

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Souvislost mezi barvou a antioxidačními vlastnostmi vína
Bakalářská práce

2023

Eva Kohoutková

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eva Kohoutková**
Osobní číslo: **C20081**
Studijní program: **B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Souvislost mezi barvou a antioxidačními vlastnostmi vína**
Téma práce anglicky: **Relationship between colour and antioxidant properties of wine**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte přehledový text o zpracování hroznů révy vinné na víno, vlivu na zdraví a obsahu významných látek s antioxidačními účinky. Věnujte se také stručnému popisu teorie barevnosti s důrazem na systém CIEL*a*b* a parametrů sytosti. Použijte odborná zahraniční periodika.
2. Experimentálně změřte barevnost vzorků vína a jejich antioxidační vlastnosti vybranou spektrometrickou metodou.
3. Výsledky zpracujte a zjistěte, zda existuje mezi barevností a antioxidačními vlastnostmi korelace. Porovnejte s dostupnou literaturou.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. června 2023**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Souvislost mezi barvou a antioxidačními vlastnostmi vína jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 6. 2023

Eva Kohoutková v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Liboru Červenkovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za jeho cenné rady a připomínky, ochotu a poskytnuté materiály. Dále děkuji mé rodině za podporu během celého studia. Můj velký dík patří i Vinařství Forman a Vinařství Bukovský za poskytnuté vzorky pro provedení analýzy.

ANOTACE

Tato bakalářská práce shrnuje všeobecné informace o víně se zaměřením na vína bílá, o vinné révě a postupu výroby vína. Další část je věnována antioxidantům, fenolickým látkám, včetně metod stanovení. Dále je zde popsána teorie barevnosti a shrnutí vlivu vína na zdraví. V experimentální části byla ve vzorcích bílých vín stanovena antioxidační aktivita, celkový obsah fenolických látek a byla změřena barva. Byla zjištěna významná korelace mezi antioxidační aktivitou a některými parametry barevnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

víno, antioxidant, antioxidační aktivita, barevnost, fenolické látky

TITLE

Relationship between colour and antioxidant properties of wine

ANNOTATION

This bachelor thesis summarizes general information about wine with a focus on white wines, grapevines and wine production process. The next part is devoted to antioxidants, phenolic substances, including methods of determination. Furthermore, the theory of colour measurement and a summary of the influence of wine on health are described. In the experimental part, the antioxidant activity, the total phenolic content, and the colour were determined in white wine samples. A mutual correlation was observed between antioxidant activity and particular colour parameters.

KEYWORDS

wine, antioxidant, antioxidant activity, colour, phenolic compounds

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM GRAFŮ	9
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	10
TERMINOLOGIE	11
ÚVOD	12
1 TEORETICKÁ ČÁST	13
1.1 Víno	13
1.1.1 Vinná réva	13
1.1.2 Výroba vína	14
1.1.3 Bílé víno	16
1.2 Složení vína	16
1.2.1 Alkoholy	16
1.2.2 Organické kyseliny	16
1.2.3 Cukry	17
1.2.4 Minerální látky	18
1.3 Antioxidanty ve víně	18
1.3.1 Mechanismus působení antioxidantů	19
1.3.2 Rozdělení antioxidantů	20
1.3.3 Fenolické látky	21
1.4 Antioxidační aktivita a její měření	23
1.4.1 Metoda TEAC s DPPH radikálem	24
1.4.2 Metoda ORAC	25
1.4.3 Metoda FRAP	25
1.5 Celkový obsah fenolických látek a jeho stanovení	26
1.6 Teorie barevnosti	26
1.6.1 Objekt	27
1.6.2 Zdroj světla	27
1.6.3 Pozorovatel	28
1.6.4 Barvový systém CIE L*a*b*	28
1.7 Vliv vína na zdraví	30

1.7.1 Polyfenoly a jejich přínos pro zdraví.....	30
1.7.2 Francouzský paradox	31
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
2.1 Seznam vzorků.....	32
2.2 Použité chemikálie	33
2.3 Použité přístroje	33
2.4 Pracovní postupy.....	33
2.4.1 Stanovení antioxidační kapacity metodou s DPPH radikálem	33
2.4.2 Stanovení celkového obsahu fenolických látek	33
2.4.3 Měření barvy spektrofotometricky	34
3 VÝSLEDKY A DISKUSE	35
3.1 Antioxidační aktivita.....	35
3.2 Celkový obsah fenolických látek	36
3.3 Barevnost	37
3.4 Vztah barevnosti a antioxidační aktivity	40
3.4.1 Korelace mezi antioxidační aktivitou a TPC	40
3.4.2 Korelace mezi antioxidační aktivitou a kolorimetrickými parametry	41
3.4.3 Korelace mezi TPC a kolorimetrickými parametry	45
ZÁVĚR	46
POUŽITÁ LITERATURA	47

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma výroba vína (Pernica, 2016)	15
Obrázek 2: Obecné rozdělení antioxidantů; upraveno dle: (Vo, 2020)	21
Obrázek 3: Obecná struktura kyseliny hydroxybenzoové a hydroxykyselinové	22
Obrázek 4: Obecná struktura molekuly flavonoidu	22
Obrázek 5: Obecná struktura hydrolyzovatelného a kondenzovaného taninu.....	23
Obrázek 6: Struktura resveratrolu	23
Obrázek 7: Schéma CIE L*a*b* (Ly, 2020)	29

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Kalibrační křivka závislosti koncentraci Troloxu na inhibici DPPH radikálu	35
Graf 2: Kalibrační křivka závislosti koncentraci kyseliny gallové na absorbanci.....	36
Graf 3: Korelace mezi antioxidační aktivitou a TPC.....	41
Graf 4: Korelace mezi antioxidační aktivitou a měrnou světlostí	41
Graf 5: Korelace mezi antioxidační aktivitou a zeleno-červenou oblastí barvového prostoru.	42
Graf 6: Korelace mezi antioxidační aktivitou a modro-žlutou oblastí barvového prostoru	43
Graf 7: Korelace mezi antioxidační aktivitou a pestrostí (čistotou) barvy	43
Graf 8: Korelace mezi antioxidační aktivitou a odstínem	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam proměřovaných vzorků bílých vín	32
Tabulka 2: Antioxidační kapacita a celkový obsah fenolických látek ve vzorcích bílých vín (aritmetický průměr ± standardní odchylka) (n = 2).....	36
Tabulka 3: Naměřené kolorimetrické parametry vzorků bílých vín (aritmetický průměr ± standardní odchylka) (n = 2).....	38
Tabulka 4: Hodnoty korelačních koeficientů a významnosti korelací	40

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

LDL	Low-density lipoprotein
HDL	High-density lipoprotein
CoQ	Koenzym Q
NADPH	Nikotinamidadenindinukleotidfosfát
ROS	Reactive oxygen species
RH	Polynenasycená mastná kyselina
FRS	Free radical scavenger
TAC	Total antioxidant capacity
TPC	Total phenolic content
TEAC	Trolox equivalent antioxidant capacity
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
FRAP	Ferric reducing antioxidant power
DPPH	1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina
AH	Antioxidant
HPLC	High-performance liquid chromatography
GC	Gas chromatography
CZE	Capillary zone electrophoresis
λ	vlnová délka
CIE	Commision Internationale de l'éclairage
GAE	Gallic acid equivalent

TERMINOLOGIE

Rmut: jedna z fází výroby vína. Jedná se o bobule révy vinné, které se krátce po sběru rozemelou. Rmut je tedy hmota tekuté struktury plná pevných částic (Bretl, c2016-2023).

Matolina: pevná část hroznů, která zůstává po vylisování. V souvislosti s červenými víny také můžeme často slyšet výraz "matolinový klobouk". To je shluk pevných částí, který se tvoří na hladině kvasné nádoby (Bretl, c2016-2023).

Mošt: čerstvě vylisovaná hroznová šťáva (Bell, 2023).

Chaptalizace: technologie či postup, kdy dochází k cukření vinné šťávy před jejím kvašením. Používá se k němu obyčejný řepný cukr či moštový koncentrát. Provádí se v případě nedostatečného dozrání hroznů do dostatečné cukernatosti (Bretl, c2016-2023).

Terroir: soubor všech lokálních podmínek, které mohou ovlivnit charakter vína. To se týká odrůdy použitých hroznů, charakteristik vinice (sklon, nadmořská výška, typ a chemické složení půdy), klimatických a sezónních podmínek, za kterých se hrozny pěstují, a činností výrobce během pěstování révy a vinařství. Charakteristiky vína jsou způsobeny interakcí těchto faktorů, což vysvětluje chemické a sensorické rozdíly mezi víny různých ročníků (Zeppa, 2007) (Bretl, c2016-2023).

Wernicke-Korsakoffův syndrom: neurologická porucha způsobená nedostatkem thiaminu a je spojována s alkoholismem. Projevuje se poruchami paměti, konkrétně problémy se získáváním nových informací nebo zakládáním nových vzpomínek a se získáváním předchozích vzpomínek (Wernicke-Korsakoff Syndrome, b.r.).

Ateroskleróza: onemocnění tepen, tzv. „kornatění“, při němž se v jejich stěnách ukládají tukové látky ve formě tzv. ateromu a druhotně vápník (Ateroskleróza, c1998-2023).

ÚVOD

Víno (latinsky *vinum*) je alkoholický nápoj z hroznů révy vinné. Považuje se za jeden z nejstarších nápojů s bohatou historií a kulturním významem v mnoha zemích. Víno je s velkou oblibou konzumováno lidmi po celém světě, zejména díky jeho tradovaným blahodárným účinkům. V dalším případě je víno vhodným společníkem při společenských událostech či přátelských setkáních a také zaujímá své postavení v gastronomii.

Víno, jakožto nápoj bohatý na antioxidanty, zejména pak na fenolické látky, vykazuje různé antioxidační účinky. Přispívá tak k ochraně organismu před škodlivými volnými radikály a zpomaluje tak procesy stárnutí či snižuje riziko vzniku chorob spojených se špatnou životosprávou. Mimo to jsou ve víně obsaženy i vitaminy, převážně kyselina askorbová a thiamin a také minerální látky a stopové prvky. Díky těmto látkám může být víno v jisté míře považováno za zdravý nápoj či dokonce „lék“. Z druhé strany je ale nutno brát na vědomí, že víno je nápoj alkoholický a obsahuje tedy ethanol, který má na organismus nepříznivý vliv. Nadměrná konzumace vína by tedy naopak mohla vést k poškození orgánů a ke vzniku chorob s tím souvisejícími.

Barva vína patří mezi jeho hlavní charakteristiky, neboť na jejím základě lze vína klasifikovat. Ovlivňuje ji v první řadě odrůda révy vinné použita k výrobě a její stav, ale i samotný proces výroby. Na konečné barvě vína se může podílet i delší zrání v dřevěných sudech.

V experimentální části této práce byla stanovena antioxidační aktivita, celkový obsah fenolických látek ve vzorcích bílých vín a dále byla změřena jejich barva, vyjádřena pomocí kolorimetrických parametrů v systému CIE $L^*a^*b^*$.

Cílem této práce je prokázat či vyvrátit, zda mezi barvou a antioxidačními vlastnostmi vína existuje souvislost a na základě dostupné literatury tyto výsledky zhodnotit a porovnat. Práce je zaměřena na bílá vína, zejména pak experimentální část, kdy byly analyzovány vzorky bílých vín pocházející z České republiky.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Víno

Víno je tradiční alkoholický nápoj s velkým obchodním významem získaný kvašením hroznového moštu (Markoski, 2016).

Víno lze klasifikovat jako červené, bílé a růžové podle odrůdy hroznů, dále podle sladkosti, obsahu alkoholu, obsahu oxidu uhličitého, kvašení a procesu zrání či zeměpisného původu. Takto lze uvažovat, že jakost vína souvisí se složením a odrůdou hroznů. Dále se vína mohou rozlišovat podle zeměpisné polohy vinic, různých pěstitelských postupů a technik výroby a zrání vína. Červené víno se získává fermentací moštu s pevnými částmi bobulí, jako jsou slupky a semena, a naproti tomu u bílého vína podléhá fermentaci výhradně hroznová šťáva (Markoski, 2016).

Produkty, které mohou být také pojmenovány jako „víno“, se získávají kvašením šťávy z ovoce jako švestka, banán, bezinka či černý rybíz (Zeppa, 2007).

Lidé pijí víno již od pradávna. Nejstarší důkazy o vinařství pocházejí z doby kolem roku 6000 př.n. l. z jižního Kavkazu. Odtud se vinná réva začala rozšiřovat do Mezopotámie, Palestiny, Egypta a později i do celého Středomoří. Poměrně mladou historii má vinařství v Severní Americe, kdy Španělští misionáři začali vysazovat vinice v Novém Mexiku a Kalifornii před více než 250 lety. Víno bylo od svého zavedení přijímáno ve společnosti a v mnoha kulturách. Stalo se tak součástí kulturních a náboženských událostí, ale také nabylo významu jako vhodný nápoj k dobrým pokrmům a neodmyslitelně patří i k posezení s přáteli (Van de Wiel, 2001).

1.1.1 Vinná réva

Jak již bylo uvedeno, víno se vyrábí z hroznů, což jsou plody révy vinné (*Vitis vinifera*). Hrozen se skládá z třapiny, slupky, dužiny a pecky, přičemž třapina je v podstatě dřevnatý stonek a při výrobě vína je nežádoucí. Je známo více než čtyřicet druhů révy vinné, ale pro výrobu vína se využívají pouze některé (Zeppa, 2007).

Vinná réva nesnáší extrémní klimatické podmínky (Kunkee, 2016), a proto se pěstuje v oblastech mezi třiceti a padesáti stupni severně i jižně od rovníku. Její vegetační období se pohybuje okolo sta dní nebo více s denními teplotami do 35 °C a nočními teplotami s rozdílem 23 °C a více. Bobule hroznu je v rané fázi po odkvětu drobná zelená kulička s velice kyselou chutí. Při dozrávání pak zvětšuje svůj objem a přeměňuje se tak na zbarvený a sladký plně zralý plod (Zeppa, 2007). Odrůdy se pak rozdělují na červené a bílé. Zbarvení bílých odrůd se

pohybuje od světle zelené po tmavě žlutou a červených odrůd od růžové přes tmavě fialovou až po černou. Na světě je známo asi 15000 odrůd révy vinné, z čehož se asi 1000 pěstuje pro výrobu vína (Kunkee, 2016).

V České republice se vinná réva pěstuje v oblastech s nadmořskou výškou do 300 metrů, ve zvláštních případech až do 500 metrů, kdy se pěstuje ve skleníku. Obecně platí, že čím je nadmořská výška vyšší, tím méně slunečního záření je k dispozici a s tím souvisí i nižší cukernatost hroznů. Dvě základní oblasti v České republice, kde se vinná réva pěstuje, se označují jako česká a moravská, a ty se dále dělí na jednotlivé podoblasti:

- Česká: podoblast Mělnická a Litoměřická
- Moravská: podoblast Mikulovská, Velkopavlovická, Slovácká a Znojemská

(Réva vinná, 2006)

Nejvýznamnější odrůdy pěstované v České republice pak jsou:

- **Červené:** Frankovka, Merlot, Modrý Portugal, Rulandské modré, Svatovavřínecké, Cabernet Sauvignon, Zweigeltrebe
- **Bílé:** Müller Thurgau, Ryzlink rýnský a vlašský, Rulandské bílé a šedé, Chardonnay, Muškát, Pálava, Sauvignon Blanc, Tramín červený, Veltlínské zelené

(Odrůdy červených vín, 2023) (Réva vinná, 2006)

1.1.2 Výroba vína

Sklizeň hroznů z vinic se provádí na podzim, zpravidla od poloviny října do začátku listopadu. Vytríděné plody určené k výrobě vína musí být zdravé, tedy nenapadené bakteriální či houbovou infekcí. Výroba vína (také vinifikace) musí být zahájena co nejdříve po sklizni, aby se zabránilo různým dalším vadám vína (Zeppa, 2007).

