

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Bakalářská práce

**Aromatické látky v hroznech bílých moštových odrůd a
změny během zrání hroznů**

Lednice 2015

Petr Klement

Mendelova univerzita v Brně

Zahradnická fakulta v Lednici

**Aromatické látky v hroznech bílých moštových odrůd a
změny během zrání hroznů**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce

doc. Ing. Pavel Pavloušek, Ph. D.

Vypracoval

Petr Klement



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Petr Klement
Studijní program: Zahradnické inženýrství
Obor: Vinohradnictví a vinařství

Název tématu: **Aromatické látky v hroznech bílých moštových odrůd a změny během zrání hroznů**

Rozsah práce: 30 stran

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte aktuální informace týkající se aromatických látek v hroznech.
2. Popište změny aromatických látek během zrání hroznů.
3. Zpracujte aktuální informace týkající se vlivu agrotechniky na změny obsahu a složení aromatických látek.
4. Doporučte vhodné agrotechnické zásady směřující k produkci kvalitních hroznů.

Seznam odborné literatury:

1. RIBÉREAU-GAYON, P. – TRADUCTION, A. a kol. *Handbook of enology : The chemistry of wine stabilization and treatments. Volume 2.* 2. vyd. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. 441 s. ISBN 0-470-01037-1.
2. RIBÉREAU-GAYON, P. – BRANCO, J M, a kol. *Handbook of enology : The microbiology of wine and vinifications. Volume 1.* 2. vyd. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. 497 s. ISBN 0-470-01034-7.
3. ILAND, P. – GAGO, P. – HUMPHRYS, R. *Australian wine : styles and tastes.* 1. vyd. Adelaide: Patrick Iland Wine Promotions, 2002. 202 s. ISBN 0-9581605-0-3.
4. REYNOLDS, A G. *Managing wine quality. : Oenology and wine quality. Volume 2.* Oxford: Woodhead publishing, 2010. 651 s. ISBN 978-1-84569-798-3.
5. REYNOLDS, A G. *Managing wine quality. : Viticulture and wine quality. Volume 1.* Oxford: Woodhead publishing, 2010. 606 s. ISBN 978-1-84569-484-5.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

.....
vypracoval samostatně s použitím uvedených zdrojů, které cituji a uvidím v přiloženém soupisu literatury.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Lednici, dne

Podpis diplomata

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu, doc. Ing. Pavlu Pavlouškovi, Ph. D. za cenné rady, připomínky a vstřícnost při vypracovávání bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. CÍL PRÁCE	10
3. AKTUÁLNÍ INFORMACE OHLEDNĚ AROMATICKÝCH LÁTEK V HROZNECH	11
3.1 Aromatické látky v hroznech	11
3.2 Vinné aroma	12
3.2.1 <i>Primární aroma</i>	13
3.2.2 <i>Sekundární aroma</i>	13
3.2.3 <i>Terciární aroma</i>	14
3.3 Analýza aromatických látek	14
3.4 Faktory ovlivňující aromatické látky v hroznech.....	15
3.4.1 <i>Environmentální faktory</i>	15
3.4.2 <i>Agrotechnické zásahy</i>	15
3.4.3 <i>Zrání hroznu</i>	18
4. PŘEDSTAVENÍ ZÁKLADNÍCH SKUPIN AROMATICKÝCH LÁTEK	19
4.1 Terpeny a monoterpeny.....	19
4.1.1 <i>Základní charakteristika</i>	19
4.1.2 <i>Biosyntéza monoterpenů</i>	20
4.1.3 <i>Rozdělení odrůd dle obsahu monoterpenů</i>	21
4.1.4 <i>Vliv různých faktorů na terpeny a monoterpeny</i>	22
4.1.4.1 <i>Vývoj bobulí</i>	22
4.1.4.2 <i>Podmínky ve vinici</i>	24
4.1.4.3 <i>Podmínky při výrobě vína</i>	24
4.1.4.4 <i>Vliv kvašení</i>	24
4.1.4.5 <i>Botrytis cinerea</i>	25
4.1.4.6 <i>Vliv stárnutí</i>	25
4.2 Karotenoidy a C ₁₃ -norisoprenoidy	26
4.2.1 <i>Základní charakteristika karotenoidů a C₁₃-norisoprenoidů</i>	26
4.2.2 <i>Syntéza vitispiranu</i>	27
4.2.3 <i>Výskyt v odrůdách</i>	28
4.2.4 <i>Faktory mající vliv na koncentraci norisoprenoidů</i>	28
4.2.4.1 <i>Podmínky ve vinici</i>	28

4.2.4.2	Stárnutí vína v lahvi	29
4.3	Pyraziny.....	29
4.3.1	<i>Základní charakteristika pyrazinů</i>	29
4.3.2	<i>Výskyt v odrůdách</i>	30
4.3.3	<i>Faktory mající vliv na proměnu koncentrace methoxypyrazinů</i>	31
4.4	Těkavé sírové sloučeniny - vonné thioly	31
4.4.1	<i>Základní charakteristika</i>	31
4.4.2	<i>Výskyt v odrůdách</i>	32
4.4.3	<i>Faktory mající vliv na sírové sloučeniny</i>	33
4.5	Těkavé fenoly	34
4.5.1	<i>Základní charakteristika</i>	34
4.5.2	<i>Výskyt v odrůdách</i>	35
4.5.3	<i>Faktory mající vliv na fenoly</i>	35
5.	ZÁVĚR A DISKUZE	36
6.	SOUHRN	37
7.	RESUMÉ	37
8.	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	39

