aditiv a kontaminantů a další [2]. Vlivem rozvoje technologií došlo k postupnému rozvoji různých přídatných látek. Aditiva, která se do vína přidávají, jako jsou modifikované kvasinky, různé taniny, mikrofiltry, barviva, čiridla apod. způsobují, že vína ztrácejí svojí geografickou autenticitu, a proto dochází k restrikci aditiv [24].

2.4.2.2 Autentifikace vín pomocí senzorické analýzy

Senzorické metody patří k nejstarším metodám pro určení jakosti potravin. Senzorická analýza spočívá ve využití lidských smyslů k hodnocení celé řady parametrů. Hodnocení by měly provádět osoby, které jsou proškolené a složili zkoušky dle normy ČDN EN ISO 8586. Tito hodnotitelé posuzují intenzitu vybraných parametrů (např. kyselost, štiplavost, hořkost, vůni, barvu, jiskru, celkový dojem apod.). Nevýhodou senzorické analýzy je špatná korelace s výsledky chemických rozborů a nedostatek kvalifikovaných degustátorů. Pro vyhodnocení se nejčastěji používají statistické metody.[2][25][26]. Senzorickou analýzu můžeme rozdělit do tří hlavních částí, vizuální, čichové a chuťové vnímání. U čichového vnímání jsou nejdůležitější kyseliny, které způsobují charakteristické pachy (kyselina octová) a také acetaldehyd a sirovodík, které mají charakteristický zápach. Mnoho sloučenin dokáže vyvolat různé chuťové pocity, například aromatické sloučeniny s kombinací ethanolu vytvářejí sladkou chuť u suchých vín a fenolické sloučeniny vytvářejí hořké chutě u červeného vína

[27]. Sivertsen, HK a kol (1999) klasifikovali 22 červených vín ze čtyř hlavních oblastí ve Francii na základě senzorické a chemické analýzy. Do chemické analýzy byly zahrnuty hlavní kyseliny, alkoholy, estery, pH, barva a celkové fenoly. Do senzorické analýzy bylo zahrnuto celkem 17 atributů – 12 analytických a 5 komplexních. U chemické analýzy bylo docíleno 81,8% správnosti zařazení, u senzorické pouze 63,6%. Ke zvýšení správnosti zařazení u senzorické analýzy by byl potřeba lepší výběr senzorických atributů [28]. Zsuzsanna Guld a kol (2020) porovnávali různá maďarská vína zrající stejnými metodami a také dvě senzorické metody – OIV 100 bodů a kvantitativní popisnou analýzu QDA. Pro vyhodnocení výsledků byla využita statistická analýza, která ukázala, že senzorický panel je schopný rozlišit vzorky oběma senzorickými metodami. Celkové výsledky ukázaly, že metoda QDA je citlivější na rozdíly mezi vzorky, což znamená, že má větší diskriminační sílu [29].

2.4.2.3 Autentifikace vín pomocí izotopové analýzy

Izotopová analýza je zařazena mezi nejmodernější a rychle se rozvíjející metody, které slouží ke stanovení původu, složení a stáří výrobku. Nevýhoda izotopové analýzy je instrumentální náročnost a nutnost rozsáhlé databáze spekter [2]. V současné době se pro stanovení autenticity vína využívají především izotopové poměry (D/H)I, (D/H)II, $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$. Aby tento způsob ověření autenticity vína byl možný, je nutné získat „normální“ hodnoty těchto izotopů pro různé regiony. Jako poměr metylové skupiny ethanolu je označován izotopový poměr (D/H)I, zatímco izotopový poměr metylenové skupiny ethanolu je označován jako poměr (D/H)II. Z těchto informací můžeme uvést, že v metylové skupině je uchován izotopový poměr D/H ze zkvašených cukrů. Poměr $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ je velmi úzce spojen s fotosyntetickými cestami tvorby uhlovodíků. Vinná réva, která patří mezi C3 rostliny obsahuje nižší izotopový poměr $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, než je u rostlin C4 (kukuřice, cukrová třtina), a proto je možné detekovat i malé množství cukrů, které se přidávají do moštu. Izotopový poměr vody ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) slouží k objasnění geografického původu, ale také ke zjištění, zda nedošlo k přidavku vody do moštu či vína [30]. Velmi důležitým prvkem ve víně je stroncium, které se vyskytuje ve čtyřech stabilních izotopech: ^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr , ^{84}Sr . Ke vzniku nuklidu ^{87}Sr dochází vlivem rozpadu radioaktivního rubidia. Lze uvést, že obsah ^{87}Sr je přímo úměrný obsahu ^{87}Rb a stáří horniny [31].

Ke stanovení izotopů a izotopových poměrů se používá spektrometr nukleární magnetické rezonance (NMR), izotopový hmotnostní spektrometr (IRMS), hmotnostní spektrometr s indukčně vázanou plazmou (ICP-MS) a přirozená frakcionace izotopů (SNIF-NMR). [2][19]

Ve studii Jiang, W a kol (2015) byl zkoumán regionální původ čínských vín pomocí dvou důležitých doplňujících technik, přírodní izotopické frakcionace jaderné magnetické rezonance (SNIF-NMR) a izotopové hmotnostní spektrometrie (IRMS). Pomocí těchto technik bylo analyzováno 100 vzorků čínských vín z pěti regionů v Číně. U těchto vzorků vína byla provedena analýza tří elementárních stabilních izotopů, tj. C, H a O. Všechna data byla vyhodnocena analýzou hlavních složek a lineární diskriminační analýzou. U této studie se dospělo k závěru, že přístup využívající SNIF-NMR a IRMS je užitečný a účinný při posuzování regionálního původu čínských vín [32]. Ve výzkumu, který provedla Rebecca Kokkinofta a kol (2017), se setkáváme s využitím tří analytických metod, které nám napomáhají ověřit autenticitu vína. Integrace výsledků SNIF-NMR, IRMS a ICP-AES poskytuje doplňující informace o odrůdě hroznů, zeměpisném původu, vinici a ročníku. Získané výsledky analýzy 76 komerčních vín ze čtyř odrůd, byly začleněny do izotopových databází vín EU, která poskytuje jak průvodce, tak nástroj pro případné kandidatury pro označení původu [33].

Ve výzkumu S. V. Dutra a kol (2011) studovali vína ze tří různých Jihobrazilských vinařských regionů s cílem rozlišit je podle zeměpisného původu hroznů. Rozsáhlé území a rozmanitost klimatu v Brazílii umožňují pěstování hroznů a výrobu vína v mnoha regionech s různými a jedinečnými vlastnostmi. Analýza izotopových poměrů $^{18}\text{C}/^{16}\text{O}$ vinné vody, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ethanolu a minerálů byla použita k charakterizaci vín z různých regionů. Izotopová analýza ^{18}O vinné vody a minerálů Mg a Rb byla nejúčinnější pro rozlišení regionů při rozlišování tří studovaných oblastí, naopak izotopová analýza $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ethanolu a minerálů vykazala významný rozdíl mezi odrůdami bez ohledu na regiony [34].

Studie, kterou prováděla Ekaterina N. Epova a kol (2020), byla zaměřena na vyhodnocení možného využití stabilních izotopových poměrů Pb pro ověření pravosti vína a posouzení zeměpisného původu. K dosažení těchto cílů byly stanoveny elementární izotopové kompozice Pb autentických vín Bordeaux pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Na základě získaných koncentrací Pb je zajímavé, že v posledních 50 letech autentická vína Bordeaux vykazují drastický pokles celkového obsahu Pb ze 161 $\mu\text{g}/\text{kg}$ na 4,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Toto významné snížení Pb je pravděpodobně zapříčiněno zakázáním olovnatého benzínu v Evropě [35].

2.4.2.4 Autentifikace vín na základě elementární analýzy

Prvková analýza je velmi účinná pro určení geografického původu, protože vinná réva přijímá minerální látky z půdy pomocí kořenového systému. Hlavní roli zde hrají koncentrace makroprvků (K, Ca, Mg, Na), ale i prvky stopové. Obsah minerálních látek ve víně je ovlivňován texturou a strukturou půdy, ale také agrotechnickými zásahy [2]. Posvanka, K a kol (2019) ve své práci využívala analytickou metodu ICP-MS k přímému stanovení minerálních prvků v řeckých vínech. Celkem analyzovali 135 vzorků řeckých vín na přítomnost prvků jako je Na, Mg, P, K, Ca apod. Po zpracování dat využili metodu diskriminační analýzy, kdy vygenerované diskriminační funkce umožnily správně klasifikovat 76,83 % studovaných vín. Z této studie vyplývá, že prvkový profil může charakterizovat vína podle zeměpisného původu, i když množství většiny makroprvků může být ovlivněné zpracováním, postupy hnojení půdy a antropologickou činností [36]. A. González a kol (2008) se zabývali ověřením původu různých vzorků červeného vína z chráněných oblastí Utiel-Requena, Jumilla, Yecla a Valencia. K ověření byla použita opticky emisní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou v kombinaci s různými chemometrickými přístupy. Byly zjištěny obsahy 38 prvků, které byly následně zpracovány pomocí vícerozměrné analýzy. Výsledky vícerozměrné analýzy nám ukazují, že vína Utiel-Requena a Jumilla jsou snadno odlišitelná od vín ostatních chráněných oblastí v jejich blízkosti [37]. Petr Kment a kol (2004) studovali chemické složení vín a půdních extraktů ze šesti vinařských oblastí v České republice. Ve skupině 27 studovaných prvků, které byly určeny pomocí ICP-MS a AAS vykazuje pouze Mg statisticky významnou závislost mezi koncentrací obsahem vinné půdy a vína. Analýza hlavních složek a faktorová analýza ukázaly, že daná struktura dat může být rozlišena podle prvků odvozených od viniční půdy nebo prvků odvozených od lidské činnosti [38]. Na základě výše uvedených studií je možné konstatovat, že prvková analýza je vhodnou technikou pro stanovení autenticity geografického původu vín.

2.4.2.5 Autentifikace vín pomocí fenolického a aminokyselinového profilu

Existuje celá řada studií, která se zabývala problematikou využití fenolického a aminokyselinového profilu vínu ke konstrukci autentifikačních modelů. Jak Kupsa a kol (2017) ve své práci analyzovali vzorky odrůdových vín Ryzlinku rýnského ve vztahu k zeměpisnému původu. Bylo analyzováno 34 vzorků vína z 5 vinařských oblastí. Analýza byla provedena pomocí HPLC a následně byla vyhodnocena pomocí metody CVA.

Kanonická variační analýza (CVA) byla schopna rozlišit 100 % studovaných vín na základě vinařských regionů v České republice. Ke sloučeninám, které se nejlépe vztahují na diskriminaci vína na základě geografického původu patří kyselina hydroxycinnamová, flavan-3-oly a stilbeny [39]. Další studie potvrzují, že charakteristika fenolického profilu je velmi účinná pro stanovení odrůdové autenticity. Giovanna Loredana La Torre a kol (2005) se zabývali přímým stanovením fenolických látek v sicilských vínech pomocí kapalinové chromatografie. Při této studii byla analyzována skupina komerčně dostupných červených vín z různých odrůd. Došli k závěru, že vzorky sicilského vína z hroznů Merlot mají nejvyšší obsah fenolických látek (trans a cis resveratrolu), a proto tyto hrozny mohou být použity k vyvolání pozitivního fyziologického účinku. Pro srovnání nejvyšší množství z fenolických látek ve víně tvoří kyselina gallová, která se v těchto vínech vyskytuje v rozmezí 39,1–106 mg/l. Oproti kyselině gallové je zastoupení resveratrolu velmi nízké, a to 0,15–1,16 mg/l [21]. Leonardo Valentin a kol (2019) ve své studii analyzovali 83 vín představující čtyři komerční kategorie (argentinský Malbec, brazilský Merlot, Uruguayan Rannat a chilský Cerménère) podle jejich fenolických a těkavých sloučenin. Cílem této studie bylo identifikovat chemické sloučeniny, které by charakterizovaly každou kategorii. Bylo možné identifikovat chemický profil, který charakterizuje chilská vína Carménère, a navrhnout některé směry o dalších třech kategoriích hodnocených v této studii kombinací vícerozměrné statistiky s chromatografickými technikami. Tyto informace mohou být užitečné pro vytvoření databáze pro další analýzu pravosti jihoamerických vín [40].

Aminokyseliny jsou ve víně zastoupeny v nižších koncentracích, než jsou jiné organické látky, avšak mají velký význam, protože během fermentace působí jako zdroj dusíku pro kvasinky. Aminokyseliny ve víně jsou různého původu, některé jsou původem z hroznů a mohou být částečně nebo úplně metabolizovány živými kvasinkami na konci fermentace, jiné jsou produkovány enzymatickou degradací hroznových proteinů. Aminokyselinový profil lze použít k rozlišení vín podle odrůdy, podle zeměpisného původu a roku výroby. Mezi nejpoužívanější metody pro zjištění aminokyselinového profilu vína patří vysoce účinná kapalinová chromatografie (HPLC) a kapilární elektroforéza. Často se také využívá nukleární magnetická rezonanční spektrometrie, která je jednodušší a méně časově náročná [41]. Soufleros EH, a kol (2003) studovali primární aminokyselinové profily řeckých bílých vín ze sedmi odrůd révy, šesti geografických oblastí a tří různých ročníků a zjistili, že je lze klasifikovat podle těchto proměnných pomocí diskriminační analýzy [42].

Na základě těchto studií, můžeme konstatovat, že fenolický a aminokyselinový profil vína, může být využit ke zjištění geografického původu.

2.4.2.6 Autentifikace pomocí profilu těkavých látek

Primární aroma moštů a vín jsou obvykle tvořeny terpeny, terpenoidy a norisoprenoidy, deriváty benzolu, alifatické a glykosidické látky a karoteny. Palade, LM a kol (2016) provedli výzkum, který měl za cíl rozlišit tři druhy moštů (Merlot, Cabernet Sauvignon a Feteasce Neagra) na základě jejich těkavého profilu. K analýze těkavých látek využili techniku headspace plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem. Výsledky získané z této techniky lze úspěšně uvést jako ukazatelé kvality a autentičnosti vína [43].

2.4.2.7 Autentifikace pomocí DNA (PCR)

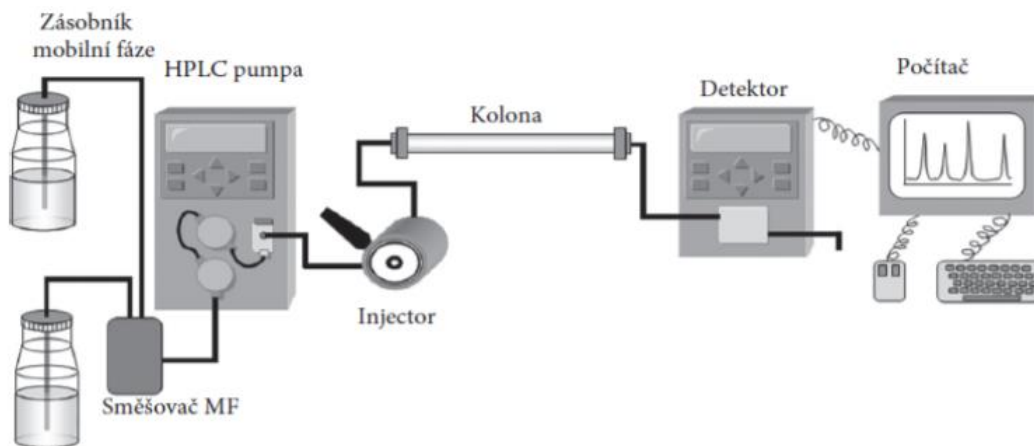
Metody založené na DNA jsou atraktivním řešením pro přesnou a účinnou identifikaci odrůd vína jako alternativa chemického profilování vína. DNA má skutečně vysokou stabilitu i při vysoké teplotě, nízkém pH a také při chemickém ošetření používaném při zpracování vína. Metody, které jsou založené na DNA spoléhají na identifikaci vhodné sekvence DNA charakterizující specifickou oblast celé molekuly, která je jedinečná pro odrůdu hroznů [44].

2.5 Použité analytické metody

V rámci experimentální části této bakalářské práce byla využita celá řada analytických technik, jejichž teoretické principy fungování budou popsány v této kapitole.

2.5.1 Vysoce účinná kapalinová chromatografie

Vysoce účinná kapalinová chromatografie se používá k separaci složek ze směsi na základě rozdělení látek mezi dvě fáze – mobilní a stacionární. Techniky kapalinové chromatografie mohou být rozděleny s ohledem na povahu mobilní fáze. Mobilní fáze může mít vyšší polaritu, než stacionární a bude se jednat o techniku NP, pokud bude mít mobilní fáze nižší polaritu, než stacionární fáze, jedná se o techniku RP. Použití NP může být výhodnější než použití RP, protože kolony vykazují vysokou stabilitu při použití nevodných mobilních fází.