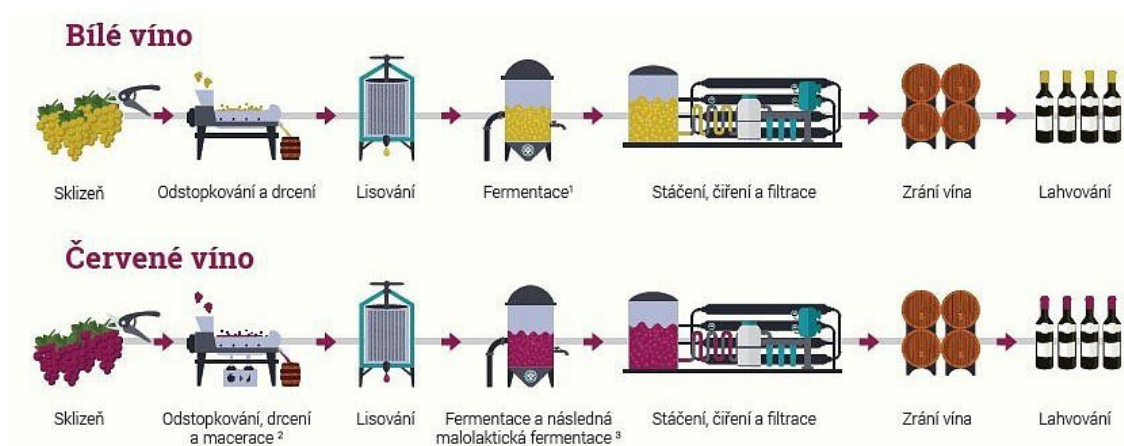
Důležitým krokem procesu vinifikace je odstopkování a drcení. Zde dochází k odstranění stopek, ze kterých by se mohly do vína dostat nežádoucí látky. Zároveň dochází k mechanickému rozrušení bobulí, díky čemuž se posléze snadněji lisují. Je nutné provádět drcení šetrně, aby nedošlo k porušení pecek a uvolnění hořkých látek do vína (Pernica, 2016).

Následuje macerace, což je tzv. nakvášení, kdy se do hroznového moštu uvolňují barviva, třísloviny a další látky. U červených vín trvá několik týdnů a u bílých pak pouze několik hodin až pár dní. Doba macerace má vliv na konečnou barvu vína a jeho aromatické vlastnosti (Pernica, 2016).

Další částí procesu je lisování. Tady se oddělí matolína od rmutu a je získán mošt (Pernica, 2016).

Posléze se do moštu přidají vybrané kmeny kvasinek, oxid siřičitý a živiny. Určitá forma kvasinek se přirozeně nachází již na hroznech ve vinařském prostředí, avšak ty často nemusí zajistit požadované výsledky. Proto se do moštu běžně přidávají komerční kmeny kvasinek upravené lyofilizací. Oxid siřičitý ve vinařství zastává dvě funkce. První spočívá v inhibici či usmrcení přirozené mikroflóry moštu a umožnění aktivity přidaných kvasinek. Dále pak působí jako inhibitor oxidačních enzymů, které by jinak způsobily zhnědnutí. Jako živiny pro kvasinky slouží amonné soli a vitaminy (thiamin a biotin). Primární, alkoholové kvašení je zahájeno 8–10 hodin po inokulaci a trvá zpravidla 8–10 dní. Teplota při procesu kvašení má vliv na jeho rychlost a později i na chuť produktu. Optimální teplotní rozmezí pro bílá vína je 20–25 °C, pro červená pak 25–28 °C. Po utilizaci veškerého cukru může následovat malolaktické kvašení, kdy dochází k přeměně kyseliny jablečné na kyselinu mléčnou působením bakterie *Oenococcus oeni*. Tato fáze se využívá zpravidla pro červená vína (Zeppa, 2007).

Následující kroky po ukončení fermentace se označují jako školení vína. Pro oddělení mrtvých kvasinek na dně fermentační nádoby od vína slouží stáčení. Následuje číření, kdy se pomocí vhodných čířidel vysráží nečistoty. Jako čířidla se využívají bentonit, tanin či želatina. Sediment vzniklý vysrážením nečistot se posléze oddělí filtrací (Pernica, 2016). Dalším krokem je zrání, kterému podléhají zejména červená vína, ale využívá se i pro některá bílá vína, například Chardonnay (Zeppa, 2007). Vína se nechávají zrát různě dlouhou dobu v tancích, sudech. Závěrečným krokem je lahvování (Pernica, 2016).



Obrázek 1: Schéma výroba vína (Pernica, 2016)

1.1.3 Bílé víno

Bílé víno je fermentováno bez kontaktu se slupkami hroznů (White wine, 2004). Hrozny se přímo lisují, aby se právě omezil kontakt moštu se slupkami a okamžitě se oddělí výlisky. U bílých vín se zpravidla neprovádí malolaktické kvašení a zrání (Zeppa, 2007). Využívají se odrůdy bílé, ale i modré, přičemž bílé víno z modrých odrůd se nazývá klaret. Ten se vyznačuje jemnou chutí a jemným aroma díky minimálnímu kontaktu se slupkami, které obsahují charakteristické aromatické látky (Pernica, 2016). Barva bývá slámově žlutá, žlutozelená až žlutozlatá (White wine, 2004).

1.2 Složení vína

Víno je směs složená ze stovek sloučenin. Spousta z nich je zastoupena ve velmi nízkých koncentracích, přesto zastávají důležitou roli v jeho kvalitě. Obecně se průměrné koncentrace hlavních složek udávají jako 86 % vody, 12 % ethanolu, 1 % glycerolu, polysacharidů a stopových prvků, 0,5 % kyselin a těkavých látek (Markoski, 2016).

Hlavními složkami vína jsou voda a ethanol a zastupují asi 97 % celkové hmotnosti (w/w). Obsah ostatních důležitých látek se pohybuje v koncentracích nižších než 10 g/l, přičemž tyto látky zodpovídají za většinu chuti a barvy vína (Waterhouse, 2016).

1.2.1 Alkoholy

Ethanol, jakožto jedna z nejhlavnějších složek vína vzniká zkvašováním hexóz obsažených v hroznech. V některých případech se využívá tzv. chaptalizace, což je zvýšení obsahu cukrů jejich přidáním do moštu před zkvašením (Waterhouse, 2016). Během alkoholového kvašení vznikají vedle ethanolu i další sloučeniny jako vyšší alkoholy, glycerol, estery, diacetyl, acetoin, kyselina jantarová a 2,3-butandiol (Moreno-Arribas, 2009).

Jako vyšší alkoholy se označují těkavé alkoholy s více než dvěma atomy uhlíku. Ty vznikají jako vedlejší produkt přeměny aminokyselin v přítomnosti kvasinek. Do kategorie vyšších alkoholů se pak nezahrnují polyoly jako glycerol a další cukerné alkoholy, těkavé fenoly a aromatické sloučeniny jako jsou monoterpenové alkoholy (Waterhouse, 2016).

1.2.2 Organické kyseliny

Organické kyseliny jsou obecně kyseliny slabé. Jejich přítomnost ve víně značně ovlivňuje jeho pH, s čímž je pak spojen vzhled, mikrobiální a chemická stabilita vína. Dále hrají důležitou roli i v chuti vína, zejména v kyselosti. Organické kyseliny ve víně se podle jejich zastoupení dají rozdělit na majoritní a minoritní (Waterhouse, 2016).

Do skupiny majoritních kyselin se jich řadí šest a představují více než 95 % celkových organických kyselin ve víně. Mohou se vyextrahovat z hroznů či vznikat metabolickými pochody mikroorganismů anebo mohou být dodatečně přidány. Jmenovitě se jedná o kyselinu vinnou, jablečnou, octovou, citronovou, mléčnou a jantarovou. Kyselina vinná a jablečná se vytvářejí již v hroznech v jejich vegetačním období a jejich koncentrace ve víně je nejvyšší po alkoholovém kvašení. Kyselina octová, citronová a jantarová pak vznikají jako produkty alkoholového kvašení. Příliš vysoká koncentrace kyseliny octové může indikovat bakteriální znehodnocení kyselinou mléčnou (Waterhouse, 2016).

Další kyseliny ve víně označované jako minoritní vznikají jako vedlejší produkty metabolismu mastných kyselin. Jejich produkci za přítomnosti kvasinek ovlivňují fyziologické faktory jako stav živin, dostupnost kyslíku a teplota. Patří sem kyselina máselná, kaprinová, kapronová, kaprylová, propionová, isopentanová a isomáselná (Waterhouse, 2016).

1.2.3 Cukry

Nejzásadnější funkce sacharidů ve vinařství je jejich přeměna na ethanol a bez jejich přítomnosti by výroba alkoholických nápojů nebyla možná. Mají vliv na sladkost vín, která může být velmi výrazná v případě sladkých vín anebo málo výrazná u vín suchých. Zastávají také roli v tvorbě dalších látek, jako je glycerol a některé těkavé sloučeniny, které se podílí na aromatu vína (Moreno-Arribas, 2009). Nejvýznamnějšími cukry pro vinařství jsou glukóza a fruktóza, které se v průběhu zrání vinné révy hromadí v bobulích. Chemicky se jedná o hexózy a redukující cukry, jejich volná poloacetalová skupina reaguje s alkoholy za vzniku glykosidů (Waterhouse, 2016). Obsah cukrů je obecně vyšší ve vínech červených v porovnání s bílými. Hlavními důvody jsou větší kontakt se slupkami hroznů a delší zrání, při kterém se pak uplatňuje i hydrolýza hemicelulóz, pokud je zrání uskutečněno v sudu (Moreno-Arribas, 2009).

Samostatnou skupinou jsou cukerné alkoholy neboli alditoly patřící mezi polyalkoholy, kdy se jedná o alifatické sloučeniny obsahující pouze hydroxylové skupiny bez dalších funkčních skupin. Vznikají během fermentace jako produkty redukce karbonylové skupiny cukru na alkohol. Do této skupiny se řadí právě glycerol, jenž se podílí na osmoregulaci a vyrovnávání redoxních rovnováh při alkoholové fermentaci. Dalšími alditoly ve víně jsou pak arabitol, mannitol a sorbitol. Příliš vysoké koncentrace alditolů ve víně vypovídají o jeho mikrobiálním znehodnocení. Příkladem může být mannitol produkovaný enzymatickou redukcí fruktózy, kdy

jeho vysoká koncentrace ve víně je známkou jeho znehodnocení mléčnými bakteriemi (Waterhouse, 2016).

Další samostatnou skupinou jsou cukerné kyseliny. K jejich produkci dochází enzymatickou oxidací cukrů, kdy se funkční skupiny přemění na skupinu karboxylovou. Názvy cukerných kyselin tvoří cukr, od něhož je daná kyselina odvozena a koncovka –onová (Waterhouse, 2016). Typickými zástupci kyselin víně jsou kyselina glukonová, 2-oxoglukonová, 5-oxoglukonová, glukuronová, a galakturonová (Moreno-Arribas, 2009).

Polysacharidy v hroznech plní funkci strukturní. Hlavními složkami buněčných stěn hroznů jsou celulóza, pektin a hemicelulóza složená z glukózy, galaktózy, xylózy, arabinózy a dalších monosacharidů. Polysacharidy z buněčných stěn hroznů a kvasinek mohou mít nepříznivý dopad na úrodu a posléze na účinnost extrakce a filtrace při vinifikaci. Proto se často využívají enzymy karbohydrázy pro potlačení těchto nežádoucích vlivů, kdy dochází k degradaci polysacharidů během fermentace a nejsou tak přenášeny do vína (Waterhouse, 2016).

1.2.4 Minerální látky

Obsah minerálních látek ve víně je podmíněn především jejich extrakcí z hroznů a také přidavky různých aditiv a pomocných látek při vinifikaci. Dále má vliv složení viniční půdy, používání postřiků či přítomnost kontaminantů. Z minerálních látek je nejhojněji zastoupen draslík. Dalšími významnými kovy jsou železo, sodík, měď, vápník, hořčík, hliník, mangan a zinek. Celkový obsah minerálů ve víně se pohybuje v rozmezí 1,5–3 g/l. Ve víně byly nalezeny i těžké kovy jako kadmium, olovo a nikl, kdy jejich koncentrace bývají kontrolovány a regulovány v obavách o toxicitu a jakost vína (Waterhouse, 2016).

1.3 Antioxidanty ve víně

Antioxidační látku lze definovat několika způsoby. Molekula antioxidantu disponuje takovou chemickou strukturou, díky které je schopna pohlcovat volné radikály a lze tak podle ní antioxidant identifikovat. Často se však antioxidanty klasifikují jako molekuly zabraňující oxidaci biologického či chemického systému. Tyto dvě definice se v jednoduchých systémech shodují, ale v systémech složitých, jako jsou živé organismy se rozcházejí (Fraga, 2014).

Obecně tedy funkce antioxidantů spočívá v inhibici oxidačních procesů a tím dochází k oddálení nebo potlačení poškození buněk. Antioxidanty se mohou utvářet přímo v organismu (například glutathion či redukovaný CoQ) nebo se získávají prostřednictvím stravy. Volné radikály jsou antioxidanty odbourávány různými enzymatickými i neenzymatickými

mechanismy. V organismu existuje stav nazývaný jako oxidační stres, což znamená nerovnováhu mezi reaktivními formami kyslíku a antioxidačními obrannými mechanismy. Oxidační stres přispívá k onemocněním spojené s věkem a špatným životním stylem (Meulmeester, 2022).

1.3.1 Mechanismus působení antioxidantů

Volné radikály jsou vysoce reaktivní atomy, molekuly či ionty s nepárovými elektrony. Tyto částice nejčastěji pochází z molekul kyslíku, dusíku či síry. Dělí se do skupin nazývaných jako reaktivní formy kyslíku (ROS), reaktivní formy dusíku (RNS) a reaktivní formy síry (RSS). Do skupiny ROS se řadí tyto formy: superoxidový aniont ($\bullet\text{O}_2^-$), hydroperoxylový radikál ($\bullet\text{HO}_2$), hydroxylový radikál ($\text{HO}\bullet$), singletový kyslík ($^1\text{O}_2$), peroxyinitrit (ONOO^-), oxid dusnatý (NO), peroxid vodíku (H_2O_2) a kyselina chlorná (HClO) (Lü, 2010).