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obrázek 1: Kumulace terpenů v hroznech během zrání (s. 23)
- Obrázek 2: Biosyntéza terpenů kmeny *S. cerevisiae* (s. 25)
- Tabulka 1: Základní představitelé monoterpenů a jejich charakteristiky (s. 19)
- Tabulka 2: Základní představitelé C₁₃-norisoprenoidů a jejich charakteristiky (s. 21)
- Tabulka 3: Základní představitelé pyrazinů a jejich charakteristiky (s. 27)
- Tabulka 4: Základní představitelé merkaptanů a jejich charakteristiky (s. 30)
- Tabulka 5: Základní představitelé sírových sloučenin a jejich charakteristiky (s. 32)
- Tabulka 6: Základní představitelé těkavých fenolů a jejich charakteristiky (s. 33)

1. ÚVOD

Aroma vína patří k nejdůležitějším kvalitativním kritériím vína, není tedy divu, že jeho zkoumání představuje stěžejní problematiku pěstování vína. Posouzení vína je z velké části postaveno na hodnocení „aromatické bohatosti, jemnosti a harmonické vyváženosti.“ (Tesniere, Flanzy, 2011) Kvalitní vína jsou potřebná mimo jiné i pro zákaznické přijetí. Pokud hovoříme o normálním stolním víně, každé obsahuje okolo několika set těkavých sloučenin, nicméně většina z nich se vyskytuje v koncentracích pod prahem vnímání¹. Skutečně aktivních aromatických komponentů lze u takového vína stanovit mezi 20 a 40. Tyto složky jsou vysoce nad prahem vnímání a společně vytváří partikulární směsici aroma, které často definujeme jednoduše jako vinné. (Ferreira, 2010)

Je tedy vysoce pravděpodobné, že téma i potřeba dalších výzkumů bude stále více aktuální. Současný stav tohoto vědění je nedostatečný pro predikování i pochopení celého mechanismu uvolňování a vnímání aroma vína. I když je důležité popsat a zkoumat jednotlivé skupiny aromatických látek, významné bude pochopení jejich vzájemného působení. Komplexita vinného aroma je v souladu s jeho chemickou komplexitou a právě složité interakce aromatických složek jsou nejdůležitějším determinantem jeho výsledného působení na naše smysly.

Hlavní část textu, kapitola Aktuální informace ohledně aromatických látek v hroznech, zahrnuje na prvním místě základní popis těchto látek, uvedení jakéhosi hlavního kontextového rámce celé práce. Dále je zde pojednáno o vinném aroma, od primárního po terciární. Následuje deskripce používaných technik pro analýzu aromatických látek a obecný popis faktorů majících vliv na vývoj, případně změny v koncentracích látek. Hlavní důraz je zde kladen na enviromentální i agrotechnické faktory, které jsou velmi úzce svázány.

V navazující části je poté pozornost věnována rozboru jednotlivých skupin aromatických látek, přičemž vzhledem k rozsahu se zabýváme těmi základními: monoterpeny, karotenoidy a norisoprenoidy, pyraziny, merkaptany, sírovými sloučeninami a těkavými fenoly. Především je popisována jejich základní charakteristika a výskyt v odrůdách. Blíže jsou také rozvedeny faktory ovlivňující

¹ Práh vnímání „je definován jako koncentrace, při níž se přítomnost látky stane zaznamatelnou.“ (Jackson, 2009)

přítomnost i koncentraci aromatických látek. Kde to rozsah vyzkoumaných informací dovoluje, je popsána také biosyntéza jednotlivých skupin.

V závěru jsou poté shrnuty důležité poznatky a diskutovány rozebrané agrotechnické zásahy. Je zde také zhodnoceno naplnění cílů práce, které jsou nastíněny v následující kapitole.

2. CÍL PRÁCE

Cílem předkládané bakalářské práce je zpracování a vyhodnocení aktuálních informací týkajících se aromatických látek v hroznech. Dále budou popsány změny jejich obsahu a koncentrací během zrání především u bílých hroznů a také vliv především agrotechnických zásahů na tyto změny. V neposlední řadě budou doporučeny vhodné agrotechnické zásahy směřující k produkci kvalitnějších vín a popsány techniky, které mají naopak negativní vliv na kvalitu vína.

