

# **Antioxidanty ve víně a jejich možné obsahové ovlivnění**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí bakalářské práce  
doc. Ing. Mojmír Baroň, Ph.D.**

**Vypracovala  
Ing. Kateřina Mikešová**

**Lednice 2016**

Zadání bakalářské práce

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Antioxidanty ve víně a jejich možné obsahové ovlivnění** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Na tomto místě bych v první řadě ráda poděkovala svému vedoucímu panu Doc. Ing. Mojmír Baroň, Ph.D. za jeho odborné vedení a rady při zpracovávání této předkládané bakalářské práce. Ovšem bezesporu největší díky patří dozajista mé rodině a přátelům, bez jejichž důvěry a podpory by tato práce nikdy nevznikla.

---

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>3</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>4</b>	<b>SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4.1</b>	<b>Taxonomické zařazení révy vinné .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4.2</b>	<b>Botanické charakteristiky révy vinné .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4.3</b>	<b>Biochemie zrání hroznů révy vinné.....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>4.4</b>	<b>Antioxidanty v hroznech révy vinné .....</b>	<b>- 8 -</b>
4.4.1	Dělení antioxidantů.....	- 8 -
4.4.1.1	Fenolické látky.....	- 9 -
A)	Neflavonoidy .....	- 10 -
	Hydroxybenzoové kyseliny .....	- 11 -
	Hydroxyskořicové kyseliny .....	- 11 -
	Stilbeny (Resveratrol) .....	- 12 -
B)	Flavonoidy .....	- 14 -
	Antokyanová barviva.....	- 15 -
	Flavanoly .....	- 16 -
	Třísloviny.....	- 18 -
4.4.1.2	Aromatické látky.....	- 19 -
4.4.2	Mechanismus účinku antioxidantů .....	- 19 -
4.4.3	Volné radikály.....	- 20 -

---

<b>4.5 Analytické metody pro stanovování polyfenolů .....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>4.6 Vnější vlivy působící na antioxidanty .....</b>	<b>- 23 -</b>
4.6.1 Stresové faktory .....	- 23 -
4.6.2 Klimatické faktory .....	- 26 -
a) Teplota .....	- 26 -
b) Sluneční záření.....	- 26 -
c) Srážky .....	- 27 -
d) Proudění vzduchu .....	- 27 -
4.6.3 Podmínky stanoviště .....	- 28 -
a. Nadmořská výška.....	- 28 -
b. Expozice svahu .....	- 28 -
c. Půda .....	- 28 -
4.6.4 Podmínky technologie zpracování.....	- 31 -
a) Zrání na vinici.....	- 31 -
b) Macerace.....	- 31 -
c) Kvašení .....	- 31 -
<b>4.7 Vnitřní vlivy působící na antioxidanty.....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>4.8 Rozdělení vín v České republice.....</b>	<b>- 33 -</b>
I. BÍLÁ vína .....	- 35 -
II. RŮŽOVÁ vína.....	- 36 -
III. ČERVENÁ vína.....	- 37 -
<b>5 VLASTNÍ KOMENTÁŘE K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE .....</b>	<b>- 39 -</b>
<b>6 ZÁVĚR .....</b>	<b>- 41 -</b>
<b>7 SOUHRN A RESUME .....</b>	<b>- 42 -</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>- 43 -</b>

---

## SEZNAM TABULEK

**Tab. 1:** Látky obsažené v moštu (Zdroj: COOMBE et ILAND, 2005)

**Tab. 2:** Základní rozdělení fenolických sloučenin v hroznech a vínech (Zdroj: PAV-  
LOUŠEK, 2011)

**Tab. 3:** Biologická aktivita fenolických látek z hroznů (Zdroj: XIA et al., 2010)

**Tab. 4:** Reaktivní formy kyslíku (Zdroj: ŠÍPEK, 2000)

**Tab. 5:** Reaktivní formy dusíku (Zdroj: ŠÍPEK, 2000)

**Tab. 6:** Obsah derivátů stilbenů v jednotlivých částech révy vinné vystavených působení patogenů (Zdroj: BAVARESCO et al., 2009)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obr. 1:** Réva vinná (*Vitis vinifera* subsp. *Vinifera*) (Zdroj: cs.wikipedia.org)

**Obr. 2:** Kyselina gallová (Zdroj: www.chemopoint.cz)

**Obr. 3:** Struktura kyseliny p-kumarové (Zdroj: www.chemopoint.cz)

**Obr. 4:** Struktura kyseliny kávové (Zdroj: www.chemopoint.cz)

**Obr. 5:** Struktura Resveratrolu (Zdroj: www.ped.muni.cz)

**Obr. 6:** Struktura Malvidinu (Zdroj: wildflowerfinder.org.uk)

**Obr. 7:** Struktura Kvercetinu (Zdroj: www.ped.muni.cz)

**Obr. 8:** Struktura Procyanidinu (Zdroj: ebm.sagepub.com)

---

**Obr. 9:** Mapa vinařských oblastí ČR (Zdroj: <http://www.vino-grim.cz/>)

**Obr. 10:** Nejpěstovanější bílé odrůdy v ČR (Zdroj: <http://www.wineofczechrepublic.cz/>)

**Obr. 11:** Nejpěstovanější modré odrůdy v ČR (Zdroj: <http://www.wineofczechrepublic.cz/>)

**Obr. 12:** Vývoj podílu produkce bílého, červeného a růžového vína v ČR v letech 1998 až 2014 (Zdroj: MZe, 2015)



---

# 1 Úvod

Pro pěstování révy vinné v České republice je charakteristická především skutečnost, že se jedná o severní vinařskou oblast střední Evropy. Působení vlhkého atlantského vzduchu zpomaluje zrání hroznů a přispívá ke zvýšené tvorbě aromatických látek v bobulích. Proměnlivost povětrnostních podmínek spolu s různorodostí půd vtiskuje vínům zde pěstovaným nesmazatelný originální charakter, který vyniká především při výrobě přívlastkových vín. Nicméně obsahové složení, a to zejména zastoupení fenolických látek je vedle vnějších klimatických a stanovištních podmínek ovlivňováno rovněž celou řadou vnitřních faktorů, mezi kterými jasně vystupuje do popředí vliv odrůd, příp. použitých podnoží. Množství a zastoupení tzv. fenolických látek ve víně a moštech má nezměrný význam pro kontrolu tzv. oxidačních reakcí v lidském těle, jelikož vykazují antioxidační vlastnosti, jež přispívají ke zlepšení zdravotního stavu.

---

## **2 Cíle bakalářské práce**

Cílem této práce je zpracovat literární přehled o zastoupení antioxidantů ve víně, jejichž množství je ovlivněno působením řady vnějších a vnitřních faktorů.

---

### **3 Materiál a metodika zpracování**

- a) Prostudování dostupné literatury
- b) Popis a rozdělení antioxidantů vyskytujících se ve víně. Kompilace literárních pramenů pojednávajících o možném obsahovém ovlivnění antioxidantů vína.
- c) Doporučení maximalizace obsahu antioxidantů ve víně pro praxi.

---

## 4 Současný stav řešené problematiky

### 4.1 Taxonomické zařazení révy vinné

Říše: Plantae – rostliny

Podříše: Tracheobionta - cévnaté rostliny

Infraříše: Streptophyta

Superdivize: Embryophyta

Divize: Tracheophyta

Subdivize: Spermatophytina

Oddělení: Magnoliopsida – krytosemenné

Superřád: Rosanae/Rosopsida – vyšší dvouděložné

Řád: révotvaré (Vitales)

Čeleď: révovité (Vitaceae)

Rod: réva (*Vitis*)

Druh: **Réva vinná** (*Vitis vinifera* subsp. *Vinifera*)

Odrůdy v ČR (např.): Chardonnay, Neuburské, Pálava, Rulandské bílé/ šedé, Ryzlink rýnský/vlašský, Sauvignon, Sylvánské zelené, Tramín červený, Veltlínské zelené

(ITIS, 2016)

### 4.2 Botanické charakteristiky révy vinné

**Réva vinná** (*Vitis vinifera* subsp. *vinifera*), též označována jako réva evropská či ušlechtilá, z níž se vyrábí víno, je popínavou dřevnatou liánou. Kulturní odrůdy jsou jednodomé a na vinicích zpravidla dosahují max. 4 m výšky a kmene pohybujícího se v průměru okolo 50 cm. Jedná se o hlubokokořenící rostlinu, jejíž **kořenový systém** může dosahovat do hloubky až 10 metrů, a to i na skalnatém podloží. **Listy** jsou v zásadě okrouhlého tvaru, se třemi až pěti laloky o průměru do 15 cm. **Borka** kmene je světlehnědá, loupající se v dlouhých pruzích a **letorosty** jsou sytěji zbarvené, žlutohnědé až červenohnědé. Pro **květy**, které tvoří bohaté **laty**, je typická žlutozelená barva.

---

**Plodem** jsou dužnaté **bobule** kulovitého, vejčitého, nebo zaobleně válcovitého tvaru o průměru 0,4–1,5 cm a délce až 2,5 cm, jejichž barvy jsou velmi rozmanité, od zelené, zelenožluté, žluté po červenou až tmavofialovou. Květenství se přeměňuje na souplodí – hrozen složený z bobulí, stopky a třapiny (KRAUS et al., 2005; PAVLOUŠEK, 2011).



**Obr. 1:** Réva vinná (*Vitis vinifera* subsp. *Vinifera*) (Zdroj: cs.wikipedia.org)

---

### 4.3 Biochemie zrání hroznů révy vinné

Biochemické procesy zrání lze shrnout jako přeměnu tvrdé, kyselé a zelené bobule do měkké a barevné, která je bohatá na různé obsahové látky a chemické sloučeniny, na nichž závisí kvalita plodu.

BLOUIN et GUIMBERTEAU (2001) poukazují, že kvalitu vína podmiňuje vinice a pěstitel révy vinné. Většina látek ve víně je produkována rostlinou – v listech se tvoří cukry a kyseliny, v bobulích aromatické a fenolické látky. I další sloučeniny vznikají během vývoje plodů a jejich dozrávání, přičemž obsah bobulí určuje samozřejmě i daná odrůda. Růst a vývoj révy vinné ve vinici ovlivňuje kvalitu vína. COOMBE (1992) rozdělil vývoj bobule od oplození do zralosti do tří hlavních fází:

- I. **fáze** – začíná po odkvětu révy a trvá přibližně 46 – 65 dnů. Odehrává se zde intenzivní metabolická aktivita charakterizovaná rychlou akumulací kyselin. Na počátku této fáze se vytváří **hydroxyskořicové kyseliny** nacházející se ve slupce a dužnině bobulí, a jež jsou prekurzory těkavých fenolů vznikajících v průběhu výroby vína. Dále se v této fázi hromadí taniny představované monomerními **flavan-3-oly** důležitými pro kvalitu hroznů při výrobě červených vín (KENNEDY et al., 2001). Dochází zde rovněž k akumulaci minerálních látek, aminokyselin a některých skupin aromatických látek (methoxypyraziny, karotenoidy).
- II. **fáze** – začíná se výrazně měnit chemické složení.
- III. **fáze** – dochází k akumulaci cukrů, minerálních látek, aminokyselin a fenolů. V době zaměkání začínají do bobulí proudit **cukry**. Sacharóza se do nich dostává v průběhu zrání, a po transportu je hydrolyzována na glukózu a fruktózu (ROBINSON et DAVIS, 2000). Obsah **taninů** v bobulích klesá. Po zaměkání bobulí se začínají hromadit antokyanová barviva. U aromatických látek se sníží např. obsah methoxypyrazinů, probíhá přeměna karotenoidů na C13-norisprenoidy, tvoří se monoterpeny, thioly a těkavé fenoly.