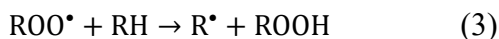
Za antioxidanty se považují molekuly, které neutralizují volné radikály tím, že ochotně přijímají nebo naopak poskytují elektron(y), aby došlo k eliminaci radikálového stavu. Antioxidant může s radikálem přímo reagovat, čímž jej v podstatě zničí. Antioxidant se tak sám stává novým volným radikálem, jehož forma je ale méně reaktivní, dlouhodobější a méně nebezpečná než původní radikál. Ty pak mohou být dále neutralizovány jinými antioxidanty či dalšími mechanismy (Lü, 2010). Dále mohou snižovat koncentraci kyslíku, zachytávat singletový kyslík, vázat kovové ionty jako katalyzátory, rozkládat primární produkty oxidace a přerušovat řetězové reakce (Shahidi, 2015).

Antioxidanty uplatňují své schopnosti v procesech autooxidace lipidů, které sestávají z řetězové reakce s volnými radikály. Ta obvykle bývá vyvolána světlem, teplem, ionizujícím zářením, ionty kovů, metaloproteiny jako katalyzátory nebo enzymem lipoxygenázou. Autooxidace zahrnuje tři fáze nazývané se iniciace, kdy dochází k tvorbě volných radikálů, propagace a terminace, kde dochází k tvorbě stabilních produktů (Shahidi, 2015).

1) Iniclace



2) Propagace



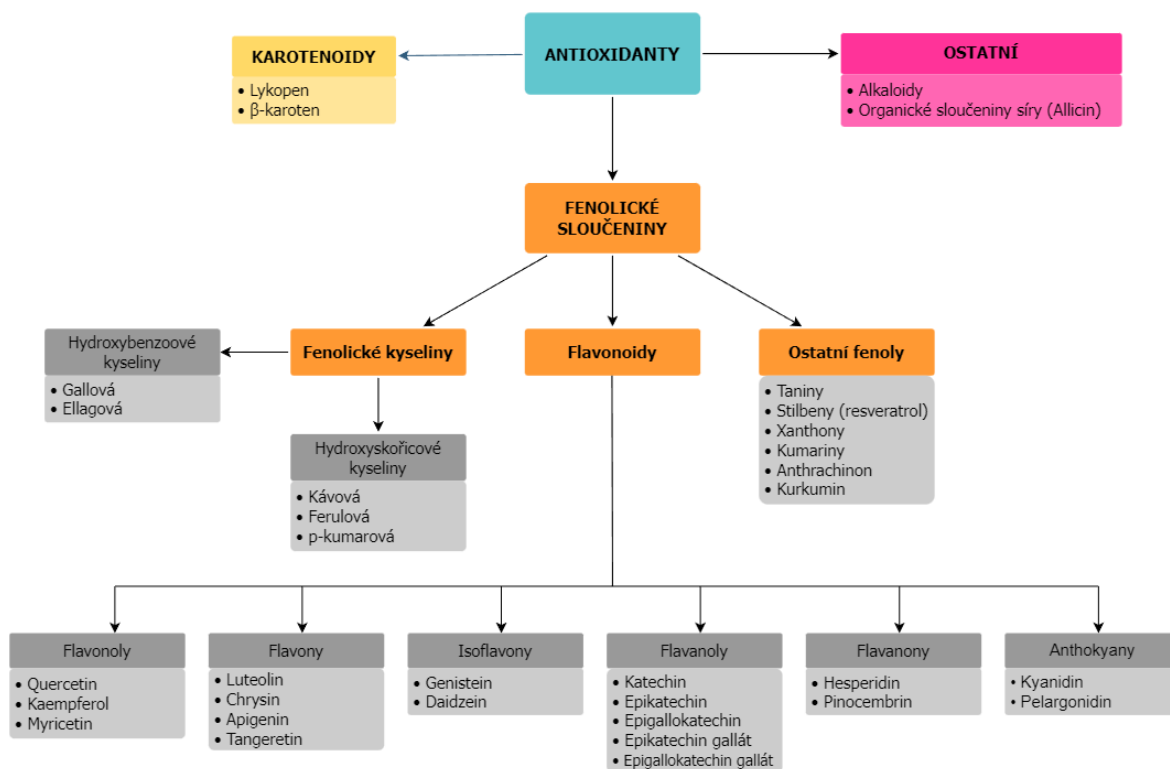
3) Terminace



Antioxidanty také hrají roli v regulaci enzymů související s ROS. Mohou snižovat hladinu volných radikálů inhibicí aktivity enzymů, které právě radikály vytvářejí. Jedná se o NAD(P)H oxidázu a xanthinoxidázu. Naproti tomu pak mohou zvyšovat aktivitu antioxidačních enzymů jako je superoxidodismutáza, kataláza a glutathionová peroxidáza (Lü, 2010).

1.3.2 Rozdělení antioxidantů

Antioxidační látky lze klasifikovat dle jejich chemické struktury a funkčních skupin. Dvěma hlavními skupinami jsou fenolické sloučeniny a karotenoidy. Fenolické sloučeniny se dále rozdělují do podskupin, a to fenolické kyseliny, flavonoidy a ostatní fenoly. Všechny tyto sloučeniny vykazují antioxidační vlastnosti, ale mechanismus působení každé z nich je odlišný v závislosti na jejich charakteristické struktuře (Vo, 2020).



Obrázek 2: Obecné rozdělení antioxidantů; upraveno dle: (Vo, 2020)

1.3.3 Fenolické látky

Fenolické sloučeniny hrají důležitou roli ve výživě člověka, a to právě díky svým antioxidačním vlastnostem. Základ jejich struktury tvoří aromatický kruh, na němž je napojen jeden či více hydroxylových substituentů. Mohou tak existovat jako formy jednoduchých fenolických molekul až jako vysoce polymerované sloučeniny. Jedná se o jednu z nejrozšířenějších skupin fytochemikálií a v rostlinách jsou nositeli jejich fyziologických a morfologických vlastností (Balasundram, 2006).

Klasifikují se jako primární antioxidant sloužící jako vychytávače volných radikálů (FRS). Jejich úkolem je zpomalení či úplná inhibice iniciace nebo přerušování propagace oxidace lipidů a redukují tak tvorbu těkavých sloučenin jako aldehydů a ketonů (Shahidi, 2015). Jejich reaktivitu podmiňuje kyselý charakter funkční skupiny a nukleofilní charakter benzenového kruhu (Paixão, 2007). Antioxidační schopnost fenolických sloučenin je podmíněna počtem a uspořádáním hydroxylových skupin na aromatickém kruhu. Fenolické antioxidanty jsou donory atomů vodíku, jejichž akceptory jsou radikály odvozené od lipidů a dochází tak k tvorbě lipidových derivátů a stabilnějších radikálů méně podporující autoxidaci (Shahidi, 2015).

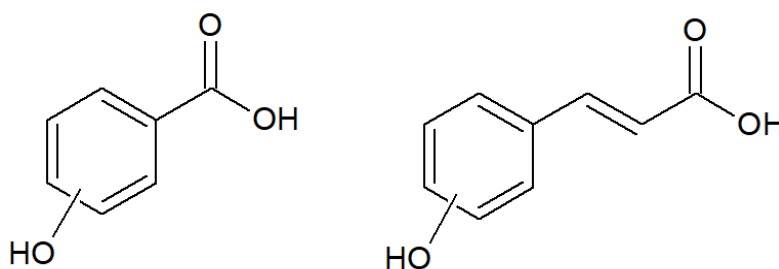
Fenolické látky, jakožto sekundární metabolity přítomny v hroznech a ve vínech vznikají a transformují se během procesu vinifikace (Merkytė, 2020). Jejich složení ve víně ovlivňují

faktory jako odrůda vinné révy, půda, zeměpisná poloha a povětrnostní podmínky (Paixão, 2007). Tyto sloučeniny mohou mít vliv na některé hlavní organoleptické vlastnosti vín, zvláště barvu a svíravost (Minussi, 2003).

Lze tedy říci, že fenolické sloučeniny jsou ukazatelem kvality a pravosti vína a pro hodnocení těchto parametrů jsou stěžejní fenolické kyseliny, flavonoidy, taniny a stilbeny (Merkytė, 2020).

Fenolické kyseliny

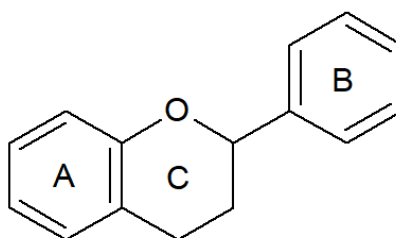
Tato skupina zahrnuje dvě podskupiny, kyseliny hydroxybenzoové a hydroxyskořicové. Tyto kyseliny se vyskytují jak ve volné formě, tak i ve formě esterifikovaných či konjugovaných derivátů. Jako příklad lze uvést hydrolýzu esterů kyseliny hydroxyskořicové a vinné při kvašení za vzniku volné kyseliny hydroxyskořicové. Ve víně mohou být prekurzorem hnědnutí a udělit mu hořkou chuť (Merkytė, 2020).



Obrázek 3: Obecná struktura kyseliny hydroxybenzoové a hydroxyskořicové

Flavonoidy

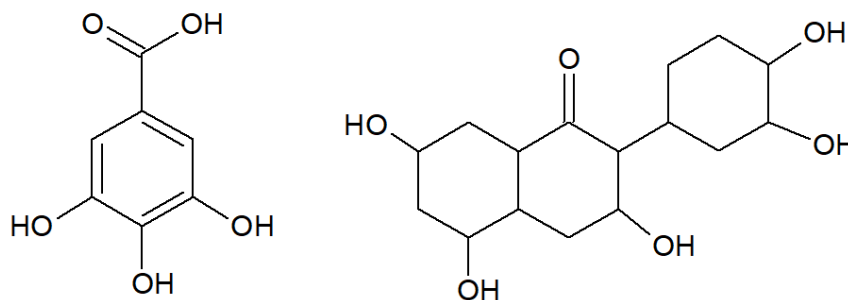
Nejrozšířenější skupinou rostlinných fenolů jsou flavonoidy zahrnující více než polovinu z osmi tisíc přirozeně se vyskytujících fenolických látek. Jedná se o sloučeniny o nízké molekulové hmotnosti skládající se z patnácti atomů uhlíku v konfiguraci C6-C3-C6. Podle substituentů na kruhu C se flavonoidy dělí na jednotlivé podskupiny (Balasundram, 2006).



Obrázek 4: Obecná struktura molekuly flavonoidu

Taniny

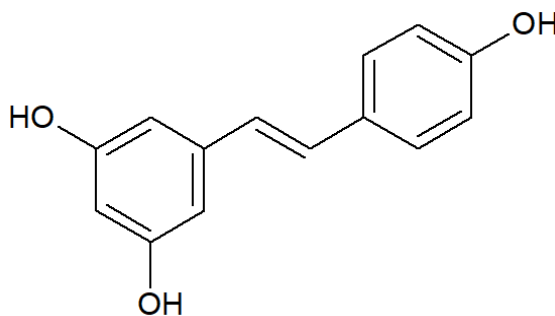
Taniny se rozdělují do dvou po chemické stránce velmi odlišných tříd, a to hydrolyzovatelné a kondenzované taniny. Hydrolyzovatelné taniny se hydrolyzou přeměňují na kyseliny, podle nichž jsou pak dané taniny nazývány. Existují gallotaniny, které se mění na kyselinu gallovou a ellagitaniny měnící se na kyselinu ellagovou. Ve víně se podílejí na hořkosti a svíravosti a v červených vínech spolu s antokyany i na stabilizaci barvy (Merkytė, 2020).



Obrázek 5: Obecná struktura hydrolyzovatelného a kondenzovaného taninu

Stilbeny

Z této skupiny je ve víně klíčová přítomnost resveratrolu a piceidu, což je glukosid resveratrolu. Stilbeny se prokázaly jako dobrý rozlišovací znak odrůd a druhů vinné révy a terroir v bílých, růžových a červených vínech (Merkytė, 2020).



Obrázek 6: Struktura resveratrolu

1.4 Antioxidační aktivita a její měření

Z hlediska potravin a jejich benefitů pro zdraví je termín „antioxidační aktivita“ v moderní společnosti stále populárnější a vzbuzuje zájem díky dosahu masových médií. V současné době je antioxidační aktivita definována jako schopnost molekuly snižovat tvorbu volných radikálů a vychytávat ROS nebo potlačit a napravit škody zapříčiněné oxidací a degradací jiných molekul (Silva, 2017).

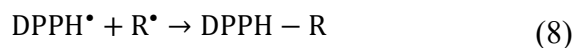
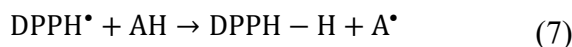
K zjišťování rovnováhy mezi volnými radikály a antioxidanty v biologických systémech se nejčastěji využívá metody stanovení celkové antioxidační kapacity (TAC). V potravinářství se měření TAC provádí na celé řadě vzorků, jako jsou rostliny, rostlinné extrakty, produkty získané hydrolýzou rostlinných složek, ovoce, zelenina a zpracované potraviny a nápoje (Fraga, 2014). Dnes existuje několik různých metod vedoucích ke stanovení TAC. Ty se od sebe liší principem stanovení a experimentálními podmínkami. Většina z nich však spočívá ve studiu reakce, kdy vzniká volný radikál a sleduje se, jak může být tato reakce inhibována přidavkem látky či vzorku, který je proměřován (Paixão, 2007).

Využívanými metodami pro stanovení TAC jsou TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) a FRAP (Ferric reducing antioxidant power) (Fraga, 2014).

1.4.1 Metoda TEAC s DPPH radikálem

V současnosti se tato metoda využívá s oblibou, neboť výhodou je rychlost a jednoduchost provedení (Molyneux, 2004) (Paixão, 2007). Pro posouzení antioxidační aktivity potravin se využívá stabilní volný radikál DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl). Jedná se o jeden z mála stabilních a komerčně dostupných organických radikálů a poskytuje absorpční spektrum v oblasti UV-VIS s maximem okolo 515 nm (Paixão, 2007). DPPH radikál je v reakci s testovanou látkou redukován za vzniku difenylpikrylhydrazinu (Paulová, 2004). Po redukci se sleduje úbytek absorbance při vlnové délce blízké 515 nm, při níž radikálová forma DPPH záření absorbuje, avšak po redukci antioxidantem absorpce mizí (Brand-Williams, 1995). I přes nenáročnost metody není vždy zcela vhodné její použití. Některé antioxidanty poskytující rychlé reakce s peroxylovými radikály mohou naopak s DPPH reagovat pomalu či dokonce být vůči němu inertní a reakční kinetika pak není lineární ke koncentraci DPPH. Výsledky měření se v tomto případě uvádějí ve formě TEAC, což je vyjádření antioxidační kapacity jako ekvivalent Troloxu (Paixão, 2007) (Stratil, 2006). Trolox je ve vodě rozpustný analog vitamínu E (Cao, 1993).

Roztok DPPH radikálu disponuje sytě fialovým zbarvením, které po redukci mizí. Pro měření se běžně používá methanolický, popřípadě ethanolický roztok (Molyneux, 2004). Reakci pak lze popsat rovnicemi (Brand-Williams, 1995):



Kromě spektrofotometrie lze měření sledovat také pomocí elektronové spinové rezonance nebo HPLC. Při detekce u HPLC se hodnotí pík DPPH radikálu a tato metoda je výhodná zejména u barevných vzorků (Paulová, 2004).