3. AKTUÁLNÍ INFORMACE OHLEDNĚ AROMATICKÝCH LÁTEK V HROZNECH

3.1 Aromatické látky v hroznech

Aromatické látky jsou jednou ze skupin sekundárních metabolitů v hroznech, jejichž kombinací vzniká specifický, komplexní profil hroznů. Konkrétně je aromatická látka definována jako „chemická látka, která vyprchává z vodně-alkoholového roztoku vína a pomocí své plynné fáze se dostává do našeho čichového orgánu.“ (Pavloušek, 2011)

Ribéreau-Gayon et al. (2000a) nabízí následující dělení aromatického potenciálu hroznového vína:

- Vonné a těkavé aromatické látky
- Netěkavé prekurzory bez vůně (glykosidy, fenolické kyseliny a mastné kyseliny)
- Aromatické nebo ne-aromatické těkavé sloučeniny (terpeny, terpenické dioly)

Aromatické látky se mohou v hroznech vyskytovat ve volných formách, které však při kvašení rychle unikají spolu s oxidem uhličitým, převážně je ovšem nacházíme ve formách vázaných, jejichž nejčastější formou jsou glykosidy². Jednou ze základních skupin aromatických látek jsou monoterpeny, dalšími skupinami jsou C₁₃-norisoprenoidy a jejich prekurzory karotenoidy, methoxypyraziny, vonné thioly a těkavé fenoly. (Pavloušek, 2011) „Absolutní obsah aromatických sloučenin ve víně je přibližně 0,8 až 1,2 g · L⁻¹.“ (Rapp, 1998 dle Villamor, Ross, 2013)

K indikování typických charakteristik různých aromatických látek je používán tzv. koncept prahových hodnot:

- Práh vnímání, kdy koncentrace dané látky je minimální a její přítomnost je rozpoznána 50 % ochutnavačů v triangulárním testu, nicméně nejsou vždy schopni identifikovat specifickou vůni.
- Práh rozpoznání, kdy jsou ochutnavači schopni vnímat i identifikovat specifickou aromatickou sloučeninu.

² Glykosidy jsou látky vázané na cukry, které se stávají čichově aktivními až v momentu, kdy se molekula cukru odštěpí (např. při hydrolýze v kyselém prostředí).

- Práh preference, kdy je koncentrace dané látky maximální a sloučenina může být přítomna, bez toho aniž by zvyšovala negativní hodnocení. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Výzkumů zabývajících se aromatickými látkami bylo v minulosti provedeno mnoho, nicméně současné vědění zabývající se nestálým složením a obsahem aroma ovlivňujících sloučenin je nedostatečné pro predikování i pochopení uvolňování a vnímání aroma vína. Obecné informace týkající se aromatických látek jsou sice důležité, nicméně stěžejní je pochopení jejich vzájemného působení. (Villamor, Ross, 2013)

3.2 Vinné aroma

Dochází k rozlišování několika druhů aroma, ke kterým přispívají velkou měrou právě těkavé sloučeniny a jejichž podrobnějším popisem se zabýváme v následujících samostatných podkapitolách.

Komplexnost vinného aroma je výsledkem kumulace „rozlišných skupin těkavých sloučenin, které jsou typicky odhaleny ve velmi nízkých koncentracích mezi 10^{-4} a 10^{-12} g · L⁻¹.“ (Guadagni et al., 1963 dle Villamor, Ross, 2013) Lze rozlišit následující sloučeniny: alkoholy, estery, aldehydy, ketony, kyseliny, terpeny, fenoly či sírové sloučeniny.

Pro určité odrůdy platí, že jejich charakteristická vůně je výsledkem přítomnosti specifických sloučenin v nízkých koncentracích od nanogramů po mikrogramy. Určité sloučeniny naopak k aroma vína přispívají pouze nepatrně. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a) Pojem odrůdové aroma tedy neimplikuje skutečnost, že každá odrůda obsahuje specifické těkavé sloučeniny, určité aroma je dáno různou kombinací a koncentrací často stejných sloučenin. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Na aroma vína se podílí několik stovek chemických látek, z nichž „téměř všechny v současnosti identifikované sloučeniny se nachází v několika odrůdách, které nemají zvláště specifickou odrůdovou vůni.“ (Ribéreau-Gayon et al., 2000a) Komplexita aroma vín, které ho činí složitým i pro zkoumání, odpovídá také jeho různému vývoji v souvislosti s použitými mechanismy. Jde o metabolismus vín související s odrůdou, půdou, klimatem i technikou používanou ve vinicích. Dále o biochemické jevy, které

předcházejí fermentaci během extrakce šťávy a macerace (oxidace a hydrolýza). Následují fermentační metabolismy mikroorganismů, které způsobují malolaktickou a alkoholovou fermentaci. V neposlední řadě lze mezi tyto mechanismy řadit také chemické či enzymatické reakce, které se vyskytují po fermentaci při stárnutí vína. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Velká variace vinného aroma je důsledkem několika skutečností. V nestálé frakci vína bylo v současnosti identifikováno již více než 800 komponentů, nicméně pouze některé z nich se vyskytují v koncentracích nad prahovou hodnotou vnímání a jsou tudíž odpovědné za specifickou vůni. Těkavé složky mají odlišnou chemickou povahu pokrývající rozsáhlou škálu polaritu, rozpustnosti, těkavosti i pH. (Ortega-Heras et al., 2002)

3.2.1 Primární aroma

Primární aroma pochází přímo z hroznů a z jejich modifikace během zpracování. Dané komponenty se nacházejí především ve slupce hroznů, většinou ve formě konjugátů cukru nebo aminokyselin ve vnějších buněčných vakuolách. Působením glykosidázy a peptidázy v době drcení, lisování i fermentace dochází k jejich uvolňování, čímž dochází k zvýšení množství potřebného k následnému vnímání v hotovém víně. Těkavé sloučeniny spojené s odrudovým aroma se skládají z terpenů, norisoprenoidů a pyrazinů.