**Tab. 1:** Látky obsažené v moštu (Zdroj: COOMBE et ILAND, 2005)

Obsahová látka		obsah v moštu v g/l		
		nízký	střední	vysoký
Voda		700	750	800
Cukry	Glukóza	80	105	130
	Fruktóza	70	95	120
	Sacharóza	Stopové množství	1	5
	Pektin	0,1	0,5	1
	Inositol	0,2	0,5	0,8
Kyseliny	Titrovatelná kyselina	3	7	12
	Kyselina vinná	2	6	10
	Kyselina jablečná	1	5	9
	Kyselina citrónová	Stopové množství	0,3	0,5
Dusík	Celkový dusík	0,2	0,8	2
	Aminokyseliny	0,1	0,4	1
	Amonný dusík	0,01	0,06	0,12
Minerální látky	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
	Bor	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
Celkové fenoly		0,1	0,5	1
Lipidy		-	0,5	-
Terpenoidy		0,05	0,2	0,5

---

## 4.4 Antioxidanty v hroznech révy vinné

Antioxidanty jsou velmi různorodou skupinou látek, které svou přítomností zpomalují, až potlačují nežádoucí oxidační děje (SIES, 1997). Z biochemického hlediska je lze označit jako látky, které chrání organismus před nadměrným výskytem volných radikálů, tak že je převádějí na nereaktivní nebo méně reaktivní formy (KALAČ, 2003). Tím, že antioxidanty reagují s volnými radikály, ovlivňují v konečném důsledku průběh mnoha reakcí a snižují poškození mnoha buněčných struktur způsobené právě již zmiňovanými volnými radikály (VELÍŠEK, 1999; VODRÁŽKA, 1996). Do tohoto systému patří rovněž tzv. antioxidační enzymy, kterých však z pravidla není dostatek a pro jejich celkové množství, tvorbu a funkci je nutné určité množství některých vitamínů, minerálů a dalších pomocných látek. K endogenním antioxidantům, které jsou produkovány organismem, mimo jiné patří i enzym kataláza, k jehož tvorbě je nezbytně nutná přítomnost iontů železa. Kataláza rozkládá peroxid vodíku na vodu (JORDÁN et HEMZALOVÁ, 2001; PASSWATER, 2002; PAULOVÁ et al., 2004; ŠTÍPEK, 2000).

### 4.4.1 Dělení antioxidantů

Antioxidanty lze dělit z různých hledisek:

- 1) podle prostředí, v němž působí (CLARKSON et THOMPSON, 2000; WILLIAMS, 2010):
  - a) hydrofilní
  - b) lipofilní
  - c) amfofilní.
- 2) podle způsobu účinku (URSO et CLARKSON, 2003; WILLIAMS, 2010):
  - i) antioxidanty neenzymové povahy - mezi ně jsou řazeny např. vitamin E, vitamin C, karoteny, flavonoidy, kyselina močová, kyselina fytoová, glutathion či kyselina ferulová. Dále se do této skupiny počítají i některé prvky, které však souvisí s funkcí enzymů, tj. selen, zinek nebo měď.
  - ii) enzymatické antioxidanty – tato skupina zahrnuje např. superoxid-dismutázu, glutathionperoxidázu či katalázu.



---

3) podle původu (CLARKSON et THOMPSON, 2000; URSO et CLARKSON, 2003):

- A. přírodní – vyskytující se přirozeně v přírodě a v dané potravíně
- B. syntetické - vytvořeny uměle

Z hlediska zaměření předkládané práce následuje podrobný výčet a přehled právě posledně uváděných **přírodních antioxidantů**:

#### 4.4.1.1 Fenolické látky

Polyfenolem rozumíme chemickou sloučeninu charakterizovanou alespoň jedním aromatickým kruhem ( $C_6$ ) nesoucím jednu nebo více hydroxylových skupin. Podle stupně polymerace je lze rozdělit na monomery, oligomery a polymery. Monomery se vyskytují ve formě volné, ale daleko častěji jako glykosidy, ve kterých vystupují jako aglykon ve vazbě se sacharidem. Fenolické hydroxyly bývají často alkylované (nejčastěji metoxylované). Mnohé z monomerních polyfenolů jsou prekurzory polymerních fenolických látek. Výskyt ve formě dimerů (oligomerů) je vzácnější a jedná se především o deriváty kyseliny gallové. Polyfenoly neboli polyhydroxylované skupiny jsou skupinou chemických látek, která je v přírodě hojně zastoupena (STRATIL, 2007).

Polyfenoly jsou vodou rozpustné sloučeniny s molekulovou hmotností 500 - 3000  $g \cdot mol^{-1}$ , které mají mimo schopnosti obvyklých fenolických reakcí (tvorba solí - fenolátů, halogenace, sulfonace, nitrace, hydroxymethylace, oxidace) další (speciální) vlastnosti, jako např. schopnost vysrážet alkaloidy a proteiny. Tyto látky se vážou s proteiny hydrofobními interakcemi, vodíkovými a kovalentními vazbami. Mohou se vázat na enzymy, hormonální nosiče a DNA, chelatovat ionty kovů jako  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  a  $Mg^{2+}$ , katalyzovat elektronový transport a „vychytávat volné radikály“ (MATĚJKOVÁ et GUT, 2000).

**Fenolické látky** odpovídají za mnoho důležitých charakteristik vína - především barvu, hořký a tříslovitý chuťový projev a za antioxidační vlastnosti. Vykazují výraznou proměnlivost ve struktuře a rozdělují se na **neflavonoidy a flavonoidy**.

**Tab. 2:** Základní rozdělení fenolických sloučenin v hroznech a vínech (Zdroj: PAV-LOUŠEK, 2011)

	Hydroxybenzoové kyseliny	Kyselina gallová, protokatechová, vanilová, syringová
Neflavonoidní fenolické látky	Hydroxyskořicové kyseliny	Kyselina kumarová, kávová, ferulová, koutarová, kaftarová, fertarová
	Stilbeny	Trans a cis-resveratrol, piceid, piceatannol, astringin
Flavonoidní fenolické látky	Antokyany	Malvidin-3-glukosid, cyanidin-3-glukosid, peonidin-3-glukosid, delphinidin-3-glukosid, petunidin-3-glukosid a estery s kyselinami octovou, kumarovou a kávovou
	Flavan- 3- oly	Katechin, epikatechin, gallokatechin, epigallokatechin
	Flavonoly	Kvercetin, myricetin, kaempferol, isorhamnetin, rutin

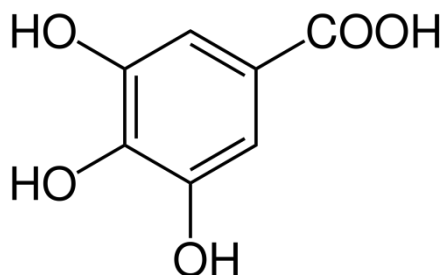
### A) Neflavonoidy

Do této skupiny jsou řazeny hydroxybenzoové kyseliny, hydroxyskořicové kyseliny a stilbeny.

---

## Hydroxybenzoové kyseliny

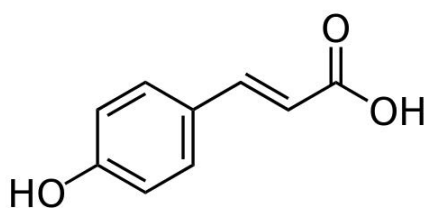
Jejich výskyt ve víně je minoritní. V hroznech se nachází zejména ve formě glykosidů a esterů (gallové a elagické taniny). Kyselina gallová je nejvýznamnější a jediná hydroxybenzoová kyselina, která se nalézá přímo v hroznech, a to sice v pevných částech bobule (PAVLOUŠEK, 2011).



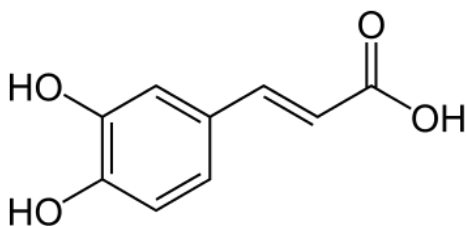
**Obr. 2:** Kyselina gallová (Zdroj: [www.chemopoint.cz](http://www.chemopoint.cz))

## Hydroxyskořicové kyseliny

Tyto látky jsou hlavními fenolickými sloučeninami bílých odrůd vín. Jedná se o bezbarvé látky, jež snadno podléhají oxidaci a následně žloutnou a hnědnou. U bílých moštů a vín mohou způsobovat hnědnutí, u červených bývají důležité pro „kopigmentaci“. V bobulích se vyskytují jako estery kyseliny vinné ve vakuolách buněk ve slupce a dužnině (PAVLOUŠEK, 2011).



**Obr. 3:** Struktura kyseliny p-kumarové (Zdroj: [www.chemopoint.cz](http://www.chemopoint.cz))



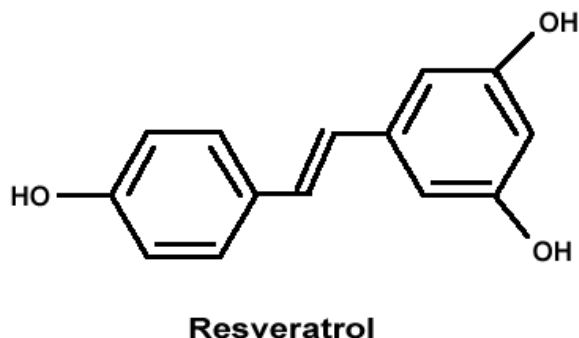
**Obr. 4:** Struktura kyseliny kávové (Zdroj: [www.chemopoint.cz](http://www.chemopoint.cz))

### Stilbeny (Resveratrol)

Je známo přes 30 stilbenů a glykosidů stilbenů vyskytujících se v přírodě. Jsou nalézány u příslušníků rostlinné říše a klasifikovány jako spermatofyty. Základní strukturální skelet tvoří dva aromatické kruhy spojené etenovým můstkem. Z této relativně jednoduché chemické struktury dokáže příroda vytvořit řadu sloučenin lišících se v poloze hydroxylových skupin a substituovat tyto sloučeniny cukry, metylovou, metoxylovou skupinou atd. Adiční reakce této základní struktury umožňuje reakce formující dimery, trimery nebo větší polymery. Ve víně bylo zjištěno šest stilbenů, které mají příznivý účinek na lidské zdraví. Nejvýznamnější z nich je resveratrol (3,4',5- trihydroxystilben). Polyfenolická sloučenina, která je řazena do skupiny minoritních flavonoidů se stilbenovou povahou. Z jeho struktury je zřejmé, že mohou existovat dva geometrické izomery – *cis* a *trans*, který v rostlinných materiálech převažuje (ŠMIDRKAL et al., 2001). Resveratrol se vyskytuje též ve formě glukosidů, kde  $\beta$ -glukosyloxy skupina je vázána v poloze 3 (piceid) nebo 4' (resveratrolosid). Resveratrol vykazuje biologickou aktivitu, která se projevuje výraznými antikoagulačními, antimikrobiálními a fungicidními vlastnostmi, ovlivňuje srážlivost krve, inhibuje oxidaci LDL a prudce zvyšuje podíl HDL, čímž snižuje riziko kardiovaskulárních chorob a „vychytává“ volné radikály. Důležitý je i protinádorový účinek *trans*- resveratrolu, který byl popsán u různých nádorů v experimentu u myší (RACEK et al., 2001), ale i u nádorů vyskytujících se u lidí, kde vyvolává apoptózu nádorových buněk (ELLATAR et al., 1999; SURH et al., 1999), avšak názory na tuto jeho schopnost se značně rozcházejí. Dále při pokusech *in vitro* bylo prokázáno, že *trans* – resveratrol inhibuje agregaci destiček, snižuje hladinu triacylglycerolů a chrání játra před oxidací tuků (SHAN et al., 1990). BIANCHINI et VA-

---

INIO (2003) uvádějí, že resveratrol je inhibítozem v metabolických cestách aktivujících karcinogeny. Má antioxidační a protizánětlivé vlastnosti a snižuje proliferaci buněk. Práce, které by potvrzovaly účinek resveratrolu *in vivo* jsou neprůkazné, a ačkoli přiměřená konzumace vína (1-2 skleničky denně) se zdá být lidskému zdraví prospěšná, nelze ani tak doporučovat světové populaci hromadnou konzumaci vína. *Cis* izomer rovněž jako *trans*-resveratrol má též potenciální protirakovinnou aktivitu při inhibici proteintyrosinkinaz a také má antikoagulační vlastnosti, avšak tyto jeho vlastnosti nebyly zatím předmětem širších studií (ROMERO-PEREZ et al., 1996). Resveratrol je stresový metabolit (fytoalexin) produkovaný v révě vinné jako odpověď na biotický stres (*Botrytis cinerea*). Rovněž se jedná o složku bobulí révy vinné, která se spolupodílí na rezistenci proti houbovým chorobám a chrání před šířením infekce, případně i před dalšími stresory (mechanické poškození, teplotní stres, UV záření aj.) (KOPEC, 1999). *Trans* izomery jsou pomocí UV záření transformovány na *cis* formu. Ozařování rostlinných tkání UV zářením má zajímavý účinek na metabolismus fenolických látek. UVB (290-320 nm) záření se zdá být spojeno se zvýšením obsahu enzymů, jež jsou odpovědné za biosyntézu flavonoidů, které poskytují ochranu před poškozením genetického materiálu rostlinných buněk UV paprsky (CANTOS et al., 2000). Původním prekurzorem pro biosyntézu resveratrolu jsou glykosidy, ze kterých vzniká nejprve šikimátovou cestou fenylalanin (KINDL et WÖBER, 1981), který je přeměněn na kyselinu skořicovou 4-hydroxyskořicovou. Z ní následně vzniká hydroxycinamoylkoenzym A, ze kterého kondenzací se třemi molekulami malonylCoA za působení resveratrolsyntázy vzniká resveratrol. Tato biosyntéza je charakteristická pro řadu druhů *Vitaceae*. (ŠMIDRKAL et al., 2001). Obsah všech derivátů resveratrolu, jejichž příjem při pití bílého vína je asi 3,5krát vyšší než koncentrace samotného *trans*-resveratrolu, je pro růžová vína až 5,2krát vyšší (ROMERO-PEREZ et al., 1996).