1.4.2 Metoda ORAC

Další poměrně jednoduchou, avšak citlivou a spolehlivou metodou je metoda ORAC (Oxygen radical antioxidant capacity) (Cao, 1993). Ta je založena na generování radikálu v měřeném roztoku a hodnotí se schopnost této látky zpomalit nebo zcela potlačit radikálovou reakci (Paulová, 2004). Tento testovací systém sestává z β -fykoerythrinu jako indikačního proteinu, 2,2'-azobis(2-amidinopropan)dihydrochloridu jako generačního činidla peroxylových radikálů a Troloxu jako kontrolního standardu (Cao, 1993). Detekce probíhá fluorimetricky, kdy se zaznamenává úbytek fluorescence β -fykoerythrinu po napadení radikály. Využití této metody může být omezeno pro stanovení antioxidační kapacity polyfenolů kvůli určitým problémům související s β -fykoerythrinem, což je například omezená fotostabilita. Z tohoto důvodu se jako indikační protein používá i fluorescein (Paulová, 2004). Celková schopnost zachytávat peroxylové radikály vztažená na jeden mol některých antioxidantů závisí na jejich počáteční koncentraci (Cao, 1993).

1.4.3 Metoda FRAP

Princip metody FRAP (Ferric reducing antioxidant power) spočívá v proběhnutí redoxní reakce. Vlivem antioxidantů dochází k redukci komplexu Fe^{3+} -2,4,6-tri(2-pyridil-1,3,5-triazinu) (Fe^{3+} -TPTZ) ze vzorku na komplex (Fe^{2+} -TPTZ) (Paulová, 2004). Tato redukovaná forma komplexu má intenzivní modré zbarvení s absorpčním maximem při 593 nm (Benzie, 1996). Množství vznikajícího komplexu (Fe^{2+} -TPTZ) a s ním spojený nárůst absorbance při uvedené vlnové délce je tak ekvivalentní antioxidační aktivitě měřené látky. Metoda je omezena pro některé fenolické látky a thioly poskytující pomalé reakce s komplexem, protože měření probíhá při nízkém pH (3,6) a tak tyto sloučeniny nejsou zaregistrovány. Z tohoto

důvodu je metoda FRAP chápána spíše jako schopnost látek redukovat Fe^{3+} iont a nemusí tak přímo souviset s TAC (Paulová, 2004).

Pro všechny uvedené metody stanovení antioxidační kapacity mohou být jako standardní roztoky použity tyto látky: kyselina gallová, Trolox, kyselina askorbová, kyselina kávová, kyselina ferulová, katechin a síran železnatý (Stratil, 2006).

1.5 Celkový obsah fenolických látek a jeho stanovení

Bylo prokázáno, že na antioxidační aktivitě se flavonoidy podílí spíše než antioxidanty typu vitamin C, E či β -karoten. Konzumace potravin a nápojů s vysokým obsahem fenolických látek prokazatelně snižuje riziko srdečních chorob a dalších onemocnění vlivem jejich antioxidačního působení, které je dáno tím, že fungují jako redukční činidla a donory atomů vodíku. Proto se v souvislosti s antioxidační aktivitou klade největší důraz právě na fenolické látky (Kaur, 2002).

Celkový obsah fenolických látek lze snadno stanovit za použití činidla dle Folin-Ciocalteua. Právě tento postup se obvykle používá ve vinařském průmyslu. Jako standardní látka se využívá kyselina gallová (Minussi, 2003). Metoda je založena na redukcí fosfowolframového-fosfomolybdenového komplexu fenolickými látkami na modré produkty (Stratil, 2006). Obsah fenolických látek je posléze stanoven spektrofotometricky v absorpčním maximu při 765 nm (Stanković, 2011).

V rostlinných materiálech lze obsah fenolických látek spolehlivě stanovit také separačními metodami jako HPLC, GC a CZE (Stratil, 2006).

1.6 Teorie barevnosti

Věda zabývající se měřením barvy se nazývá kolorimetrie. Kolorimetrie nachází uplatnění v jednotlivých fázích týkající se generování, ztvárnění a vnímání barev (Gilchrist, 2017). K rozpoznávání a vyhodnocování barev se využívají tři základní faktory, a to objekt, zdroj světla, které tento objekt osvětluje a pozorovatel (Hunt, 2011). Kolorimetrie tyto složky kvantifikuje a zavádí barevná znázornění pomocí kolorimetrických parametrů (Gilchrist, 2017).

Kolorimetrie vychází ze skutečnosti, že molekuly absorbují světlo. Vlnové délky a účinnost absorpce závisí na struktuře dané molekuly a jejím prostředí (Shen, 2006). Barvu tedy lze jistým způsobem definovat jako vizuální vnímání, které umožňuje rozlišit jinak totožné objekty podle intenzity světla a vlnové délky (Ohta, 2005). Pro pochopení teorie barevnosti je nutné popsat způsob jak charakterizovat povahu světla, které stimuluje zrakový systém. S tím je ale spojena

skutečnost, že bez pozorovatele mající schopnost vidění by barva nebyla a je třeba uvažovat povahu barevného vidění, které poskytuje lidské oko a mozek (Hunt, 2011).

1.6.1 Objekt

Bílé světlo (například sluneční) je polychromatické, tj. je složeno z různých druhů barevného monochromatického světla s rozmezím vlnových délek přibližně 360–760 nm. Pokud je paprsek bílého světla rozdělen na jeho jednotlivé složky uspořádaných podle jejich vlnových délek, tento barevný pás se nazývá spektrum. Jestliže světlo dopadá na objekt, jednotlivé složky se od něj více či méně odráží v závislosti na jejich vlnových délkách. Díky tomu je pak lidské oko schopno vnímat objekt jako barevný. Obecně tedy platí, že barva vzniká tehdy, když je bílé světlo modifikováno odrazem nebo přenosem pomocí objektu (Ohta, 2005). Pro měření barevnosti se využívají kolorimetry, spektrofotometry či spektroradiometry (Hunt, 2011). Zdroj světla těchto přístrojů osvětluje objekt pod různým úhlem, aby mohla být barva spolehlivě detekována. Geometrie optického systému přístroje vyjadřuje úhel, pod kterým je objekt osvětlen a úhel, pod kterým je snímáno světlo odražené od objektu. Existují čtyři druhy geometrií: $45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ$, $d/8^\circ$ a $8^\circ/d$. První číslo vyjadřuje úhel, pod jakým světlo dopadá a druhé, pod jakým se odráží. Písmeno d značí difúzní osvětlení. První dva druhy jsou tzv. jednosměrné osvětlovací systémy, kdy objekt je osvětlován z určitého úhlu a detekuje se paprsek, který leží mimo přímý odraz. Jsou ideální pro měřené objekty s lesklým povrchem. Další dva druhy geometrií jsou tzv. systémy koulí integrující rozptýlené světlo, kdy objekt je osvětlen rovnoměrně ze všech úhlů a směrů. Jsou vhodné pro objekty hrubě texturované s nepravidelným či hladkým povrchem (Color Measurement Instrument Geometries, c2006-2023).

1.6.2 Zdroj světla

Světlo je elektromagnetické záření, které lze klasifikovat podle jeho vlnové délky nebo frekvence. Vlnové délky jsou rozděleny na rozsah krátkých (360–400 nm) a dlouhých (760–830 nm). Ultrafialové a infračervené světlo pak nejsou viditelné lidským okem (Ohta, 2005). Mezinárodní komise pro osvětlování stanovila standardizované zdroje, přičemž každý je popsán spektrální intenzitou vyzařování. Ta vyjadřuje míru vyzařování zdroje v závislosti na různé vlnové délce. Zdroje světla představující denní světlo jsou D50, D65 a D75, kdy čísla udávají tzv. teplotu chromatičnosti. Ta vyjadřuje, že intenzita vyzařování zdroje světla má určitou barevnost, kterou pak poskytne vyzařování černého tělesa, které je na tuto teplotu zahřáto (Hunt, 2011) (Gilchrist, 2017).

1.6.3 Pozorovatel

Světlo dopadající na oko je zachycováno fotoreceptory umístěnými v sítnici. Nervový signál je pak přenesen do mozku a ten zprostředkuje vizuální vjem. Fotosenzitivní vrstva obsahuje dva typy receptorových buněk; tyčinky a čípky. Tyčinky zodpovídají za vnímání jasu v tmavém prostředí. Čípky pak zodpovídají za vnímání barvy (Ohta, 2005). Existují tři druhy čípků ρ , γ , β s citlivostí v žlutooranžové, zelené a modrofialové oblasti (Hunt, 2011). Oblast nejostřejšího vidění se nazývá fovea. Zde jsou rozmístěny čípky, a proto tato oblast zajišťuje maximální rozlišení. Tyčinky se tu nenacházejí, ale jsou zastoupeny po celé ploše sítnice (Ohta, 2005).

Existují dva standardní pozorovatelé CIE, dvoustupňový (2°) a desetistupňový (10°), kteří byli definováni experimentálně pomocí trichromatických činitelů \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} vyjadřující množství červeného, zeleného a modrého světla. Nejdříve byl získán dvoustupňový pozorovatel, a to tak, že subjekty měly směs tří světél v jedné polovině zorného pole upravit tak, aby se shodoval s tzv. zkušební barvou monochromatického světla v druhé polovině zorného pole. Postupovalo se tak, že obraz byl soustředěn pouze na oblast fovey, a tak se při experimentu uplatnily pouze čípky. Podobně byl definován i desetistupňový pozorovatel, zde byl však obraz soustředěn na oblast, kde se nacházely i tyčinky (Gilchrist, 2017) (Hunt, 2011).

1.6.4 Barvový systém CIE L*a*b*

Na základě trichromatické teorie barevného vidění a experimentu shody barev vznikl systém RGB pro specifikaci barev. Množství všech světél potřebných k porovnání zkušební barvy (vzorku) může být vyjádřeno číselnou specifikací této barvy a lze je zjistit výpočtem z hodnot intenzity odraženého světla při daných vlnových délkách (Gilchrist, 2017).

Z poznatků systému RGB byl založen systém XYZ pro specifikaci barev a z toho pak vychází stěžejní barvový prostor CIE L*a*b*. L^* , a^* a b^* jsou parametry zastupující barvu, kdy vertikální osa L^* představuje světlost (barva světlá či tmavá), přičemž hodnota 0 je pro zcela černý vzorek a 100 pro bílý. Osa a^* znázorňuje barvy od zelené (záporné hodnoty) po červenou (kladné hodnoty) a osa b^* barvy od modré (záporné hodnoty) po žlutou (kladné hodnoty) (Gilchrist, 2017).

Naměřené hodnoty X, Y a Z pak lze přepočítat na parametry L^* , a^* , b^* dle rovnic (Hunt, 2011):

$$L^* = 116 \cdot \sqrt[3]{\left(100 \cdot \frac{Y}{Y_n}\right) - 16} \quad (9)$$

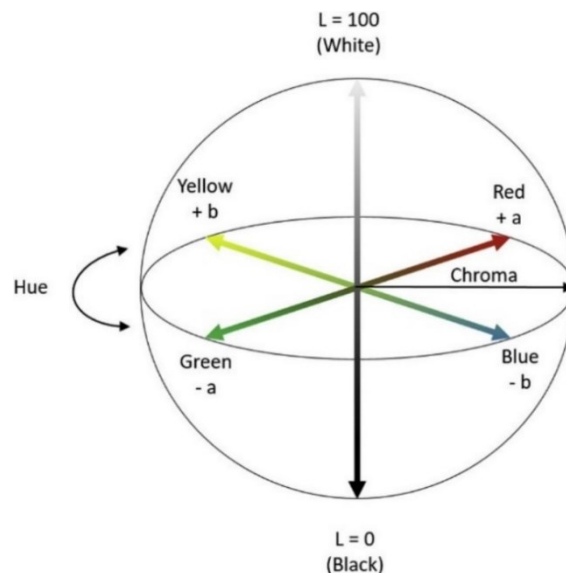
$$a^* = 500 \cdot \left[\sqrt[3]{\left(\frac{X}{X_n}\right)} - \sqrt[3]{\left(\frac{Y}{Y_n}\right)} \right] \quad (10)$$

$$b^* = 200 \cdot \left[\sqrt[3]{\left(\frac{Y}{Y_n}\right)} - \sqrt[3]{\left(\frac{Z}{Z_n}\right)} \right] \quad (11)$$

Z těchto souřadnic lze určit další parametry barev, a to chromu a odstín. Chroma C^* reprezentuje intenzitu či pestrost barvy. Parametr h° vyjadřuje odstín a je určen úhlem (Gilchrist, 2017).

$$C^* = \left(\sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \right) \quad (12)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (13)$$



Obrázek 7: Schéma CIE $L^*a^*b^*$ (Ly, 2020)

Každé barvě, kterou lze pozorovat, tedy náleží individuální souřadnice. Pro porovnávání dvou barev je definován parametr celkový barvový rozdíl ΔE , který vyjadřuje vzdálenost mezi dvěma

body v barvovém prostoru a lze jej vypočíst podle jednoduché rovnice (Gilchrist, 2017) (Hunt, 2011):

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (14)$$

1.7 Vliv vína na zdraví

Již celá staletí se vedou debaty o příznivém vlivu vína na lidské zdraví. Víno se považuje za posilující a povzbuzující prostředek, aperitiv a v jisté podobě i analgetikum. Naproti tomu může způsobovat závažné zdravotní problémy a onemocnění srdečního svalu, jater, Wernicke-Korsakoffův syndrom či dokonce některé typy rakoviny (Van de Wiel, 2001).

Jak prokazují epidemiologické studie, umírněná konzumace vína, zejména červeného, s jistou pravidelností má přínos pro zdraví. Dle provedených klinických studií na zvířatech bylo prokázáno, že víno může mít pozitivní vliv na řadu onemocnění, kdy mechanismy účinku tkví v jeho antioxidačních vlastnostech, regulaci metabolismu lipidů a protizánětlivých účincích (Guilford, 2011).

1.7.1 Polyfenoly a jejich přínos pro zdraví

Klíčovou rolí v prospěšném účinku vína na zdraví hrají právě polyfenoly díky jejich antioxidačním vlastnostem a jejich funkci jako inhibitory agregace krevních destiček. Také se podílejí na metabolismu prostaglandinu a oxidu dusnatého (Van de Wiel, 2001).

Polyfenoly jsou ve víně přítomny v podobě komplexních směsí flavonoidů jako flavan-3-oly tvořící až 50 % všech fenolických složek a anthokyany a dalších neflavonoidních látek jako resveratrol, kyselina gallová a cinnamáty. Konkrétně resveratrol, obsažený zejména v červeném víně, prokazatelně přispívá k jeho pozitivním účinkům, neboť byl podroben mnoha studiím. V pokusech na zvířatech vykazoval kardioprotektivní a chemopreventivní účinky. Dále má resveratrol schopnost upravovat metabolismus lipidů a inhibovat oxidaci LDL cholesterolu, agregaci krevních destiček a růst některých forem nádorů. Rovněž disponuje účinky protizánětlivými, antibakteriálními, antimykotickými, antivirovými, či neuroprotektivními (Guilford, 2011).

Kromě polyfenolů se na přínosu vína pro zdraví podílí i karotenoidy, vitamin C a E a některé stopové prvky (Přírodní a umělé antioxidanty, 2014).