3.2.2 Sekundární aroma

Sekundární aroma je produkováno během fermentace, která produkuje ethanol, sloučeniny několika alkoholů (alkoholy s vyššími řetězci) a estery. Existuje zde určitý stupeň variace vzhledem k různým podmínkám fermentace a k použití různých kvasinkových kmenů.

Ethanolová vůně, která je popisována jako sladká, bývá typicky přítomna u komerčních stolních vín. Alkoholy s delšími řetězci naopak zapříčiňují štiplavou vůni, např. 3-metyl-1-butanol propůjčuje vínu aroma whisky, sladu či připáleniny. Estery jsou zase odpovědné za charakteristické ovocné aroma, jejich koncentrace se navíc během stárnutí vína zvyšuje.

3.2.3 Terciární aroma

Terciární aroma neboli buket je výsledkem transformace aroma během stárnutí vína, kdy dochází ke „ztrátě od hroznů a fermentace odvozených charakteristik mladého vína, která je nahrazena vývojem letitého buketu.“ (Villamor, Ross, 2013) Aroma vína je v tomto případě ovlivňováno způsobem uskladnění (dřevěné sudy či nerez apod.). Např. studie vín zrajících v sudech ukazuje pozitivní korelaci mezi koncentrací cis-isomer laktonu a aromatickými deskriptory. Tento jev má na svědomí kokosovou vůni, tóny vanilky a tmavé čokolády Chardonnay a Cabernetu Sauvignon. (Villamor, Ross, 2013)

3.3 Analýza aromatických látek

Analýza aromatických látek je jedním z nejdůležitějších kroků při hodnocení kvality vína. Analýzy se poprvé objevují ve 40. letech a pokračují dodnes. Zkoumání komplikuje jak vysoký počet komponentů podílejících se na komplexním aroma, jejich různorodé vzájemné působení, tak jejich nestabilita, která znamená, že mohou snadno oxidovat ve styku se vzduchem či být degradovány teplem nebo extrémním pH. Problematické pro zkoumání jsou také poměrně nízké koncentrace významného počtu těchto složek, kdy k jejich přesné kvantifikaci je potřeba vysoce koncentrovaný vzorek. V neposlední řadě poté výzkumník čelí problému výběru správné extrakční procedury pro analýzu těchto látek. (Ortega-Heras et al., 2002)

Nejpoužívanější metodou zkoumání aromatických látek je plynová chromatografie vyšetřující vůni (GC-O), jejímž výstupem je hierarchický seznam aromatických sloučenin odpovídající jejich potenciální aromatické významnosti ve vínech. V rámci tohoto způsobu analýzy byly vyvinuty tři metody: zředění k prahové hodnotě, přímá intenzita, detekce frekvence. Dále se setkáváme se stanovováním hodnot aktivity vůně (OAV), které je často užíváno ve spojení s GC-O a slouží k určení relativní účinnosti pomocí GC-O identifikovaných aromatických látek. Další zmiňovanou technikou je mikro-extrakce pevné fáze (SPME). (Villamor, Ross, 2013)

Jiní autoři označují za nejrozšířenější způsoby identifikace a kvantifikace těchto látek extrakci kapaliny kapalinou, extrakci v pevné fázi a použití rozpouštědel před samotnou analýzou. (Zalacain et al., 2007)

3.4 Faktory ovlivňující aromatické látky v hroznech

3.4.1 *Environmentální faktory*

Charakter prostředí ovlivňuje až 18 % genů ve vinné révě, také klimatické podmínky významně ovlivňují jeho expresi. Zkoumáním bylo dokázáno, že „geny související s fenylpropanoidy zahrnutými ve vytváření aromatických sloučenin a polyfenoly, byly vysoce ovlivněny sezónně specifickými klimatickými podmínkami.“ (Robinson et al., 2014) Při nedávném výzkumu vlivu změny teploty ve vinici během zrání bylo použito speciálního zahřívacího systému, který co nejautentičtěji kopíroval skutečné klimatické změny. Všechny hrozny byly sklizeny ve stejném stupni zralosti a bylo dokázáno, že jejich sensorické vlastnosti (např. ovocné a bylinné aroma) byly během zrání ovlivněny zvyšováním teploty. Jde o příklad, jakým způsobem analýzy by mohlo dojít k většímu objasnění zkoumané problematiky za pomoci využití podrobně kontrolovaných studií. Jde o velice rozsáhlé a náročné pole zkoumání i vzhledem k faktu, že úrovně aromatických sloučenin a jejich prekurzorů variují jak napříč různými regiony, tak i uvnitř určitého regionu. Např. vyšší koncentrace luteinu a β -karotenu byly nalezeny v hroznech pocházejících z teplejších oblastí.