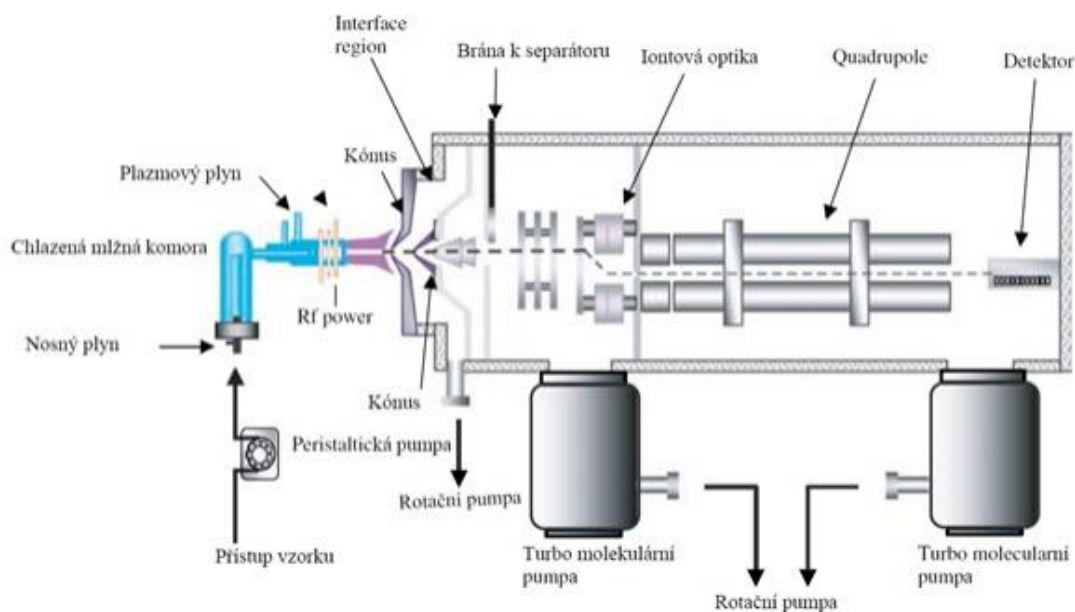


Obrázek 5: Schéma vysoce účinné kapalinové chromatografie [45]

Na obrázku č. 5 je schematicky znázorněna instrumentace HPLC. Přístrojové vybavení kapalinové chromatografie se skládá ze zásobníku mobilní fáze a čerpadla, které pomocí tlaku přenáší mobilní fázi přes kolonu do detektoru. V zásobnících mobilní fáze je umístěn speciální filtr, který slouží k zachycení tuhých částic před vstupem do systému. Podstatnou součástí systému je automatický dávkovač (injector), který je obvykle spojen se zásobníkem vzorků, ve kterém se nacházejí vialky. Funkce automatického dávkovače je nadávkovat a nastříkat vzorky v rozmezí 0,1–100 μl do proudu mobilní fáze, který je veden do chromatografické kolony. V chromatografické koloně dochází ke styku vzorku s mobilní fází a jednotlivé složky ze vzorku jsou v rovnováze mezi mobilní a stacionární fází. Díky rozdílné afinitě k mobilní a stacionární fázi dochází k separaci analyzované směsi na jednotlivé složky. Kolony se rozdělují podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Existují kolony z nerezové oceli, z tlustého skla, polymerů (polyetherethelketon), kombinace nerezové oceli a skla, nebo kombinace nerezové oceli a polymerů. Také existuje řada kolon různých délek, nejčastější analytické kolony mají rozměr mezi 3 a 25 cm na délku a mají průměr 1 až 5 mm. Zvýšit účinnost kolony lze tím, že se sníží průměr naplněných částic uvnitř kolony. Po separaci složek jsou separované látky unášeny mobilní fází do detektoru. Detektor zaznamenává rozdíl signálu mezi průchodem mobilní fáze s obsahem eluované složky a průchodem čisté mobilní fáze. Mezi nejčastěji používané detektory patří spektrofotometrické, fluorescenční, hmotnostně spektrometrické, refraktometrické a elektrochemické detektory. Data z detektoru jsou zaznamenávána pomocí počítače do chromatogramu v závislosti odezvy na čas [45][46][47][48].

2.5.2 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

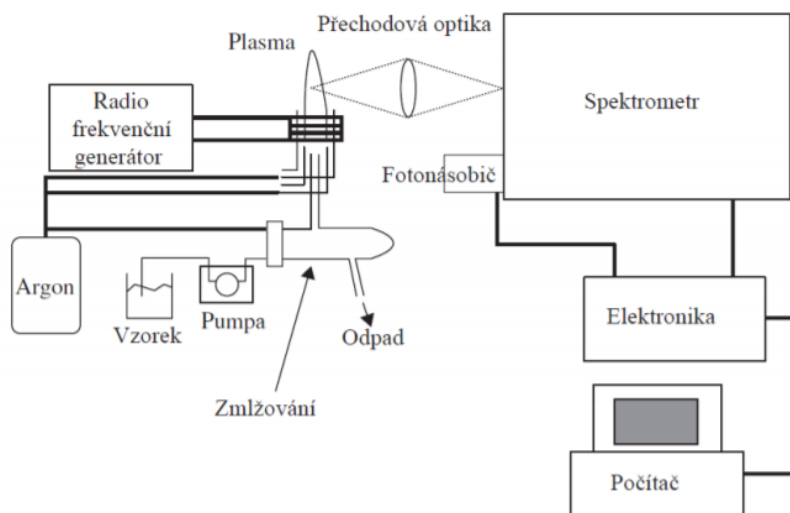
Hmotnostní spektrometrie je jednou z nejdůležitějších analytických technik používané pro zjištění prvkového složení látek. Díky vysoké citlivosti, nízkým detekčním limitům a malé spotřebě vzorků je hmotnostní spektrometrie vhodná pro stanovení stopové či ultra stopové úrovně látek [49]. Hmotnostní spektrometrie má mnoho metod, k nejvýznamnějším metodám patří hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, který jako ionizační zdroj používá právě zmíněnou plazmu. Indukčně vázané plazma generuje ionty, které jsou dále vedeny k iontové optice pomocí vzorkovacího a sběrného kužele. [49][50] Elektrostatické čočky, které se nacházejí v iontové optice přenášejí ionty z oblasti atmosférického tlaku do hmotnostního filtru při vakuu 10^{-8} Pa. V rámci iontové optiky dochází k oddělení nabitých a nenabitých částic (fotonů, nenabitých fragmentů molekul apod.). Po filtraci ionty zamíří do hmotnostního analyzátoru, kde dochází k rozdělení podle hmotnosti a náboje (m/z). Existuje celá řada hmotnostních analyzátorů jako je kvadrupól, TOF nebo magnetický analyzátor. Nejčastěji se využívá konfigurace s kvadrupólem a TOF. Po separaci iontů daného poměru hmotnosti/náboje jsou ionty svedeny do detektoru, kde dochází k převedení proudu iontů na elektrický signál. Nejčastěji používaným detektorem v ICP-MS je kanálový elektro násobič, Faradayův pohár a dynod. Tyto detektory mají za úkol určovat množství dopadajících iontů, které vytvářejí elektrické impulzy za jednotku času [50]. Na obrázku č. 6 vidíme přístrojové zapojení hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem.



Obrázek 6: Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [49]

2.5.3 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Základem optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je emise čárových spekter různých vlnových délek excitovanými volnými atomy. Po dodání určité energie dojde k emisi záření atomů vzorku. K dodání energie je využíván budící zdroj, který převádí vzorek z roztoku do fáze plynné a dochází tak k atomizaci a excitaci elektronů [51]. Optický emisní spektrometr se skládá ze tří hlavních částí, tj. z budícího zdroje, spektrálního přístroje a detektoru. V případě ICP-OES je budící zdroj indukčně vázané plazma, které patří mezi iontové zdroje [52]. Použití ICP-OES je vhodné pro prvky, které jsou zatíženy spektrálními interferencemi nebo pro makroprvky, které jsou zastoupeny ve víně. Díky velmi podobnému pracovnímu postupu je vždy nejlepší kombinovat ICP-OES s ICP-MS (vhodná pro stanovení stopového množství prvků), abychom dostali co nejpřesnější výsledky [49].



Obrázek 7: Obecné schéma pro atomovou emisní spektrometrii [49]

Na obrázku č. 7 je znázorněno přístrojové zapojení opticky emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem. Vzorek je přiváděn pomocí čerpadla do zmlžovače, do kterého je ve stejné době přiváděn argonový plyn. V proudu argonu dojde ke vzniku aerosolu, který putuje do plazmy. V plazmě vlivem vysoké teploty plazmového výboje dochází k excitaci a ionizaci atomů. Fotony, které jsou vyzářeny atomy prvků, jsou směřovány do optického spektrometru. Na monochromátor, na který dopadá záření různých vlnových délek. Polychromatické záření, které dopadá na monochromátor, se rozštěpí na jednotlivé vlnové délky. Záření určité vlnové délky je vedeno na detektor, kde daný signál je vyhodnocen pomocí počítačové techniky [53][54].

2.6 Statistická analýza dat – chemometrie

Chemometrie je definována jako chemická disciplína, která používá statistické, matematické a informatické metody pro získávání informací z naměřených chemických údajů [55]. Použití sofistikovaných statistických technik, tzv. „Chemometrie“, které zohledňují velké množství analytických údajů týkajících se složení vína, se ukázalo jako všestranný a cenný nástroj pro posuzování pravosti vína [56].

2.6.1 Shluková analýza

Díky shlukové analýze (CA) dochází ke seskupení vstupních dat do společných skupin na základně podobnosti proměnných. Výsledkem shlukové analýzy je dendrogram, u kterého platí, že objekty se stejnými či podobnými proměnnými jsou ve stejném shluku, naopak objekty s různými proměnnými jsou ve vzdáleném shluku [57]. Proměnné u shlukové analýzy by měly být vybírány na základě výzkumů, teorie a testovaných hypotéz. Také by měla být vybrána vhodná míra vzdálenosti nebo podobnosti, nejpoužívanějším měřítkem je euklidovský vzdálenost. Shlukovou analýzu můžeme rozdělit podle způsobu shlukování, na hierarchickou a nehierarchickou analýzu [58]. Hierarchické formování je založeno na vytvoření stromové struktury, která má danou hierarchii. Rozděluje se na aglomerativní a divizní. U nehierarchické formování je nutná informace o počtu shluků, do kterých má být soubor dat tříděn [59].

2.6.2 Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent, neboli PCA, pracuje s velkým množstvím dat, které transformuje na menší sadu, která obsahuje nové znaky, tzv. hlavní komponenty. Tyto komponenty odpovídají lineární kombinaci originálů. Jinými slovy, analýza hlavních komponent redukuje vícerozměrná data na dva nebo tři hlavní komponenty, které se dají vizualizovat graficky [60].

2.6.3 Diskriminační analýza

Diskriminační analýza (DA) je termín, který zahrnuje několik statistických technik, které se používají na testování hypotéz. Metody diskriminační analýzy studují rozdíly mezi dvěma nebo více skupinami objektů, které jsou charakterizovány více znaky [61]. Diskriminační analýza se dělí na techniky, které popisují rozdíly mezi danými shluky objektů a techniky, u kterých je cílem klasifikace objektů do skupin. U techniky klasifikace objektů jsou pozorovány znaky jednoho objektu se znaky ostatními [62].

2.6.4 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu (ANOVA) se v praxi používá především jako postup umožňující analýzu zdrojů variability u lineárních statistických modelů. Principem analýzy je rozpad celkového rozptylu dat na objasněné jednotlivé složky (známé zdroje variability) a složky neobjasněné, o kterých se předpokládá, že jsou náhodné. U celkového rozptylu dojde k rozdělení do dvou částí – variabilita uvnitř skupin a variabilita skupiny dat. Variabilita uvnitř skupin popisuje variabilitu jednotlivých skupin. Variabilita mezi skupinami ukazuje, jak se liší dané průměry jednotlivých skupin dat. Po rozdělení do těchto dvou skupin dojde k následnému testování hypotéz o významnosti jednotlivých zdrojů variability [63]. Analýzu rozptylu můžeme rozdělit na dva typy – jednofaktorovou a vícefaktorovou. Pokud zkoumáme vliv jednoho faktoru na jednu nebo více závislých proměnných, jedná se o jednofaktorovou analýzu rozptylu. Pokud zkoumáme vliv více faktorů, jedná se o vícefaktorovou analýzu [58].

3 Experimentální část

3.1 Laboratorní vybavení

Experimentální činnost byla prováděna v laboratoři ústavu Chemie potravin a biotechnologií.

3.1.1 Laboratorní pomůcky

Běžné laboratorní sklo (Simax), automatické pipety, plastové zkumavky, skleněné vialky s plastovým uzávěrem, septa, kyveta, mikrofiltry, plastové špičky, injekční stříkačky

3.1.2 Použité chemikálie

ABTS (2,2'-azino-bis [kyselina 3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová]), trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-2-karboxylová kyselina), 60% ethanol, peroxodisíran draselný, 7,5% roztok uhličitanu sodného, Folin-Ciocalteuové činidlo, standardy – kyselina kávová, kyselina gallová, kyselina vanilová, kyselina kumarová, katechin, kyselina ferulová, kyselina sinapová, prvkové standardy, acetonitril, argon, deionizovaná voda, indium, skandium

3.1.3 Seznam použitých přístrojů

Kapalinový chromatograf Agilent infinity 1260 (Agilent technologies, USA), hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (Agilent 7800), optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem Horiba Ultima 2 (Horiba Scientific, Francie), analytické váhy, UV-VIS spektrofotometr (Spectronic Unicam Helios), iontový chromatograf (850 Professional IC Anion-MCS)

3.2 Vzorky vína

Pro splnění cílů bakalářské práce bylo potřeba zajištění dostatečného množství moravských červených vín s ověřeným původem. Veškerá vína byla ze 4 moravských oblastí, z mikulovské, velkopavlovické, slovácké a znojemské.

3.2.1 Popis vzorků

Pro sestavení jednotlivých modelů pro určení autenticity vína bylo zajištěno 27 vzorků červeného vína. Vzorky byly vybírány tak, aby z každé moravské oblasti bylo minimálně 5 vzorků. Dále byly vybrány nejčastěji pěstované odrůdy v České republice pro stanovení geografické autenticity. Do vybraných vín byly zařazeny vína různých ročníků. Nejčastěji zastoupený ročník vína je 2017, nejstarším vínem ve výběru je Modrý Portugal ze slovácké oblasti z roku 2012 a nejmladším vínem ve výběru je Svatovavřínecké víno ze znojemské oblasti z roku 2019. Pro experiment byly vybrány vína s přívlastkem, nejčastější přívlastek je pozdní sběr. Seznam veškerých vzorků vína, které jsou využité k analýze jsou sepsány v Tabulce č. 5. Všechny vzorky byly před analýzou uchovány v chladícím boxu.

3.2.2 Příprava vzorků

Pro analýzu pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázanými plazmatem byly vzorky ředěny deionizovanou vodou v poměru 1:9. Po zředění byly vzorky filtrovány přes stříkačkový filtr s velikostí pórů 0,45 μm . Pro analýzu na ICP-MS byly vzorky ředěny v poměru 1:1 s deionizovanou vodou obohacenou In a Sc (koncentrace 1 $\mu\text{g/l}$). Pro přípravu vzorků pro stanovení fenolických látek na vysoce účinné kapalinové chromatografii byly vzorky ředěny deionizovanou vodou v poměru 1:1. V případě stanovení celkových fenolických látek a antioxidační aktivity metodou TEAC nebyly vzorky ředěny, pouze byly přefiltrovány přes stříkačkový filtr 0,45 μm .

Tabulka 5: Seznam vzorků červených moravských vín

Vzorek	Odrůda	Podoblast	Viniční trať	Vinařská obec	Ročník
1	Blauburger	znojemská	Dívčí hora	Chvalovice	2018
2	Frankovka	znojemská	Weinperky	Miroslav	2017
3	Modrý Portugal	znojemská	Weinperky	Miroslav	2017
4	Svatovavřínecké	znojemská	x	x	2019
5	Rulandské modré	znojemská	U tří dubů	Stošikovice na Louce	2017
6	Zweigeltrebe	znojemská	Stará hora	Božice	2016
7	Dornfelder	znojemská	Weinperky	Miroslav	2018
8	Cabernet Moravia	slovácká	Nové Vinohrady/Stará obec	Tvrdonovice	2018
9	Cabernet Sauvignon	slovácká	x	Mutěnice	2018
10	Zweigeltrebe	slovácká	Kukvička	Josefov	2015
11	Merlot	slovácká	Nové Vinohrady/Stará obec	Tvrdonovice	2018
12	Modrý Portugal	slovácká	Dolní hory	Důbrava-Bzenec	2012
13	Rulandské modré	slovácká	x	Milotice	2017
14	Rulandské modré	mikulovská	Pod Svatým kopečkem I.	Mikulov	2017
15	Cabernet Moravia	mikulovská	Věstoňsko	Perná	2017
16	Svatovavřínecké	mikulovská	Pod Svatým kopečkem I.	Mikulov	2016
17	Merlot	mikulovská	Věstoňsko	Perná	2017
18	Frankovka	mikulovská	Pod Reistnou	Valtice	2017
19	Cabernet Sauvignon	mikulovská	Valtická	Mikulov	2017
20	Cuveé	mikulovská	Pod Svatým kopečkem I.	Mikulov	2017
21	Zweigeltrebe	velkopavlovická	x	Velké Bílovice	2018
22	André	velkopavlovická	x	Velké Bílovice	2017
23	Frankovka	velkopavlovická	x	Velké Bílovice	2016
24	Cabernet Moravia	velkopavlovická	Nadzahlady	Velké Pavlovice	2015
25	Agni	velkopavlovická	Petr Bíza	Čejkovice	2017
26	Modrý Portugal	velkopavlovická	Petr Bíza	Čejkovice	2017
27	Alibernet	velkopavlovická	Přední hora	Velké Bílovice	2016

3.3 Stanovení prvků pomocí ICP-MS

V rámci analýzy vín pomocí ICP-MS byla vytvořena metoda s optimálním nastavením pro maximalizaci citlivosti. Analýza byla provedena na přístroji. Celkem bylo stanoveno ve vzorcích vína 29 prvků. Seznam veškerých stanovených prvků je uveden v Tabulce č. 6.

Tabulka 6: Seznam vzorků proměřených pomocí ICP-MS

Al, B, Ba, Kd, Ko, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Ni, Ce, La, Nd, Pr, Sc, Y, In, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu
--

3.4 Stanovení prvků pomocí ICP-OES

Pro doplňkovou prvkovou analýzu byla využita metoda ICP-OES. Měření bylo realizováno na přístroji Horiba Jobin Yvone, typ Ultima 2. Stejně tak jako u ICP-MS, byl zde využit argon jako plazmový plyn a jako detektor byl využit fotonásobič. Celkem bylo v rámci této analýzy stanoveno 6 prvků. Veškeré prvky, které byly stanoveny, jsou sepsány v Tabulce č. 7. Podmínky analýzy jsou uvedeny v Tabulce č. 8.

Tabulka 7: Seznam vzorků proměřených pomocí ICP-OES

Ca, K, Na, P, Rb, Sr

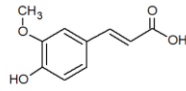
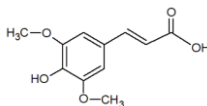
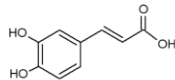
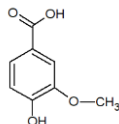
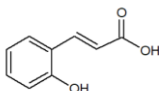
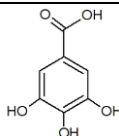
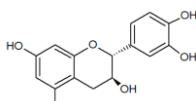
Tabulka 8: Podmínky prvkové analýzy

Výkon	1200-1400 W
Otáčky pumpy	15-18 ot/min
Průtok plazmového plynu	14 l/min
Průtok stínicího plynu	0,8-0,5 l/min
Tlak zmlžovače	3 bar

3.5 Stanovení fenolických látek pomocí HPLC

V rámci experimentů byla provedena analýza vybraných fenolických látek ve víne pomocí HPLC. Tyto vybrané sloučeniny jsou vypsány v Tabulce č. 9. Analýza byla provedena na přístroji HPLC Agilent 1260 infinity s detektorem s diodovým polem. Jako výchozí mobilní fáze zde byla využita směs acetonitrilu (A) a 2% kyseliny mravenčí (B). Separace probíhala podle podmínek, které jsou uvedeny v Tabulce č. 10. Program gradientové eluce je uveden v Tabulce č. 11.