Za mírnou a pravidelnou konzumaci vína se považuje jedna až dvě sklenky denně. Co se týče metabolismu lipidů, víno zvyšuje hladinu HDL cholesterolu, který zopodvídá za likvidaci přebytečného cholesterolu v organismu. Naproti tomu snižuje hladinu LDL cholesterolu a eliminuje tak riziko vzniku aterosklerózy, obezity a diabetu 2. typu. Z tohoto důvodu se konzumace vína spolu s pokrmy považuje za ideální, protože se tak cholesterol může odbourat před jeho ukládáním na nežádoucích místech. Tyto skutečnosti obecně vypovídají o tom, že konzumace vína může snižovat riziko srdečních chorob, a s tím je spojena a nižší úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění. I přesto, že je alkohol proslulý jako karcinogen, bylo dokázáno, že již definovaná mírná konzumace vína může snížit riziko rakoviny prsu, vaječníků, prostaty, žaludku, slinivky, tlustého střeva, štítné žlázy a dalších typů rakoviny. (Guilford, 2011).

1.7.2 Francouzský paradox

Zmíněná zdraví prospěšná mírná konzumace vína, zpravidla červeného, a s tím spojena nižší úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění je označována jako „francouzský paradox“ (Paixão, 2007).

V 70. letech minulého století byl zaznamenán inhibiční účinek alkoholu na agregaci krevních destiček. Dále byla u osob s mírnou konzumací alkoholu pozorována nižší pravděpodobnost úmrtí na infarkt myokardu než u osob, které nekonzumují alkohol vůbec, a tím byl francouzský paradox poprvé vysvětlen (Van de Wiel, 2001). Za tento fenomén v první řadě odpovídají právě antioxidační vlastnosti vína. Známým faktem je, že strava bohatá na tuky způsobuje oxidační poškození lipoproteinů v krevní plazmě. Červené víno prokazatelně chrání organismus před tímto oxidačním stresem a chronickými chorobami s ním spojenými, jako je ateroskleróza, selhání srdce, rakovina, neurodegenerativní onemocnění či předčasné stárnutí. Ochranné mechanismy spočívají v potlačování tvorby reaktivních forem kyslíku, zvýšení absorpce kyslíkových radikálů a snížení oxidativního poškození DNA (Guilford, 2011).

S velmi rozšířenou konzumací vína je spojována právě Francie. I přes běžný příjem stravy s vysokým obsahem nasycených tuků se u Francouzů málo vyskytují případy ischemické choroby srdeční, čemuž je přisuzována právě častá konzumace vína bohatého na fenolické látky. Francouzský paradox byl v posledních letech zpopularizován a stále roste zájem o jeho pochopení, což vede k dalším výzkumům (Belleville, 2002) (Sun, 2002).

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Seznam vzorků

Tabulka 1: Seznam proměřovaných vzorků bílých vín

Odrůda Vinařství	Klasifikace	Druh	Rok	Oblast Podoblast	Viniční trať
Ryzlink rýnský Forman	Pozdní sběr	Polosuché	2021	Morava Znojemská	Nad kostelem
Pálava Forman	Výběr z hroznů	Polosladké	2021	Morava Mikulovská	U rybníčka
Rulandské bílé Forman	Pozdní sběr	Polosuché	2021	Morava Mikulovská	Stará Hora
Ryzlink vlašský Forman	Pozdní sběr	Suché	2021	Morava Mikulovská	Pod valtickou
Muškat moravský Forman	Zemské víno	Suché	2021	Morava	-
Sauvignon Forman	Výběr z hroznů	Polosladké	2021	Morava Mikulovská	Brodské stráně
Ryzlink rýnský Bukovský	Kabinetní víno	Suché	2018	Morava Velkopavlovická	Dvořanky
Ryzlink vlašský Bukovský	Kabinetní víno	Suché	2018	Morava Velkopavlovická	Dvořanky
Tramín červený Bukovský	Jakostní víno odrůdové	Polosladké	2020	Morava	-
Rulandské bílé Bukovský	Jakostní víno odrůdové	Suché	2018	Morava Velkopavlovická	Dvořanky
Chardonnay Bukovský	Pozdní sběr	Polosuché	2018	Morava Velkopavlovická	Dvořanky
Rulandské šedé Bukovský	Pozdní sběr	Suché	2018	Morava Velkopavlovická	Dvořanky
CHEERS! Bianco, Bílé ovocné víno, 10 % obj					

2.2 Použité chemikálie

- Ethanol 96% (Penta, ČR)
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina, >98%) (Sigma-Aldrich, USA)
- DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl, >98%) (Sigma-Aldrich, USA)
- Methanol 99,9%, (CHROMASOLV™ Honeywell, USA)
- Kyselina gallová, >98% (Sigma-Aldrich, USA)
- Činidlo dle Folin-Ciocalteua, 2 N, naředěno 1:3 (Sigma-Aldrich, USA)
- Uhličitan sodný (J. T. Baker, USA)
- Destilovaná voda (Univerzita Pardubice, ČR)

2.3 Použité přístroje

- Spektrofotometr GENESYS™ 50 UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, USA)
- Dávkovač HandyStep® touch (BRAND, Německo)
- Mikropipety Biohit Proline (Biohit, Finsko)
- Spektrofotometr UltraScan® VIS (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA)

2.4 Pracovní postupy

2.4.1 Stanovení antioxidační kapacity metodou s DPPH radikálem

Stanovení bylo provedeno metodou kalibrační křivky, kdy byl jako standard použit ethanolický roztok Troloxu. Z tohoto zásobního roztoku o koncentraci 250 µg/ml v 96% ethanolu byla připravena kalibrační řada o koncentracích 5; 10; 15; 20 a 25 µg/ml do 10 ml odměrných baněk. Vzorky byly k analýze upraveny stonásobným naředěním pomocí destilované vody. Do skleněných zkumavek s víčkem bylo předloženo 500 µl příslušného kalibračního roztoku, respektive 500 µl příslušného naředěného vzorku (vždy dvakrát) a 500 µl destilované vody jako slepý pokus. Do všech zkumavek bylo nadávkováno 5 ml methanolického roztoku DPPH radikálu o koncentraci 25 µg/ml a uzavřené zkumavky byly ponechány 10 minut v temnu při laboratorní teplotě. Po uplynutí této doby byla změřena absorbance kalibračních roztoků od nejkonzentrovějšího při 517 nm, poté vzorků, a nakonec slepého pokusu. Měření bylo uskutečněno na spektrofotometru GENESYS™ 50 firmy Thermo Scientific.

2.4.2 Stanovení celkového obsahu fenolických látek

Stanovení bylo provedeno metodou kalibrační křivky, kdy byl jako standard použit ethanolický roztok kyseliny gallové. Bylo připraveno 100 ml zásobního roztoku standardu o koncentraci

500 µg/ml kyseliny gallové jejím navážením a doplněním v 96% ethanolu. Z tohoto zásobního roztoku byla připravena kalibrační řada o koncentracích 5; 10; 25; 50; 75 a 100 µg/ml do 10 ml odměrných baněk. Vzorky byly k analýze upraveny desetinásobným naředěním pomocí destilované vody. Do skleněných zkumavek s víčkem byl předložen 1 ml příslušného kalibračního roztoku, respektive 1 ml příslušného naředěného vzorku (vždy dvakrát) a 1 ml destilované vody jako kontrolního vzorku. Do všech zkumavek byl přidán 1 ml 96% ethanolu, 5 ml destilované vody a 0,5 ml 1M roztoku činidla dle Folin-Ciocalteua. Po pěti minutách stání byl do všech zkumavek přidán 1 ml 5% roztoku uhličitanu sodného. Zkumavky byly ponechány v temnu a při laboratorní teplotě po dobu 60 minut. Po uplynutí této doby byla proměřena absorbance všech kalibračních bodů a vzorků proti kontrolnímu vzorku při 765 nm. Měření bylo uskutečněno na spektrofotometru GENESYS™ 50 firmy Fisher Scientific.

2.4.3 Měření barvy spektrofotometricky

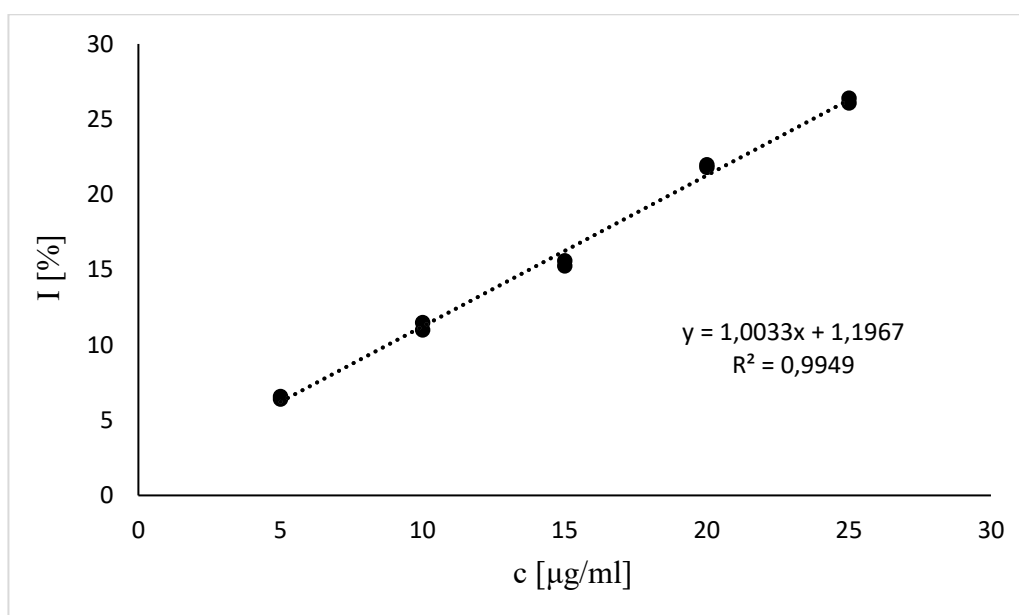
Měření barvy vzorků bílých vín bylo provedeno pomocí spektrofotometru UltraScan VIS firmy HunterLab. Metoda byla založena na měření celkové transmittance a optické dráhy o délce 50 mm. Spektrofotometr je opatřen zdrojem světla D65 s rozsahem vlnových délek 400–800 nm a geometrií $d/8^\circ$. Všechny vzorky vín byly proměřeny dvakrát.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Antioxidační aktivita

Všechny kalibrační body byly proměřeny dvakrát, stejně tak vzorky. Hodnoty absorbancí kalibračních roztoků byly přepočteny na % DPPH radikálu inhibovaného při reakci podle vztahu:

$$I_{\%} = \frac{A_{sp} - A_{vz}}{A_{sp}} \cdot 100 \quad (15)$$



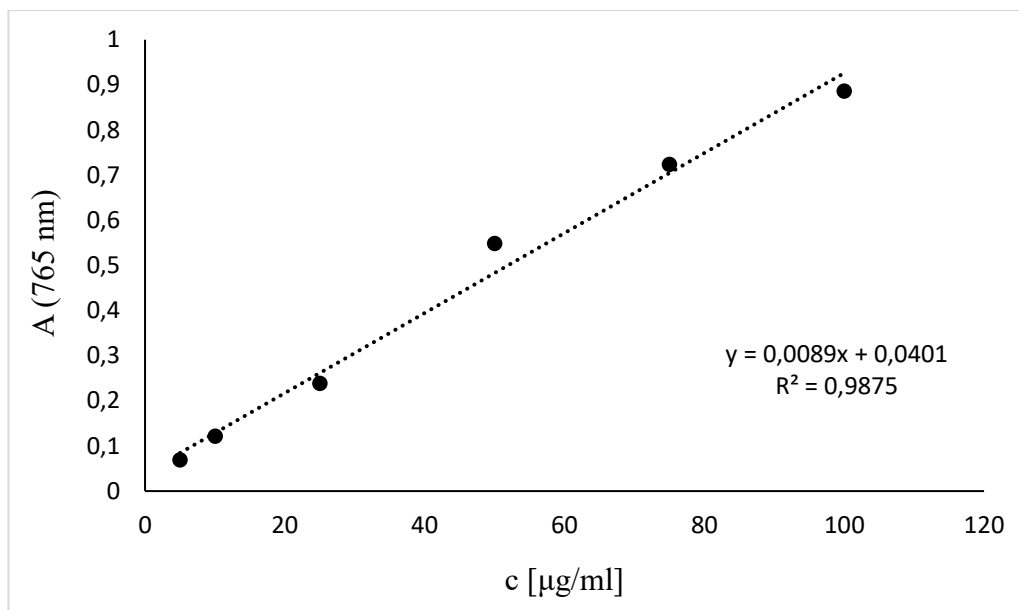
Graf 1: Kalibrační křivka závislosti koncentraci Troloxu na inhibici DPPH radikálu

Z rovnice regrese byly vypočteny výsledky, vyjádřeny jako ekvivalent Troloxu (TEAC) v mg na 100 ml vína, které jsou uvedeny v tabulce 2 spolu s výsledky TPC v kapitole 3.2.

Obecně lze říci, že bílá vína z vinařství Bukovský vykazují v průměru vyšší antioxidační aktivitu s rozsahem hodnot 4,41–38,72 mg/100 ml než bílá vína z vinařství Forman s rozsahem hodnot 7,68–45,26 mg/100 ml, i přes to, že nejvyšší hodnotou TEAC (45,26 mg/100 ml) disponuje Pálava právě z vinařství Forman, a naopak víno s nejnižší hodnotou TEAC (4,41 mg/100 ml) je Ryzlink vlašský z vinařství Bukovský. Oba vzorky Ryzlinku vlašského pak nabývají nejnižších hodnot antioxidační aktivity proměřovaných vzorků „pravých“ bílých vín, přičemž Muškát moravský vykazuje stejnou hodnotu TEAC jako Ryzlink vlašský z vinařství Forman. Zcela nejnižší antioxidační aktivitu ze všech proměřovaných vzorků vykazovalo krabicové bílé ovocné víno. Vysokou antioxidační aktivitu mají kromě Pálavy Chardonnay a Rulandské šedé (Bukovský), přičemž oba vzorky disponují stejným výsledkem.

3.2 Celkový obsah fenolických látek

Všechny kalibrační body byly proměřeny jednou, vzorky dvakrát.



Graf 2: Kalibrační křivka závislosti koncentraci kyseliny gallové na absorbanci

Z rovnice regrese byly vypočteny výsledky, vyjádřeny jako ekvivalent kyseliny gallové v mg na 100 ml vína.