Environmentální podmínky se různí rok od roku, což dokázaly analýzy např. Chardonnay, či Semillonu. Porozumění této souvislosti je pro vinaře stěžejní. Větší objasnění by zasluhoval také vliv úrovně vystavení hroznů slunci. Není vždy zcela jasné, zda nepůsobí další proměnná (např. právě teplota). Větší vystavení slunci podporuje kumulaci volných i glykosylovaných norisoprenoidů a monoterpenů. Na druhé straně dochází k snížení koncentrací methoxypyrazinů, ty jsou navíc při sklizni ovlivněny také načasováním osvitů. Navíc zde hovoříme nejen o intenzitě světla, ale také o jeho kvalitě (např. vystavení modro-zelenému světlu vede k syntéze karotenoidů). (Robinson et al., 2014)

3.4.2 *Agrotechnické zásahy*

Kvalita vína je závislá na celé škále praktik a akcí různého rozsahu i povahy. Agrotechnické zásahy představují jedno z těchto odvětví a hluboce souvisejí s výše popsány environmentálními podmínkami. Výrobní řetězec vína je ovlivňován od samého počátku, tzn. od výběru konkrétní odrůdy pro konkrétní lokalitu. Výběr vhodné odrůdy pro konkrétní lokalitu může ve vyhrocených případech vést i k přestěhování

vinice. Burešová, Pavloušek (2014) popisují různé aplikační systémy používané v ČR, které slouží k vysazování pro danou vinařskou oblast regionálně typických odrůd. Prvním z nich je VOC Znojmo, pro znojenskou oblast se staly typickými odrůdami: Sauvignon, Ryzlink rýnský a Veltlínské zelené. Mikulovská vinařská oblast se systémem VOC Mikulov doporučuje odrůdy Pálava, Ryzlink rýnský a Ryzlink vlašský. Vinice na úpatí Pálavy podléhají ještě přísnějšímu systému VOC Pálava, označující tuto oblast za terroir³ vhodný pro Ryzlink vlašský. Aromatická struktura vína je v případě vápenatého podloží ovlivňována nejvýznamněji.

Spolu s novými prořezávacími technikami, optimalizací vodní bilance a určitými enologickými postupy může dojít k posílení kýženého aroma vín, někdy dokonce k rozvinutí zcela nového aroma. Sklizeň je v současnosti převážně mechanizovaná, což neznamená zhoršení kvality hroznů, naopak např. u odrůd Sauvignon blanc na území ČR, Francie a Austrálie je prokázán pozitivní efekt.

Zemánek a Burg (2010) uvádí následující zásady pro dosažení kvalitních hroznů:

- Provést podlom a očištění kmínků včas
- Přizpůsobit kvalitní a včasné provádění chemické ochrany aktuálnímu počasí
- Zformovat kvalitně a rychle zelenou stěnu (zvedání letorostů a jejich osečkování)
- Provést kvalitní a včasnou kultivaci příkmenných pásů
- Provést odlistění zelené stěny ve vhodnou dobu (období dozrávání)
- Provést sklizeň rychle a operativně (Zemánek, Burg, 2010)

Základním předpokladem pro vypěstování kvalitního vína je co nejlépe vytvarovaná listová stěna, která zajišťuje révě rovnoměrné oslunění. Při jejím vytváření je třeba postupovat tak, aby stěny nebyly příliš řídké ani husté, čímž je docíleno ideálního mikroklima i požadovaného vystavení slunci. Těmito zásahy může být také podpořena odolnost hroznů vůči houbovým nákazám. V tomto ohledu je důležitý počet letorostů. Její budování má být zahájeno ihned na začátku vegetace, „obecně platí, že výška listové stěny má být přibližně 1,30 m a na letorostu by mělo být 13 – 15 hlavních listů.“ (Burešová, Pavloušek, 2014) Úprava listové plochy během vegetačního období zahrnuje čištění kmínků, podlom, osečkování, vylamování zálistků, odlistění zóny hroznů a regulace jejich násady.

³ Terroir pochází z francouzského označení pro zem, kraj či půdu. Jde o souhrn faktorů přírody a prostředí vinice. Spolu s technologickými postupy a konkrétní odrůdou vymezuje typ a kvalitu vína. (Ackermann, 2007)

Jak vyplývá z výše uvedeného, vystavení révy slunci má také vliv na tvorbu aromatických látek, jenž může být jak pozitivní, tak negativní. U bílých odrůd jde především o podporu tvorby aromatických látek, nicméně problematické je příliš intenzivní odlistění způsobující přílišné osvětlení či vystavení teplotě (důsledkem může být např. sluneční spála révy). Ve vhodně zvolené období odlišťují vinaři zónu hroznů, čímž docílí vyšší produkce. Hrozny nesmí být zastíněné, tyto zelené práce tak potřebují největší ruční zásah a je při nich často využíváno mechanizačních prostředků, aby bylo docíleno udržení rovnovážného poměru mezi listovou plochou a hmotností hroznů. Prostřiháním hroznů dochází také ke zvýšení úrovní glykosylovaných terpenů a alifatik. Praktiky používané ve vinici slouží tedy mimo jiné k manipulaci se světlem tak, aby bylo dosaženo kýžené aromatické kompozice hroznů. Tzv. defoliace nachází v posledních letech ve vinohradnictví stále větší uplatnění kvůli rostoucím nárokům na kvalitu vína. Hlavní podstata odlistění spočívá v „odstranění listů ze zóny hroznů v pásu širokém přibližně 0,30 – 0,60 m.“ (Zemánek, Burg, 2010) Důsledkem lepšího oslunění a prohřátí poté dochází k odbourávání kyseliny jablečné a k odpařování vody současně s nárůstem obsahových látek, především těch aromatických ve slupce bílých hroznů.