**Obr. 5:** Struktura Resveratrolu (Zdroj: [www.ped.muni.cz](http://www.ped.muni.cz))

## **B) Flavonoidy**

Flavonoidy jsou sekundární rostlinné metabolity, jejichž funkcí je ochrana před UVB zářením a působí též jako signální látky pro nitrifikační bakterie (McDONALD et al., 1998). Rovněž se jedná o univerzální rostlinné pigmenty. Současný odhad počtu izolovaných a strukturně identifikovaných flavonoidů již přesahuje počet 4000 a spolu s oligomery a kondenzovanými taniny počet 8000.

Flavonoidy jsou v převážné většině látky chemicky nestálé. Příčinou jsou jejich samotné strukturní dispozice, jelikož hydroxylované aromatické systémy konjugované s dvojnou vazbou a karbonylem mohou v některých podmínkách snadno tvořit chinony a pak podléhat dalším reakcím. Výsledkem takových reakcí jsou pak různé artefakty (MATĚJKOVÁ et GUT, 2000). Flavonoidy jsou přítomné téměř ve všech rostlinách, převážně v listech, květech, slupkách plodů, v semenech, kůře a také v různých produktech rostlinného původu, např. v medu, propolisu či víně. Bývají účinnou složkou v převážné většině rostlinných léčivých preparátů s antibakteriálním, antialergickým, antiseptickým, virostatickým, antikoagulačním, vazodilatačním a v některých případech i protinádorovým působením. Jsou schopné vázat kovy do chelátů a „vychytávat“ volné radikály. Dieta s vysokým obsahem flavonoidů snižuje riziko kardiovaskulárního onemocnění a cévních mozkových příhod (HARMATHA, 2002). Složkou vína s negativním účinkem na lidské zdraví je z této skupiny flavonoidů kvercetin, který je

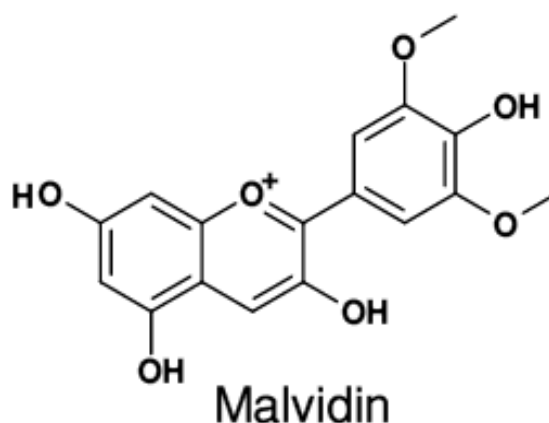
---

považován za mírně mutagenní, avšak řada autorů toto tvrzení popírá. Jeho účinek pravděpodobně spočívá v tom, že prekurzory kvercetinu, látky s antioxidační aktivitou, jsou ve formě glykosidů. Teprve dojde-li k odštěpení cukru od kvercetinu kvašením nebo účinkem bakteriálních enzymů ve střevě, uvolněný kvercetin může mít mírné mutagenní vlastnosti (RACEK et al., 2001).

Flavonoidy zastupují nejvýznamnější skupinu fenolických látek u révy vinné. V hroznech a víně lze najít jejich tři hlavní skupiny: antokyany, flavonoly a flavanoly.

### **Antokyanová barviva**

Nalézají se zejména u modrých odrůd – většinou ve vakuolách buněk ve slupce, u jiných lze najít i zbarvenou dužninu (tzv. barvíčky). Struktura antokyanů v hroznech a víně byla poprvé popsána v roce 1959 a malvidin-3-glukosid byl objeven a označen jako hlavní antokyanové barvivo (RIBÉREAU-GAYON, 1959). Základ barviv u modrých odrůd tvoří antokyanidiny – malvidin, cyanidin, delphinidin, petunidin a peonidin. V hroznech ovšem antokyanidiny bývají nestabilní, díky čemuž jsou antokyany vázané na glukózu, která je stabilizuje. Mezi hlavní antokyany v hroznech a víně náleží malvidin-3-glukosid, dále cyanidin-3-glukosid a peonidin-3-glukosid. Tyto tzv. monoglukosidy se vyskytují u odrůd *Vitis vinifera* L. a některých interspecifických odrůd. Antokyany se vytváří již v průběhu zrání hroznů a jejich obsah v bobulích ovlivňuje ročník, pěstitelské podmínky a extrakce během výroby vína (KENNEDY, SAUCIER et GLORIES, 2006). Další formou antokyanových barviv, která se nachází ve víně, jsou estery jednotlivých monoglukosidů s kyselinou octovou, kumarovou a kávovou (PAVLOUŠEK, 2011). Složení těchto látek, které vznikají ve slupkách bobulí v průběhu dozrávání, se mění podle odrůdy (MATTIVI et al., 1989).



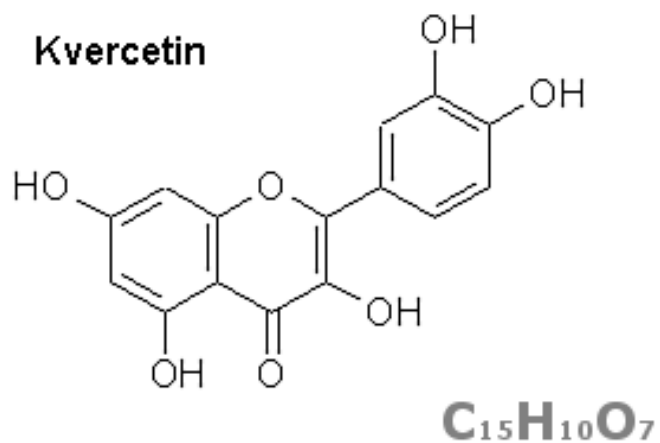
**Obr. 6:** Struktura Malvidinu (Zdroj: wildflowerfinder.org.uk)

### Flavanoly

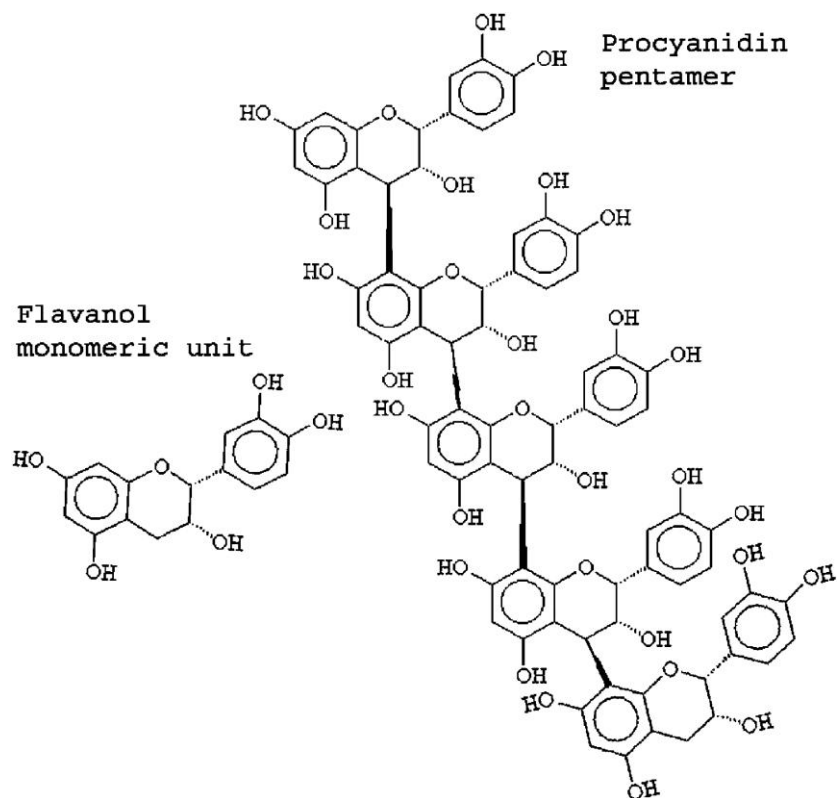
Mezi významné flavanoly vína se řadí kaemferol, kvercetin (quercetin), myricetin a isorhamnetin. V bobulích révy vinné se vyskytují v podobě glykosidů, galaktosidů a glukuronidů. Flavanoly mají schopnost působit jako ochrana před UV zářením (PAVLOUŠEK, 2011). Celkový obsah flavonolů se pohybuje např. v červených vínech z celého světa v intervalu 4,6 – 41,0 mg.l<sup>-1</sup> (McDONALD et al., 1998; PAVLOUŠEK, 2011). Mají nezaměnitelný význam pro chuťové vlastnosti a strukturu vína, a to zejména flavan-3-oly a jejich polymery, jež jsou označovány jako tzv. taniny (třísloviny) – proantokyanidiny (PAVLOUŠEK, 2011).

Semena a slupka obsahují jednoduché flavan-3-oly – katechin, epikatechin, epikatechin galát a epigallokatechin, třapina také taniny, avšak v množství nepřekračující 5% celkových taninů v hroznech (SOUQUET et al., 2000). Flavan-3-oly během zrání hroznů polymerizují do formy proantokyanidinů (taninů). V semenech polymerizují do podoby taninů s nižším stupněm polymerizace – průměrný stupeň polymerizace mDP = 10 jednotek, ve slupkách vznikají polymery o velikosti mDP = 30 jednotek. Stupeň polymerizace ovlivňuje chuťové vlastnosti hroznů a vína.





**Obr. 7:** Struktura Kvercetinu (Zdroj: [www.ped.muni.cz](http://www.ped.muni.cz))



**Obr. 8:** Struktura Procyanidinu (Zdroj: [ebm.sagepub.com](http://ebm.sagepub.com))

---

## Třísloviny

Deriváty taninů, fenolů a katechinů se označují jako třísloviny a rozdělují se na dvě skupiny – hydrolyzovatelné a kondenzované. První skupina je tvořena kyselinou gallovou, elagovou a malým podílem hydroxyskořicových kyselin vázaných na glukózu. Zpravidla pochází ze dřeva sudů a nemají tudíž původ v hroznech. Pro pěstitele jsou nejdůležitější taniny z druhé skupiny, tj. kondenzované taniny složené z flavan-3-olů, jako např. katechin a epikatechin, které se nachází ve slupkách bobulí, semenech a třápinách (KUTTELVÁŠER, 2003; PAVLOUŠEK, 2011).

Syntézu a kumulaci těchto látek, tj. tříslovin, ovlivňuje celá řada faktorů, mezi nimiž lze nalézt např. odrůdu či půdní, klimatické a agrotechnické podmínky. Naopak jejich tvorbu snižuje přebytek přijatelného dusíku v půdě a nedostatek železa (PRIEWE, 2002).

**Tab. 3:** Biologická aktivita fenolických látek z hroznů (Zdroj: XIA et al., 2010)

<b>Fenolická látka</b>	<b>Biologická aktivita</b>
Resveratrol	vychytávání volných radikálů, zvýšení plazmatické hladiny NO, regulace metabolismu lipidů; ochrana proti membránové oxidaci
Kvercetin	antibakteriální, zvýšení plazmatické hladiny NO
Katechin	antikarcinogenní, vychytávání volných radikálů, protizánětlivý, antibakteriální
Flavonol	vychytávání volných radikálů
Procyanidin	antikarcinogenní, vychytávání volných radikálů, protizánětlivý, antioxidační
Antokyanin	vychytávání volných radikálů, antibakteriální, antioxidační,
Kyselina gallová	vychytávání volných radikálů
Epikatechin	antibakteriální

---

#### 4.4.1.2 Aromatické látky

Aromatické látky představují druhou skupinu sekundárních metabolitů v hroznech. U jednotlivých odrůd se rozvíjí aromatický charakter v důsledku vzájemné kombinace mnoha aromatických látek, avšak u každé bývá jistá složka určující typický charakter. Bobule révy vinné mohou obsahovat dva typy aromatických sloučenin – **volné aromatické látky a prekurzory aromatických látek**. Mezi nejdůležitější aromatické sloučeniny patří glykosidy, monoterpeny, methoxypyraziny, vonné thioly a karotenoidy s  $C_{13}$  – norisoprenoidy. U posledně uváděných, tj karotenoidy a  $C_{13}$  – norisoprenoidů dochází během procesu vývoje bobulí k tomu, že jedny se přeměňují v druhé, přičemž největší vliv na tento jev má světlo. **Karotenoidy** jsou velmi důležitou skupinou žlutých až oranžových barviv a vznikají v bobulích mezi kvetením a zaměkáním, přičemž po jeho začátku obsah karotenoidů postupně klesá. Díky následným chemickým a enzymatickým reakcím se změně na sloučeniny s vonnými vlastnostmi – norisoprenoidy (PAVLOUŠEK, 2011).