Tabulka 2: Antioxidační kapacita a celkový obsah fenolických látek ve vzorcích bílých vín (aritmetický průměr \pm standardní odchylka) ($n = 2$)

Vzorek	TEAC [mg/100 ml]	TPC [mg/100 ml]
F Ryzlink rynsky	22,39 \pm 0,00	36,84 \pm 0,11
F Palava	45,26 \pm 0,00	43,64 \pm 1,18
F Rulandske bile	23,20 \pm 0,82	34,31 \pm 0,17
F Ryzlink vlassky	7,68 \pm 1,63	18,81 \pm 0,39
F Muskat moravsky	7,68 \pm 0,00	26,51 \pm 0,11
F Sauvignon	22,39 \pm 4,90	37,80 \pm 0,06
B Ryzlink vlassky	4,41 \pm 1,63	21,45 \pm 0,45
B Ryzlink rynsky	19,12 \pm 1,63	24,09 \pm 0,06
B Tramin cerveny	24,02 \pm 1,63	29,15 \pm 0,96
B Rulandske bile	24,02 \pm 0,00	20,16 \pm 1,29
B Chardonnay	38,72 \pm 1,63	30,33 \pm 0,79
B Rulandske sede	38,72 \pm 1,63	32,35 \pm 0,11
Krabice	2,78 \pm 1,63	22,85 \pm 0,73

TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), TPC (Total phenolic content)

Na rozdíl od výsledků TEAC, vyššího celkového obsahu fenolických látek nabývají v průměru bílá vína z vinařství Forman v porovnání s bílými víny z vinařství Bukovský. Nejvyšší celkový obsah fenolických látek byl nalezen v Pálavě, následuje Sauvignon. Nejnižších hodnot TPC nabývá Ryzlink vlašský (Forman) a Rulandské bílé (Bukovský). Zajímavostí je, že krabicové bílé ovocné víno obsahuje 22,85 mg GAE/100 ml, čímž dosahuje vyšší hodnoty TEAC než Ryzlink vlašský (Bukovský) s 21,45 mg GAE/100 ml a již uvedené Rulandské bílé (Bukovský) s 20,16 mg GAE/100 ml. Ze složení krabicového bílého ovocného vína byly určeny možné příčiny vyšší hodnoty TPC, s jimiž může souviset přítomnost určitých fenolických látek v jablečném koncentrátu. Jablečná šťáva či koncentrát obsahuje kyselinu p-hydroxybenzoovou a p-kumarovou, quercetin, kyanidin, prokyanidin, katechin či phlorizin (Kalinowska, 2014).

3.3 Barevnost

Barva všech vzorků vín byla zhodnocena vizuálně a následně porovnána s jednotlivými naměřenými parametry. Nejvíce se odlišovalo Rulandské šedé svou oranžovou až narůžovělou tmavší barvou. Tmavě slámovou až nazlátlou barvu mělo Chardonnay a velmi jemný nádech oranžové byl pozorován u Pálavy. Barva krabicového bílého ovocného vína se jevila spíše zakaleně bílá až lehce namodralá, což zapříčiňuje vysoký podíl jablečného a míchaného ovocného koncentrátu a nejedná se tak o „pravé víno“. Ostatní vína se jeví navzájem podobně svou světle žlutou až slámovou barvou, v některých případech s velmi světle nazelenalým odstínem.

Tabulka 3: Naměřené kolorimetrické parametry vzorků bílých vín (aritmetický průměr ± standardní odchylka) (n = 2)

Vzorek	L*	a*	b*	C*	h°
F Ryzlink_rynsky	96,17 ± 0,74	-2,87 ± 0,03	20,28 ± 0,12	20,49 ± 0,13	98,06 ± 0,05
F Palava	92,61 ± 0,01	0,27 ± 0,00	34,39 ± 0,01	34,39 ± 0,00	89,56 ± 0,01
F Rulandske_bile	96,20 ± 0,01	-1,33 ± 0,01	18,92 ± 0,01	18,96 ± 0,01	94,02 ± 0,02
F Ryzlink_vlassky	96,94 ± 0,00	-2,16 ± 0,00	17,52 ± 0,00	17,66 ± 0,01	97,03 ± 0,02
F Muskat_moravsky	96,40 ± 0,01	-2,21 ± 0,00	20,55 ± 0,00	20,67 ± 0,00	96,14 ± 0,01
F Sauvignon	95,30 ± 0,04	-1,92 ± 0,01	24,31 ± 0,01	24,38 ± 0,01	94,51 ± 0,01
B Ryzlink_vlassky	93,22 ± 0,02	-1,82 ± 0,01	33,96 ± 0,02	34,00 ± 0,01	93,06 ± 0,01
B Ryzlink_rynsky	92,98 ± 0,00	-1,87 ± 0,00	38,00 ± 0,00	38,05 ± 0,01	92,82 ± 0,00
B Tramin_cervený	94,26 ± 0,01	-0,76 ± 0,00	26,95 ± 0,00	26,97 ± 0,01	91,62 ± 0,01
B Rulandske_bile	93,26 ± 0,01	-1,95 ± 0,00	38,44 ± 0,00	38,49 ± 0,00	92,90 ± 0,00
B Chardonnay	91,64 ± 0,01	3,30 ± 0,02	32,01 ± 0,02	32,18 ± 0,02	84,12 ± 0,03
B Rulandske_sede	83,81 ± 0,01	18,55 ± 0,01	39,74 ± 0,01	43,85 ± 0,01	64,98 ± 0,00
Krabice	97,18 ± 0,00	-1,85 ± 0,00	16,17 ± 0,01	16,28 ± 0,01	96,53 ± 0,01

Naměřené hodnoty parametru L^* odpovídají skutečnosti, že se jedná o bílá vína v porovnání s vizuálním zhodnocením barvy, neboť se všechny tyto hodnoty blíží ke 100, což značí barvu světlou. Parametr světlosti L^* se zde pohybuje v rozmezí 83–97. Nejnížší hodnota připadá Rulandskému šedému, což odpovídá faktu, že toto víno mělo nejtmavší barvu ze všech. Druhá nejnížší naměřená hodnota L^* náleží Chardonnay, které mělo oproti ostatním vínům nejtmavší žlutou až zlatavou barvu. Zcela nejvyšší světlostí disponuje krabicové ovocné víno, jehož barva se jevila spíše kalně bílá, což zapříčiňuje jeho složení. Z vín od vinařů jsou v porovnání s vizuálním zhodnocením nejsvětější Muškát moravský, Rulandské bílé (Forman) a Ryzlink rýnský (Forman).

Téměř všechny vzorky nabývají záporných hodnot a^* ($a^* < 0$), kdy rozmezí je zhruba –3–19. Kromě Rulandského šedého, kterému náleží extrémní odchylka od všech vzorků a zároveň nejvyšší hodnota a^* mají všechny ostatní vzorky zelenou barvu, a zmíněné Rulandské šedé červenou, což odpovídá vizuálnímu zhodnocení barvy. Kladné hodnoty a^* ($a^* > 0$) nabývá i Chardonnay a Pálava.

Naměřené hodnoty b^* se pohybují v rozmezí zhruba 16–40 a všechny vzorky se tak pohybují ve žluté oblasti barvového prostoru. Největší odchylku a zároveň nejvyšší hodnotu b^* poskytuje opět Rulandské šedé, na což má vliv již zmíněná barva vína odlišná od ostatních vzorků. Ze všech vzorků má nejnížší hodnotu b^* krabicové ovocné víno, což odpovídá faktu, že tento vzorek se jevil spíše bílý až lehce namodralý. Z vín od vinařů vykazuje nejnížší hodnotu b^* Ryzlink vlašský (Forman).

Hodnoty C^* vyjadřující pestrost barvy se pohybují v rozmezí 16–43, odchylky a největší a nejnížší hodnoty korespondují se vzorky uvedenými u hodnot b^* .

Hodnoty h° reprezentující odstín v drtivé většině přesahují 90° , a tedy barva těchto vzorků má zelenožlutý odstín. Výjimkami jsou Pálava, Chardonnay a Rulandské šedé, kdy je úhel sevřený s osou a^* menší, a to svědčí o jejich oranžovějším odstínu.

3.4 Vztah barevnosti a antioxidační aktivity

Pomocí programu Microsoft Excel (Microsoft 365®, USA) a Statistica (verze 9, TIBCO Software, USA) byly určeny Pearsonovy korelační koeficienty, p-hodnoty určující významnost a dané závislosti byly vyneseny do grafů. Byla provedena korelace mezi TPC a antioxidační kapacitou. Dále byly provedeny korelace s jednotlivými kolorimetrickými parametry jako závislost každého z nich na antioxidační kapacitě i na TPC. Hodnoty všech korelačních koeficientů a p-hodnot jsou uvedeny v tabulce 4.

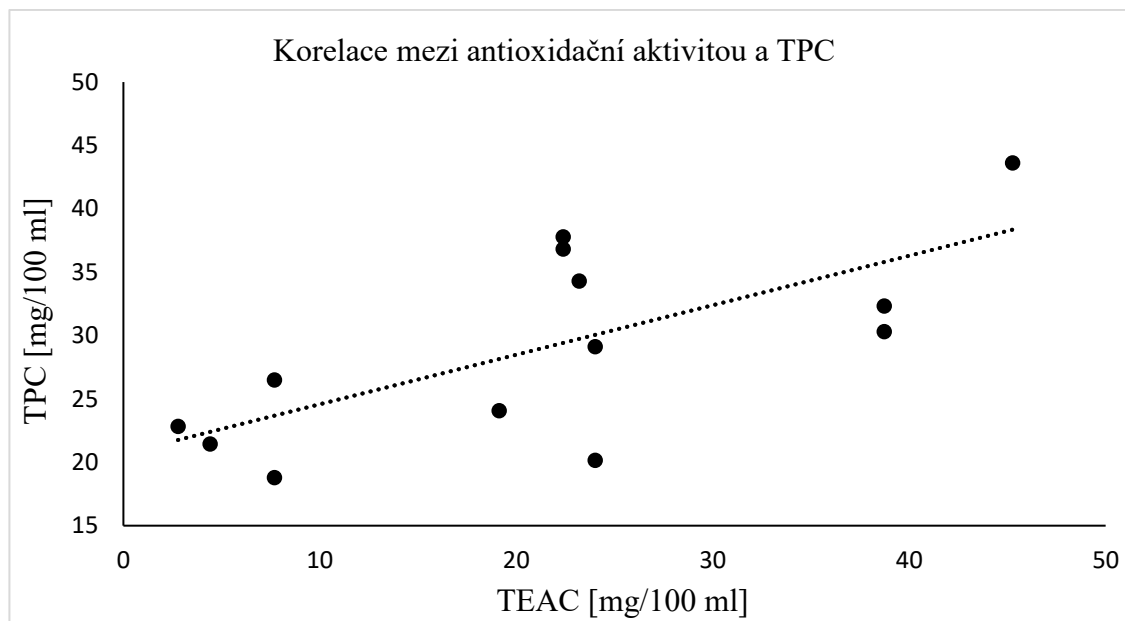
Tabulka 4: Hodnoty korelačních koeficientů a významnosti korelací

Vztah	Počet vzorků zahrnutých ve výpočtu	Pearsonův korelační koeficient (r)	p-hodnota
TEAC & TPC	13	0,692	0,009
TEAC & L*	13	-0,630	0,011
TEAC & a*	13	0,537	0,028
TEAC & b*	13	0,543	0,040
TEAC & C*	13	0,559	0,047
TEAC & h°	13	-0,622	0,023
TPC & L*	13	-0,171	0,581
TPC & a*	13	0,196	0,533
TPC & b*	13	0,011	0,957
TPC & C*	13	0,025	0,934
TPC & h°	13	-0,207	0,497
TPC & L*	11	-0,104	0,761
TPC & a*	11	0,446	0,169
TPC & b*	11	-0,060	0,861
TPC & C*	11	-0,061	0,858
TPC & h°	11	-0,271	0,420

3.4.1 Korelace mezi antioxidační aktivitou a TPC

Po zjištění korelačního koeficientu a p-hodnoty, jež určuje významnost dané korelace, lze konstatovat, že antioxidační aktivita silně koreluje s celkovým obsahem fenolických látek ($r = 0,692$; $p = 0,009$). Grafickým ověřením tohoto vztahu v grafu 3 lze tedy říci, že čím vyšší je TPC ve víně, tím vyšší antioxidační aktivitu víno vykazuje. Významná korelace mezi antioxidačními vlastnostmi a TPC vín byla prokázána, což koresponduje s výsledky a tvrzeními v dostupné literatuře (Di Majo, 2008) (Korenika, 2014) (Mitic, 2010). Bílá, eventuálně růžová vína obecně vykazují nižší antioxidační aktivitu, než vína červená, protože ta mají větší podíl fenolických látek (Paixão, 2007). Na antioxidační aktivitě bílých vín se z fenolických látek opravdu významně podílí katechin, epikatechin, kyselina gallová a kyselina kávová (Van de Wiel, 2001). I přesto je nutno uvažovat, že antioxidační vlastnosti nezapřičinují pouze fenolické

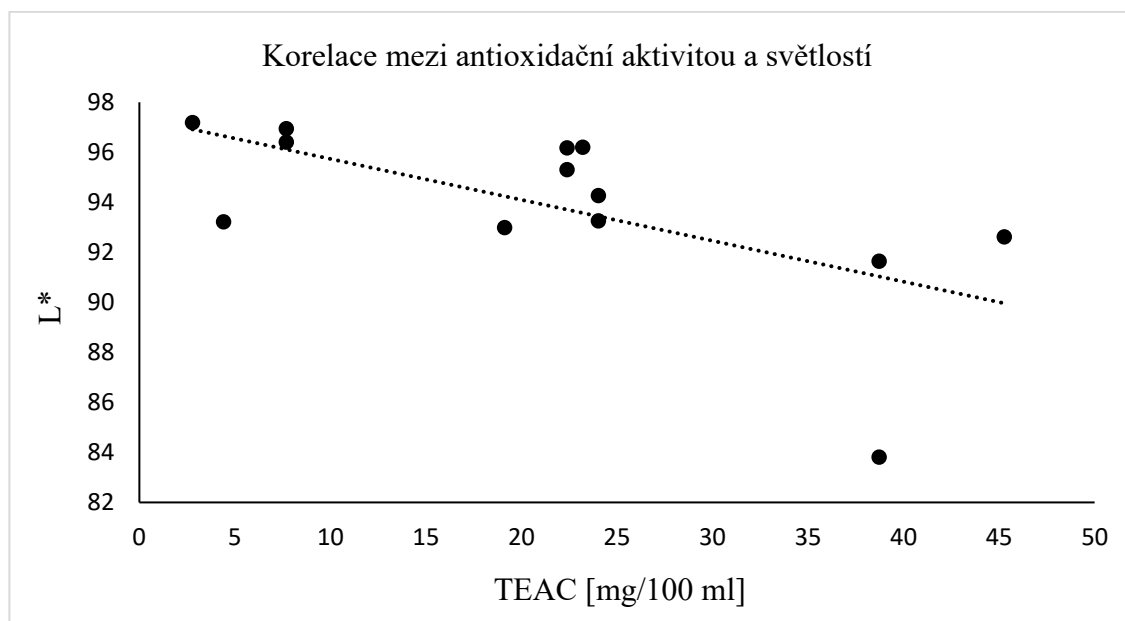
látky. Vliv mohou mít také karotenoidy, vitamin C a E a některé stopové prvky. (Přírodní a umělé antioxidanty, 2014), a také oxid siřičitý přidávaný při vinifikaci.