Tabulka 9: Seznam stanovených organických látek ve víně pomocí HPLC

Vzorek	Vlnová délka [nm]	Vzorec
Kyselina ferulová	330	
Kyselina sinapová	330	
Kyselina kávová	300	
Kyselina vanilová	300	
Kyselina kumarová	300	
Kyselina gallová	280	
Katechin	280	

Tabulka 10: Podmínky separace fenolických látek

Teplota termostatu	40 °C
Objem nástřiku	5 µl
Průtok	0,75 ml/min
Typ kolony	Zorbax C18 150x4,6 mm, 2,7 um částice (Agilent, USA)

Tabulka 11: Nastavený gradient mobilní fáze

	Mobilní fáze	
t [min]	2% HCOOH [%]	ACN [%]
0	88	12
6	88	12
10	80	20
11	40	60
24	40	60
24,21	88	12
35	88	12

3.6 Stanovení TPC

Celkový obsah fenolických látek ve vzorcích vína byl stanoven podle Folin Ciocalteuaovy metody. Jedná se o běžnou spektrofotometrickou metodu, která slouží k určení celkového obsahu polyfenolických sloučenin v rostlinných extraktech a šťávách. Je založena na redukci fosfowolframanu a fosfomolybdenanu fenolickými sloučeninami za vzniku modrého zbarvení. Naměřené hodnoty jsou obvykle vyjádřeny jako ekvivalenty kyseliny gallové [64].

Byl připravený roztok s 1 ml roztoku FC, 1 ml H₂O a 100 µl vzorku. Tento roztok byl promíchán na vortexu po dobu 5 minut, aby směs dobře zreagovala. Po zreagování byl přidán 1 ml roztoku Na₂CO₃. Po přidání byl tento roztok ponechán v temnu po dobu 30 minut. Po uplynutí třiceti minutové doby došlo k proměření absorbance při vlnové délce 765 nm proti reakční směsi.

3.7 Stanovení antioxidační aktivity metodou TEAC

Metoda používající ABTS je jednou z nejpoužívanější pro stanovení celkové antioxidační aktivity. Principem této metody je schopnost vzorku či látek zhášet kation-radikál ABTS^{•+}. Často bývá nazývána jako metoda TEAC, díky tomu, že výsledná antiradikálová aktivita vzorku je srovnávána s antiradikálovou aktivitou syntetické látky Troloxu. Zhášení radikálu ABTS^{•+} antioxidanty (které se chovají jako donory vodíku) je sledováno spektrofotometricky na základě absorpčního spektra ABTS^{•+} [65]. Jako základní reakční činidlo byla připravena reakční směs 7 mM abts A 2,45 mM K₂S₂O₈ v deionizované vodě. Dále byly připraveny kalibrační roztoky na Trolox v 60 % ethanolu. Před měřením bylo nutné naředit roztok ABTS

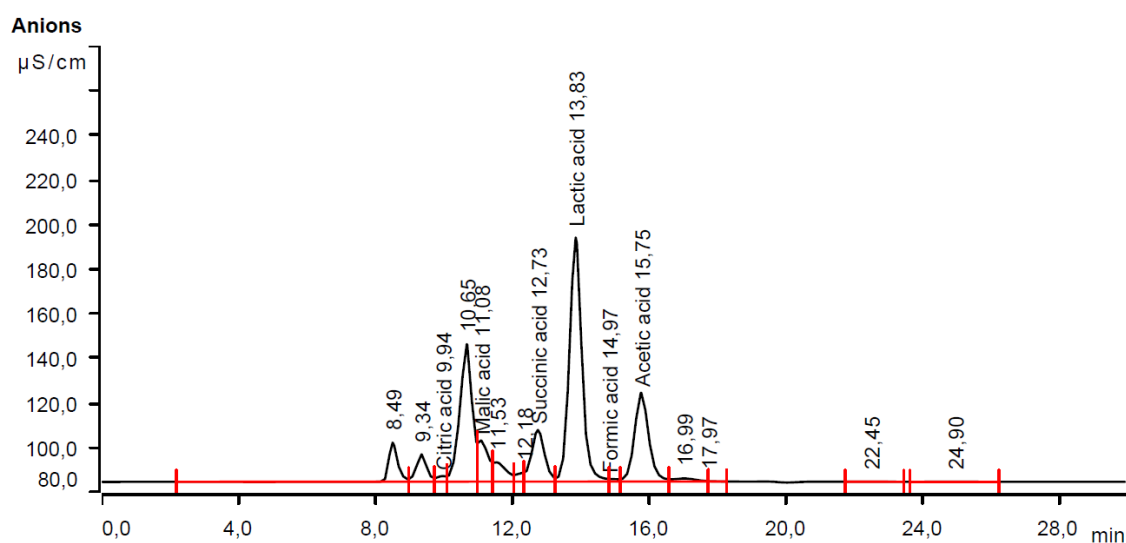
na absorbanci 0,7 při vlnové délce 734. Při měření vzorků bylo smícháno 1 ml směsi 7 mM roztoku ABTS a 2,45 mM $K_2S_2O_8$ a 10 μ l vzorku upraveného dle kapitoly 3.2.2. Po patnácti minutách byl vzorek proměřen na spektrofotometru na vlnové délce 734 nm.

3.8 Stanovení organických kyselin pomocí IC

Pro stanovení organických kyselin ve víně byl využit iontový chromatograf (850 Professional IC Anion – MCS). Směs 0,5mmol/l kyseliny sírové a 5% acetonu byla využita jako mobilní fáze. Separace probíhala podle podmínek, které jsou uvedeny v Tabulce č. 12.

Tabulka 12: Podmínky separace organických kyselin

Doba analýzy	30 min
Kolona	Methrosep Organic Acid – 250/7.8
Průtok	0,5 ml/min
Tlak	6,85 MPA
Teplota	30 °C



Obrázek 8: Vzorový chromatogram pro vzorek vína č. 1

3.9 Statistická analýza dat

Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno pomocí techniky analýzy rozptylu (analysis of variance – ANOVA), shlukové analýzy (cluster analysis – CA), analýzy hlavních komponent (principal component analysis – PCA) a diskriminační analýzy (diskriminant analysis – DA).

Pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi vybranými víny bylo použito hypotézové testování. U dat, která byla homogenní s normálním rozdělením, byla provedena analýza rozptylu (ANOVA). U analýzy rozptylu byla nastavena hladina významnosti α na hodnotu 95 %. Abychom získali statisticky významný rozdíl bylo nutné definovat dvě hypotézy. Hypotéza H_0 , která říká, že mezi daty nejsou žádné statisticky významné rozdíly. Oproti tomu hypotéza H_1 , určuje, že mezi daty jsou statisticky významné rozdíly. Abychom zjistili, jaká hypotéza platí, je nutné zjistit hodnotu P . Pokud hodnota P je menší než α , znamená to, že nulovou hypotézu zamítáme, pokud hodnota P bude větší jak α , znamená to, že na základě zkoumaných dat s použitím daného testu hypotéza zamítnou nelze [66].

4 Výsledky a diskuze

Tato kapitola se zabývá prezentací všech dosažených výsledků. Jednotlivé kapitoly jsou členěny dle skupin stanovovaných látek.

4.1 Prvkový profil moravských červených vín

V této kapitole jsou prezentovány a diskutovány výsledky stanovení prvkového profilu vína. Prvková analýza byla provedena způsobem, který je popsán v kapitole 3.4. a 3.5. Prvkové složení hlavních makroprvků vína je vyobrazeno v Tabulce č. 13. Tabulka č. 14 a 15 obsahuje prvkové složení vína, které bylo stanoveno pomocí ICP-MS.

Tabulka 13: Prvkové složení vín stanovené pomocí ICP-OES

Podoblast		Ca [mg/l]	K [mg/l]	Na [mg/l]	P [mg/l]	Rb [mg/l]	Sr [mg/l]
ZNO	max	94,1	1429	142	1411	458	27,0
	min	46,9	815	89,6	638	435	20,7
	průměr	73,0a	1097	114a	967	443	24,0
SLO	max	78,4	1318	37,4	1550	445	35,9
	min	47,1	660	23,8	724	433	18,4
	průměr	64,5ab	969	29,3b	1021	439	27,3
MIK	max	63,4	1698	34,8	1935	462	34,5
	min	38,4	871	21,3	556	435	19,2
	průměr	48,5c	1919	28,0b	1113	447	24,5
VP	max	63,5	1632	44,5	1432	461	28,2
	min	52,0	672	20,1	574	438	18,6
	průměr	56,1bc	1091	27,4b	840	449	21,6

Index a,b,c označujíc rozdělení do skupin dle Tukeyho testu. Rozdílný index indikuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 95 %.

Tabulka 14: Prvkové složení vín stanové pomocí ICP-MS

		Al	B	Ba	Kd	Ko	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn	Ni
		[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]	[ug/l]
ZNO	min	238	4890	137	0,080	7,12	18,8	45,9	1975	24626	873	1020	30,4
	max	766	5924	254	0,310	11,6	29,7	317	4345	32901	1529	2381	54,6
	průměr	472	5523b	167	0,170	8,24	25,5	150ab	2535a	29694a	1277	1358	41,7
SLO	min	199	3684	95	0,170	5,88	8,20	12,6	507	21867	1033	367	23,2
	max	590	5656	315	0,710	11,9	29,7	138	2203	29753	3030	1475	85,0
	průměr	316	4746bc	174	0,290	7,34	17,4	105b	1427b	24680b	1706	899	44,5
MIK	min	250	6039	125	0,110	6,04	12,8	69,7	1335	25979	1028	722	28,0
	max	849	8442	241	0,610	13,0	28,8	1408	2940	29484	1467	1439	47,0
	průměr	590	7472a	184	0,270	8,25	22,6	501a	1995ab	28097ab	1201	1042	37,8
VP	min	274	3498	81	0,120	6,07	12,4	27,7	1329	20838	976	682	23,2
	max	3094	4916	243	0,250	8,68	27,8	166	2392	31156	1533	1274	50,9
	průměr	1012	4520c	136	0,180	6,95	21,0	67,9b	1839ab	25295b	1203	917	34,7

Index a,b,c označujíc rozdělení do skupin dle Tukeyho testu. Rozdílný index indikuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 95 %.

Tabulka 15: Prvkové složení vín stanovené pomocí ICP-MS (prvky vzácných zemin)

			Nd	Pr	Sc	Y	In	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
			[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ug/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]
ZNO	min	0,8	0,9	0,7	560	1,5	1700	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
	max	2,8	3	1,2	590	8,9	1800	0,6	0,8	0,7	0,2	0,9	0,3	0,9
	průměr	1,2	1,3	0,8	580a	3,4	1700	0,3	0,6	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4
SLO	min	0,8	0,7	0,6	550	0,9	1700	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
	max	32	36	9,5	560	44	1800	8,2	2,6	7,2	1,2	6,9	1,5	4,2
	průměr	7,3	8,3	2,5	560b	9,7	1700	1,9	1	1,7	0,3	1,6	0,4	1
MIK	min	2,7	3,1	1,1	530	4,3	1700	0,7	0,5	0,7	0,2	0,7	0,2	0,4
	max	32	40	10	580	41	1800	8,9	3,4	8	1,4	7,2	1,5	3,6
	průměr	11	13	3,5	560b	14	1700	2,9	1,4	2,6	0,5	2,5	0,6	1,4
VP	min	1,3	1,6	0,7	530	1,5	1700	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
	max	30	35	9,2	540	33	1800	7,6	2	6,1	1,1	5,6	1,2	3,1
	průměr	8,5	10	2,9	530c	11	1700	2,1	1	1,9	0,4	1,8	0,5	1,2

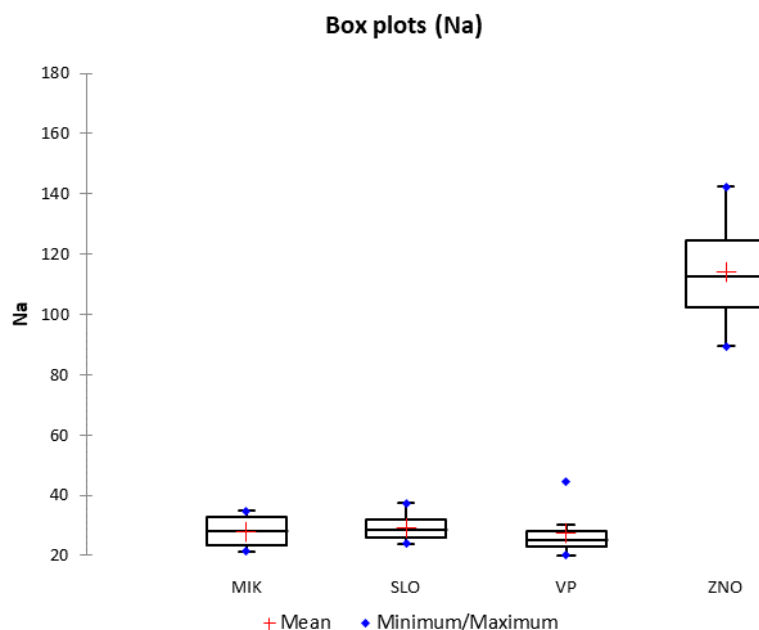
Index a,b,c označujíc rozdělení do skupin dle Tukeyho testu. Rozdílný index indikuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 95 %.

Cílem této práce bylo definovat charakteristické znaky v chemickém složení červených vín ze 4 moravských podoblastí. Co se týče specifík v prvkovém profilu, analýza rozptylu odhalila celkem 5 prvků, které vykazují statisticky významné rozdíly mezi víny ze studovaných regionů. Jednalo se o Ca, Na, B, Cu a Mg. Pravděpodobnostní hodnoty z analýzy rozptylu jsou uvedeny v Tabulce 16.

Tabulka 16: Statisticky významné rozdíly u vybraných prvků

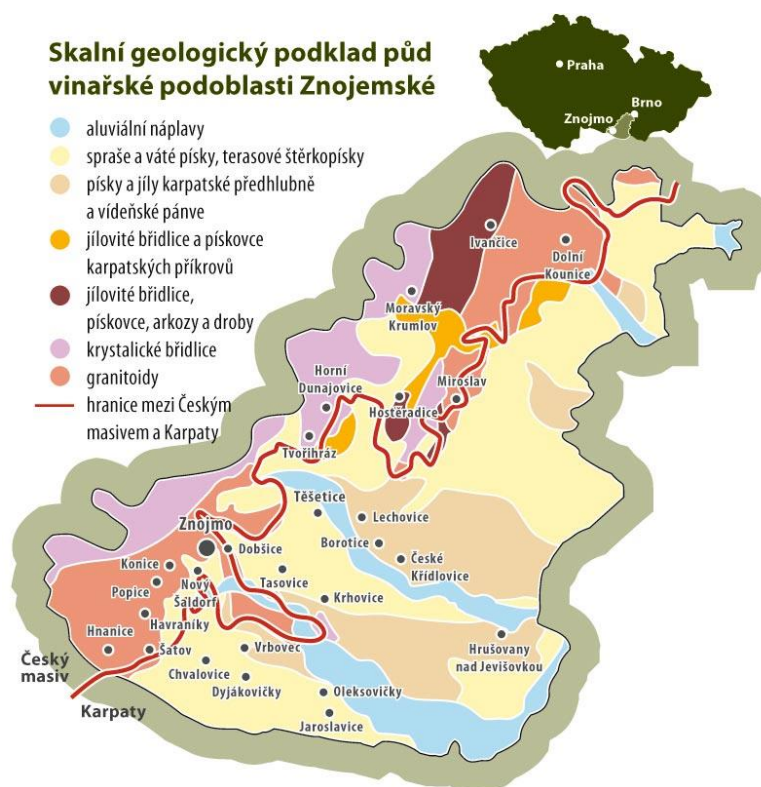
	Ca	Na	B	Cu	Mg
Pr > F	0,0011	<0,0001	<0,0001	0,0105	0,0128

Největší rozdíly mezi víny z moravské oblasti byly naměřeny v koncentraci sodíku. Z boxového grafu (Obrázek č. 9) je patrné, že testovaná vína ze znojemské podoblasti v průměru obsahují markantně vyšší koncentraci sodíku, než v ostatních podoblastech. Průměrná koncentrace sodíku ve vínech ze znojemské podoblasti je 114 mg/l, což je téměř 4krát tolik, co u vín z ostatních 3 podoblastí. Vína z ostatních podoblastí se v koncentraci sodíku statisticky významně nelišila. K podobnému výsledku se dopracoval i Škařupa (2012) a Pořízka (2015), kdy obě tyto práce potvrzují, že vína právě ze znojemské podoblasti jsou bohatá na sodík. Původ vyšší koncentrace sodíku ve víně může být spojen se způsobem ošetřování révy vinné a především složením geologického podkladu [67][68][69]. M. Álvarez a kol (2012) provedli studii založenou na minerálním profilu španělských vín pocházející z oblasti Condado de Huelva. Celkem bylo analyzováno 50 vín na obsah 12 prvků. Mezi 12 analyzovanými prvky byl přítomen i sodík, jehož průměrná koncentrace dosáhla hodnoty 31,8 mg/l. Tato hodnota je výrazně nižší, než hodnota ve vínech ze znojemské podoblasti. Obecně by se dalo očekávat, že průměrná koncentrace sodíku bude vyšší u regionu Condado de Huelva, protože leží na pobřeží Španělska, kde se nachází v blízkosti Atlanského oceánu, který ovlivňuje přítomnost sodíku. V porovnání s víny, pocházející ze španělské oblasti Montilla-Moriles, byla průměrná koncentrace sodíku stanovena na hodnotu 24,5 mg/l. Nižší hodnota je způsobena větší vzdáleností od moře, než u oblasti Condado de Huelva [70][71]. S. Rocha a kol (2019) provedli výzkum týkající se portugalských vín. Celkem bylo analyzováno 30 vzorků červeného vína ze 6 chráněných oblastí. Experimentálně zjištěná průměrná koncentrace sodíku byla stanovena na hodnotu 20 mg/l [72]. Jak můžeme vidět, hodnota sodíku se u většiny vín pohybuje okolo 20–35 mg/l, kde jediná výjimka je právě znojemská podoblast.