S touto technikou jsou spojena také různá ohrožení, nejadekvátnější je tedy její provádění až během fáze svěšení hroznů. Vyhnout se poškození hroznů představuje hlavní přednost ručního provádění defoliace, nicméně nejmodernější přístroje dovolují provedení velmi kvalitního odlistění bez poškození hroznů. Mechanizované odlišťování je prováděno odlišťovači či defoliátory (ventilátorové, impulsní, termické). Nedávné výzkumy poukázaly na vhodnost provedení defoliace před kvetením, kdy je dosaženo nejlepší aromatické zralosti bobulí. Pavloušek (2012) tuto skutečnost potvrdil šetřením u odrůdy Hibernál (odstraněny zálistky, dva listy v zóně hroznů, čtyři hrozny v zóně hroznů) a Ryzlink rýnský (odstraněny zálistky a dva listy v zóně hroznů). Nicméně je také důležité zhodnotit použití u konkrétních bílých odrůd, vhodné jsou ty s vyšším obsahem kyselin (Ryzlink rýnský, Rulandské bílé a Veltlínské zelené) a naopak.

Dalším faktorem majícím vliv na kvalitu hroznů je dostupnost vody, která představuje v pěstování vína jeden z hlavních limitů. Jde o jev, který se spolu s proměnami klimatu stává stále více problematickým. Snižováním přísunu vody dochází např. k pozměňování aromatického složení hroznů, vodní deficity zvyšují úroveň karotenoidů a mají různorodé vlivy na monoterpeny. Efektivita použití vody se tak logicky dostává do centra pozornosti i agrotechnických zásahů. Významným způsobem, jakým regulovat potřebu vody je osečkování, strategie, která může pomoci

při období sucha. Jak podotýká Burešová, Pavloušek (2014), je třeba tuto strategii volit promyšleně, její aplikace před kvetením sice podporuje vyšší výnosnost keřů, nicméně činí hrozny méně kvalitními i náchylnějšími k houbovým chorobám. Jde o zkrácení letorostů ve výšce 150 až 200 mm nad horním dvojdrátím dvakrát až třikrát v roce. Kýženým výsledkem použití osečkovací lišty nebo osečkovače je dosažení zvýšeného přístupu světla do zelené stěny, zlepšení přístupu vzduchu, lepší pronikání a účinnost postřiků, zastavení růstu letorostů a zvyšování přístupu asimilátů do hroznů i plodového dřeva. (Zemánek, Burg, 2010)

Medrano et al. (2012) doporučují další způsob regulace potřeby vody, konkrétně hovoří o systému řízeného zavlažovacího deficitu. Pomocí zavlažovacích systémů tak lze optimalizovat vodní bilanci. Zkoumání v tomto ohledu komplikuje vzájemné působení důsledků vodních deficitů a zrání hroznů.

Hnojení, výživa a ošetřování půdy představuje další způsob, jakým ovlivňovat aromatický charakter vín. Ozelenění meziřadí, ať již spontánní vegetací či cíleným vysetím např. přispívá ke zlepšení půdní struktury, obzvláště k lepší výživě dusíkem. (Viguié et al., 2014; Burešová, Pavloušek, 2014; Robinson et al., 2014; Medrano et al., 2012)

3.4.3 Zrání hroznu

Během zrání se v bobuli odehrává spousta procesů. Dochází ke změnám v koncentraci aromatických látek, k přeměně jejich prekurzorů apod. Tyto transformace se dějí simultánně s hromaděním hroznů, přesto však nelze tvrdit, že jde o vzájemně závislé procesy. Environmentální podmínky působí nepřetržitě, proto je obtížné přiřadit konkrétní účinek konkrétnímu výsledku. V neposlední řadě lze zmínit také možnost napadení hroznu plísňovou infekcí. Např. *Botrytis cinerea* mění monoterpeny a norisoprenoidy v hroznové šťávě.

V tomto ohledu je třeba dalšího zkoumání, vzhledem ke komplexnosti vzájemného působení zmiňovaných faktorů a složení hroznů. Mělo by být ověřováno především synchronní působení více faktorů. (Robinson et al., 2014)

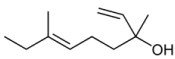
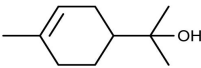
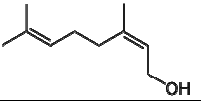
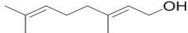
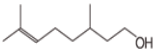
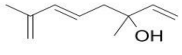
4. PŘEDSTAVENÍ ZÁKLADNÍCH SKUPIN AROMATICKÝCH LÁTEK