Graf 3: Korelace mezi antioxidační aktivitou a TPC

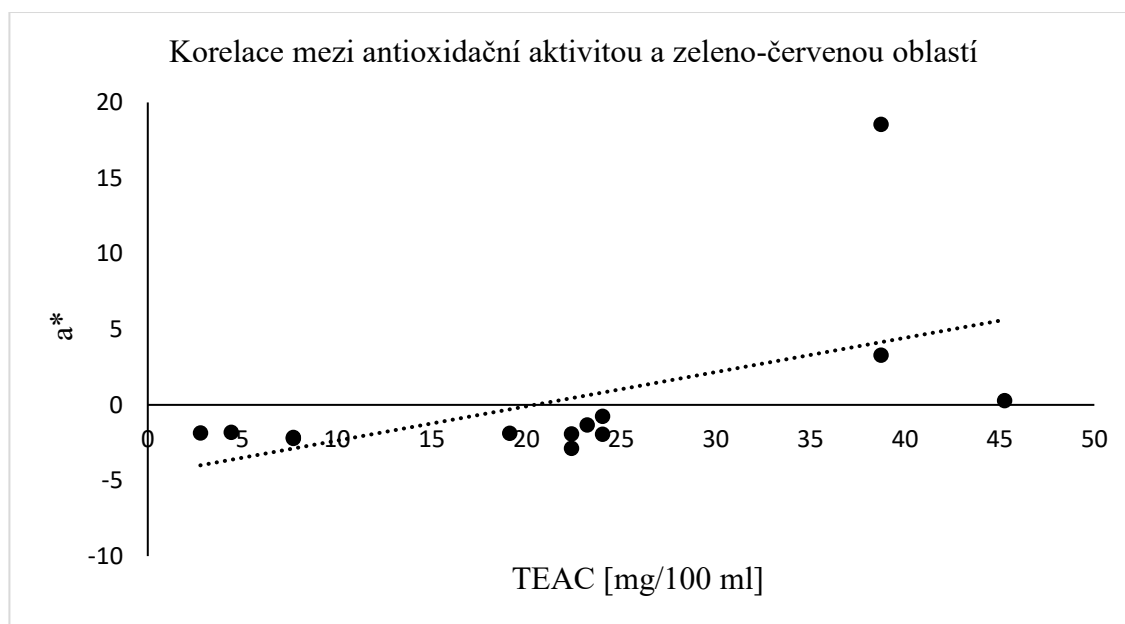
3.4.2 Korelace mezi antioxidační aktivitou a kolorimetrickými parametry

Korelace parametru L* & TEAC je vysoce významná, jak je patrné z dat uvedených v tabulce 4 ($r = -0,630$; $p = 0,011$). Korelační koeficient r je záporný, což odpovídá klesající závislosti po grafickém znázornění. Lze tedy tvrdit, že čím je barva vína světlejší, tím má víno nižší antioxidační vlastnosti.



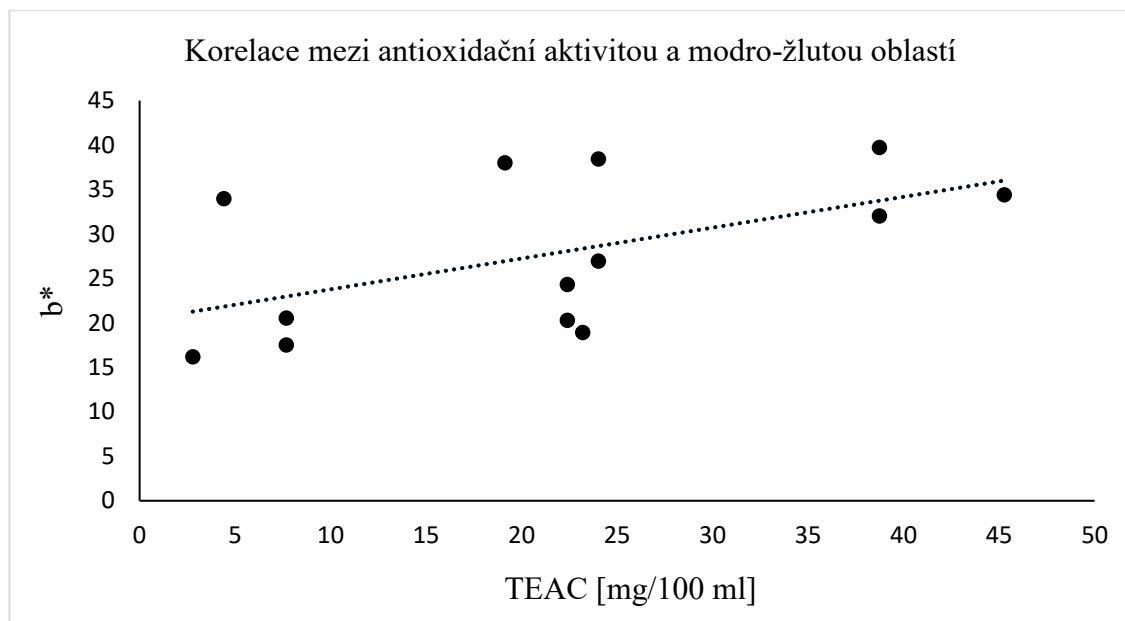
Graf 4: Korelace mezi antioxidační aktivitou a měrnou světlostí

Významná je i korelace parametru a^* & TEAC ($r = 0,537$; $p = 0,028$). Korelační koeficient r je kladný a vynesená závislost je tedy rostoucí. V grafu je znatelný odlehlý bod ($a^* = 18,55$; TEAC = 38,72) odpovídající Rulandskému šedému. Kromě tří vzorků (Pálava, Chardonnay a Rulandské šedé) nabývají vzorky vín záporných hodnot a pohybují se tak v zelené oblasti barvového prostoru. I přes uvedenou odchylku lze ze vztahu tedy určit, že čím kladnějších hodnot a^* vína dosahují, a tím je jejich barva červenější, tím vyšší antioxidantní aktivitu vykazují.



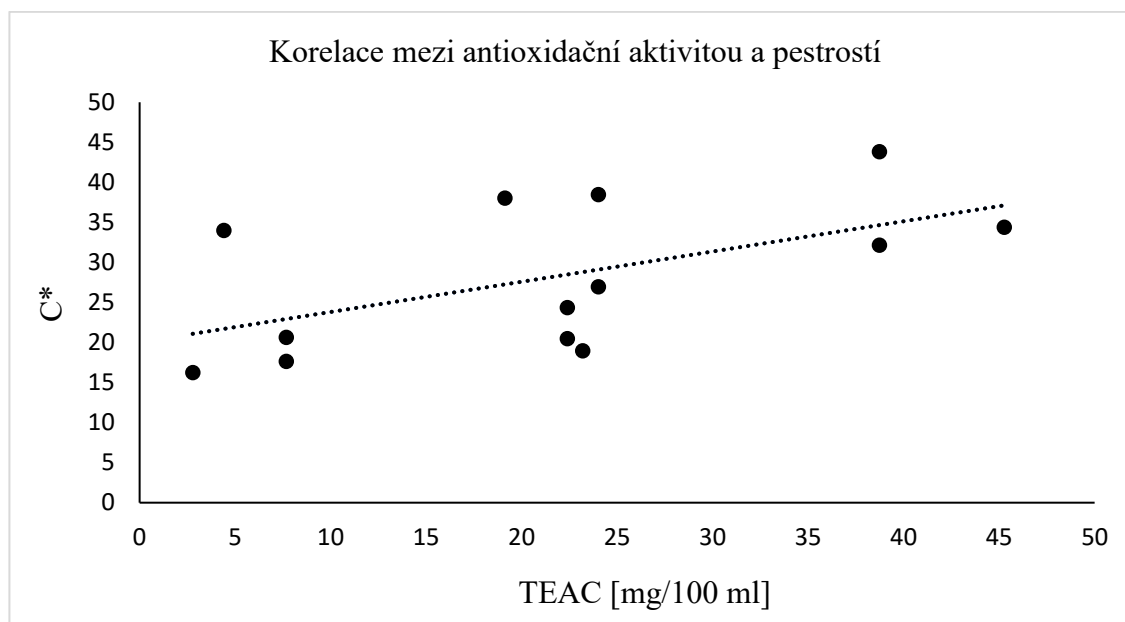
Graf 5: Korelace mezi antioxidantní aktivitou a zeleno-červenou oblastí barvového prostoru

Korelace parametru b^* & TEAC je v porovnání s parametrem a^* slabší, avšak stále $p < 0,05$. Korelační koeficient r nabývá kladné hodnoty a grafická závislost je tedy rostoucí. Stále tedy lze tvrdit, že čím vyšší hodnoty b^* jsou u bílých vín naměřeny a jejich barva je tedy žlutá, tím mají vyšší antioxidantní kapacitu.



Graf 6: Korelace mezi antioxidační aktivitou a modro-žlutou oblastí barvového prostoru

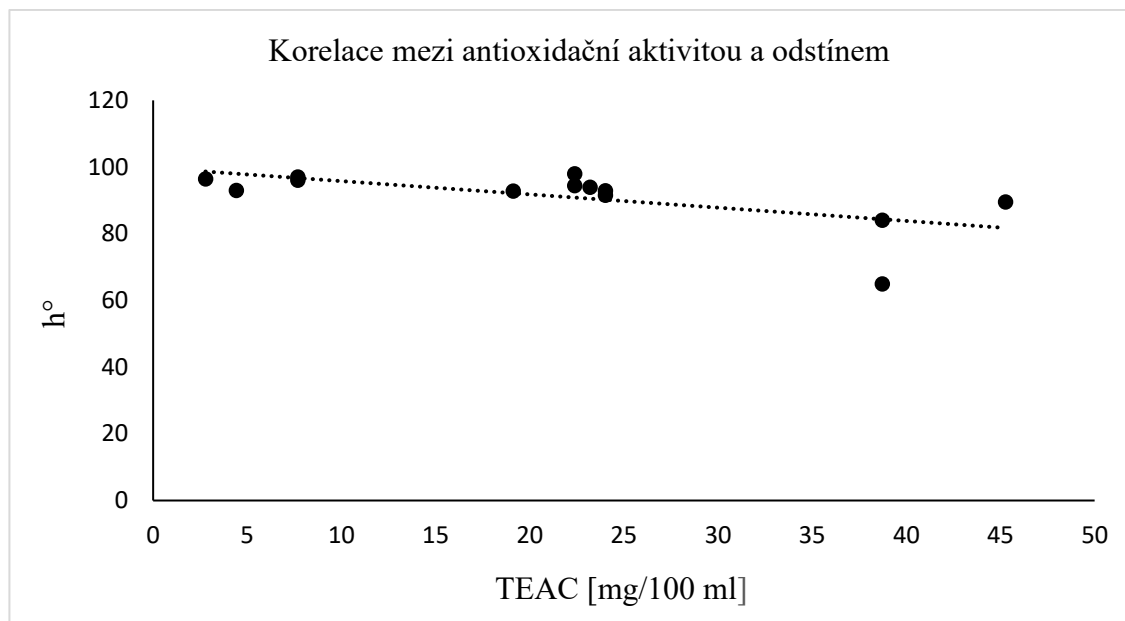
Nejslabší korelaci ze všech parametrů vykazuje C*, kdy se hodnota významnosti blíží k 0,05, avšak stále platí $p < 0,05$. Korelace mezi C* & TEAC je tedy slabá, ale stále významná. Odpovídá tomu i vysoký korelační koeficient r, a tedy i rostoucí grafická závislost. Lze tedy říci, že s rostoucí pestrostí barvy bílého vína rostou jeho antioxidační schopnosti.



Graf 7: Korelace mezi antioxidační aktivitou a pestrostí (čistotou) barvy

Silnou korelaci s TEAC poskytuje parametr h° ($r = -0,622$; $p = 0,023$) a tento vztah je tedy velmi významný. Korelační koeficient r je záporný a grafická závislost tedy klesající. Naměřené hodnoty h° jsou téměř ve všech případech větší než 90° , což odpovídá žluto-zelenému odstínu.

Znamená to tedy, že čím více se odstín vína pohybuje v rozmezí žluto-zelená, tím nižší antioxidační aktivitu vykazuje.



Graf 8: Korelace mezi antioxidační aktivitou a odstínem

Vzájemné vztahy mezi barvou a antioxidační aktivitou vína byly zjišťovány ve studiích zabývajících se spíše víny červenými než bílými. V Nepálských vínech byla zjištěna vyšší antioxidační aktivita a TPC právě ve vínech červených v porovnání s bílými. (Pandeya, 2018). Stejně tak studie Rumunských vín prokazují obecně vyšší antioxidační aktivitu ve vínech červených v porovnání s víny růžovými a bílými. Tyto vlastnosti vína tedy závisí i na odrůdě révy (Banc, 2020). Hypotéza, že bílá, eventuálně růžová vína mají ve srovnání s víny červenými nižší antioxidační účinky, a to vlivem nižšího obsahu antioxidantů, byla potvrzena i zde (Paixão, 2007). V této studii (Johnson, 2012) zabývajících se komerčně dostupnými borůvkovými a ostružinovými víny byla proměřována barva a stanovena antioxidační kapacita metodou ORAC. Byla zde zjištěna negativní korelace mezi antioxidační kapacitou a parametrem světlosti L^* a pozitivní korelace mezi antioxidační kapacitou a parametrem a^* , kdy tedy tmavší vína s vyšší červeností vykazovala vyšší antioxidační kapacitu. Tyto výsledky tedy korespondují s vlastními výsledky i přes to, že vína v této studii nebyla vyrobena z vinné révy. Získané poznatky lze tedy shrnout tak, že tmavá vína s červenými až modrými odstíny vykazují vyšší antioxidační aktivitu než vína světlá se žlutými až zelenými odstíny.

3.4.3 Korelace mezi TPC a kolorimetrickými parametry

Po vypočtení korelačních koeficientů a p-hodnot bylo zjištěno, že vztah mezi barvou a TPC v bílých vínech není. Hodnoty významnosti všech korelací zahrnující TPC & kolorimetrické parametry překračují 0,05, v některých případech extrémně, jak je patrné z dat uvedených v tabulce 4. Po grafickém znázornění TPC & jednotlivých kolorimetrických parametrů vykazovaly body Chardonnay a Rulandské šedé odchylky od ostatních vzorků, a tak byly korelace provedeny i bez těchto dvou vzorků. Vlivem vyloučení těchto dvou bodů se p-hodnoty změnilly, avšak žádná z nich nenabyla $p < 0,05$. Lze tak konstatovat, že korelace mezi barvou a TPC bílých vín není žádná, i přes zde již zmíněná tvrzení, že bílá vína obsahují méně fenolických látek, než vína červená, za jejichž barvu zodpovídají zejména anthokyaniny. Právě v červených vínech byla prokázána korelace obsahu anthokyaninů s barvou. V této studii (Han, 2008) bylo identifikováno 14 anthokyaninů ve víně Cabernet Sauvignon, které pozitivně korelovaly s parametry a^* a C^* a negativně s L^* , b^* a h° . Lze tedy říci, že jistá souvislost barvy vína s fenolickými látkami existuje, ale pouze z pohledu obsahu anthokyaninů ve vínech červených, a nikoliv z pohledu celkového obsahu fenolických látek ve vínech bílých.