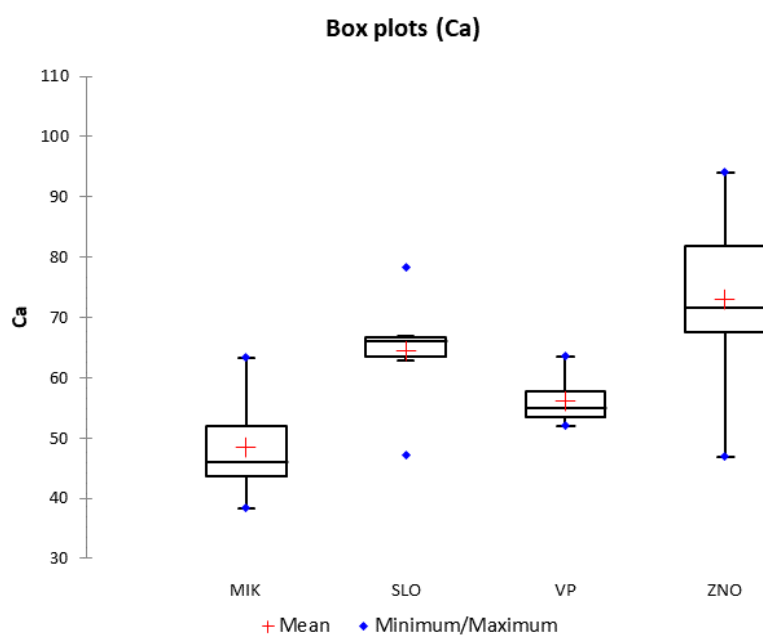
Obrázek 9: Koncentrace sodíku ve studovaných vínech

Na prvkový profil vína má značný vliv skalní geologický podklad půd. Z Obrázku č. 10 můžeme vyčíst geologické složení půd ve znojemské podoblasti. Znojemská podoblast je nejčastěji tvořena písky, jíly, spraší, granitoidy, břidlicemi a rulou. Při hlubším rozboru spojení těchto druhů minerálů a vyšší koncentrace sodíku ve vínech je třeba se zaměřit zejména na granitoidy, rulu a břidlice. Granitoidy je souhrnné označení pro magnetické horniny, mezi které se řadí i alkalické granity. Alkalický granit je bohatý na křemen a sodné minerály (albit, ortoklas). Mezi horniny bohaté na sodík řadíme i rulu a břidlice. Rula je složena z křemene, živce a biotitu, které obsahují sodík, biotit sodík obsahuje jako nejčastější příměs. Břidlice stejně tak jako rula, je tvořena biotitem, který obsahuje taktéž sodík. V porovnání s ostatními podoblastmi můžeme konstatovat, že ve znojemské podoblasti se vyskytuje více hornin, které jsou bohaté na sodík [73].



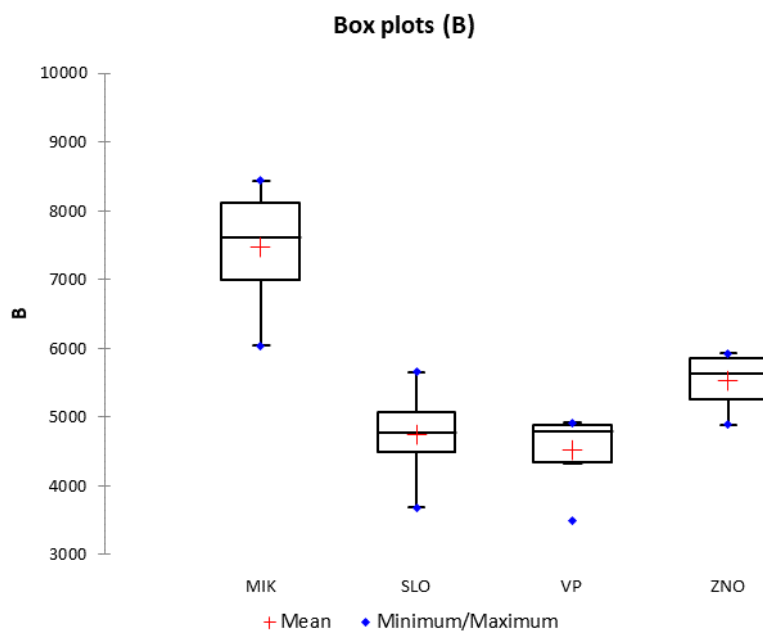
Obrázek 10: Skalní geologický podklad znojemské podoblasti [74]

Dalším statisticky významným rozdílem mezi víny z testovaných podoblastí byl pozorován v koncentraci vápníku ($P=0,0011$). Stejně tak jako sodík, vykazuje vápník nejvyšší průměrnou hodnotu ve znojemské oblasti (Obrázek č. 11) a velmi podobné výsledky byly pozorovány i ve vínech ze slovácké podoblasti (dle Tukeyho testu spadaly do stejné kategorie). Tak jako se ve znojemské podoblasti vyskytují horniny bohaté na sodík, tak se zde vyskytují i horniny bohaté na vápník. Mezi horniny bohaté na vápník se řadí písky, spraše, jíly a břidlice. Mezi nejvíce zastoupený podklad půd bohatý na vápník ve znojemské podoblasti řadíme váté písky, štěrkopísky a spraše. Písek je především složen z úlomků minerálů a hornin, které se pohybují do 2 mm [73]. V písku se nejčastěji vyskytují úlomky křemene, ale také existují karbonátové písky, které obsahují především zrna kalcitu, aragonitu (minerály vápníku) a vápenité schránky různých organismů [75]. Spraše se skládají z křemenného materiálu s hojnou jílovkou a též vápnitou příměsí. Vápenitou příměsí se zde myslí uhličitán vápenatý, který může tvořit až 40 hm. % spraší [76]. Z obrázku č. 13 můžeme vidět, že slovácká podoblast je též tvořena písky, břidlicemi a sprašemi, což jsou stejné geologické podklady, jako ve znojemské podoblasti.



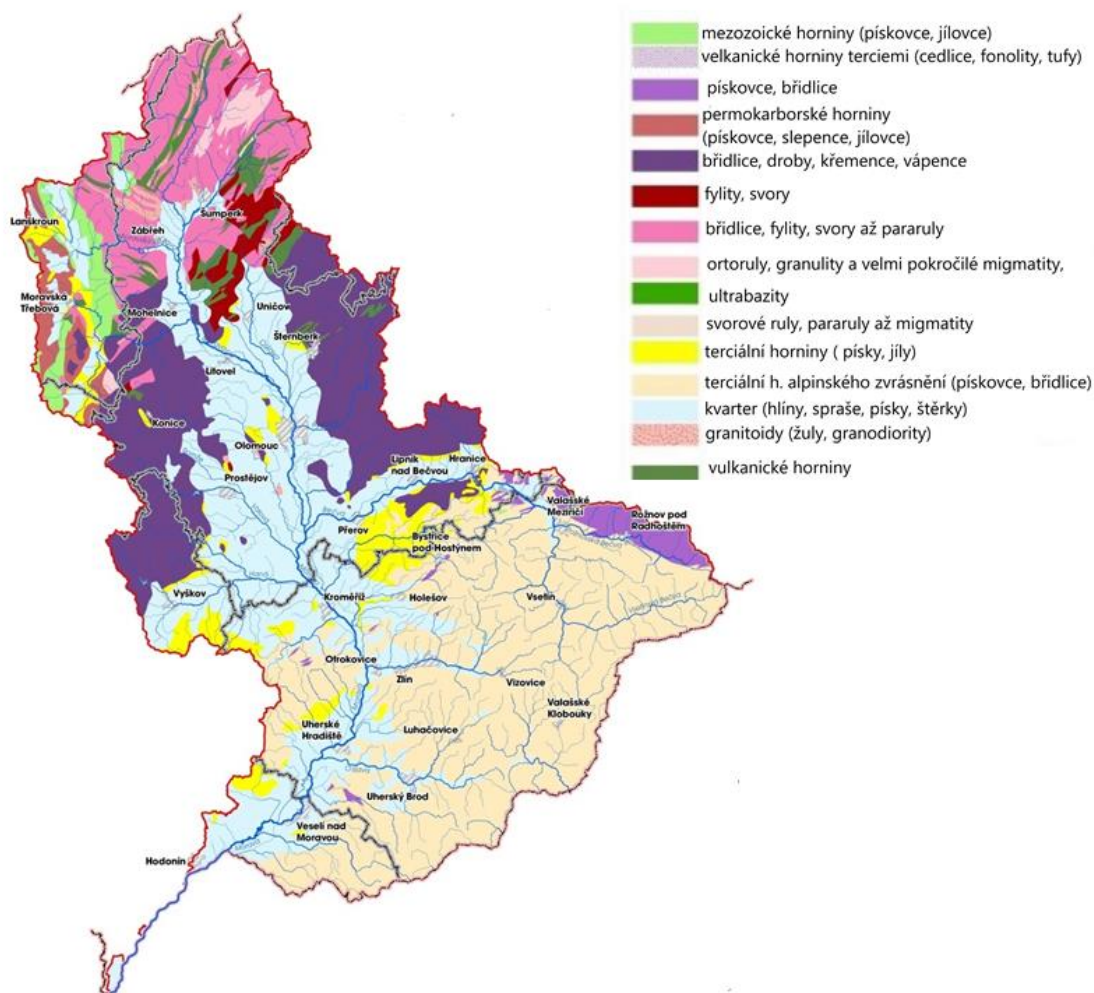
Obrázek 11: Koncentrace vápníku ve studovaných vínech

V prvkovém složení moravských vín byl nalezen další regionální znak, a to v koncentraci boru. Vína z mikulovské podoblasti obsahovala v průměru 7,47 mg/l boru, což je podstatně vyšší množství než v ostatních studovaných podoblastech (Obrázek č. 12).



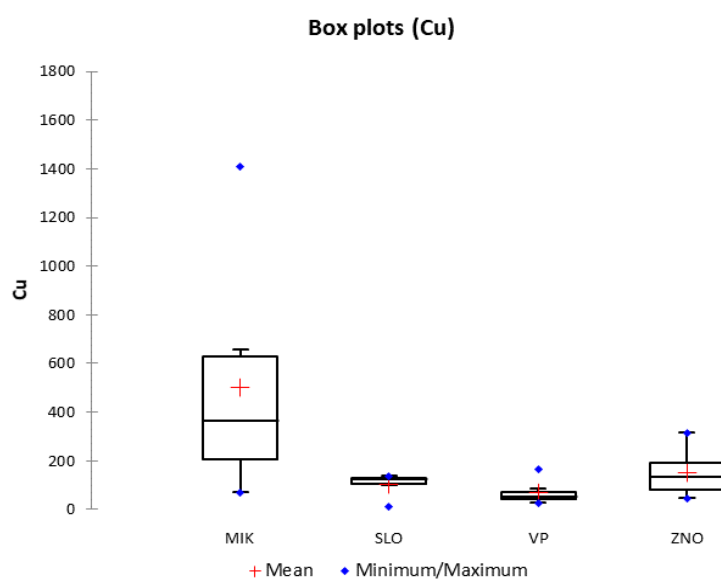
Obrázek 12: Koncentrace boru ve studovaných vínech

Rozdíly v obsahu boru ve větvích mohou být opět spojeny s charakteristickým podloží daného regionu. Obsah boru je v půdě velmi proměnlivý a záleží na půdotvorné hornině, zvětrávání a obsahem jílnatých částic. Obecně lze říct, že půdy vzniklé na kyselých vyvřelinách obsahují více boru než půdy, které vznikly na alkalických vyvřelinách. Přírodním zdrojem boru jsou některé křemičitany, například turmalín, který obsahuje 3–4 % boru, dále se v malých koncentracích vyskytuje v muskovitu, glaukonitu, biotitu a v některých vápencích [77]. Turmalín je obecný název pro řadu trigonálních borocyklosilikátů s obecným vzorcem $XY_3Z_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH,F)_4$. Kde X,Y,Z se mění podle toho o jaký druh turmalínu se jedná [78]. Pokud se podíváme na Obrázek č. 13, zjistíme, že v mikulovské podoblasti se vyskytují organodetritické vápence, tmavé slínovce, slepenci, silicity, pískovce a další. Tmavé slínovce, které se zde vyskytují, mohou být zdrojem magnetické horniny, ze které vzniká turmalín [79].

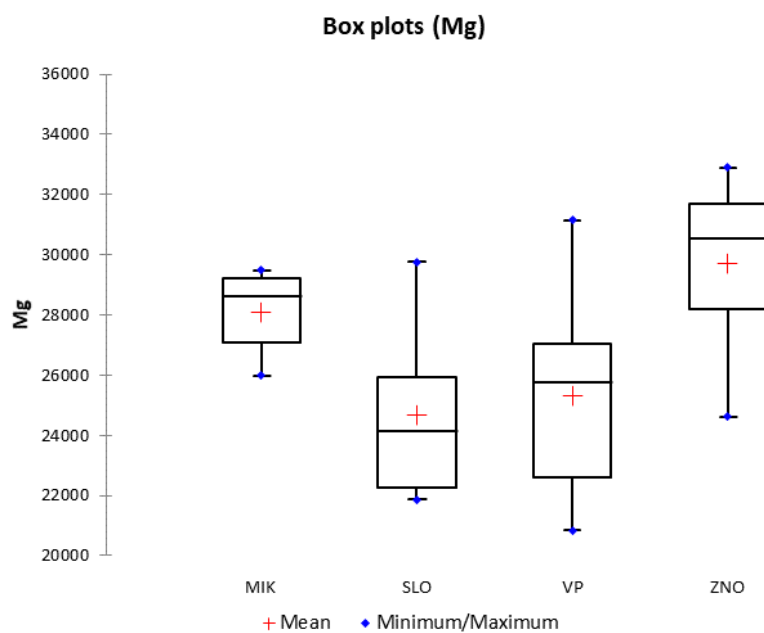


Obrázek 13: Geologický podklad území Moravy [80]

Drobné, avšak stále statisticky významné rozdíly v prvkovém složení vín z moravských podoblastí byly nalezeny v koncentraci Cu a Mg. Nejvyšší průměrná koncentrace byla naměřena ve vínech z mikulovské podoblasti a to 0,15 mg/l (Obrázek č. 14). M. Kontoudakis a kol (2020) provedli studii, ve které se zabývali 49 víny, u kterých zjistili průměrnou koncentraci mědi. Pro analýzu mědi využili techniku ICP-OES a průměrná hodnota mědi ve vínech byla stanovena na hodnotu 0,28 mg/l. Měď se do vína může dostat z půdy, použitím měďnatých pesticidů, kontaktem šťávy nebo vína s mosazným kovem nebo úmyslným přidávkem do vína, za účelem zlepšení sulfidických pachů ve víně, kdy dochází ke zlepšení detekce žádoucích aroma související s ovocem [81]. Hlavními rudami, ve kterých se vykytuje měď je malachit, kuprit, azurit, chalkopyrit a chalkosin, nicméně z větší části se měď v půdách vyskytuje ve formě sulfátů. Lze tedy usoudit, že v mikulovské oblasti se nacházejí horniny bohaté na měď, a především se zde v půdě nacházejí sulfáty [82][83]. Mezi poslední statisticky významný parametr se řadí hořčík (Obrázek č. 15), který má nejvyšší průměrnou hodnotu ve vínech znojenské podoblasti. Znojenská podoblast je tvořena různými druhy hornin, mezi které patří i břidlice. Břidlice je usazená hornina, která je složena hlavně z jílu a slitu (prachu), ale také obsahuje řadu minerálů, mezi které se řadí biotit [73], který obsahuje hořčík. Na severu znojenské podoblasti se vyskytují droby, které tvoří hlavní úlomky křemene a živce a také se zde nacházejí jílovité minerály, které mohou obsahovat hořčík [84]. Velké množství hořčíku bylo experimentálně zjištěno i v mikulovské podoblasti, kde se nacházejí také břidlice, jíly s granitoidy.



Obrázek 14: Koncentrace mědi ve studovaných vínech



Obrázek 15: Koncentrace hořčíku ve studovaných vínech

Na závěr této kapitoly lze říct, že v geografický původ prokazatelně ovlivňuje prvkové složení vín a tyto znalosti mohou být dále využity pro formování autentifikačních modelů.

4.2 Fenolické látky v moravských červených vínech

V této kapitole jsou prezentovány a diskutovány výsledky stanovení vybraných fenolických látek v moravských červených vínech. Výsledky jsou souhrnně prezentovány v Tabulce 17.

Tabulka 17: Naměřené hodnoty fenolických látek pomocí HPLC

		kyselina kávová [mg/l]	kyselina vanilová [mg/l]	kyselina kumarová [mg/l]	kyselina gallová [mg/l]	katechin [mg/l]	kyselina ferulová [mg/l]	Kyselina sinapová [mg/l]
ZNO	min	1,07	0,581	0,665	22,8	34,5	0,484	0,266
	max	4,54	2,04	4,99	51,9	144	1,94	0,813
	průměr	1,97b	1,13	1,98ab	40,6a	74,1a	0,896ab	0,447
SLO	min	1,08	0,164	1,21	19,6	6,81	0,554	0,259
	max	4,34	2,24	6,53	38,2	21,5	1,60	0,453
	průměr	2,29ab	1,23	2,90ab	27,4b	13,1b	0,884ab	0,317
MIK	min	0,778	0,258	0,21	14,4	13,5	0,48	0,287
	max	2,02	1,18	3,72	33,5	46,6	0,986	0,567
	průměr	1,41bb	0,586	1,52b	21,4b	28,2b	0,638b	0,462
VP	min	0,956	0,587	0,82	13,6	7,97	0,481	0,244
	max	7,23	2,16	8,69	34,5	25,1	2,21	0,328
	průměr	4,30a	1,26	4,66a	27,1b	15,1b	1,51a	0,275
P hodnota		0,0177	0,1015	0,0226	0,0020	<0,0001	0,0104	0,0032

Index a,b,c označující rozdělení do skupin dle Tukeyho testu. Rozdílný index indikuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 95 %.