Aromatický charakter vína může negativně ovlivňovat tvorba těkavých fenolů.

#### 4.4.2 Mechanismus účinku antioxidantů

Proti toxickému účinku volných radikálů má organismus vybudovaný tzv. ochranné systémy neboli antioxidační mechanismy, též označovány jako komplexní antioxidační obrana organismu, jež snižují negativní vliv volných radikálů v organismu (MOFFATS et al., 2004a, 2004b, 2005; URSO et CLARKSON, 2003).

Tyto mechanismy jsou zpravidla děleny do 3 složek (ALESSIO, 2000; URSO et CLARKSON, 2003; WILLIAMS, 2010):

- 1) **primární (preventivní) antioxidanty, které zabraňují tvorbě radikálů = „mechanismy zabraňující tvorbě volných radikálů“**

- eliminací volných iontů Fe nebo Cu různými interními chelatačními činidly, mezi něž jsou řazeny např. albumin, myoglobin, ferritin, transferrin, ceruloplasmin, metallothionin aj.

- 
- inhibicí enzymů, které katalyzují tvorbu ROS
- 2) **sekundární antioxidanty vycytávající již vytvořené ROS**  
= „mechanismy lapající a vycytávající volné radikály až po jejich ustavení (lapače)“
- **enzymové systémy zahrnující např. superoxiddismutázu, glutathionperoxidázu, glutathionreduktázu, katalázu, metaloenzymy**
- **nízkomolekulové sloučeniny čítající např. glutathion, kyselinu askorbovou, tokoferoly, bilirubin, kyselinu močovou, karotenoidy a flavonoidy**
- 3) terciární antioxidanty - reparační systémy odstraňující molekuly poškozené reaktivními formami kyslíku
- = „**mechanismy odstraňující vytvořené škody (poškozené molekuly) z organismu**“
- proteolytické a lipofilní enzymy zahrnující např. fosfolipasu A
- regenerační systémy pro opravu oxidačního poškození DNA (endonukleasy)

Jejich působení je v principu jednoduché, jelikož se již v nízkých koncentracích naváží na volné radikály, čímž vytvoří relativně stabilní formy a zamezí dalšímu případnému radikálovému rozkladu.

#### 4.4.3 Volné radikály

Pod pojmem **volný radikál** rozumíme atom nebo skupinu atomů s lichým počtem elektronů, které vznikají homolytickým štěpením kovalentní (dvouelektronové) chemické vazby, popřípadě redukcí nebo oxidací (ŠTÍPEK et al., 2000; VODRÁŽKA, 1996). Tyto vysoce reaktivní částice, vyznačující se krátkou dobou existence, iniciují reakce s řetězovým průběhem, které ve svém důsledku mohou zvýšit riziko poškození důležitých částí buněk, jako je DNA či buněčná membrána. Poškozené buňky pak odumírají (JORDÁN et HEMZALOVÁ, 2001; YOUNGSON, 1995; VODRÁŽKA, 1996). Bývají příčinou vzniku vážných onemocnění. Vlivem volných radikálů je

urychlen proces degenerace a stárnutí buněk, dochází k narušení obranyschopnosti organismu. Volné radikály způsobují poškození genetického vybavení buňky, což vede k nastartování složitého procesu nádorového zvratu v buňce. Nejčastěji a nejnadhěji napadají volné radikály tělesné tuky, protože tuky jsou velice náchylné k oxidaci, potom mluvíme o lipidové peroxidaci (JORDÁN et HEMZALOVÁ, 2001; PASSWATER, 2002). Organismy ovšem k životu volné radikály potřebují, jelikož krom faktu, že jsou využívány tělem k ničení bakterií, jsou rovněž potřebné k získávání energie (PASSWATER, 2002).

Hlavními zdroji volných radikálů v živých organismech jsou za normálních podmínek běžné životní pochody, při nichž buňka štěpí látky potřebné pro buněčnou výživu a získává energii. Dále jsou to některé chemické reakce, spontánně probíhající uvnitř buněk, zvláště za přítomnosti cizorodých látek. V neposlední řadě je zdrojem volných radikálů radioaktivní záření, rentgenové záření a UV světlo (ĎOUBAL, 2005).

Mechanismus účinku antioxidantů spočívá v poskytnutí vodíkového atomu ke zneškodnění peroxidových nebo jiných radikálů, vznikajících jako meziprodukty řady oxidačních procesů (VODRÁŽKA, 1996).

**Tab. 4:** Reaktivní formy kyslíku (Zdroj: ŠÍPEK, 2000)

<b>Reaktivní formy kyslíku</b>	
<b>Volné radikály</b>	<b>Látky, které nejsou volnými radikály</b>
superoxid, $O_2\bullet$	peroxid vodíku, $H_2O_2$
hydroxylový radikál $HO\bullet$	kyselina chlorná, $HOCl$
peroxyl, $ROO\bullet$	ozon, $O_3$
alkoxyl, $RO\bullet$	singletový kyslík, $^1O_2$
hydroperoxyl, $HO_2\bullet$	

---

**Tab. 5:** Reaktivní formy dusíku (Zdroj: ŠÍPEK, 2000)

---

<b>Reaktivní formy dusíku</b>	
<b>Volné radikály</b>	<b>Látky, které nejsou volnými radikály</b>
oxid dusnatý, NO•	nitrosyl, NO+
oxid dusičitý, NO <sub>2</sub> •	nitroxid, NO
	kyselina dusitá, HNO <sub>2</sub>
	oxid dusitý, N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	oxid dusičitý, N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	nitronium, NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>
	peroxynitrit, ONOO
	alkylperoxynitrit, ROONO

---

#### **4.5 Analytické metody pro stanovení polyfenolů**

V současné době lze rozdělit metody používané v analýze polyfenolových látek do dvou hlavních kategorií, a to sice na nespecifické a specifické.

První z nich, tj. nespecifické, jsou využívány na principu společných vlastností menších či větších skupin polyfenolových sloučenin.

Specifickým metodám dominuje HPLC (High-performance liquid chromatography) na reverzní fázi s různými možnostmi detekce (DAD, MS, UV-VIS). Staršími možnostmi jsou papírová chromatografie (PC), kapilárová plynová chromatografie (CGC), chromatografie na tenké vrstvě (TLC) a podobně (ROBINSON, 2006).

---

## 4.6 Vnější vlivy působící na antioxidanty

Množství polyfenolických látek se značně liší zejména podle druhu vína. FRANKEL et al. (1995) či GOLDBERG et al. (1999) ovšem poukazují na tu skutečnost, že kromě odrůdy je dané množství těchto látek závislých na tzv. environmentálních vlivech na vinici (stanoviště, klimatické podmínky), stresových vlivech, vinařské technologii a technice kvašení. Jako velice zajímavý fakt se jeví, že klimatické faktory (obzvláště sluneční svit), stres či plísňe silně mění koncentraci polyfenolů v červených vínech, avšak jejich vliv na vína bílá je značně bezvýznamný.

### 4.6.1 Stresové faktory

Mezi tzv. **stresory**, které ovlivňují obsahové složení vína, patří zejména vzájemné působení **rostlin** (parazitismus), **škůdců**, resp. herbivorů (mšička révokaz - *Dactylophaera vitifoliae*), virů, bakterií či plísni.

V případě napadení rostliny patogenem je podnět ke spuštění obrané reakce, kterým bývá specifický metabolit (elicitor) uvolňovaný při počáteční interakci buňky s patogenem, identifikován vhodným receptorem hostitelské rostliny.

Vlastní obranná reakce zahrnuje syntézu specifických stresových proteinů jednodušších sloučenin s výrazným antibiotickým účinkem, tj. **fytoncidů**, jako jsou fenolické látky, flavonoidy, terpenoidy a alkaloidy.

Zvláštní skupinou specifických nízkomolekulárních obranných látek jsou právě tzv. **fytoalexiny**, u nichž se v případě čeledi Vitaceae jedná o skupinu stilbenových látek, a které jsou přítomny v rostlinách před napadením mikroorganismy nebo jsou vytvářeny z existujících prekurzorů (BAVARESCO et FREGONI, 2001; PROCHÁZKA et al., 1998).

Z hlediska důležitých patogenů napadajících révu a ovlivňujících tak její fenologické složení jsou jedny z nejdůležitějších **plísňe**. Mezi ty nejdůležitější patří:

- Plíseň šedá - zhoubná X ušlechtilá forma (*Botrytis cinerea*)
- Plíseň révová - Peronospora (*Plasmopara viticola*)
- Padlí révové - Oidium (*Erysiphe necator*)

---

dále pak patogen způsobující rhizopovou hnilobu (*Rhizopus stolonifer*), plísně rodu *Aspergillus* (např. *Aspergillus carbonarius*).

Tyto patogeny způsobují v révě syntézu stilbenů, jako je např. *trans* – resveratrol,  $\epsilon$  – viniferin,  $\alpha$  – viniferin,  $\delta$ - viniferinpterostilben a piceatannol v hroznech a listech (BAVARESCO et al., 2009).

Maximální koncentrace *trans* - resveratrolu v hroznech napadeného botrytidou je dosaženo po 24 – 96 hodin od expozice *Botrytis cinerea*, načež postupně klesá a zhruba po 16 dnech dojde k jejímu ustálení na původních hodnotách (ŠMIDR-KAL et al., 2001). Po napadení touto plísní vytváří rostlina okolo postiženého místa, kde je jeho koncentrace 4x nižší než v okolí, tzv. “resveratrolovou bariéru“ (KOPEC, 1999).

Mezi nejzávažnějšími virovými patogeny, tzv. **nepoviry**, lze nalézt:

- Virus roncetu révy vinné (Grapevine fanleaf virus – GFLV)
- Virus mozaiky huseníku (Arabis mosaic virus – ArMV)

Z onemocnění zapříčiněnými **bakteriemi** jsou nejnebezpečnějšími:

- Bakteriální nádorovitost, tz. rakovina révy vinné, *Agrobacterium vitis*

Mezi **houbovými** původci ovlivňující fenolové složení se nachází:

- Černá skvrnitost révy (*Phomopsis viticola*)
- Červená spála révy (*Pseudopezicula tracheiphyla*) (COLOVA - TSOLOVA et al., 2009)



**Tab. 6:** Obsah derivátů stilbenů v jednotlivých částech révy vinné vystavených působení patogenů (Zdroj: BAVARESCO et al., 2009)

Část	Faktor	Sloučenina	Hodnoty
Listy	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>trans</i> – resveratrol	4,8 – 9,4
		$\alpha$ – viniferin	26,7 – 72,4
		$\epsilon$ – viniferin	9,6 – 15,8
	<i>Plasmopara viticola</i>	<i>trans</i> – resveratrol	10,0
		$\alpha$ – viniferin	156,0
		$\epsilon$ – viniferin	100,0
		<i>trans</i> – pterostilben	22,0
	<i>Bacillus</i> sp.	<i>trans</i> – resveratrol	31,1 – 78,3
Slupky bobulí	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>trans</i> – resveratrol	4,0 – 7,0
Dužnina	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>trans</i> – resveratrol	< 0,10
Celé bobule	<i>Rhizopus stolonifer</i>	<i>trans</i> – resveratrol	18
		<i>trans</i> – pterostilben	15

---

## 4.6.2 Klimatické faktory

Mezi hlavní klimatické faktory při výběru stanoviště pro pěstování révy vinné patří teplota, srážky, sluneční svit a proudění vzduchu.