4.1 Terpeny a monoterpeny

4.1.1 Základní charakteristika

Aromatické terpeny zahrnují monoterpeny, seskviterpeny a aldehydy, které jsou během fermentace redukovány na alkoholy. Monoterpeny se objevují ve formě jednoduchých hydrouhlíků, aldehydů, alkoholů, kyselin a dokonce i esterů. Právě některé monoterpenové alkoholy patří mezi nejvíce aromatické. Jejich přítomnost v muškátových hroznech byla poprvé prokázána v roce 1956 Cordonierem, od té doby došlo k mnohým výzkumům zabývajícím se touto problematikou. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b) V současnosti je známo okolo 50 monoterpenických sloučenin, převažující jsou jejich alkoholy – linalool, geraniol, nerol, α -terpineol, citronellol a ho-trienol. (Pavloušek, 2007)

Tabulka 1: Základní představitelé monoterpenů a jejich charakteristiky

Monoterpeny	Popis vůně	Práh vnímání vůně ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Chemický vzorec
Linalool	Růže	50	
α -terpineol	Konvalinka	400	
Nerol	Růže	400	
Geraniol	Růže	130	
Citronellol	Citronela	18	
Ho-trienol	Lípa	110	

Zdroj: Pavloušek, 2007; Ribéreau-Gayon et al., 2000a

Projevem přítomnosti monoterpenů je muškátové aroma doplňované jemnými květinovými a ovocnými tóny. Se zvyšováním jejich koncentrace během zrání se pojí

žloutnutí a zlátnutí slupky, v níž jsou monoterpeny přítomné především. (Ribéreau-Gayon et. al, 2000a)

Monoterpenové aldehydy jsou aromaticky agresivnější než odpovídající alkoholy, jejich vůně připomíná citrusové plody. Monoterpenové alkoholy jsou nejvýznamnější skupinou terpenů, mezi nejaromatictější zástupce patří bezesporu citronelol a linalool. (Moreno, Peinado, 2012)

4.1.2 Biosyntéza monoterpenů

Prvotní kroky biosyntézy terpenických sloučenin zahrnují produkci mevalonické kyseliny z glukózy působením acetyl koenzymu A. Poté z této kyseliny vzniká isopentenyl pyrofosfát. Veškeré terpenoidy staví na C5 isoprenické základní jednotce. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a)

Biosyntéza terpenů probíhá dvěma cestami, které jsou odlišné vzhledem k rozlišnému vzniku prekurzorů terpenů – isopentenylidifosfátu a dimethylallyldifosfátu. Obě cesty se nicméně mohou propojit, nelze tak hovořit o striktně oddělených procesech. Mevalonátovou cestou vznikají prekurzory triterpenů a seskviterpenů. Pyruvátová, neboli Rohmerova cesta produkuje prekurzory monoterpenů, diterpenů a tetraterpenů. Ty jsou syntetizovány v plastidech buněk skrze 1-deoxy-D-xyluloso-5-fosfát. Oba zmíněné prekurzory terpenů touto cestou vznikají odděleně. (Dvořáková et al., 2011; Robinson et al., 2014)

Biosyntéza monoterpenů se dělí na čtyři fáze. V první fázi dochází pyruvátovou cestou k vytvoření isopentenylidifosfátu a dimethylallyldifosfátu, dvou základních složek monoterpenů. Začíná zde šestistupňová syntéza těchto jednotek kondenzací dvou atomů uhlíku z pyruvátu s glycerinaldehyd-3-fosfátem. Následná kondenzace isopentenylidifosfátu a dimethylallyldifosfátu dává vzniknout geranylidifosfátu, který je katalyzován geranylidifosfát-syntasou patřící k enzymům. Ve třetí fázi dochází ke vzniku základních skeletů monoterpenických podskupin transformací geranylidifosfátu monoterpen-cyklasami elektrofilním mechanismem. K zakončení reakcí dochází deprotonací nebo odštěpením nukleofilu. V poslední fázi vznikají jednotlivé monoterpeny, deriváty modifikované ze základního skeletu. (Dvořáková et al., 2011) Monoterpeny v hroznech vznikají použitím geranylfosfátu jakožto substrátu. (Moreno, Peinado, 2012)

4.1.3 Rozdělení odrůd dle obsahu monoterpenů

Pavloušek (2011) uvádí dělení odrůd dle obsahu monoterpenů vyvinuté Mateem a Jimenezem: intenzivně aromatické muškátové odrůdy, nemuškátové aromatické odrůdy a neutrální odrůdy, kde monoterpeny ovlivňují aroma jen minimálně. Moreno a Peinado (2012) přidávají do tohoto členění ještě kategorii aromatických odrůd – aromatické odrůdy, kde jsou koncentrace terpenů lehce pod $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Zahrnují např. Cabernet Sauvignon, Merlot či Verdejo, odrůdy, které v předchozím členění spadají do kategorie neutrálních odrůd (Tab. 2).