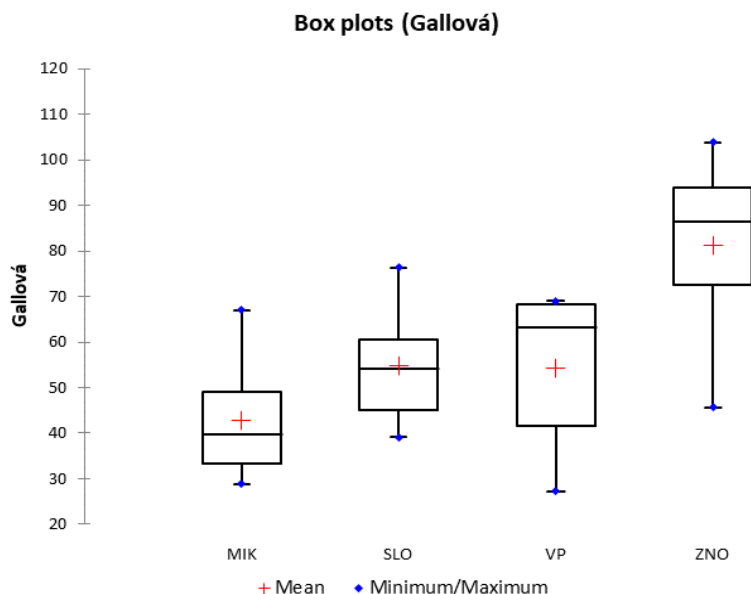
Fenolické látky jsou velmi důležitou součástí hroznů a vína. Z kvalitativního hlediska ovlivňují barvu, chuťové vlastnosti (trpkost, hořkost) a celkovou chuťovou plnost vín. V hroznech se nejvíce vyskytují v semenech a ve slupce [85]. Fenolické sloučeniny vína určují nejen jeho nutriční a organoleptické vlastnosti, ale také mohou být prostředkem pro charakterizaci dle geografického původu a odrůdy [86]. Co se týče specifík v profilu fenolických látek pro vína z testovaných podoblastí, analýza rozptylu odhalila celkem 6 fenolických sloučenin. Koncentrace těchto látek vykazovaly statisticky významné rozdíly mezi víny ze studovaných regionů. Tyto fenolické sloučeniny a P hodnoty z analýzy rozptylu jsou uvedeny v tabulce č. 18.

Tabulka 18: Statisticky významné rozdíly u vybraných fenolických sloučenin

	kyselina gallová	katechin	kyselina kumarová	kyselina ferulová	kyselina sinapová	kyselina kávová
Pr > F	0,002	<0,0001	0,0226	0,0104	0,0292	0,0117

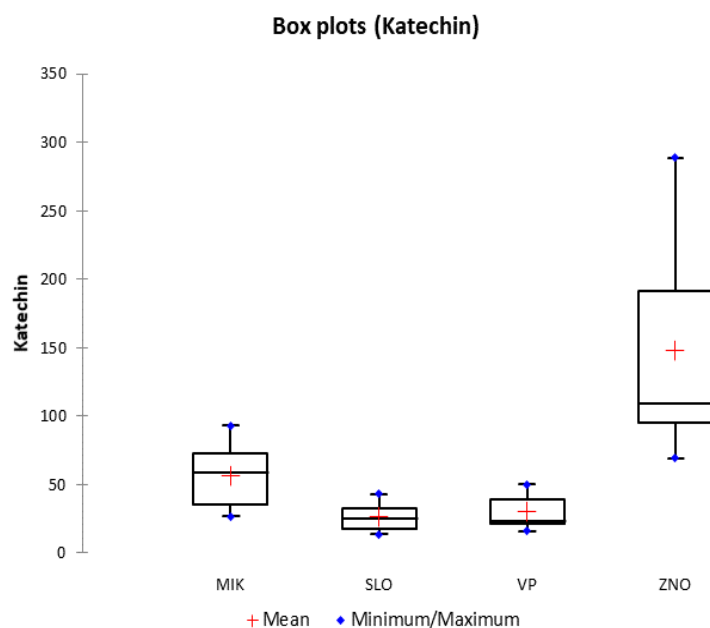
Nejvíce zastoupenou fenolickou kyselinou u všech vzorků je kyselina gallová (Obrázek č. 16). Obsah kyseliny gallové se pohybuje v naměřených vínech v rozmezí 20–40 mg/l. M. Castellari a kol (2002) se věnovali analýze fenolických látek ve víně pomocí HPLC. K analýze použili 5 červených vín odrůdy Sangiovese, Cabernet Sauvignon a Merlot. Koncentrace kyseliny gallové v analyzovaných vzorcích vín se pohybovala v rozmezí 39–61 mg/l [87]. Obsahy fenolických látek se také zabýval R. Ertan Anli a kol (2009), kdy ve své studii analyzovali turecká červená vína ze čtyř hlavních tureckých, vinařských oblastí. Vysoce účinná kapalinová chromatografie odhalila koncentrace různých fenolických sloučenin a koncentrace kyseliny gallové se pohybovala v rozmezí 40–70 mg/l [88]. Fenolickými sloučeninami se zabýval i M.N. Bravo a kol (2005), kdy ke studii fenolických látek použili vína Muscatel z oblasti Setúbal v Portugalsku. V této studii zjišťujeme, že hlavním zdrojem kyseliny gallové jsou hroznová semena a je známo, že vyšší koncentrace kyseliny gallové může být zapříčiněna praktikami, které zvyšují extrakci semen (delší doba macerace, vyšší teplota, agresivní lisování) [89].

Nejvyšší průměrná koncentrace byla zaznamenána ve vínech ze znojenské podoblasti, která se vyznačuje chladnějším klimatem, díky tomu, že leží ve stínu Českomoravské vrchoviny. Průměrné roční teploty se zde pohybují okolo 7–8,5 °C. Průměrné roční teploty jsou u ostatních podoblastí vyšší, což potvrzuje, že by koncentrace kyseliny gallové ve vínech ze znojenské podoblasti měla být nejvyšší. Ve slovácké podoblasti je průměrná roční teplota 8,7–9,3 °C, což je po znojenské podoblasti druhá nejchladnější moravská podoblast. S tímto souvisí i obsah kyseliny gallové, kdy ve slovácké podoblasti je druhá nejvyšší koncentrace. U podoblasti mikulovské a velkopavlovické roční průměrné teploty přesahují 9 °C [90]. T. Belmiro a kol (2017) se věnovali studii argentinských a brazilských vín a došli k závěru, že vína pěstovaná v Brazílii mají nižší obsah kyseliny gallové než v Argentině. Tato nižší hodnota je spojena s klimatickými podmínkami, kdy vyšší teplota a vyšší srážky způsobují degradaci kyseliny gallové [91]. I. Volf a kol (2014) se zabývali studiem degradace kyseliny gallové. Zjistili, že pokud dojde k zahřátí kyseliny gallové na 100 °C, dojde k degradaci až z 30 % [92].



Obrázek 16: Koncentrace kyseliny gallové ve studovaných vínech

Druhou nejvíce zastoupenou fenolickou látkou je katechin (Obrázek č. 17). Obsah katechinu se pohybuje v rozmezí 10–75 mg/l. Kekelidze a kol (2018) se ve své práci zabývali fenolickými kyselinami. Zjistili, že se katechiny nejvíce vyskytují ve zkoumaných vínech a že katechin má vysokou antioxidační aktivitu. Dalším zjištěním bylo to, že antioxidační aktivita je v pozitivní korelaci s katechinem [93]. F.S. Dia a kol (2010) se zabývali optimalizací a validací metody pro přímé stanovení katechinu a epikatechinu v červených vínech pomocí HPLC. Pro analýzu bylo použito 9 různých druhů vína, které bylo pořízeno ve městě Salvador v Brazílii. Koncentrace katechinu se pohybovala v rozmezí 7,5–73,2 mg/l. Tato experimentálně zjištěná koncentrace katechinu je v souladu s koncentrací ve vínech z několika dalších zemí a různých regionů [94]. Nejvyšší průměrná hodnota (74,1 mg/l) byla stanovena ve vínech ze znojenské podoblasti. Tato hodnota je výrazně vyšší, než koncentrace katechinu v další třech podoblastech. Statisticky významný rozdíl katechinu může být ovlivněn tím, že se jedná o fenolickou sloučeninu, jejíž koncentrace je ovlivněna především odrůdou než geografickou polohou. Pokud se podíváme na korelaci mezi experimentálně zjištěnými daty, vidíme, že existuje poměrně vysoká korelace mezi antioxidační aktivitou a katechinem (0,6395), mezi sodíkem a katechinem (0,6921) a TPC a katechinem (0,6685), což je relativně v souladu z výše uvedenou studií.



Obrázek 17: Koncentrace katechinu v studovaných vínech

Dalšími analyzovanými kyselinami byly deriváty kyseliny skořicové – kyselina kumarová, ferulová, sinapová a kávová. Tyto kyseliny se ve vzorcích vína vyskytovaly v rozmezí 0,2–5 mg/l. L. F. Casassa a kol (2016) ve své studii uvádějí, že deriváty kyseliny skořicové mohou působit jako kopigmenty, které vyvolávají změny barvy a ovlivňují aroma vína [95]. R. R. Tian a kol (2009) se ve svém článku zabývají porovnáním fenolických kyselin a flavan-3-olů při fermentaci vinných hroznů. Zjistili, že se zpožděním sklizně roste koncentrace derivátů kyseliny skořicové. Veškeré deriváty kyseliny skořicové jsou v poměrně nízkých koncentracích, a proto lze usoudit, že byla dodržena doba sklizně u zkoumaných vín [96]. Kyselina kávová, kumarová a ferulová mají nejvyšší koncentraci ve vínech ze znojenské podoblasti. Koncentrace kyseliny sinapové je nejvyšší ve vínech z podoblasti slovanské. Výsledky byly podrobeny analýze rozptylu ANOVA, která prokázala statisticky významný rozdíl u všech těchto kyselin. ($P < 0,05$).

4.3 Organické kyseliny v moravských červených vínech

V této kapitole jsou prezentovány výsledky stanovení organických kyselin ve vzorcích moravských červených vín (Tabulka č. 19).

Tabulka 19: Naměřené organické kyseliny pomocí iontové chromatografie

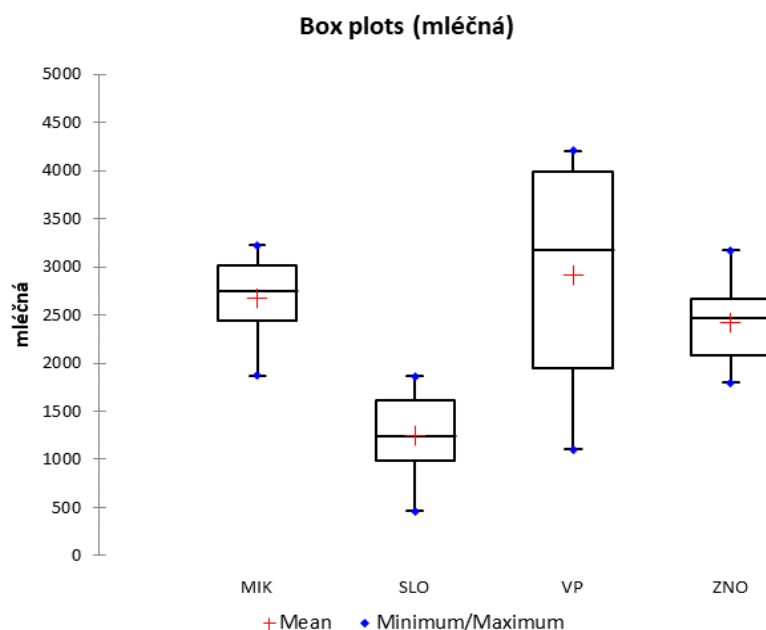
		kyselina citronová [mg/l]	kyselina jablečná [mg/l]	kyseliny jantarová [mg/l]	kyselina mléčná [mg/l]	kyselina octová [mg/l]	kyselina mravenčí [mg/l]
ZNO	min	59,9	396	214	1797	393	0,0
	max	138	2255	787	3167	976	11,7
	průměr	95,5	1446	553	2418ab	694	5,75
SLO	min	54,4	498	519	463	334	0,0
	max	677	2544	909	1860	1090	17,8
	průměr	231	1643	711	1242b	693	7,23
MIK	min	95,5	223	572	1870	740	0,0
	max	371	619	836	3224	1253	11,8
	průměr	171	398	731	2678a	948	8,59
VP	min	46,3	178	466	1103	497	0,0
	max	103	3154	748	4204	1341	18,8
	průměr	61,8	1264	581	2909a	873	10,2

Index a,b,c označujíc rozdělení do skupin dle Tukeyho testu. Rozdílný index indikuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 95 %.

Organické kyseliny můžeme rozdělit na kyseliny, které jsou přítomné ve hroznech (kyselina jablečná, vinná a citronová) a kyseliny, které vznikají při vinifikaci (kyseliny jantarová, octová a mléčná). Stanovení organických kyselin ve víně je velkým zájmem mnoha průmyslových a výzkumných ústavů, kvůli tomu, že je to ukazatel kvality a pravosti vína [97]. Co se týče specifík v profilu organických kyselin, analýza rozptylu odhalila pouze 1 organickou kyselinu – kyselinu mléčnou, která vykazuje statisticky významný rozdíl mezi víny ze studovaných regionů.

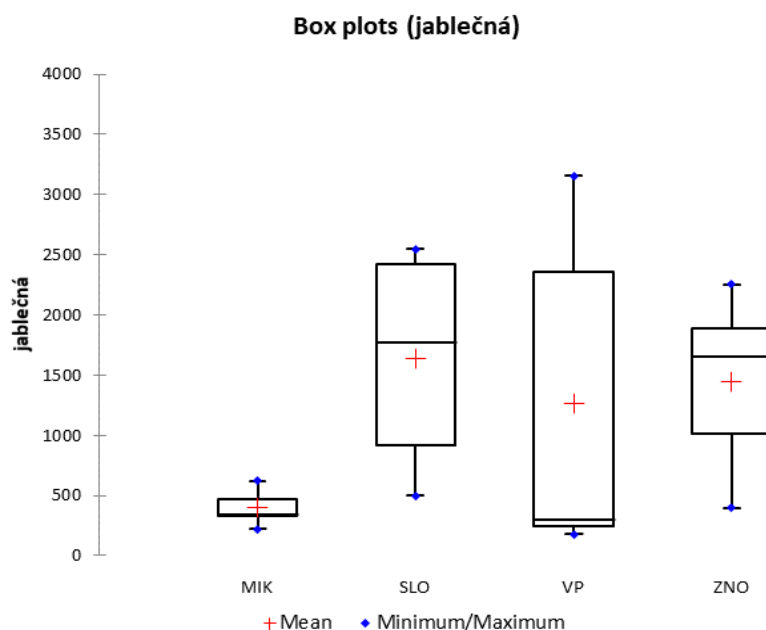
Nejvíce zastoupenou organickou kyselinou byla u všech vzorků kyselina mléčná. Při hlubším studiu výsledků byl nalezen specifický znak v autenticitě vín ze slovácké podoblasti, kdy tyto vzorky vykazovaly významně nižší koncentraci kyseliny mléčné ($P = 0,004$). V porovnání s dalšími moravskými podoblastmi je koncentrace kyseliny mléčné

ve vínech ze slovácké podoblasti přibližně 2krát menší (Obrázek č. 18). Nejvyšší koncentrace kyseliny mléčné byla stanovena ve vínech z podoblasti velkopavlovické. Kyselina mléčná vzniká ve víně při kvašení a při přeměně kyseliny jablečné v období vývoje mladých vín. Mléčné bakterie, které se využívají při kvašení mění ostře chutnající kyselinu jablečnou na jemnější kyselinu mléčnou a oxid uhličitý [10]. Nižší koncentrace kyseliny mléčné je pravděpodobně spojena s neúplnou malolaktickou fermentací, což úzce souvisí s geografickým původem. Hrozny, které pocházejí z chladnějších regionů (zóna A) mají nižší koncentraci kyseliny jablečné, a nízká koncentrace tedy souvisí s nedostatkem substrátu [98]. Existuje však vícero faktorů ovlivňujících koncentraci kyseliny mléčné ve víně, jako je odrůda révy vinné, použitá bakteriální kultura při výrobě vína a podmínky vinifikace. M. Lasik-Kurdys a kol (2017) ve svém článku zkoumají účinnost malolaktického kvašení při výrobě červeného vína z vysoce kyselých moštů. Byly zkoumány čtyři druhy vinifikace – pouze alkoholová fermentace, simultánní malolaktická a alkoholová fermentace, malolaktická fermentace indukovaná na konci alkoholové fermentace a spontánní malolaktická fermentace. Došli k závěru, že nejlepší výsledky byly pozorovány při současné malolaktické a alkoholové fermentaci, protože dochází ke snížení kyseliny jablečné až o 94 % [99]. To, jakým způsobem malolaktická fermentace probíhá může být také ovlivněno specifickou mikrobiotou, charakteristickou pro různé vinařské oblasti. Tento fenomén popsal Capozzi ve své studii o mikrobiálním terroiru vín. V současné době roste poptávka po autochtonních kvasinkách, které jsou potenciálně přizpůsobeny určitému hroznovému moštu a odrážejí biologickou rozmanitost určité oblasti. Zachování spontánní mikroflóry je nezbytné pro získání typické chuti a vůně vín pocházející z různých odrůd vinné révy. Kvasinky rodu *sacharomyces* jsou běžné, ale pokud dojde k využití kvasinek rodu *nesacharomyces* může dojít k několika problémům kvůli jejich fermentačnímu chování nebo produkci metabolitových sloučenin (kyselina octová, acetaldehyd apod.). Přestože kvasinky rodu *nesacharomyces* často souvisí s výrobou nežádoucích vedlejších produktů, mohou mít také pozitivní vliv na chuťový profil některých vín. A proto využití smíšených druhů kvasinek rodu *sacharomyces* i *nesacharomyces* by mohlo napodobit přirozenou biologickou rozmanitost a mohlo by být platnou alternativou ke spontánnímu kvašení [100].