### a) Teplota

Teplota představuje nejdůležitější faktor pro růst a vývoj révy vinné. Ve spojení se slunečním zářením se podílí na tvorbě kvalitativních parametrů hroznů. Přímo ovlivňuje nástup a průběh jednotlivých fenologických stádií révy vinné. Optimální teplota pro růst bobule v I. fázi vývoje odpovídají 20-25 °C (KLIEWER, 1977), přičemž teploty nižší než 15 °C nebo naopak vyšší než 35 °C ovlivňují jejich růst spíše negativně. Optimální **teplota** k rašení se pohybuje okolo 10 °C, zatímco ke kvetení 30 °C. Na vývoji teplot závisí rovněž délka jednotlivých vývojových fází. Vysoké teploty (30-35 °C) silně zkrátí délku I. fáze, zatímco délku II. fáze výrazně prodlouží, což se přímo odrazí na celkovém chemickém složení – zejména na hromadění taninů a akumulaci minerálních látek, aminokyselin a aromatických látek (PAVLOUŠEK, 2011). Například McDONALD et al. (1998) zdůrazňují vztah mezi vyšším obsahem flavonolů ve vínech vyrobených v teplých, slunečných oblastech oproti chladnějším regionům. MELZOCH et al. (2000) uvádějí, že nenalezli žádný vztah mezi ročníky vína a obsahem resveratrolu, avšak zastávají ten názor, že klimatické podmínky jsou rozhodujícím faktorem pro jeho obsah v červeném víně. Česká a moravská vína mají relativně vyšší obsah resveratrolu oproti ostatním vínům z hroznů vypěstovaných v mnohem teplotně a slunečně příznivějších podmínkách (např. Kalifornie, Itálie, Španělsko). Vinařské oblasti Čech a Moravy náleží mezi nejsevernější a zároveň i nejchladnější evropské oblasti (viz. 4.5.2 c), v nichž se vinná réva pěstuje, což zapříčiňuje, že hrozny obvykle nedosahují stejného stupně zrání jako ty pocházející z jižních oblastí.

### b) Sluneční záření

Sluneční záření má vliv na životní děje révy vinné – kromě fotosyntézy, iniciace a diferenciac květenství, ovlivňuje rovněž vyžrávání a kvalitu hroznů. Rozdíly v počtu hodin slunečního svitu ovlivňují akumulaci cukrů, harmonizaci kyselin a kvalitní vývoj

---

aromatických a fenolických látek. V podmínkách podobných ČR doporučuje BECKER (1977) pro pěstování např. Ryzlinku rýnského jako pozdní odrůdy minimálně 1250 hodin slunečního svitu za vegetační období (PAVLOUŠEK, 2011).

Má přímý vliv na tvorbu antokyanů, jelikož bobule vystavené slunečnímu svitu dozrávají mnohem rychleji a kvalitně se vybarvují, ve srovnání s bobulemi mimo sluneční expozici. V našich podmínkách České republiky trvá akumulace antokyanů přibližně 60 – 70 dnů, přičemž začíná přibližně při 60 g.l<sup>-1</sup> cukrů v dužnině (FARKAŠ, 1980).

Oslunění hroznu stimuluje enzym tzv. fenylalaninamoniumlyázu (PAL), která se účastní tvorby fenolických látek a aminokyselin. Aktivita PAL má význam zejména u modrých odrůd, u nichž je tvorba antokyanových barviv a změna taninů žádoucí. Zvýšená aktivita PAL není naopak žádoucí u bílých odrůd, jelikož vysoký obsah polyfenolů může negativně ovlivňovat kvalitu vína. Aktivitu PAL lze omezit vysokou intenzitou růstu, přehnojením dusíkem či vysokou přístupností vody (PAVLOUŠEK, 2011).

### c) Srážky

Při silném nedostatku vody může nastat nekvalitní vývoj hroznů korespondující s horším chemickým složením. Optimální **množství srážek** činí 600 mm, a zejména na podzim mají příznivý vliv na zrání bobulí, i z hlediska zvýšeného obsahu aromatických látek.

Právě během poslední fáze vývoje bobulí vedou srážky zpravidla k vyššímu obsahu extrahovatelného resveratrolu ve slupkách, přičemž obsah v pecičkách není meteorologickými podmínkami nijak ovlivňován (LI et al., 2006).

### d) Proudění vzduchu

Ve vztahu k chemickému složení je nutno poukázat na skutečnost, že zejména v záhřevných oblastech může proudění vzduchu snižovat teplotu v zóně hroznů a pozitivně tak působit na jejich dozrávání a tvorbu sekundárních metabolitů (PAVLOUŠEK, 2011).

---

### 4.6.3 Podmínky stanoviště

#### a. Nadmořská výška

Optimální **nadmořská výška** se pohybuje okolo 650 m, přičemž se zvyšující se nadmořskou výškou ubývá v bobulích obsah cukru. V nížině, kde je **vyšší tlak kyslíku v ovzduší**, a v oblastech s vyšším množstvím **UV paprsků** vzniká více volných radikálů a rostliny se pak chrání tím, že mají vyšší antioxidační kapacitu (RACEK et al., 2001).

Z vinic nalézajících se ve vyšších nadmořských výškách bývají vína na resveratrol bohatší (GOLDBERG et al. 1996; LACHMAN et al., 2004).

#### b. Expozice svahu

Pro pěstování révy vinné bývají nejvhodnější jihovýchodní, jižní a jihozápadní expozice, a naopak jako absolutně nevhodné jsou expozice severní, kde příjem slunečního záření výrazně klesá. Modré odrůdy révy vinné mají vyšší požadavky na oslunění než odrůdy bílé (PAVLOUŠEK, 2011).

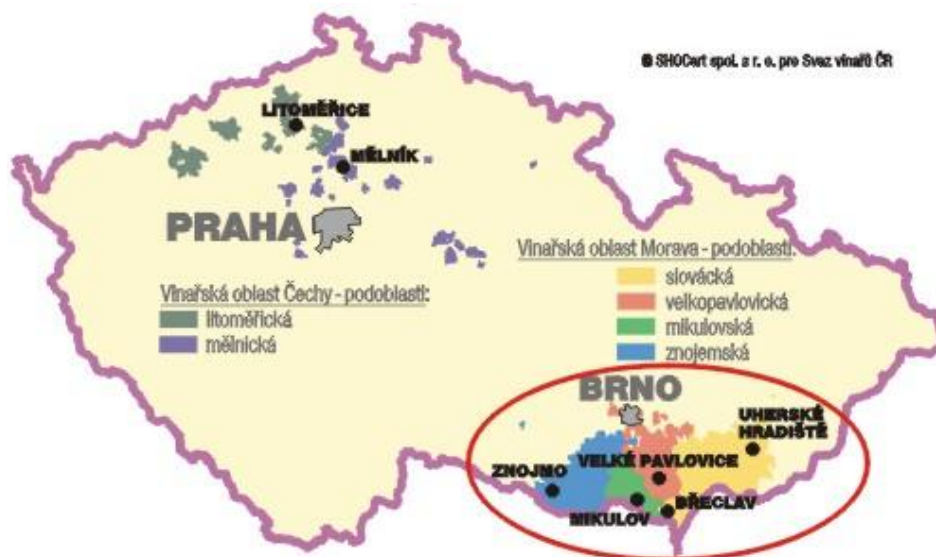
#### c. Půda

Stanoviště pro pěstování révy vinné s vysokým potenciálem by mělo disponovat následujícími vlastnostmi (PAVLOUŠEK, 2011) :

- vyvřeliny (čediče, diabasy)
- měkká mateční hornina (nevytváří překážky pro růst kořenů)
- hluboké půdy (> 1 m)
- **půdy jílovitohlinité a světlé jíly**, méně než 5 % kamenitých částic, velká vodní jímavost
- pH 5,5 – 7,5, žádný výměnný Al a zasolení
- velký podíl organické hmoty
- dobře strukturované půdy
- dobře propustný půdní profil

---

V České republice se réva vinná pěstuje ve vinařských oblastech Čechy a Morava. Pro vinohradnictví je nicméně rozhodující oblast Moravy, na níž vychází přes 96 % veškerých vinic České republiky.



**Obr. 9:** Mapa vinařských oblastí ČR (Zdroj: <http://www.vino-grim.cz/>)

Vinařská oblast Morava se dělí na následující čtyři podoblasti:

- 1) **Znojemská podoblast** (rozloha 3153 ha) leží v dešťovém stínu (roční úhrn srážek 300 – 550 mm) Českomoravské vrchoviny tvořené prahorními útvary, jejichž výběžky daly hlavně v severní části vzniknout kamenitým půdám význačným pro pěstování bílých aromatických vín, např. Ryzlinku rýnského, Veltlínského zeleného a v okolí Dolních Kounic i pro pěstování modrých odrůd, zejména Frankovky.
- 2) **Mikulovská podoblast** (rozloha 4432 ha) ležící v nadmořské výšce 210 – 270 m je charakteristická vápencovými elevacemi Pálavských vrchů, na jejichž úbočí jsou zastoupeny vápenité jíly, písky i sprašové návěje. Průměrný roční úhrn srážek činí v této oblasti 459 mm. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 9,3 °C.

---

3) **Velkopavlovická podoblast** (rozloha 4741 ha) je v centrální části tvořena vápenitými jíly, slíny, pískovci a slepenci, kde na půdách s vysokým obsahem hořčíku jsou zastoupeny modré odrůdy. Tato oblast je hlavním producentem červených vín. Podle 78 – letého průměru zjištěného na Šlechtitelské stanici vinařské ve Velkých Pavlovicích činí průměrná roční délka slunečního svitu 2244 hodin. Roční průměrná teplota je 9,42 °C a průměr ročních srážek v této oblasti činí 510 mm.

4) **Slovácká podoblast** (rozloha 188 ha) je velmi různorodá. Nízká nadmořská výška a lehká půda stupňují intenzitu letních teplot, takže je dosahováno vín s výrazným odrůdovým charakterem.

Vinařská oblast Čechy se dělí na dvě podoblasti:

1. **Litoměřická podoblast** (rozloha 293 ha) je tvořena třemi oblastmi, přičemž v okolí Žernosek se pěstují zejména bílé odrůdy Ryzlink rýnský, Rulandské bílé, Rulandské šedé a Müller-Thurgau, zatímco vinice Litoměřicka a Mostecká jsou vhodné pro pěstování Ryzlinku rýnského, Rulandského šedého, Müller-Thurgau, Rulandského modrého, Svatovavříneckého a Zweigeltrebe.

2. **Mělnická podoblast** (rozloha 360 ha) je největší vinařskou oblastí českého regionu. Vinice jsou proti studeným severním větrům chráněny masivem Českého středohoří. Labe svými teplými výpary dodává podzimmím hroznům zvláštní chuť a propůjčuje vínu zvláštní osobitý buket. Vinice mají především vápenitý podklad s hlinito-písčitymi náplavami a sprašemi. Tyto půdy jsou lehčí a dávají dobré podmínky k pěstování modrých odrůd. Průměrná roční teplota na Mělnicku je 8,7 °C a průměrné roční srážky činí 547 mm, díky čemuž lze předpokládat, že 2/3 roku budou pro jakost vín příznivé a 1/3 méně příznivá (Anonym, 2016; MZe, 2015).

---

#### 4.6.4 Podmínky technologie zpracování

Během **výroby vína** můžeme pozorovat změny ve složení fenolů při drcení hroznů, vlastní fermentaci, při zrání v sudech či v láhvích (ČEPIČKA et KARABÍN, 2002). Fenoly v hroznech se podílejí na vytváření jejich chuti, charakteru a barvy.

##### a) Zrání na vinici

Obsah fenolických látek během **zrání** stoupá a při přezrávání klesá. Kolísání je tu však mnohem menší než u antokyanů, jejichž obsah se během zrání vína výrazně zvyšuje a při přezrávání pak klesá, což je způsobeno rozkladem antokyanů, který nastává při porušení slupky působením mikroorganismů (FARKAŠ, 1980).

##### b) Macerace

Předfermentační macerace při nízkých teplotách (vodný roztok) zvyšuje množství antokyanů a flavanolů ze slupek a dužiny, zatímco postfermentační macerace (alkoholový roztok) zvyšuje proantokyanidiny jako výsledek rozšířené macerace ze semen (MORRENO-ARRIBAS et al., 2009).

##### c) Kvašení

Technologie zpracování jako taková umožňuje ovlivnit obsah zejména resveratrolu ve vínech. Při **kvašení** šťávy bez slupek obsah resveratrolu nevzrůstá, přičemž při kvašení se slupkami vzrůstá, a to v nezanedbatelné míře. Stupeň extrakce resveratrolu ze slupek do šťávy záleží i na odrůdě a délce nakvašení (KOPEC, 1999).

##### d) Zrání vína v lahvích

Během **zrání vína v lahvích** za standardních podmínek vykazuje resveratrol relativně dobrou stabilitu, jelikož se jeho obsah mění zcela nepatrně. Dokonce i ve víně v otevřené lahvi je resveratrol stabilní a při teplotě 4 °C zůstává beze změn až po dobu jednoho týdne. Teprve po uplynutí doby šesti týdnů v rámci výzkumu uskutečněného GOLDBERGEM et al. (1996) docházelo k jeho ztrátám, a to sice v rozmezí 10-40 % původního množství.