Důvodem nevýznamnosti této korelace je zřejmě zvolená metoda s činidlem dle Folin-Ciocalteu, která je sice výhodná, avšak stanovení TPC konkrétně v bílých vínech může být rušeno některými látkami. Konkrétně se jedná o přítomné cukry, kyselinu askorbovou a oxid siřičitý. Oxid siřičitý v bílých vínech prokazatelně zesiluje reakci Folinova činidla s fenolickými látkami a jeho interferenci nelze v tomto případě korigovat. Uvedené rušivé látky tedy mohou zapříčinit nepřesné výsledky TPC v bílých vínech (Clarke, 2022). Vliv cukrů je zdůrazněn vyloženě u vín s nižšími koncentracemi fenolů, což platí právě pro vína bílá (Waterhouse, 2016). Důvodem nevýznamnosti této korelace by mohla být i přítomnost hydroxykyselin, které se na barvě bílých vín nepodílejí přímo, ale snadno podléhají oxidaci a mohou tak způsobit zhnědnutí vína (Gutiérrez-Escobar, 2021). Dalším důvodem by mohl být fakt, že některé látky z podskupin flavonoidů jsou bezbarvé či velmi jemně nažloutlé (Iwashina, 2015), a tudíž se na konečnou barvu vína nemusí podílet. Dalším faktorem ovlivňující barvu vína může být i množství kyselin, tedy hodnota pH.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo stanovení antioxidační aktivity, celkového obsahu fenolických látek a změření barevnosti dvanácti vzorků bílých vín a vzorku krabicového bílého ovocného vína a zároveň určit vztah mezi antioxidační aktivitou a celkovým obsahem fenolických látek, antioxidační aktivitou a barevností, celkovým obsahem fenolických látek a barevností.

Teoretická část se zabývá všeobecnými informacemi o víně, vinné révě a složení vína a stručným shrnutím výroby vína. Dále zde bylo popsáno, co jsou antioxidanty, jejich mechanismus účinku a představení významných skupin fenolických látek obsažených ve víně. Byly zde byly představeny vybrané metody stanovení antioxidační aktivity a celkového obsahu fenolických látek. Dále zde byla stručně shrnuta teorie barevnosti s důrazem na systém CIE $L^*a^*b^*$. Poslední kapitola teoretické části je věnována vlivu vína na zdraví.

Antioxidační aktivita byla stanovena metodou DPPH, kdy výsledky jsou udávány jako TEAC. Celkový obsah fenolických látek byl stanoven pomocí činidla dle Folin-Ciocalteua. Barevnost byla změřena spektrofotometricky, přičemž vzorky byly zhodnoceny i vizuálně.

V bílých vínech byla prokázána silná a významná korelace mezi antioxidační aktivitou a celkovým obsahem fenolických látek. Je ale třeba uvažovat, že antioxidační vlastnosti nezapříčiňují pouze fenolické látky.

Bylo prokázáno, že existuje významný vztah mezi barvou a antioxidačními aktivitou vína. Nejsilnější korelace byla zjištěna mezi antioxidační aktivitou s parametrem měrné světlosti L^* . Antioxidační aktivita je ve významném vztahu i s odstínem h° a zeleno-červenou koordinátou a^* . Méně významná korelace pak byla prokázána mezi antioxidační aktivitou a modro-žlutou koordinátou b^* . Nejslabší, přesto stále významnou korelaci vykazuje antioxidační aktivita s parametrem pestrosti C^* . Tuto studii limituje relativně malý počet vzorků.

Dále byla zjištěna nevýznamná korelace mezi celkovým obsahem fenolických látek a barvou. Vzorky Rulandského šedého a Chardonnay zde vykazovaly značné odchylky, a proto nebyly v dalším provedení této korelace zohledněny. Ani po vyloučení se významnost této korelace nevyšila. V bílých vínech tedy neexistuje významná korelace mezi celkovým obsahem fenolických látek a barvou; tedy s žádným z kolorimetrických parametrů.

POUŽITÁ LITERATURA

- Ateroskleróza, c1998-2023. In: *Velký lékařský slovník* [online]. Maxdorf [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://lekarske.slovníky.cz/pojem/ateroskleróza>
- BALASUNDRAM, N., K. SUNDRAM a S. SAMMAN, 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* [online]. **99**(1), 191-203 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- BANC, R., F. LOGHIN, D. MIERE, F. RANGA a C. SOCACIU, 2020. Phenolic composition and antioxidant activity of red, rosé and white wines originating from Romanian grape cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. **48**(2), 716-734. Dostupné z: [doi:10.15835/nbha48211848](https://doi.org/10.15835/nbha48211848)
- BELLEVILLE, J., 2002. The French paradox: possible involvement of ethanol in the protective effect against cardiovascular diseases. *Nutrition* [online]. **18**(2), 173-177 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00721-3](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00721-3)
- BELL, T., 2023. What Is Must in Wine Making?. In: *DrinkWell* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://drinkwelluk.com/blogs/news/what-is-must-in-wine-making>
- BENZIE, I.F.F. a J.J. STRAIN, 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* [online]. **239**(1), 70-76 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- BRAND-WILLIAMS, W., M.E. CUVELIER a C. BERSET, 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* [online]. **28**(1), 25-30 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- BRETL, J., c2016-2023. Vinařská terminologie: Matoliny. In: *Vinárník.cz* [online]. Praha [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <http://www.vinarnik.cz/hb-slovnicek/matoliny.phtml>
- BRETL, J., c2016-2023. Vinařská terminologie: Terroir. In: *Vinárník.cz* [online]. Praha [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <http://www.vinarnik.cz/hb-slovnicek/terroir.phtml>
- BRETL, J., c2016-2023. Vinařská terminologie: Chaptalizace. In: *Vinárník.cz* [online]. Praha [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <http://www.vinarnik.cz/hb-slovnicek/chaptalizace.phtml>
- BRETL, J., c2016-2023. Vinařská terminologie: Rmut. In: *Vinárník.cz* [online]. Praha [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <http://www.vinarnik.cz/hb-slovnicek/rmut.phtml>
- CAO, G., H.M. ALESSIO a R.G. CUTLER, 1993. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine* [online]. **14**(3), 303-311 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90027-R](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90027-R)
- CLARKE, S., G. BOSMAN, W. DU TOIT a J.L. ALEIXANDRE-TUDO, 2022. White wine phenolics: current methods of analysis. *Journal of The Science of Food and Agriculture* [online]. **103**(1), 7-25 [cit. 2023-06-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12120>
- Color Measurement Instrument Geometries, c2006-2023. In: *Konica Minolta* [online]. Konica Minolta Sensing Americas Inc [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/color-measurement-instrument-geometries/>

- DI MAJO, D., M. LA GUARDIA, S. GIAMMANCO a L. LA NEVE, 2008. The antioxidant capacity of red wine in relationship with its phenolic constituents. *Food Chemistry* [online]. **111**(1), 45-49 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.037>
- FRAGA, C.G., P.I. OTEIZA a M. GALLEANO, 2014. In vitro measurements and interpretation of total antioxidant capacity. *Biochimica et Biophysica Acta* [online]. **1840**(2), 931-934 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.06.030>
- GILCHRIST, A. a J- NOBBS, 2017. Colorimetry, Theory. In: *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry* [online]. 3rd ed. Oxford: Academic Press, s. 328-333 [cit. 2023-03-10]. ISBN 9780128032244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803224-4.00124-2>
- GUILFORD, J.M. a J.M. PEZZUTO, 2011. Wine and Health: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* [online]. **62**(4), 471-486 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11013>
- GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R., M.J. ALIANO-GONZÁLEZ a E. CANTOS-VILLAR, 2021. Wine polyphenol content and its Influence on wine quality and properties: a review. *Molecules* [online]. **26**(3), 718 [cit. 2023-06-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules26030718>
- HAN, F.-L., W.-N. ZHANG, Q.-H. PAN, C.-R. ZHENG, H.-Y. CHEN a C.-Q. DUAN, 2008. Principal component regression analysis of the relation between CIELAB color and monomeric anthocyanins in young Cabernet Sauvignon wines. *Molecules* [online]. **13**(11), 2859-2870 [cit. 2023-06-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules13112859>
- HUNT, R. W. G. a M. POINTER, 2011. *Measuring colour* [online]. 4th ed. Chichester: Wiley [cit. 2023-02-02]. ISBN 978-1-119-97573-1. Dostupné z: https://last.hit.bme.hu/download/firtha/video/Colorimetry/RWG_Hunt_Michael_Pointer_Measuring_colour.pdf
- IWASHINA, T., 2015. Contribution to flower colors of flavonoids including anthocyanins: a review. *Natural Product Communications* [online]. **10**(3), 529-544 [cit. 2023-06-13]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25924543/>
- JOHNSON, M.H. a E. GONZALEZ DE MEJIA, 2012. Comparison of Chemical Composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *Journal of Food Science* [online]. **77**, 141-148 [cit. 2023-06-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02505.x>
- KALINOWSKA, M., A. BIELAWSKA, H. LEWANDOWSKA-SIWKIEWICZ, W. PRIEBE a W. LEWANDOWSKI, 2014. Apples: Content of phenolic compounds vs. Variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry* [online]. **84**, 169-188 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.006>
- KAUR, Ch. a H.C. KAPOOR, 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. **37**, 153-161 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00552.x>
- KORENIKA, A.M.J., I. PUHELEK, T. PLAVSA a A. JEROMEL, 2014. STUDY OF PHENOLIC COMPOSITION AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF CROATIAN

MACERATED WHITE WINES. *Mitteilungen Klosterneuburg* [online]. **64**(4), 171-182 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/279315325_STUDY_OF_PHENOLIC_COMPOSITION_AND_ANTIOXIDANT_CAPACITY_OF_CROATIAN_MACERATED_WHITE_WINES

KUNKEE, R.E. a M. GROßMANN, 2016. Wine, 3. Grapes, Viticulture, and Fermentation. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, (Ed.)* [online]. Weinheim: Wiley-VCH [cit. 2023-02-01]. ISBN 9783527306732. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/14356007.u28_u02

LÜ, J.-M., P.H. LIN, Q. YAO a C. CHEN, 2010. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *Journal of Cellular and Molecular Medicine* [online]. **14**(4), 840-860 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>

LY, B.Ch.K, E.B. DYER, J.L. FEIG a A. CHIEN, 2020. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology* [online]. **140**(1), 3-12 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003>

MARKOSKI, M. M., J. GARAVAGLIA, A. OLIVEIRA, J. OLIVAES a A. MARCADENTI, 2016. Molecular Properties of Red Wine Compounds and Cardiometabolic Benefits. *Nutrition and Metabolic Insights* [online]. **9**, 51-57 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.4137/NMI.S32909>

MERKYTÈ, V., E. LONGO, G. WINDISCH a E. BOSELLI, 2020. Phenolic Compounds as Markers of Wine Quality and Authenticity. *Foods* [online]. **9**(12), 1785 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9121785>

MEULMEESTER, F.L., J. LUO, L.G. MARTENS, K. MILLS, D. VAN HEEMST a R. NOORDAM, 2022. Antioxidant Supplementation in Oxidative Stress-Related Diseases: What Have We Learned from Studies on Alpha-Tocopherol?. *Antioxidants* [online]. **11**(12), 2322 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox11122322>

MINUSSI, R.C., M. ROSSI, L. BOLOGNA, L. CORDI, D. ROTILIO, G.M. PASTORE a N. DURÁN, 2003. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chemistry* [online]. **82**(3), 409-416 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00590-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00590-3)

MITIC, M.N., M.V. OBRADOVIC, Z.B. GRAHOVAC a A.N. PAVLOVIC, 2010. Antioxidant Capacities and Phenolic Levels of Different Varieties of Serbian White Wines. *Molecules*. **15**(3), 2016-2027. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/molecules15032016>

MOLYNEUX, P., 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* [online]. **26**(2), 211-219 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.thaiscience.info/journals/article/song/10462423.pdf>

MORENO-ARRIBAS, M. V a M. C POLO, 2009. *Wine Chemistry and Biochemistry* [online]. 1. New York: Springer [cit. 2023-04-01]. ISBN 978-0-387-74118-5.

- Odrůdy červených vín, 2023. In: *Vína z Moravy a Vína z Čech* [online]. Vinařský fond [cit. 2023-02-13].
- OHTA, N. a A.R. ROBERTSON, 2005. *Colorimetry: fundamentals and applications* [online]. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd [cit. 2023-02-15]. ISBN 978-0-470-09472-3.
- PAIXÃO, N., R. PERESTRELO a J. S. CÂMARA, 2007. Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rosé and white wines. *Food Chemistry* [online]. **105**(1), 204-214 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.017>
- PANDEYA, A., S. RAYAMAJHI, P. POKHREL a B. GIRI, 2018. Evaluation of secondary metabolites, antioxidant activity, and color parameters of Nepali wines. *Food Science & Nutrition* [online]. **6**(8), 2252–2263 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.794>
- PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ, 2004. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické Listy* [online]. **98**, 174-179 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004_04_03.pdf
- PERNICA, J., 2016. Výroba vína krok za krokem. In: *Vínovníci: Vinné listy* [online]. [cit. 2023-02-13].
- Přírodní a umělé antioxidanty, 2014. In: *Víš co jíš* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.viscojis.cz/teens/index.php/ziviny-a-voda/vitaminy-a-antioxidanty/249-prirodni-a-umele-antioxidanty>
- Réva vinná, 2006. In: *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedie: Otevřená encyklopedie [cit. 2023-02-13].
- SHAHIDI, F. a P. AMBIGAIPALAN, 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods* [online]. **18**, 820-897 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- SHEN, L.-J., R. MANDEL a W.-C. SHEN, 2006. Colorimetry. In: *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation* [online]. 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd, s. 187-197 [cit. 2023-02-14]. ISBN 9780471732877. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/0471732877.emd067>
- SILVA, E.O. a R. BATISTA, 2017. Ferulic Acid and Naturally Occurring Compounds Bearing a Feruloyl Moiety: A Review on Their Structures, Occurrence, and Potential Health Benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. **16**(4), 580-616 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12266>
- STANKOVIĆ, M., 2011. Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. Extracts. *Kragujevac Journal of Science* [online]. **33**, 63-72 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/230766461_Total_phenolic_content_flavonoid_concentration_and_antioxidant_activity_of_Marrubium_peregrinum_L_Extracts

- STRATIL, P., B. KLEJDUS a V. KUBÁŇ, 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables-evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **54**(3), 607–616 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf052334j>
- SUN, A.Y., A. SIMONYI a G.Y. SUN, 2002. The “French paradox” and beyond: neuroprotective effects of polyphenols. *Free Radical Biology and Medicine* [online]. **32**(4), 314-318 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(01\)00803-6](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(01)00803-6)
- VAN DE WIEL, A., P.H.M. VAN GOLDE a H.Ch. HART, 2001. Blessings of the grape. *European Journal of Internal Medicine* [online]. **12**(6), 484–489 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0953-6205\(01\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0953-6205(01)00170-4)
- VO, T.T.T., P.-M. CHU, V.P. TUAN, J.S.-L. TE a I.-T. LEE, 2020. The Promising Role of Antioxidant Phytochemicals in the Prevention and Treatment of Periodontal Disease via the Inhibition of Oxidative Stress Pathways: Updated Insights. *Antioxidants* [online]. **9**(12), 1211 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9121211>
- WATERHOUSE, Andrew L., Gavin L. SACKS a David W. JEFFERY, 2016. *Understanding wine chemistry*. 1. Chichester: Wiley. ISBN 9781118627808.
- Wernicke-Korsakoff Syndrome, b.r. In: *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* [online]. National Institutes of Health [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/wernicke-korsakoff-syndrome>
- White wine, 2004. In: *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedia, The Free Encyclopedia. [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=White_wine&oldid=1136272420
- ZEPPA, G., 2007. *The science and technology of wine making* [online]. In: . [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://www.dairyscience.info/index.php/science-and-technology-of-wine/124-the-science-and-technology-of-wine-making.html> .