Obrázek 18: Koncentrace kyseliny mléčné ve studovaných vínech

Druhou nejvíce zastoupenou organickou kyselinou ve víně je kyselina jablečná (Obrázek č. 19), která by měla být nejvíce zastoupená ve vínech z chladnějšího podnebí. Kyselina jablečná má nepříjemnou chuť, jenž způsobuje pocit trpkosti a nezralosti, zejména u červených vín, a proto jej vinaři často odstraňují odkyselením [85]. J. Zerevik a kol (2015) zkoumali různé instrumentální přístupy pro stanovení organických kyselin ve vínech. Pro analýzu byla vybrána vína z moravského regionu od producentů Znovín a Vinařství Jaroslav Tichý. Do analýzy byly zahrnuty 4 vzorky červených vín odrůdy – Lemberger, Sain Laurent a Zweigeltrebe. Pomocí kapilární elektroforézy byly zjištěny koncentrace organických kyselin. Kyselina jablečná se ve vínech vyskytovala v rozmezí 0,7–0,9 mmol/l [101]. Nejvíce kyseliny jablečné se vyskytuje ve vínech ze slovácké podoblasti, která je z moravský oblastí nejsevernější a průměrná roční teplota se zde vyskytuje v rozmezí 8,7 – 9,3 °C a se znojemskou podoblastí se řadí mezi chladnější. Vysoká koncentrace kyseliny jablečné ve vínech může být i způsobena neúplnou malolaktickou fermentací, kdy došlo k velmi malé přeměně kyseliny jablečné na kyselinu mléčnou. Nejnížší koncentrace kyseliny jablečné ve vínech byla stanovena v podoblasti mikulovské, kde je nejvíce zastoupená kyselina mléčná, což odpovídá tomu, že zde došlo k lepší malolaktické fermentaci. Výsledky byly podrobeny analýze rozptylu ANOVA, která však neprokázala statisticky významný rozdíl mezi víny ($P=0,074$)



Obrázek 19: Koncentrace kyseliny jablečné ve studovaných vínech

Koncentrace kyseliny jantarové a kyseliny octové se v analyzovaných vzorcích pohybovala v rozmezí 550–950 mg/l. V publikaci Kapusty a kol (2018) je uvedena průměrná koncentrace kyseliny jantarové na 1085 mg/l u červených vín. V experimentálně zjištěných datech je průměrná koncentrace kyseliny jantarové nižší, než ve studii Kapusty a kol (2018). Nižší koncentrace může být zapříčiněná nedostatečnou jablečno-mléčnou fermentací, protože kyselina jantarová slouží jako inhibitor jablečno-mléčného kvašení, kdy její koncentrace roste s koncentrací kyseliny mléčné. Kyselina octová nejpravděpodobněji vzniká během alkoholového kvašení a ve studii Kapusty a kol (2016) uvádějí průměrnou koncentraci kyseliny octové u červeného vína na 156 mg/l. Experimentálně zjištěná hodnota je vyšší, což může znamenat, že vína byla zpracována po delší době při vysokých teplotách, které fermentaci urychlují [14] [102]. Nejnižší koncentraci vykazují kyselina citrónová a kyselina mravenčí. Kyselina citrónová je trikarboxylová kyselina, kterou obsahují především nezralé bobule hroznů. Množství kyseliny citrónové je závislé na odrůdě a její koncentrace je v rozmezí 100–300 mg/l. Podle nařízení Komise (ES) č. 1622/2000 se může kyselina citrónová přidávat pouze do stolních či šumivých vín. Přítomnost kyseliny citrónové zlepšuje stabilitu vína. [10] V experimentálně stanovených hodnotách nedošlo k překročení horní hranice kyseliny citrónové, nejvyšší koncentrace kyseliny citrónové je ve slovanské podoblasti a to 230,77 mg/l. Nejnižší koncentraci vykazovala kyselina mravenčí, která je produktem činností kvasinek a ve víně je zastoupena ve stopovém množství. Pokud

by kyselina mravenčí překročila hodnotu 600 mg/l, znamenalo by to, že víno je napadeno octovými bakterie [103]. Nejvyšší koncentraci kyseliny octové ve vínech vykazuje velkopavlovická podoblast, nejmenší pak znojemská podoblast.

4.4 Stanovení antioxidační aktivity a celkového obsahu fenolických látek

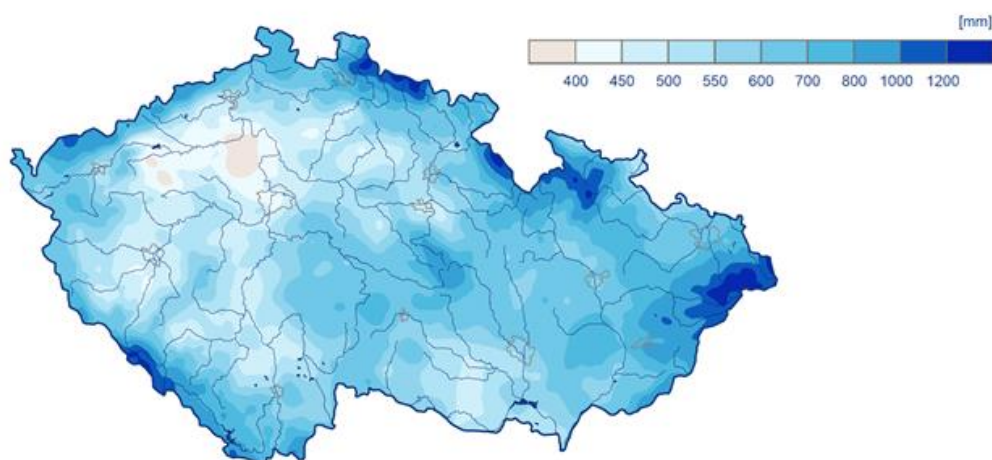
V této kapitole jsou diskutovány a popsány výsledky stanovení antioxidační aktivity a celkových fenolických látek ve víně (Tabulka č. 20).

Tabulka 20: Antioxidační aktivita a celkový obsah fenolů

		Celkový obsah fenolů [mg/l]	Antioxidační aktivita [mg/ml]
ZNO	min	1949	3,66
	max	2957	4,72
	průměr	2365	4,21
SLO	min	1096	1,82
	max	2159	4,46
	průměr	1585	2,91
MIK	min	1645	2,03
	max	2475	3,84
	průměr	2151	3,17
VP	min	1073	2,12
	max	2606	3,76
	průměr	1638	2,65
P hodnota		0,0032	0,0009

Z naměřených výsledku vyplývá, že nejvyšší průměrná antioxidační aktivita a celkový obsah fenolických látek byly naměřeny ve vínech ze znojemské podoblasti. Nejnižší průměrná antioxidační aktivita pak naopak ve vínech ze slovácké podoblasti, celkový obsah fenolů ve vínech z velkopavlovické podoblasti. Výsledky byly podrobeny analýze rozptylu ANOVA, která prokázala statisticky významný rozdíl. Dále byla provedena analýza hlavních komponent, kde byla zjištěna korelace mezi antioxidační aktivitou a celkovým obsahem fenolů. Pearsonova korelace těchto dvou proměnných byla definována korelačním koeficientem 0,8034, což je velmi silná pozitivní korelace. Lze tedy předpokládat, že fenolické látky jsou hlavním zdrojem celkové antioxidační aktivity v červených vínech.

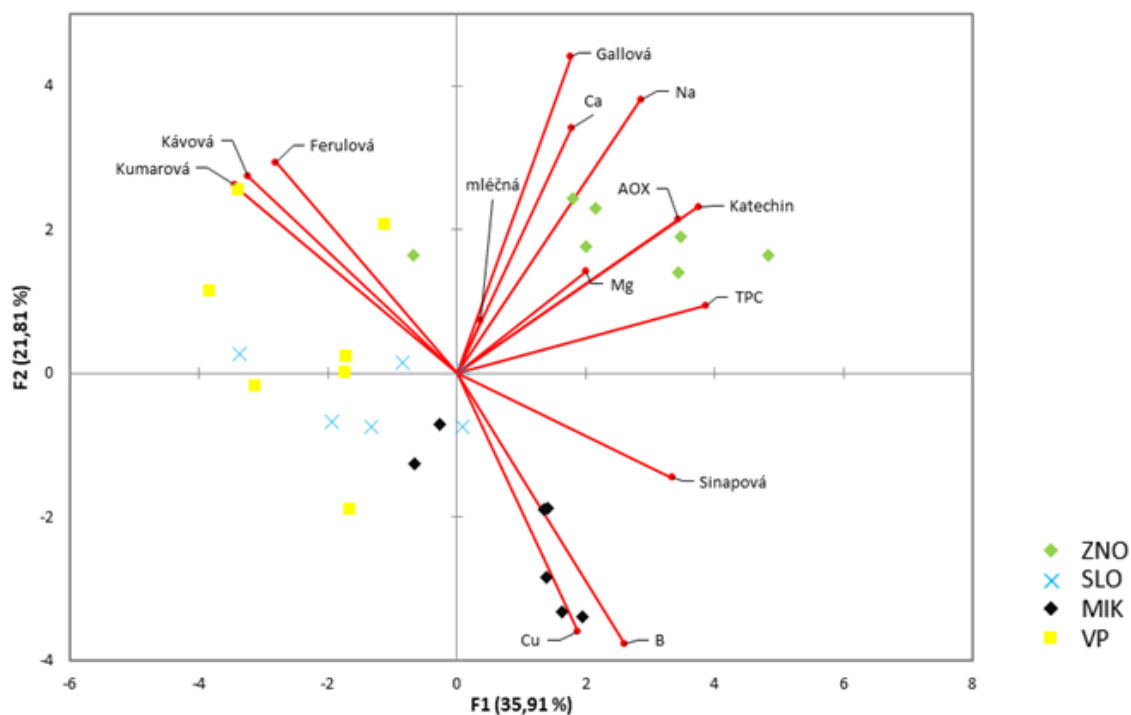
Vzájemnou pozitivní korelaci mezi antioxidační aktivitou a celkovým obsahem fenolických látek potvrzuje i studie, kterou provedli A. Staško a kol (2007), kde analyzovali celkem 86 vzorků vína ze Slovenska a Rakouska. Výsledkem rozsáhlé analýzy, která byla provedena různými metodami se ukázalo, že červená vína vykazují 10krát vyšší antioxidační aktivitu než vína bílá [104]. V.Kedage a kol (2007) provedli analýzu 11 odrůd hroznů pocházející z Indie a blízkých asijských zemí na antioxidační aktivitu. Došli k závěru, že antioxidační aktivita pozitivně koreluje s celkovým obsahem fenolických látek ve víně [105]. B. Jiang a kol (2018) se věnovali studii antioxidační aktivity a těkavých sloučenin červených vín Cabernet Sauvignon z pěti různých vinařských oblastí. Účelem této studie bylo objasnit vliv terroiru na polyfenolické sloučeniny, celkovou antioxidační aktivitu a aromatické složky. Biosyntéza fenolů a aromatických látek závisí na mnoha faktorech, na typu půdy, odrůdě hroznů, charakteristice terénu a klimatických podmínkách. Na základě této studie bylo zjištěno, že klimatické podmínky hrají klíčovou roli v regulaci biosyntézy polyfenolů v hroznech, což má za následek vyšší koncentraci polyfenolů v hroznech, které se pěstují na vinicích, kde je vyšší průměrná nadmořská výška a menší srážení [106]. Rozdílné klimatické podmínky, které panují v e studovaných vinařských regionech jsou pravděpodobně příčinou významných rozdílů v obsahu fenolických látek. Nejvyšší koncentrace fenolických látek byla naměřena ve vínech ze znojemské podoblasti. Z Obrázku č. 20 můžeme vidět, že srážky jsou nejmenší právě ve znojemské podoblasti, což potvrzuje výše uvedenou studii, která říká, že čím menší srážky, tím větší obsah fenolických látek ve víně. Nejmenší koncentrace fenolů byla naměřena ve vínech ze slovácké podoblasti, která je charakteristická nižší nadmořskou výškou a bohatšími srážkami.



Obrázek 20: Roční srážky České republiky za rok 2019 [107]

4.5 Analýza hlavních komponent

U výsledků, které jsou prezentovány v předchozích kapitolách byla provedena analýza hlavních komponent (PCA). Výsledky jsou zobrazeny ve dvojrozměrném grafu s hlavními komponentami F1 a F2 (Obrázek č. 21).



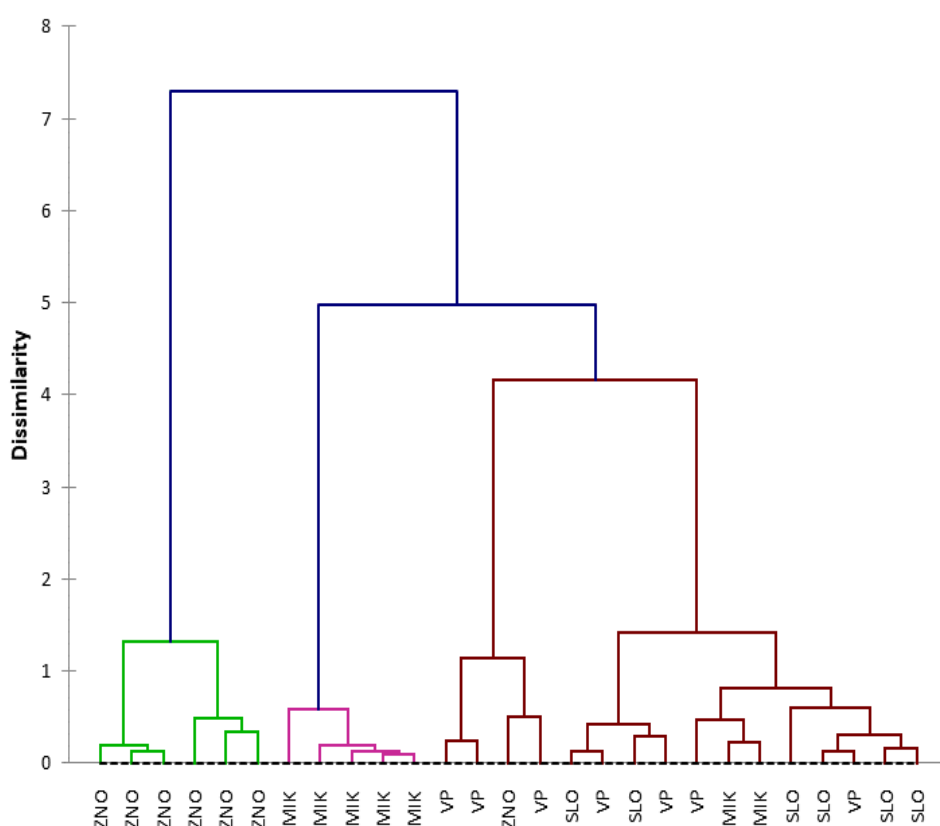
Obrázek 21: Výsledek analýzy hlavních komponent

Z grafu (Obrázek č. 21) je zřejmé, že při použití analýzy hlavních komponent došlo k oddělení vín do jednotlivých klastrů. Na první pohled je patrné, že vína ze znojemské podoblasti se sdružují především ve kvadrantu 2 a vína z mikulovské podoblasti v kvadrantu 3. U vín z velkopavlovické a slovácké podoblasti došlo k promíchání a všechny tyto vína se sdružují v kvadrantu 1 a 4. Veškerá znojemská vína mají pozitivní skóre, jak u komponenty F1, tak u komponenty F2. Komponenta F1 je pozitivně korelována s proměnnými: katechin, TPC, AOX, Na, Ca, kyselina gallová a kyselina mléčná. Komponenta F2 je pozitivně korelována s parametry koncentrace kyseliny ferulové, kávové a kumarové. Další klaster tvořila vína z mikulovské oblasti, kde ve většině případů mají pozitivní skóre u komponenty F1 a negativní skóre pro komponentu F2. Komponenta F2 má negativní skóre pro parametry koncentrace kyseliny sinapové, mědi a boru. Vína ze slovácké

a velkopavlovické podoblasti se shromáždila v kvadrantu 1 a 4. Pro tyto vína bylo typické negativní skóre pro komponentu F1 i F2.

4.6 Shluková analýza

V této kapitole jsou diskutovány a prezentovány výsledky shlukové analýzy 27 vzorků červeného vína ze 4 moravských oblastí. Data, která byla použita, jsou založena na proměnných vybraných analýzou rozptylu (ANOVA). Byly zde využity dvě slučovací metody – Wardova metoda a metoda čtvercových Euklidovských vzdáleností. Výsledkem shlukové analýzy je dendrogram (Obrázek č. 22).



Obrázek 22: Dendrogram shlukové analýzy

Z dendrogramu (Obrázke č. 22) shlukové analýzy je patrné, že došlo k rozdělení do 4 shluků. K účinnému shluku vína ze stejné podoblasti došlo pouze u znojemské podoblasti a částečně mikulovské podoblasti. U další dvou shluků došlo k promísení vín z podoblastí velkopavlovické, slovácké a z menší části mikulovské. Shluková analýza potvrzuje vícerozměrnou analýzu komponentů, kde také došlo k samostatnému shluku mikulovské a znojemské podoblasti, a ke smísení vín z podoblastí slovácké a velkopavlovické. Z těchto

údajů lze říct, že podoblast znojemská a mikulovská mají specifitější složení půd, podloží a klimatické podmínky, než vína pocházející z podoblasti velkopavlovické a slovácké.