---

## 4.7 Vnitřní vlivy působící na antioxidanty

Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující kvalitu jak samotné révy vinné, tak posléze i samotného vína patří bezpochyby:

- odrůda,
- podnož,
- stáří keře,
- délka a nástup fenofáze.

Podnožové odrůdy vykazují celou řadu důležitých vlastností a požadavků pro pěstování révy vinné, mezi něž patří např. odolnost vůči révokazu, intenzita růstu, kompatibilita a afinita s naštěpovanou odrůdou, schopnost zakořeňovat, případně adaptace na podmínky stanoviště. Kromě toho byl rovněž prokázán nezaměnitelný vliv různých podnoží jak na obsah fenolů, katechinů či antokyanů, tak i antiradikálové aktivity zkoumaných vzorků a v neposlední řadě významný rozdíl při hodnocení tzv. redukční síly (ČAPKA, 2015).

Nelze jednoznačně prohlásit, zda bobule hroznů rezistentních genotypů (interspecifické odrůdy a druhy *Vitis* jiných než *V. vinifera*) obsahují více stilbenů než bobule hroznů odrůd na choroby citlivé. Genotypy citlivé syntetizují široké množství fytoalexinů jen zvolna a ve velmi nízkých koncentracích (BAVARESCO et al., 2009). V hroznech druhu *Vitis rotundifolia* bylo dle četných studií nalezeno více resveratrolu než v hroznech druhu *Vitis vinifera* (BÁBIKOVÁ et al., 2008; DOUILLET-BREUIL et al., 1999; EDER et al., 2001; LAMIKANRA et GRIMM, 1996).



---

## 4.8 Rozdělení vín v České republice

Dle tzv. **vinařského zákona**, tj. zákona č. 321/2004 Sb. o vinohradnictví a vinařství ze dne 29. dubna 2004, lze víno dělit následujícím způsobem:

- 1) zemské víno
- 2) jakostní víno
- 3) jakostní víno s přívlastkem vyráběné v následujících druzích – kabinetní víno (min. 19° cukernatosti), pozdní sběr (min. 21° cukernatosti), výběr z hroznů (min. 24° cukernatosti), výběr z bobulí (min. 27° cukernatosti), výběr z cibéb, ledové víno (min. 27° cukernatosti), slámové víno (min. 27° cukernatosti)
- 4) šumivé víno
- 5) perlivé víno
- 6) likérové víno
- 7) víno originální certifikace (VOC)
- 8) vinný nápoj, aromatizované víno, aromatizovaný vinný nápoj a aromatizovaný koktejl
- 9) odalkoholizované víno a nízkoalkoholické víno
- 10) víno vyráběné z vinných hroznů vypěstovaných nad území České republiky:
  - a. jakostní víno,
  - b. jakostní víno s jakostní šumivé víno stanovené oblasti,
  - c. aromatické jakostní šumivé víno stanovené oblasti,
  - d. pěstitelský sekt,
  - e. jakostní perlivé víno,
  - f. jakostní likérové víno.

Samotné zařazení vína je prováděno Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí (SZPI) a privátními subjekty sdružení VOC (Vino originální certifikace). Řazení vín a moštu dle nařízení komise (ES) č.436/2009 a č. 607/2009 platných od 1. srpna 2009 **do nových kategorií (CHOP, CHZO atd.)** jsou poté určeny zejména pro provádění povinného prohlášení o zásobách, o produkci a o sklizni.

- 
- a) víno s CHOP (víno s chráněným označením původu) - do této kategorie patří např.: jakostní víno, jakostní víno s přívlastkem, jakostní šumivé s.o., jakostní perlivé, jakostní likérové, VOC;
  - b) víno s CHZO (s chráněným zeměpisným označením) - do této kategorie patří např.: zemské víno
  - c) odrůdové víno bez CHOP/CHZO - do této kategorie patří např.: odrůdové víno, perlivé, šumivé, likérové (dříve stolní víno)
  - d) víno bez CHOP/CHZO - do této kategorie patří např.: víno, perlivé, šumivé, likérové (dříve stolní víno)
  - e) ostatní - do této kategorie patří např.: mladé víno v procesu kvašení, šumivé víno dosycené CO<sub>2</sub>, perliví víno dosycené CO<sub>2</sub>
  - f) ostatní hroznový mošt - do této kategorie patří např.: částečně zkvašený hroznový mošt z hroznů, burčák (ÚKZUZ, 2009)

Nicméně základními všeobecně uznávanými rozhodujícími faktory zůstávají odrůda révy vinné a stupeň zralosti hroznů v době jejich sklizně, jež se stanovuje prostřednictvím tzv. normovaného moštoměru (NM, 1°NM = 1 kg přírodního (hroznového) cukru/ 100 l hroznového moštu). Z tohoto hlediska lze vína dělit buď **podle obsahu zbytkového (neprokvašeného) cukru:**

- I. suchá vína – po prokvašení zbývá max. 4g cukru/ 1 litr, nebo 9g cukru/1 litr pokud rozdíl zbytkového cukru a obsahu kyselin je roven max. 2g.
- II. polosuchá vína - po prokvašení zbývá více než 4g, max. však 12g cukru/1 litr
- III. polosladká vína - po prokvašení zbývá více než 12g, max. však 45g cukru/1 litr
- IV. sladká vína - po prokvašení zbývá více než 45g cukru/ 1 litr

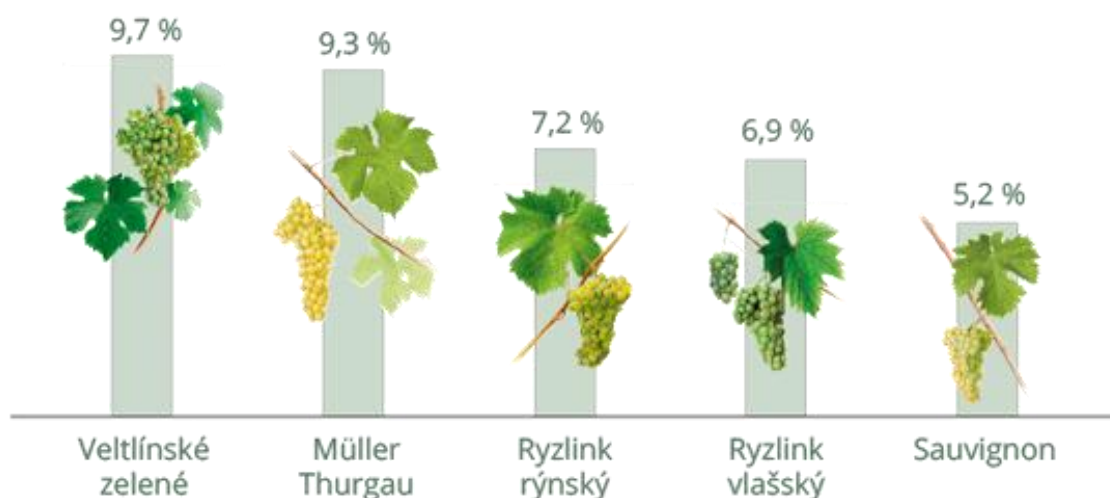
**nebo podle tzv. barvy vína.**

---

**I. BÍLÁ vína** – víno z bílých hroznů nebo z hroznů modrých, avšak bez nakvašení (!) – tzv. *klaret*

**Bílá vína jsou obecně vyráběna s nižším obsahem fenolických látek, než je tomu u vín červených.** Výjimku mohou tvořit vína vyrobená z hroznů bílých aromatických odrůd, kde může krátkodobá studená macerace rmutu podpořit intenzivnější odrůdový výraz. Studená macerace podporuje uvolnění aromatických prekurzorů, ovocných tónů, některých fenolických látek, které přispívají k větší tělnatosti vína. Současně může dojít k extrakci nežádoucích hořkých, trpkých a bylinných tónů. Vyvážené extrakce žádoucích aromatických látek a nežádoucích tónů dosáhneme kontrolou teploty a doby macerace. U bílých vín bylo dosaženo dobrých výsledků při teplotě macerace v rozmezí 10 – 15 °C a době 3 – 24 hodin. Macerací se zvyšuje extrakt a pH celkových polyfenolů a snižuje se obsah kyselin, především kyseliny vinné (PEINADO et al., 2004). Delší doba kontaktu slupek s moštem před fermentací také pozitivně ovlivňuje rozpouštění minerálních i organických solí, které jsou obsaženy v pevných částech bobule. Nejlepších výsledků je dosahováno krátkou dobou macerace, naopak u odrůdy Chardonnay bylo dosaženo nejlepších výsledků šestnáctihodinovou macerací, v tomto případě mělo víno lepší aroma a bylo bez vyššího obsahu trpkých a hořkých látek (RIBÉRAU – GAYON, 2006).

PAZOUREK et al. (2001) uvádí, že obsah v bílých vínech *trans-resveratrolu* ze skupiny **stilbenů** byl u Ryzlinku z Wolxhaimu v rozmezí 0,1 – 0,34 mg.l<sup>-1</sup>. U ostatních bílých vín byl naměřen obsah *trans-resveratrolu* v intervalu 0,05 – 0,32 mg.l<sup>-1</sup>. GOLDBERG et al. (1995) uvádí obsah *trans-resveratrolu* ve 100 vzorcích bílých vín v koncentraci nižší než 0,1 mg.l<sup>-1</sup>.

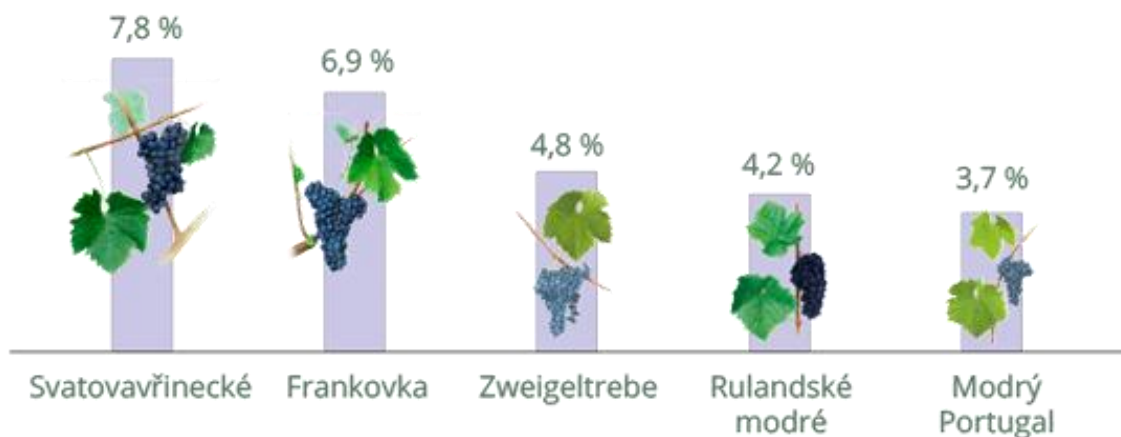


**Obr. 10:** Nejpěstovanější bílé odrůdy v ČR (Zdroj: <http://www.wineofczechrepublic.cz/>)

## II. RŮŽOVÁ vína – víno z modrých hroznů vyrobené krátkým nakvašením

Barva růžových vín a také mladých červených vín je tvořena monomery antokyanů, které se nachází v horních částech hypodermálních buněčných vrstvách slupek, a to buď volně ve vakuolách nebo v antokyanoplatech (PUÉRTOLAS et al., 2011). Délka macerace při výrobě rosé vín nemá významný vliv na hustotu, obsah alkoholu, obsah kyselin, pH, atd. V poslední době se ovšem na trhu vyskytují tzv. rose vína, která jsou vyrobena z českých interspecifických modrých moštových odrůd, jako ‚Cerason‘ či ‚Laurot‘, které krom toho, že mají zvýšenou odolnost proti houbovým chorobám, mají v bobulích více barviv, ale zejména vyšší zastoupení látek fenolické povahy, tj. flavanolů, katechinů a stilbenů (SOTOLÁŘ et al., 2013).

ROMERO-PEREZ et al. (1996) uvádějí u růžových vín obsah *trans*- resveratrolu zastupující skupinu **stilbenů** mezi 0,005 - 1,190 mg.l<sup>-1</sup> a u bílých 0,011 – 0,547 mg.l<sup>-1</sup>.