4.7 Kanonická diskriminační analýza

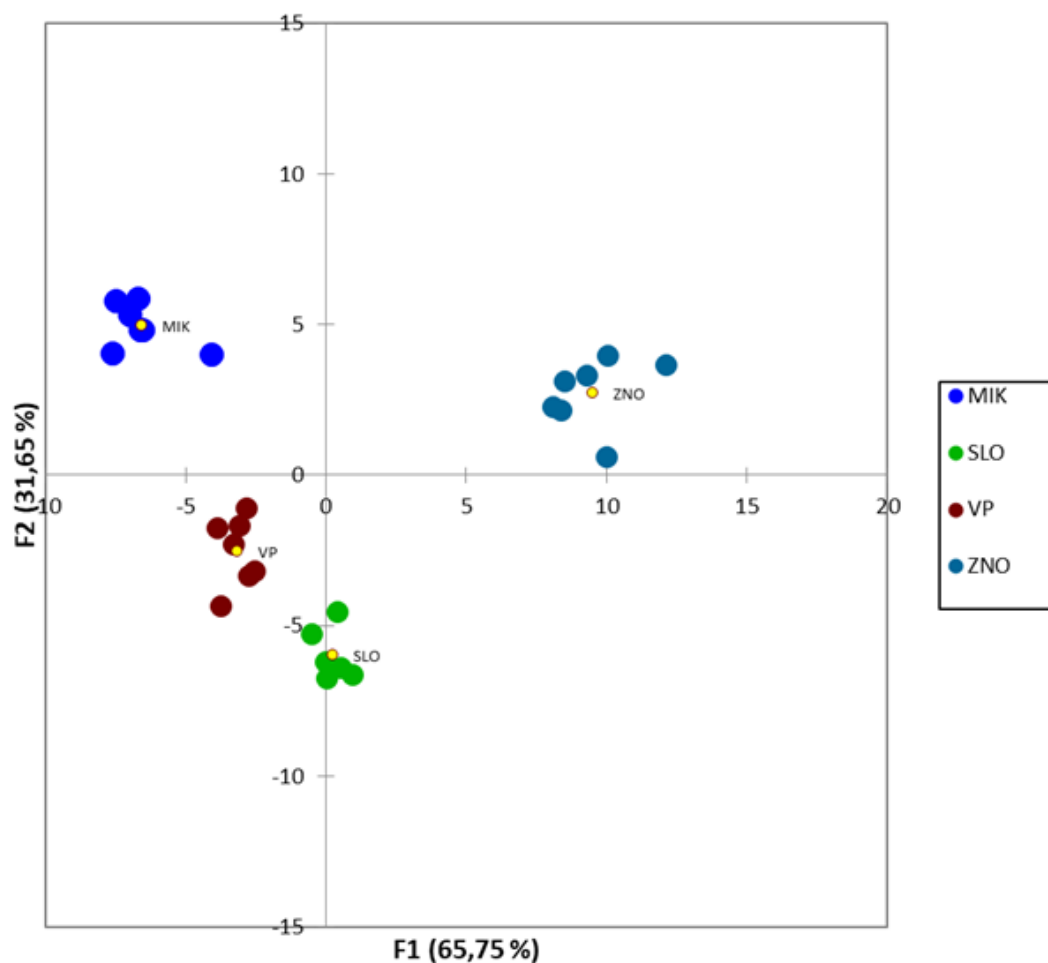
Na základě naměřených dat byla provedena diskriminační analýza, ze které byly zkonstruovány diskriminační a predikční klasifikační funkce. Proměnné, které zvyšovaly přesnost modelu, to je správnost zařazení pozorování dle korespondujícího diskriminátoru byly vybírány krokovou metodou dle kritéria Wilksovy lambdy. Ta nabývá hodnot od 0 do 1 a čím blíže je tato hodnota 0, tím větší má proměnná vliv na úspěšné rozdělení pozorování do předem definovaných skupin (v tomto případě podoblastí). Z Tabulky č. 21 je patrné, že nejvýznamnější diskriminační kritérium je koncentrace sodíku, boru a katechinu. Tento výsledek je v souladu se zjištěními z univariétní analýzy dat.

Tabulka 21: Nejvýznamnější diskriminační kritéria

Variable	Lambda	F
Na	0,0684	104,3961
B	0,1993	30,8034
Katechin	0,3931	11,8357
AOX	0,4953	7,8109
Ca	0,5058	7,4915
Gallová	0,5313	6,7627
TPC	0,5555	6,1358
mléčná	0,5670	5,8548
Ferulová	0,6189	4,7216
Cu	0,6194	4,7116
Kávová	0,6259	4,5827
Mg	0,6310	4,4830
Kumarová	0,6653	3,8575
Sinapová	0,6813	3,5858

Proces tvorby diskriminačního modelu vyústil v dokonalou separaci vín dle geografického původu (Obrázek č. 23). Všechny vzorky vín byly zařazeny se 100% úspěšností. Mahalanobisovy čtvercové vzdálenosti centroidů jsou prezentovány v Tabulce č. 22.

Z grafu a tabulky je patrné, že nejbližše jsou si centroidy velkopavlovické a slovácké vinařské podoblasti. To opět potvrdilo výsledky předchozích analýz.



Obrázek 23: Rozptylový graf diskriminační funkce včetně pozorování

Tabulka 22: Vzdálenost mezi centroidy vinařských podoblastí

	MIK	SLO	VP	ZNO
MIK	0	166,4712	74,0163	263,6298
SLO	166,4712	0	34,2344	163,7346
VP	74,0163	34,2344	0	190,2086
ZNO	263,6298	163,7346	190,2086	0

Finálním výstupem této statistické analýzy byl výpočet klasifikačních funkcí, které jsou prezentované v Tabulce 23. Tyto funkce slouží ke slepé klasifikaci pozorování. Na základě těchto funkcí je možné zařazovat vzorky vín neznámého původu.

Tabulka 23: Predikční klasifikační funkce pro autentifikaci červených moravských vín

	MIK	SLO	VP	ZNO
Intercept	-349,70	-260,95	-264,22	-347,29
Ca	0,167	2,9401	1,780	1,859
Na	-1,090	-0,7126	-0,982	0,661
Kávová	-3,715	1,1591	-0,813	1,208
Kumarová	2,833	-2,5284	-0,978	-2,849
Gallová	2,296	0,7250	1,487	1,228
Katechin	-0,026	-0,4403	-0,265	0,038
Ferulová	5,941	10,904	13,70	11,36
Sinapová	140,0	112,70	124,61	69,25
TPC	-0,122	-0,0957	-0,111	-0,11
AOX	-3,130	36,567	19,39	41,65
B	0,051	0,0185	0,031	0,027
Cu	0,006	-0,0280	-0,014	-0,005
Mg	0,009	0,0074	0,007	0,007
mléčná	0,042	0,0152	0,029	0,014

Přesnost klasifikace závisí na robustnosti modelu. Ten se testuje pomocí křížové validace, kdy je vždy jedno pozorování odděleno od modelu, model je znovu vypočítán a vyřazené pozorování je naslepo klasifikováno. Výsledky této validace jsou prezentovány v Tabulce č. 24. Je evidentní, že model postrádá robustnost při klasifikaci vín z mikulovské a velkopavlovické podoblasti. Při přepočtu modelu zasahují „slepé“ pozorování do vedlejších podoblastí. Pravděpodobnou příčinou tohoto jevu je snížení množství zdrojových dat, při vyřazení pozorování z modelu: model je založen na relativně malém množství vzorků. Pozitivní zjištění je 100% klasifikační efektivita pro vína ze slovácké a znojemské oblasti.

Tabulka 24: Výsledek křížové validace klasifikačního modelu

Podoblast	MIK	SLO	VP	ZNO	Celkem	% správně
MIK	6	0	1	0	7	85,71%
SLO	0	6	0	0	6	100,00%
VP	1	2	4	0	7	57,14%
ZNO	0	0	0	7	7	100,00%
Celkem	7	8	5	7	27	85,19%

Z výsledků diskriminační analýzy se potvrdilo, že kombinace prvkového profilu vín s vybranými organickými konstituenty může být základem pro konstrukci klasifikačního modelu pro autentifikaci vín dle geografického původu a dosáhnout uspokojivé predikčních vlastností i s relativně malým množstvím dat.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo ověřit možnosti využití znalostí o chemickém složení vín ke konstrukci klasifikačního modelu pro autentifikaci moravských červených vín dle podoblastí. Jako zdrojová data pro model sloužily výsledky analýz prvkového profilu, fenolických látek a organických kyselin. Celkem bylo analyzováno 27 vzorků červeného moravského vína různých odrůd a ročníků ze čtyř moravských vinařských podoblastí. Nejvíce dat bylo získáno pomocí prvkové analýzy vín (stanovené pomocí ICP-MS a ICP-OES), která byla doplněna o data, získané pomocí HPLC (fenolický profil vína), IC (organický profil vína) a také o data antioxidační aktivity a celkovém obsahu fenolických látek. Tyto získaná data byla zpracována pomocí analýzy rozptylu a byly vybrány statisticky významné proměnné pro geografický původ. Mezi statisticky významné proměnné bylo zařazeno 14 parametru (Ca, Na, B, Cu, Mg, organické kyseliny – kávoová, kumarová, gallová, ferulová, sinapová, katechin, celkový obsah fenolických látek, antioxidační aktivita a kyselina mléčná) z celkových 50. Ze všech provedených statistických analýz bylo evidentní, že geografický původ se významně projevuje v chemickém složení vín, a to nejen v prvkovém složení, které souvisí s geologickým charakterem území, na kterém réva roste, ale také ve složení organických konstituentů vína. Z výsledků bylo evidentní, že i na relativně malém území moravské vinařské oblasti jsou zóny s charakteristickým terroirem. Zásadním výstupem této práce byly klasifikační funkce, které mohou sloužit k ověřování původu červených vín neznámého původu, pokud jsou dle etikety propagována jako vína z Moravy. Model navržený v této bakalářské práci prokázal dobrou efektivitu klasifikace neznámých vzorků během křížové validace pro podoblast slováckou a znojemskou, kdy byly správně zařazeny všechny testované vzorky. Model měl rezervy při klasifikaci vín z mikulovské a velkopavlovické podoblasti. Dalším učením modelu přísunem nových dat by se pravděpodobně tento problém dal vyřešit. To by mělo být předmětem dalšího výzkumu. Výsledky tohoto, ale i následného výzkumu by mohly najít uplatnění v kontrolních institucích jako je Státní zemědělská a potravinářská inspekce, případně ve velkých vinařstvích produkujících vína s chráněným označením původu.

6 Zdroje

- [1] JACKISCH, P. Modern Winemaking. Cornell University Press, 1985. 289 s. ISBN 0801414555, ISBN: 9780801414558.
- [2] ČÍŽKOVÁ, Helena, [2019]. *Falšování potravin*. Praha: Verlag Dashöfer. ISBN 978-80-87963-88-3.
- [3] ČÍŽKOVÁ H., ŠEVČÍK R., RAJCHL A., PIVOŇKA J., VOLDŘICH M.: Trendy v autenticitě potravin a v přístupech k detekci falšování, *Chemické listy* 106(10), 903-910, 2012.
- [4] FIC, Vlastimil, 2015. *Víno: analýza, technologie, gastronomie*. Český Těšín: 2 THETA. ISBN 978-80-86380-77-3.
- [5] PAVLOUŠEK, Pavel, c2011. *Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3314-2.
- [6] *Situační a výhledová zpráva*, 1993. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky. ISBN 978-80-7434-471-8.
- [7] LINHART, Pavel, Miloš SUK a Vratislav VÁLEK, 2007. *Vinařský atlas území České republiky: Weinatlas des Gebietes der Tschechischen Republik*. Praha: Dolin. ISBN 978-80-7028-311-0. – česká a moravská oblast
- [8] ČÍŽKOVÁ, Helena, ed., 2011. *Metody a kritéria [sic] pro ověřování autenticity potravin a potravinářských surovin*. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-807-4181-245.
- [9] Vinotéka Vínečko - bílá, červená vína. Vinotéka Vínečko - bílá, červená vína [online]. www.vinecko.eu [cit. 26.03.2020]. Dostupné z: <https://www.vinecko.eu/>
- [10] Vína z Moravy a vína z Čech: Vinařská oblast Morava [online]. Brno: Vinařský fond České republiky, 2015 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.wineofczechrepublic.cz/nase-vina/vinarske-regiony/vinarska-oblastmorava>
- [11] MARSHALL, Wes. *Co by měl vědět správný milovník vín*. Vyd. 1. Praha: Ikar, 2012, 384 s. ISBN 978-80-249-1852-5
- [12] PAVLOUŠEK, Pavel. 2007. *Encyklopedie révy vinné*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 316 s. ISBN 97880-7084-982-8.

- [13] Státní zemědělská a potravinářská inspekce [online], 2017. Květná 15, 603 00 Brno: Mgr. Pavel Kopřiva [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/potravinarska-inspekce-zjistila-vino-odrudy-palava-s-pridavkem-vody-84.aspx>
- [14] MICHLOVSKÝ, Miloš, 2014. *8 chemického složení vína: příručka praktického vinaře*. Rakvice: Vinselekt Michlovský. ISBN 978-80-905319-2-5.
- [15] KRAUS, Vilém et al. Réva a víno v Čechách a na Moravě. 1. vyd. Praha: Radix, 1999. ISBN 80-86031-23-3
- [16] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 2. 3.vyd. Tábor: OSSIS. 2009. 644 s. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [17] JACKSON, Ron S. Wine science: principles, practice, perception. 4. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2014, 789 s. ISBN 978-0-12-38146-85
- [18] KUTTELVAŠER, Zdeněk, 2003. *Abeceda vína*. Praha: Radix. ISBN 80-860-3143-8.
- [19] ANGEROVÁ, Jindřiška a Jaroslav SŮRA, 1986. *ABC o nápojích*. 1986. 1. vydání. Praha: Merkur. ISBN 51-505-86.
- [20] Svaz vinařů ČR. Svaz vinařů ČR [online]. 2017 Svaz vinařů České republiky, z. s. [cit. 15.07.2020]. Dostupné z: <https://www.svcr.cz/>
- [21] LA TORRE, Giovanna Loredana, Marcello SAITTA, Fortunato VILASI, Teresa PELLICANÒ a Giacomo DUGO, 2006. Direct determination of phenolic compounds in Sicilian wines by liquid chromatography with PDA and MS detection. Food Chemistry. 94(4), 640-650. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.007. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814605001433>
- [22] VIÑAS, Pilar, Carmen LÓPEZ-ERROZ, Juan José MARÍN-HERNÁNDEZ, Manuel HERNÁNDEZ-CÓRDOBA a Giacomo DUGO, 2000. Determination of phenols in wines by liquid chromatography with photodiode array and fluorescence detection. Journal of Chromatography A. 871(1-2), 85-93. DOI: 10.1016/S0021-9673(99)01087-0. ISSN 00219673. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967399010870>
- [23] RAPEANU, Gabriela, Constanta VICOL, a Cezar BISCHESCU. Possibilities to Assess the Wines Authenticity. Innovative Romanian Food Biotechnology. December 2009, vol. 5, s. 1-9. ISSN 1843-609

- [24] Vinařský obzor: Odborný časopis pro vinohradnictví, sklepní hodpodářství a obchod vínem /. Velké Bílovice: Svaz vinařů České republik. ISBN 1212-7884.
- [25] Technické normy, 2018. Bezpečnostní tabulky a normy ČSN [online]. Hradec Králové: Technor print [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/>
- [26] DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC, 2014. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2.
- [27] GULD, Zsuzsanna, Diána NYITRAINÉ SÁRDY, Attila GERE a Anita RÁCZ, 2020. Comparison of sensory evaluation techniques for Hungarian wines. *Journal of Chemometrics*. DOI: 10.1002/cem.3219. ISSN 0886-9383. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cem.3219>
- [28] SIVERTSEN, Hanne K, Borge HOLEN, Frithjof NICOLAYSEN a Einar RISVIK. 1999. Classification of French red wines according to their geographical origin by the use of multivariate analyses. *Science of food and agriculture*.
- [29] GULD, Zsuzsanna, Diána NYITRAINÉ SÁRDY, Attila GERE a Anita RÁCZ, 2020. Comparison of sensory evaluation techniques for Hungarian wines. *Journal of Chemometrics*. 34(4). DOI: 10.1002/cem.3219. ISSN 0886-9383. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cem.3219>
- [30] Vinařský obzor: Odborný časopis pro vinohradnictví, sklepní hodpodářství a obchod vínem /, Velké Bílovice: Svaz vinařů České republik. ISBN 1212-7884.
- [31] Kovačiková, L. — Brůžek, J. 2008b: Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (2). *Živa* 2, 87–91.
- [32] JIANG, Wei, Jie XUE, Xiang LIU, De-liang WANG, GUO a Lu WANG, 2015. **50**(3). DOI: 10.1111/ijfs.12686. ISSN 09505423. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12686>
- [33] KOKKINOFTA, Rebecca, Charalambos FOTAKIS, Maria ZERVOU, et al., 2017. Isotopic and Elemental Authenticity Markers: a Case Study on Cypriot Wines. *Food Analytical Methods*. **10**(12), 3902-3913. DOI: 10.1007/s12161-017-0959-2. ISSN 1936-9751. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s12161-017-0959-2>
- [34] DUTRA, S. V., L. ADAMI, A. R. MARCON, et al., 2011. Determination of the geographical origin of Brazilian wines by isotope and mineral analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 401(5), 1571-1576. DOI: 10.1007/s00216-011-5181-2.

ISSN 1618-2642. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-011-5181-2>

- [35] EPOVA, Ekaterina N., Sylvain BÉRAIL, Fabienne SÉBY, Julien P.G. BARRE, Véronique VACCHINA, Bernard MÉDINA, Laurence SARTHOU a Olivier F.X. DONARD, 2020. Potential of lead elemental and isotopic signatures for authenticity and geographical origin of Bordeaux wines. *Food Chemistry*. 303. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125277. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814619313871>
- [36] PASVANKA, Konstantina, Alexandros TZACHRISTAS, Marios KOSTAKIS, Nikolaos THOMAIDIS a Charalampos PROESTOS, 2019. Geographic characterization of Greek wine by inductively coupled plasma–mass spectrometry macroelemental analysis. *Analytical Letters*. 52(17), 2741-2750. DOI: 10.1080/00032719.2019.1596118. ISSN 0003-2719. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00032719.2019.1596118>
- [37] GONZÁLVEZ, A., A. LLORENS, M.L. CERVERA, S. ARMENTA, M. DE LA GUARDIA, Vitor MANFROI a Dirce POZEBON, 2009. Elemental fingerprint of wines from the protected designation of origin Valencia. *Food Chemistry*. 112(1), 26-34. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.05.043. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814608005876>
- [38] KMENT, Petr, Martin MIHALJEVIČ, Vojtěch ETTLER, Ondřej ŠEBEK, Ladislav STRNAD a Ladislava ROHLOVÁ, 2005. Differentiation of Czech wines using multielement composition – A comparison with vineyard soil. *Food Chemistry*. 91(1), 157-165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.010. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604004595>
- [39] Kupsa, Jan, Pavel Pavloušek, Michal Kumšta, and Lubomír Lampíř. "PHENOLIC PROFILES OF RIESLING WINES ORIGINATING FROM DIFFERENT TERROIRS OF THE CZECH REPUBLIC." *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung* 67, no. 3 (2017): 182-193.
- [40] VALENTIN, Leonardo, Lucia P. BARROSO, Rommel M. BARBOSA, Gustavo A. DE PAULO, Inar A. CASTRO a Ladislava ROHLOVÁ, 2020. Chemical typicality of South American red wines classified according to their volatile and phenolic compounds using multivariate analysis. *Food Chemistry*. 302(1), 157-165. DOI:

- 10.1016/j.foodchem.2019.125340. ISSN 03088146. Dostupné také z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814619314530>
- [41] KOŠIR, Iztok J. a Jurkica KIDRIČ, 2001. Identification of Amino Acids in Wines by One- and Two-Dimensional Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(1), 50-56. DOI: 10.1021/jf0008137. ISSN 0021-8561. Dostupné také z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0008137>
- [42] SOUFLEROS, E.H, E BOULOUMPASI, C TSARCHOPOULOS a C.G BILIADERIS, 2003. Primary amino acid profiles of Greek white wines and their use in classification according to variety, origin and vintage. *Food Chemistry*. 80(2), 261-273. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00271-6. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814602002716>
- [43] Palade, L.M., Duta, D., Popescu, C., Croitoru, C. and Popa, M.E., 2016. Differentiation of three grape varieties by using sensory analysis and characterization of the volatile compounds profile of their musts. *Romanian Biotechnological Letters*, 22(6), p.12005.
- [44] VILLANO, Clizia, Maria Tiziana LISANTI, Angelita GAMBUTI, Riccardo VECCHIO, Luigi MOIO, Luigi FRUSCIANTE, Riccardo AVERSANO a Domenico CARPUTO, 2017. Wine varietal authentication based on phenolics, volatiles and DNA markers: State of the art, perspectives and drawbacks. *Food Control*. 80, 1-10. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.04.020. ISSN 09567135. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713517302098>
- [45] *Food analysis by HPLC*, 2013. Third edition. Boca Raton, Fla.: CRC Press. ISBN 978-1-4398-3085-7.
- [46] Chromatographic Columns - Chemistry LibreTexts. *Home - Chemistry LibreTexts* [online]. 2020 Chemistry LibreTexts [cit. 15.07.2020]. Dostupné z: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_\(Analytical_Chemistry\)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Chromatographic_Columns](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Chromatographic_Columns)
- [47] High Performance Liquid Chromatography (HPLC) : Principle, Types, Instrumentation and Applications | LaboratoryInfo.com. LaboratoryInfo.com | all about medical laboratories : microbiology, biochemistry, hematology, histopathology, virology, bacteriology, mycology and parasitology [online].