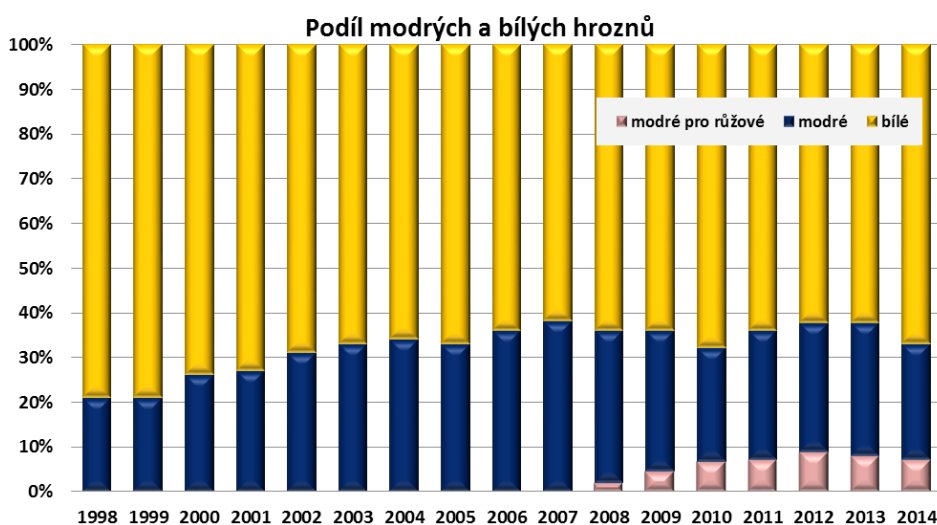
**Obr. 11:** Nejpěstovanější modré odrůdy v ČR (Zdroj: <http://www.wineofczechrepublic.cz>)

### III. ČERVENÁ vína – víno z modrých hroznů

V červených vínech jsou zahrnuty v zásadě dvě velké skupiny látek, z nichž jedna je nositelem barevnosti (antokyany) a druhá organoleptických vlastností červeného i bílého vína (trísloviny). V literatuře uváděný obsah celkových **polyfenolických látek** (vyjádřený jako ekvivalent kyseliny gallové) se pohybuje u červených vín v intervalu 1800 – 4059 mg.l<sup>-1</sup> (průměr 2567 mg.l<sup>-1</sup>) a u bílých vín v intervalu 165 – 331 mg.l<sup>-1</sup> (průměr 239 mg.l<sup>-1</sup>). Jejich struktura a obsah jsou závislé na mnoha faktorech včetně odrůdy, ročníku a oblasti pěstování (FRANKEL et al., 1995). Obdobné hodnoty uvádí i BURNS et al. (2000). V 16ti měřených červených vínech z celého světa se obsah celkových polyfenolických látek pohyboval v intervalu 1100 – 3165 mg.l<sup>-1</sup>. U Rulandského modrého vína byl naměřen obsah CP (vyjádřených jako mg gallové kyseliny na litr vína) 2259,2 mg.l<sup>-1</sup> (Chile, 1995), 2004 mg.l<sup>-1</sup> (Kalifornie, 1994) a 2677,6 mg.l<sup>-1</sup> (Francie, 1995). Poměr **antokyanů** a tríslovin (žluté barvy) určuje intenzitu červené barvy. Redukované formy antokyanidinů, tzv. leukoantokyanidiny, jsou bezbarvé. Obsah antokyanů v červeném víně vyjádřený jako 3-O-glukosid malvidinu se pohybuje dle BURNS et al. (2000) v intervalu 101-325 μM. V rámci další skupiny **stilbenů** se v červených vínech nachází střední koncentrace **resveratrolu** cca 2-6 mg.l<sup>-1</sup>, v bílých vínech je jeho kon-

centrace nižší, cca 0,2-0,8 mg.l<sup>-1</sup> (ŠMIDRKAL et al., 2001). BURNS et al. (2000) uvádějí obsah *trans*- resveratrolu v různých vínech z celého světa v intervalu 0,48 – 10,6 mg.l<sup>-1</sup>. U Rulandského modrého udávají obsah *trans*-resveratrolu 6,9 mg.l<sup>-1</sup> (Francie), 8,9 mg.l<sup>-1</sup> (Chile) a 10,6 mg.l<sup>-1</sup> (Kalifornie). Ve vybraných červených amerických vínech (Cabernet Sauvignon a Merlot) je uváděn obsah *trans*- resveratrolu v rozmezí 1,3 - 4,5 mg.kg<sup>-1</sup> (LAMIKANRA et al., 1996). MELZOCH et al. (2000) uvádějí, že obsah *trans*- resveratrolu byl naměřen u červených vín z ČR v intervalu 1,4 - 9,4 mg.l<sup>-1</sup> (u Rulandského modrého byly naměřeny hodnoty 0,82 – 5,55 mg.l<sup>-1</sup> (Mostecko), 2,56 mg.l<sup>-1</sup> (Žernosecko), 4,22 mg.l<sup>-1</sup> (Mutěnicko)), což odpovídá hodnotám, které je možné vzhledem k jeho koncentracím v červených vínech světové produkce považovat za mírně nadprůměrné. Toto zvýšení obsahu resveratrolu pravděpodobně souvisí s drsnějšími klimatickými podmínkami v našich vinařských regionech, které patří mezi nejseverněji položené oblasti, kde se vinná réva pěstuje. Vinná réva je vystavena, zejména v období dozrávání, zvýšenému mechanickému a mikrobiologickému stresu a resveratrol je produkován jako jeden z přirozených ochranných faktorů. Při výrobě červeného vína (během kvašení) přechází do vína.

**Obr. 12:** Vývoj podílu produkce bílého, červeného a růžového vína v ČR v letech 1998 až 2014 (Zdroj: MZe, 2015)



---

## 5 Vlastní komentáře k řešené problematice

Cílem, předkládaná práce bylo zpracovat literární přehled o zastoupení antioxidantů ve víně, jejichž množství je ovlivněno působením řady vnějších a vnitřních faktorů.

Po pečlivém prostudování, ať již této samotné práce, nebo některé z celé řady publikací věnované problematice antioxidantů ve vínech je zcela evidentní několik faktů.

Zatímco z hlediska vnitřních vlivů je stěžejní zvolit pro pěstování vhodnou odrůdu, příp. podnož révy vinné, jež představují jediné přímo ovlivnitelné faktory, tak v otázce vnějších vlivů mají pěstitelé širší spektrum možných zásahů.

Z hlediska stresových podmínek, neboli tzv. „stresorů“ je možno prostřednictvím nejnovějších postupů šetrných k samotným rostlinám, bojovat proti působení parazitické žijících rostlin, škůdců, virů, bakterií, plísni či jiných patogenů. Není zřejmě nutno zdůrazňovat, že jejich vliv snižuje zastoupení a nepříznivě pozměňuje složení fenolických látek v rostlinách.

V otázce klimatických podmínek je třeba zvolit vždy vhodnou oblast a podoblast s vyhovujícími základními faktory, kterými jsou teplota, sluneční záření, srážky a povětrnostní podmínky. S těmito podmínkami dále přímo korespondují i podmínky stanoviště – konkrétně se jedná o nadmořskou výšku, expozice svahu a půda. V rámci těchto požadavků se na našem území jeví jako naprosto ideální oblast Moravy, na níž se nachází přes 96 % veškerých vinic České republiky. Průměrná roční teplota se zde pohybuje okolo 9,42 °C, průměr ročních srážek činí 510 mm a průměrná roční délka slunečního svitu je přibližně 2244 hodin, což jsou ideální podmínky pro rašení a následní ideální růst révy. Zdejší přechodné klima s příklonem k vnitrozemskému, příp. občasnými vpády vlhkého atlantického vzduchu, způsobuje o něco kratší vegetační období ve srovnání se západní Evropou. Avšak i přes tyto skutečnosti vyniká tato oblast ve většině let vyšší tepelnou intenzitou v letních měsících, což způsobuje zkracování vegetačních fází révy vinné, které představují další z vnitřních podmínek, jež mají pozitivní vliv na složení fenolického obsahu v rostlinách.

---

Posledním ovlivnitelným souborem vnějších podmínek je agrotechnické ošetření, zejména vztažené k průběhu zrání, kvašení, maceraci a případnému uskladnění v sudech a posléze i lahvích. Vhodně zvolená technika a postup ošetření představuje více jak 60 % úspěchu. I s ohledem na tuto skutečnost je velice důležité zdůraznit význam studování nejnovějších poznatků vlivů veškerých faktorů na obsahové složení fenolů ve vínu, kterých zejména v posledních letech přibývá.



---

## 6 Závěr

Závěrem této práce věnované antioxidantům ve víně a jejich možnému obsahovému ovlivnění lze konstatovat, že:

- **Antioxidanty** lze dělit na přírodní a syntetické
- **Přírodní antioxidanty** se dělí na neflavonidy a flavonoidy
- Nejdůležitější **neflavonoidy** jsou hydroxybenzooové kyseliny, hydroxyskořicové kyseliny, stilbeny (Resveratrol)
- Nejdůležitější **flavonoidy** jsou antokyanová barviva a flavanoly
- Fenolické látky jsou doplňovány **látkami aromatickými**
- Metody pro stanovení fenolů se dělí na **nespecifické a specifické**.
- Nejdůležitější **vnitřní činitele** ovlivňující zastoupení fenolů jsou odrůda, podnož, stáří keře či délka a nástup fenofáze.
- **Vnější činitele** ovlivňující zastoupení fenolů lze dělit na činitele stresové, klimatické, stanovištní a technologické zpracování.
- Stresové vlivy („stresory“) zahrnují zejména působení rostlin (parazitismus), škůdců, virů, bakterií, plísní
- Klimatické vlivy zahrnují zejména teplotu, sluneční záření, srážky, proudění vzduchu
- Vlivy stanoviště zahrnují zejména nadmořskou výšku, expozici svahu a půdu
- Technologické vlivy zpracování zahrnují zejména zrání na vinici, maceraci, kvašení, zrání v sudech a lahvích.

---

## 7 Souhrn a Resume

### Souhrn

V přírodě existuje široká škála, tzv. **přírodních antioxidantů**, přičemž mezi nejvýznamnější patří fenolické látky. Kromě toho, že odpovídají za mnoho důležitých charakteristik vína- především za barvu a hořký či tříslovitý chuťový projev, rovněž vykazují výraznou proměnlivost ve struktuře, díky čemuž se rozdělují na **neflavonoidy** (hydroxybenzoové kyseliny, hydroxyskořicové kyseliny, stilbeny = resveratrol) a **flavonoidy** (antokyanová barviva a flavanoly).

Jejich zastoupení ve víně je ovlivněno celou řadou vnitřních a vnějších činitelů. Vedle odrůdy, podnože, stáří keře či délky a nástupu fenofáze je dané množství těchto látek závislých zejména na tzv. environmentálních vlivech panujících na vinici (stanoviště, klimatické podmínky), stresových vlivech či vinařské technologii.

### Klíčová slova

Antioxidanty, neflavonoidy, flavonoidy, stresory, environmentální podmínky

### Resume

In nature, there are a wide variety of **natural antioxidants**. The most important of them are phenolic compounds. These substances are responsible for many important characteristics of wine - especially for the color, bitterness and tannins taste. They also exhibit substantial variability in the structure, which makes it not to divide **no-flavonoids** (hydroxyethylbenzoic acid, hydroxycinnamic acids, stilbenes = resveratrol) and **flavonoids** (anthocyanins dyes and flavanols).

Their participation in wine is influenced by a number of internal and external factors. Besides the variety, rootstock, age of bush or length and taking phenophase is the quantity of those substances depend in particular environmental influences on vineyard (laid-vista, climatic conditions), effects of stress and winemaking technology.

### Keywords

Antioxidants, no-flavonoids, flavonoids, stressors, environmental conditions

---

## 8 Seznam použité literatury

- Alessio, H. M. 2000. Lipid peroxidation in healthy and diseased models: influence of different type of exercise. In: Sen, C. K., Packer, L., Hänninen, O. (Eds.). Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise. Amsterdam: Elsevier Science B. V.
- Anonym. 2016. Vinařské oblasti. Dostupné z: <http://www.wineofczechrepublic.cz/nase-vina/vinarske-regiony/vinarska-oblast-morava.html>
- Bábiková, P., Vrchotová, N., Tříška, J., Kyseláková, M. 2008. Content of Trans-resveratrol in leaves and berries of interspecific grapevine (*Vitis* sp.) Varieties. Czech Journal of Food Sciences, 26, 13-17.
- Bavaresco, L., Fregoni, C. 2001. Physiological role and molecular aspects of grapevine stilbenic compounds.
- Bavaresco, L., Fregoni, C., van Zeller de Macedo Basto Goncalves, M. I., Vezzulli, S. 2009. Physiology and Molecular Biology of Grapevine Stilbenes. Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology, 12, 341-364.
- Becker, N. 1977. Okologische Kriterien für die Abgrenzung des Rebgebietes in der nordlichen Weinbaugebieten. Die Wein-wissenschaft, 32, 77-102.
- Bianchini, F., Vainio, H. 2003. Wine and resveratrol: mechanisms of cancer prevention? European Journal of Cancer Prevention., 12(5), 417-425.
- Blouin, J., Guimberteau, G. 2001. Maturation et Maturité des Raisins. Féret Bordeaux, France, 151 str.
- Burns, J., Gardner, P. T., O'Neil, J., Crawford, S., Morecroft, I., McPhail, D. B., Lister, C., Matthews, D., MacLean, M. R., Lean, M. E. J., Duthie, G. G., Crossier, A. 2000. Relationship among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity

---

and Phenolic Content of Red Wines. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 48, 220-230.