Copyright © 2020 LaboratoryInfo.com. All Rights Reserved. [cit. 15.07.2020].

Dostupné z: <https://laboratoryinfo.com/hplc/>

[48] How Does High Performance Liquid Chromatography Work? : Waters. [online].

2020 Waters. All rights reserved. [cit. 15.07.2020]. Dostupné

z: https://www.waters.com/waters/en_US/How-Does-High-Performance-Liquid-Chromatography-Work%3F/nav.htm?cid=10049055&locale=en_US

[49] BECKER, Johanna Sabine. 2007. Inorganic Mass Spectrometry. Chichester: Wiley.

ISBN 978-0-470- 01200-0

[50] *Český lékopis ...: Pharmacopoea Bohemica* ..., 1997. Praha: Grada Publishing.

ISBN 978-80-271-0500-7.

[51] KLOUDA, P. Moderní analytické metody. 2. vydání, Ostrava, Pavel Klouda, 2003,

132 s. ISBN 80-86369-07-2

[52] Charles, B., and Kenneth J. Fredeen. "Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry." *Perkin Elmer Corporation* (1997).

[53] HOU, X. JONES, B.: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry. Encyklopedia of Analytical Chemistry. 2000, p. 9468–9485).

[54] MESTEK, O. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: Pracovní text pro Podzemní výukové středisko JOSEF. 2010. Dostupné na:

http://www.vscht.cz/anl/josef/LabAtom/Navod_ICP-MS_2010.pdf.

[55] Forina, Michele & Drava, Giuliana. (1997). Chemometrics for wine. Applications. Analusis. 25. M38-M42.

[56] MAKRIS, Dimitris P., Stamatina KALLITHRAKA a Andreas MAMALOS, 2006.

Differentiation of young red wines based on cultivar and geographical origin with application of chemometrics of principal polyphenolic constituents. *Talanta*. **70**(5), 1143-1152. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.03.024. ISSN 00399140. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0039914006002086>

[57] Martin Sebera - FSpS MU - Vícerozměrné statistické metody. 302 Found [online].

2012 [cit. 15.07.2020]. Dostupné z:

http://www.fsps.muni.cz/~sebera/vicerozmerna_statistika/default.html

[58] Cluster Analysis - Statistics Solutions. Statistics Solutions: Dissertation and Research Consulting For Statistical Analysis [online]. Copyright © Statistics

Solutions 2020 [cit. 15.07.2020]. Dostupné

z: <https://www.statisticssolutions.com/directory-of-statistical-analyses-cluster-analysis/>

- [59] Medium – Get smarter about what matters to you.. Medium – Get smarter about what matters to you. [online], [cit. 15.07.2020]. Dostupné z: <https://medium.com/>
- [60] PCA - Principal Component Analysis Essentials - Articles - STHDA. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <http://www.sthda.com/english/articles/31-principal-component-methods-in-r-practical-guide/112-pca-principal-component-analysis-essentials/>
- [61] MERHOLD, Karol a Jan SUDA, 2001. Analýza multivariačních dat v taxonomii (fenetické metody). Praha. Skripta. Karlova univerzita, přírodovědecká fakulta, katedra botaniky.
- [62] MELOUN, Milan, 2013. Klasifikace objektů, hledání struktury a vzájemných vazeb v objektech. Pardubice. Přednáška. Univerzita Pardubice, katedra analytické chemie.
- [63] NEUBAUER, Jiří, 2012. Analýza rozptylu. Brno. Presentace. Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, fakulta veterinárního lékařství.
- [64] Stratil, P., Kuban, V. & Fojtova, J. (2008) Comparison of the phenolic content and total antioxidant activity in wines as determined by spectrophotometric methods. Czech Journal of Food Sciences, 26(4), 242-253.
- [65] Paulová, Hana, Hana Bochořáková, and Eva Táborská. "Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro." (2004).
- [66] Matematická biologie učebnice: Nulová hypotéza. Matematická biologie učebnice: Úvod [online]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--analyza-a-management-dat-pro-zdravotnicke-obory--uvod-do-testovani-hypotez--nulova-hypoteza>
- [67] LESKE, P. A., A. N. SAS, A. D. COULTER, C. S. STOCKLEY a T. H. LEE. The composition of Australian grape juice: chloride, sodium and sulfate ions. Australian Journal of Grape and Wine Research. 1997, roč. 3, č. 1, s. 26-30. ISSN 13227130. DOI: 93 10.1111/j.1755-0238.1997
- [68] ŠKAŘUPA, Přemysl. Možnosti určení původu vína z prvkového složení. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2012. 117 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Diviš, Ph.D

- [69] POŘÍZKA, J. Využití analytických technik a chemometrie k autentifikaci vín. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2016. 203 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D..
- [70] ÁLVAREZ, Mercedes, Isabel M. MORENO, Silvia PICHARDO, Ana M. CAMEÁN a A. GUSTAVO GONZÁLEZ, 2012. Mineral profile of “fino” wines using inductively coupled plasma optical emission spectrometry methods. *Food Chemistry*. **135**(1), 309-313. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.04.113. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612007765>
- [71] ÁLVAREZ, Mercedes, Isabel M. MORENO, Ángeles M. JOS, Ana M. CAMEÁN a A. Gustavo GONZÁLEZ, 2007. Study of mineral profile of Montilla-Moriles “fino” wines using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. **20**(5), 391-395. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.07.010. ISSN 08891575. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157506001840>
- [72] ROCHA, Sílvia, Edgar PINTO, Agostinho ALMEIDA, Eduarda FERNANDES a A. Gustavo GONZÁLEZ, 2019. Multi-elemental analysis as a tool for characterization and differentiation of Portuguese wines according to their Protected Geographical Indication. *Food Control*. **103**(5), 27-35. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.03.034. ISSN 09567135. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713519301331>
- [73] Česká geologická služba, 2007. Geologická encyklopedie [online]. Brno: Česká geologická služba [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
- [74] Terroir, vliv klimatických a půdních podmínek na kvalitu vína VOC - vína originální certifikace Znojmo. VOC - vína originální certifikace Znojmo [online]. Dostupné z: <http://www.vocznojmo.cz/informace-o-sdruzeni/terroir-vliv-klimatickych-a-pudnich-podminek-na-kvalitu-vina/>
- [75] Písek, jak ho neznáte - Magazín | Přírodovědci.cz. Úvod | Přírodovědci.cz [online]. Copyright © 2013, Prirodovedci.cz jsou komunikačním projektem [cit. 28.07.2020]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/magazin/pisek-jak-ho-neznate>
- [76] *Klima v kvartéru a vznik eolických sedimentů*, 2011. Praha. Bakalářská práce. Karlova univerzita, přírodovědecká fakulta, ústav geologie a paleontologie.

- [77] Živinný režim půd, 2017. *Mikroelementy v půdě* [online]. Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pud_a_b.htm
- [78] Přehled minerálů a hornin | E-learning Katedry biologie PdF MU. Informační systém [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/elportal/estud/pedf/js07/mineraly/materialy/min_silikaty/cyklosilikaty_turmaliny.html
- [79] London D., Morgan G. B., Wolf M. B. (1996): Boron in granitic rocks and their contact aureoles., In: Boron: Mineralogy, Petrology and Geochemistry (Grew E.S., Anovitz L.M., eds.). Reviews in Mineralogy, 33, 299-330.
- [80] Plán oblastí povodí Moravy, 2009. Geologické poměry [online]. Praha: Povodí Moravy, s.p. [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/index.html>
- [81] KONTOUDAKIS, N., M. SMITH, P.A. SMITH, E.N. WILKES a A.C. CLARK, 2020. The colorimetric determination of copper in wine: total copper. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. **26**(2), 121-129. DOI: 10.1111/ajgw.12425. ISSN 1322-7130. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ajgw.12425>
- [82] BENCKO, V., CIKRT, M., LENERT, J. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka . 2. přepracované a doplněné vyd. Praha : Grada, 1995. 282 s. ISBN 80-7169-150-X.
- [83] GREENWOOD, N. N., EARNSHAW, A. Chemie prvků Sv. 2. Jursík F.. 1. vyd. Praha : Informatorium, 1993. 842 s. ISBN 80-85427-38-9.
- [84] Mendelova univerzita, 2018. *Lesnická a dřevařská fakulta* [online]. Brno: Mendelova univerzita [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <https://www.ldf.mendelu.cz/>
- [85] PAVLOUŠEK, Pavel, 2010. *Výroba vína u malovinářů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3487-3.
- [86] SEN, Ilknur a Figen TOKATLI, 2014. Authenticity of wines made with economically important grape varieties grown in Anatolia by their phenolic profiles. *Food Control*. **46**, 446-454. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.06.015. ISSN 09567135. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713514003442>

- [87] CASTELLARI, Massimo, Elisa SARTINI, Alessandra FABIANI, Giuseppe ARFELLI a Aureliano AMATI, 2002. Analysis of wine phenolics by high-performance liquid chromatography using a monolithic type column: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *Journal of Chromatography A*. **973**(1-2), 221-227. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)01195-0. ISSN 00219673. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967302011950>
- [88] ERTAN ANLI, R. a Nilüfer VURAL, 2009. Antioxidant Phenolic Substances of Turkish Red Wines from Different Wine Regions. *Molecules*. **14**(1), 289-297. DOI: 10.3390/molecules14010289. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/14/1/289>
- [89] BRAVO, M.N., S. SILVA, A.V. COELHO, L. Vilas BOAS a M.R. BRONZE, 2006. Analysis of phenolic compounds in Muscatel wines produced in Portugal. *Analytica Chimica Acta*. **563**(1-2), 84-92. DOI: 10.1016/j.aca.2005.11.054. ISSN 00032670. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003267005019197>
- [90] Český statistický úřad | ČSÚ. Český statistický úřad | ČSÚ [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/domov>
- [91] BELMIRO, Tailândia Maracajá Canuto, Claudete Fernandes PEREIRA a Ana Paula Silveira PAIM, 2017. Red wines from South America: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *Microchemical Journal*. **133**, 114-120. DOI: 10.1016/j.microc.2017.03.018. ISSN 0026265X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X16305653>
- [92] VOLF, Irina, Ioana IGNAT, Mariana NEAMTU a Valentin POPA, 2014. Thermal stability, antioxidant activity, and photo-oxidation of natural polyphenols. *Chemical Papers*. **68**(1). DOI: 10.2478/s11696-013-0417-6. ISSN 1336-9075. Dostupné také z: <http://www.degruyter.com/view/j/chempap.2014.68.issue-1/s11696-013-0417-6/s11696-013-0417-6.xml>
- [93] KEKELIDZE, I., N. EBELASHVILI, M. JAPARIDZE, B. CHANKVETADZE a L. CHANKVETADZE, 2018. Phenolic antioxidants in red dessert wine produced with innovative technology: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *Annals of Agrarian Science*. **16**(1), 34-38. DOI:

- 10.1016/j.aasci.2017.12.005. ISSN 15121887. Dostupné také z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S151218871830023X>
- [94] DIAS, Fábio de Souza, Miguel Palma LOVILLO, Carmelo Garcia BARROSO a Jorge Mauricio DAVID, 2010. Optimization and validation of a method for the direct determination of catechin and epicatechin in red wines by HPLC/fluorescence. *Microchemical Journal*. 96(1), 17-20. DOI: 10.1016/j.microc.2010.01.004. ISSN 0026265X. Dostupné také z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X10000093>
- [95] CASASSA, L. Federico, Miguel Palma LOVILLO, Carmelo Garcia BARROSO a Jorge Mauricio DAVID, 2017. Flavonoid Phenolics in Red Winemaking. *Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications*. InTech, 2017-03-15, **96**(1), 17-20. DOI: 10.5772/67452. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 0026265X. Dostupné také z: <http://www.intechopen.com/books/phenolic-compounds-natural-sources-importance-and-applications/flavonoid-phenolics-in-red-winemaking>
- [96] TIAN, Rong-Rong, Qiu-Hong PAN, Ji-Cheng ZHAN, Jing-Ming LI, Si-Bao WAN, Qing-Hua ZHANG a Wei-Dong HUANG, 2009. Comparison of Phenolic Acids and Flavan-3-ols During Wine Fermentation of Grapes with Different Harvest Times. *Molecules*. InTech, 2017-03-15, **14**(2), 827-838. DOI: 10.3390/molecules14020827. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/14/2/827>
- [97] ROBLES, Alicia, Magdalena FABJANOWICZ, Tomasz CHMIEL, Justyna PŁOTKA-WASYLKA a L. CHANKVETADZE, 2019. Determination and identification of organic acids in wine samples. Problems and challenges: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. **120**(1), 34-38. DOI: 10.1016/j.trac.2019.115630. ISSN 01659936. Dostupné také z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993619303498>
- [98] LASIK-KURDYŚ, Małgorzata, Małgorzata MAJCHER, Jacek NOWAK, Jing-Ming LI, Si-Bao WAN, Qing-Hua ZHANG a Wei-Dong HUANG, 2018. Effects of Different Techniques of Malolactic Fermentation Induction on Diacetyl Metabolism and Biosynthesis of Selected Aromatic Esters in Cool-Climate Grape Wines. *Molecules*. InTech, 2017-03-15, **23**(10), 827-838. DOI:

- 10.3390/molecules23102549. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/10/2549>
- [99] LASIK-KURDYŚ, Małgorzata, Małgorzata MAJCHER, Jacek NOWAK, Jing-Ming LI, Si-Bao WAN, Qing-Hua ZHANG a Wei-Dong HUANG, 2018. Effects of Different Techniques of Malolactic Fermentation Induction on Diacetyl Metabolism and Biosynthesis of Selected Aromatic Esters in Cool-Climate Grape Wines. *Molecules*. InTech, 2017-03-15, **23**(10), 827-838. DOI: 10.3390/molecules23102549. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/10/2549>
- [100] CAPOZZI, Vittorio, Carmela GAROFALO, Maria Assunta CHIRIATTI, Francesco GRIECO, Giuseppe SPANO, Qing-Hua ZHANG a Wei-Dong HUANG, 2015. Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine. *Microbiological Research*. InTech, 2017-03-15, **181**(10), 75-83. DOI: 10.1016/j.micres.2015.10.005. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 09445013. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0944501315300185>
- [101] ZERAVIK, Jiri, Zdenka FOHLEROVA, Miodrag MILOVANOVIC, et al., 2016. Various instrumental approaches for determination of organic acids in wines: The case of yeast biodiversity in wine. *Food Chemistry*. InTech, 2017-03-15, **194**(10), 432-440. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.08.013. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615011966>
- [102] KAPUSTA, Ireneusz, Tomasz CEBULAK a Jan OSZMIANŃSKI, 2018. Characterization of polish wines produced from the interspecific hybrid grapes grown in south-east Poland. *European Food Research and Technology*. **244**(3), 441-455. DOI: 10.1007/s00217-017-2972-5. ISSN 1438-2377. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-017-2972-5>
- [103] POLO, Carmen a . MORENO-ARRIBAS. Wine chemistry and biochemistry. 2008. ISBN 978-0-387-74116-1.
- [104] STAŠKO, Andrej, Vlasta BREZOVÁ, Milan MAZÚR, et al., 2008. A comparative study on the antioxidant properties of Slovakian and Austrian wines: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *LWT - Food Science and Technology*. **41**(10), 2126-2135. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.11.021. ISSN

00236438. Dostupné také z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643807004136>

- [105] KEDAGE, Vinayak V., Jai C. TILAK, Ghanasham B. DIXIT, et al., 2007. A Study of Antioxidant Properties of Some Varieties of Grapes (*Vitis vinifera* L.): Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **47**(2), 175-185. DOI: 10.1080/10408390600634598. ISSN 1040-8398. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408390600634598>
- [106] JIANG, Bao, Zhan-Yu SUN, Ghanasham B. DIXIT, et al., 2019. Phenolic compounds, total antioxidant capacity and volatile components of Cabernet Sauvignon red wines from five different wine-producing regions in China: The case of yeast biodiversity in wine. *Food Science and Technology*. InTech, 2017-03-15, **39**(3), 735-746. DOI: 10.1590/fst.07818. ISBN 978-953-51-2957-8. ISSN 1678-457X. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408390600634598>
- [107] Portál ČHMÚ : Home. Portál ČHMÚ : Home [online]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>

7 Seznam použitých zkratk

AAS – Atomová absorpční spektrometrie

ANOVA – analýza rozptylu

CA – Shluková analýza

CVA – Kanonická variační analýza

DA – Diskriminační analýza

HPLC – Vysoce účinná kapalinová chromatografie

ICP-MS – hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

ICP-OES – Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

IRMS – izotopový hmotnostní spektrometr

MIK – Mikulovská podoblast

NMR – spektrometr nukleární magnetické rezonance

NP – Chromatografie s normálními fázemi

PCA – Analýza hlavních komponent

QDA – kvalitativní analýza dat

RP – Chromatografie s obrácenými fázemi či reverzní chromatografie

SLO – Slovácká podoblast

SNIF-NMR – přirozená frakcionace izotopů

SZPI – Státní zemědělská a potravinářská inspekce

TEAC – Trolox equivalent antioxidant capacity

VP – Velkopavlovická podoblast

ZNO – Znojemská podoblast