- Cantos, E., Garcia-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S., Tomas-Barberan, F. A. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4606–4612.
- Clarkson, P. M., Thompson, H. S. 2000. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *The American Journal of clinical nutrition*, 72(2 Suppl), 637-646.
- Colova-Tsolova, V., Perl, A., Krastanova, S., Samuleian, S., Atanassov, A. 2009. Progress genetic engineering of grapevine for disease and stress tolerance. In Roubelakis-Agelakis (ed.) *Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology*, 19, 509-533.
- Coombe, B. G., Ilandm P. 2005. Grape berry development and vinegrape duality. In: Dry, P., Coombe, B. G., *Viticulture- Volume 1- Resources*. Winetitles Adelaide. 210 – 248.
- Čapka, M. 2015. Vliv podnoží révy na obsah fenolických látek. Diplomová práce. MU v Brně, Brno.
- Čepička, J., Karabin, M. 2002. Polyfenolové látky piva – přirozené antioxidanty. *Chemické Listy*. 96, 90 – 95.
- Douillet-Breuil, A. C., Jeandet, P., Adrian, M., Bessis, R. 1999. Changes in the Phytoalexin content of Various *Vitis* Spp. In Response to Ultraviolet C Elicitation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4456-4461.
- Ďoubal, S.: Současná teorie stárnutí [online]. 2014 [cit. 2015-02-02].

---

Dostupné z WWW:  
<http://www.faf.cuni.cz/Geronthology/Mechanisms/Tudory/Tudory-contemporary.asp>

- Eder, R., Wendelin, S., Vrhovsek, U. 2001. Resveratrol concentration in muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds, and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47, 57-62.
- Elattar, T. M. A., Virji, A. S. 1999. The effect of red wine and its components on growth and proliferation of human oral squamous carcinoma cells. *Anticancer Research*, 19,5407-5414.
- Farkaš, J. 1980. *Technologie a biochemie vína (Technology and Biochemistry of Wine – in Czech)*, SNTL. 872 str.
- Frankel, E. N., Waterhouse, A. L., Teissedre, P. L. 1995. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 890-894.
- Goldberg, D. M., Tsaug, E., Karumanchiri, A., Ddiamandis, E. P., Soleas, G. J., Ng, E. 1996a. Method to assay the concentrations of phenolics constituents of biological interest in wines. *Analytical Chemistry*, 68, 1688-1694.
- Goldberg, D. M., Ng, E., Karumanchiri, A., Ddiamandis, E. P., Soleas, G. J. 1996b. Resveratrol glucosides are important components of commercial wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47, 415–420.
- Goldberg, D. M., Karumanchipi, A., Soleas, G. J., Tsang, E. 1999. Concentrations of selected polyphenols in white commercial wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 50, 185-193.
- Harmatha, J. 2002. *Chemie a biochemie přírodních látek*, 27. svazek cyklu Organické chemie. ÚOCHB-AVČR, Praha.

- 
- Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, California. 892 str. ISBN 9780123258502.
  - ITIS. 2015. Integrated Taxonomic Information System - *Vitis vinifera* [L.](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=28629) Dostupné z:  
[http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=28629](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=28629).
  - Jordán, V., Hemzalová, M. 2001. Antioxidanty zázračné zbraně. 1 vyd. Brno, Jota. 153 str., ISBN 80-7217-156-9
  - Kalač, P. 2003. Funkční potraviny: kroky ke zdraví. České Budějovice: Dona. 130 str., ISBN 80-732-2029-6.
  - Kennedy, J. A., Saucier, C., Glories, Y. 2006. Grape and Wine phenolics: History and Perspectives. American Journal of Enology and Viticulture. 57, 239-248.
  - Kennedy, J. A., Haysaka, Y., Vidal, S., Waters, E. J., Jones, G. P. 2001. Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 5348-5355.
  - Kindl H., Wöber B. 1981. Biochemie rostlin. Praha: Academia, 392 str.
  - Kliewer, W. M. 1977. Effect of high temperatures during the bloom – Set period on fruit-set, ovule fertility, and berry growth of several grape cultivars. American Journal of Enology and Viticulture, 28, 215-222.
  - Kopec, K. 1999. Resveratrol – a chemoprotective component of grapes and wine. Zahradnictví – Horticultural Sciences, 26 (4), 135- 138.
  - Kraus, V., Fofová, Z., Vurm, B. 2005. Nová encyklopedie českého a moravského vína, 1. díl. Praga Mystica. ISBN 80-86767-00-0.
  - Kuttelvašer, Z. 2003. Abeceda vína, Radix.

- 
- Lachman, J., Šulc, M., Hejtmánková, A., Pivec, V., Orsák, M. 2004. Content of polyphenolic antioxidants and trans-resveratrol in grapes of different varieties of grapevine (*Vitis Vinifera* L.). Horticultural Sciences, 31 (2), 63-69.
  - Lamikanra, O., Grimm, C. C. 1996. Hydroxylated stilbenes in selected American wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 1111-1115.
  - Li, X., Wu, B., Wng, L., Li, S. 2006. Extractable amounts of trans-resveratrol in seed and berry skin in *Vitis* evaluated at the germplasm level. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 8804-8811.
  - Matějková, Š., Gut, I. 2000. Polyfenoly v potravě jako projektivní látky v aterosklerotickém procesu. Remedica. 10 (4), 272-281.
  - Mattivi, F., Versini, G., Sarti, S. 1989. Study on the presence of scopoletin in commercial wood-aged brandies. Riv.Vitic.Enol. 3, 23-30.
  - McDonald, M. S., Hunhes, M., Burns, J., Lean, M., Matthews, D., Crozier, A. 1998. Survey of the free and conjugated myricetin, and quercetin content of red wines of different geographical origins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 368-375.
  - Melzoch, K., Hanzlíková, I., Filip, V., Buckiová, D., Šmidrkal, J. 2000. Resveratrol in parts vine and wine originating from Bohemia and Moravian vineyard regions. Agriculturae Conspectus Scientificus, 66, 53-57.
  - Moffarts, B., Kirschvink, N., Art, T., Pincemail, I., Lekeux, P. 2005. Effect of oral antioxidant supplementation on blood antioxidant status in trained thoroughbred horses. Veterinary journal, 169(1), 65-74.
  - Moffarts, B., Kirschvink, N., Art, T., Pincemail, J., Michaux, C. K. C., Defraigne, J. O., Lekeux, P. 2004. Impact of training and exercise intensity on blood antioxidant markers in healthy standardbred horses. Equine and comparative exercise physiology, 1(3), 211-220.

- 
- Moffarts, B., Portier, K., Kirschvink, N., Pincemail, J., Lekeux, P. 2004. Effect of exercise and oral antioxidant supplementation on blood oxidant markers and erythrocyte membrane fluidity in horses. *Free radical biology and medicine*, 37(1), 33.
  - Moreno-Arribas, M., Pollo, M. 2009. *Wine chemistry and biochemistry*. New York: Springer, 735 p. ISBN 9780387741185.
  - MZe. 2015. *Situační a výhledová zpráva: Vinná réva a víno*. Praha.
  - Passwater, R. A. 2002. *O antioxidantech*; Praha: Pragma. 94 str., ISBN 80-7205-897-5.
  - Paulová, H., Bochořáková, H., Táborská, E. 2004. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vivo. *Chemické listy* 98, 174-179.
  - Pavloušek, P. 2011. *Pěstování révy vinné, Moderní vinohradnictví*. Grada Publishing. 336 str. ISBN 978-80-247-3314-2.
  - Pazourek, J., Havel, J. 2001. Je víno zdravé? Resveratrol ano. *Vesmír*. 80, 372-373.
  - Peinado, R. A., Moreno, J., Bueno, J. E., Moreno, J. A., Mauricio, J. C. 2004. Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration. *Food chemistry*, 4, 585-590.
  - Priewe, J. 2002. *Wine: From Grape to Glass*. Abbeville Press. 255 str. ISBN 9780789207838.
  - Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha. ISBN 80-200-0586-2.
  - Puértolas, E., Saldaña G., Álvarez, I., Raso, J. 2011. Experimental design approach for the evaluation of anthocyanin content of rosé wines obtained by pulsed



---

electric fields. Influence of temperature and time of maceration. *Food Chemistry*, 126 (3), 1482-1487.

- Racek, J., Herynková, R., Holeček, V., Faltysová, J., Krejčová, I. 2001. What is the Source of Free Radicals Causing Hemolysis in Stored Blood? *Physiological research*, 50, 383-388.
- Ribéreau-Gayon, P. 1959. *Recherches sur les antocyanes des végétaux. Application au genre Vitis*. Librairie générale de l'enseignement. Paris.
- Ribéreau-Gayon, P., Rychlewski, Ch. 2006. *Handbook of Enology*. Chichester: John Wiley, ISBN 978-047-0010-358.
- Robinson, J. 2006. *The Oxford companion to wine*. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 813 s. ISBN 978-019-8609-902.
- Robinson, S. P., Davies, C. 2000. Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6, 175-188.
- Romero-Pérez, A. I., Lamuela-Raventós, R. M., Waterhouse, A. L., de la Torre-Boronat, M. C. 1996. Levels of cis- and trans-resveratrol and their glucosides in white and rose *Vitis vinifera* wines from Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 2124-2128.
- Shan, C., Yang, S., He, H., Shao, S., Zhang, P. 1990. Influences of 3,4,5-trihydroxystilbene-3-O-mono-D-glucoside on rabbit platelet aggregation and thromboxane B<sub>2</sub> production in vitro. *Acta Pharmacologica Sinica*, 11, 527-530.
- Sies, H. 1997. Oxidative stress: Oxidants and antioxidants. 291-295.
- Sotolář, R., Kumšta, M., Baroň, M., Matejciucová, P., Nádeníčková, B. 2013. Srovnání rosé vín dle obsahu vybraných fenolických látek a antiradikálové aktivity. *Kvasný průmysl*, 59, 167-170.

- 
- Souquet, J. M., Cheynier, V., Moutonet, M. 2000. Les proanthocyanidines du raisin. Bulletin de IOIV. 73,601-609.
  - Stratil P. 2007. Fenolové látky v poživatinách a metody stanovení jejich antioxidační aktivity. Habilitační práce MU v Brně, Brno, 111 s.
  - Surh, Y. J., Hurh, Y. J., Kang, J. Y., Lee, E., Kong, G., Lee, S. J. 1999. Resveratrol, an antioxidant present in red wine, induces apoptosis in human promyelocytic leukemia (HL-60) cells. Cancer Letters, 140,1–10.
  - Ševčík, L. 1999. Červená vína. Praha 7: Grada publishing. 144 str., ISBN 80-7169-840-7.
  - Šípek, S. 2000. Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci. Praha; Grada Publishing, 320 str. ISBN 80-7169-704-4.
  - Šmidrkal, J., Filip, V., Melzoch, K., Hanzlíková, I., Buckiová, D., Křísa, B. 2001. Resveratrol. Chemické listy, 95, 602-609.
  - Štípek, S. 2000. Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci. 1 vyd. Praha 7: Grada Publishing. 320 str., ISBN 80-7169-704-4.
  - ÚKZUZ. 2009. Příklady zařazení vín a moštu do nově označovaných kategorií. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zatrideni-vina/priklady-zarazeni-vin/>
  - Urso, M. L., Clarkson, P. M. 2003. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology, 189(1-2), 41-54.
  - Velíšek, J. 1999. *Chemie potravin* 3. 1 vyd. Tábor: OSSIS. 342 str., ISBN 80-902-3912-9.
  - Vodrážka, Z. 1996. Biochemie. 2. vyd. Praha: Academia. 192 str., ISBN 80-200-0600-1

- 
- Williams, C. A. 2010. Antioxidant supplementation to the exercising horse. *Revista brasileira de zootecnia*, 39, 145-150.
  - Xia, E. Q., Deng, G. F., Guo, Y. J., Li, H. B. 2010. Biological Activities of Polyphenols from Grapes. *International journal of molecular science*, 11.
  - Yang, J., Guo, J., Yuan, J. 2008. In vitro antioxidant properties of rutin. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (6), 1060-1066.
  - Youngson, R. 1995. *Antioxidanty cesta ke zdraví*. 1 vyd. Brno, Jota. 143 str., ISBN 80-85617-56-0.