Tabulka 2: Obsah monoterpenů v různých odrůdách

Rozdělení odrůd dle obsahu monoterpenů	Koncentrace monoterpenů	Představitelé
Intenzivně aromatické muškátové odrůdy	$4 - 6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	Muškát alexandrijský, Muškát de Frontignan, Muškát bianche del Piemonte, Muškát hamburský, Muškát Ottonel, Moscato italiano, Muškát á Petits Grains, Muškát d'Alsace, Canada Muscat
Nemuškátové, vysoce aromatické odrůdy	$1 - 4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	Huxel, Kerner, Morio muškát, Müller-Thurgau, Ryzlink rýnský, Scheurebe, Schönburger, Siegerrebe, Sylvánské zelené, Wurzer, Pinot Gris, Auxerrois, Albariño, Tramín
Neutrální odrůdy	Minimální (pod $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Aryan, Bacchus, Cabernet Sauvignon, Carignan, Chardonnay, Chrupka, Merlot, Nobling, Rkatziteli, Rulandské šedé, Sauvignon, Semillon, Shiraz, Trebbiano, Viognier, Sauvignon Blanc, Cabernet Franc, Airen, Palomino, Garnacha

Zdroj: Pavloušek, 2011; Ribéreau-Gayon et al., 2000b; Moreno, Peinado, 2012

Dobře zdokumentované jsou korelace mezi květinovými sensorickými vlastnostmi a vysokými úrovněmi volného linaloolu a α -terpineolu v bílých vínech produkovaných z muškátových odrůd a aromatických nemuškátových odrůd. Kromě toho byl dokázán důležitý vliv (Z)-růžového oxidu na typické aroma liči v tramínových vínech, která jsou dále ovlivňována také monoterpenovým „vinným laktonem“ (Robinson, 2014). Ostatní aromatické odrůdy, čili nemuškátové kultivary, z nichž nejběžnějším představitelem je Ryzlink rýnský, obsahují nižší úrovně volných

monoterpenů než muškátové odrůdy. Biosyntéza monoterpenů v této odrůdě je spojena s genem nazývaným VvDXS. Tento gen kóduje klíčový enzym v časně syntéze terpenů a bylo dokázáno, že je spojen s produkcí terpenů v muškátových odrůdách a dalších, muškát připomínajících, aromatických mutacích.

Existuje stále spousta neidentifikovaných monoterpenů, důkazem jejichž možné přítomnosti v hroznech je nedávné prokázání dvaceti těchto terpenů v hroznech Fernão-Pires z Portugalska. Objevování nových, důležitých terpenových komponentů (např. rotundon) je pokračujícím procesem, který poukazuje na důležitost dalšího bádání na tomto poli.

Kromě toho, mnoho monoterpenů podléhá transformaci vlivem pH a teplotních podmínek ve šťávě a víně. Tato skutečnost poukazuje na fakt, že biosyntéza hroznů nemusí vysvětlovat výskyt všech terpenových metabolitů nacházených ve víně. Např. za kyselých podmínek má degradace geraniolu a linaloolu za následek tvorbu linaloolových oxidů a α -terpineolu. Reakce jsou větší při vyšších teplotách, které se mohou vyskytnout během transportu či skladování a mohou přispět k zralým charakteristikám vína.

Monoterpeny ve víně mohou vznikat také vlivem ne-hroznových materiálů ve vinicích a v jejich okolí. Např. existují důkazy, že eukalyptol, který je pravděpodobně syntetizován v bobulích Cabernetu Sauvignon, může být výsledkem přítomnosti eukalyptových stromů v okolí vinice.

4.1.4 Vliv různých faktorů na terpeny a monoterpeny

Vliv na obsah a koncentraci monoterpenů má především teplota a sluneční záření. Příliš vysoká teplota, která může být podpořena neadekvátním odlistěním, snižuje kvalitu vína, výsledkem může být až nahořklá chuť. Adekvátní odlistění a osečkování má však naopak velmi pozitivní vliv na zvyšování koncentrace terpenů.

4.1.4.1 Vývoj bobulí

Koncentrace terpenů se zvyšuje během vývoje hroznů, od stádia, kdy hrozny zaměkají až k úplné zralosti (Obr. 1). Zralé hrozny mohou „obsahovat koncentrace terpenů, které jsou pětikrát až šestkrát vyšší než koncentrace, které nacházíme v nezralých hroznech.“ (Moreno, Peinado, 2012) Z tohoto důvodu může sloužit právě koncentrace terpenů jako indikátor zralosti hroznů.

Zelená bobule obsahuje vysoké množství vázaných terpenů, zatímco ty volné jsou přítomny jen v malém množství. Některé monoterpeny dokonce v tomto stádiu nejsou přítomné – např. citronellol a α -terpineol. Zatímco obsah vázaných terpenů se během zrání neustále zvyšuje, obsah volných terpenů vzrůstá jen velmi pomalu a může dokonce klesat. Z uvedených skutečností tedy vyplývá, že se „zásoby terpenů objevují především ve vázané formě.“ (Ribéreau-Gayon et al., 2000a) Hlavní monoterpeny a terpenové polyoly se tedy v hroznech nachází v glykosylované formě, která je více častá než volná forma, přičemž proporce volných a vázaných forem jsou dány konkrétní odrůdou. Vlivem přítomnosti β -glykosidázů dochází k uvolňování určitých volných, aromatických terpenů z jejich nearomatických glykosidů. (Pavloušek, 2011; Ribéreau-Gayon et al., 2000a; Villamor, Ross, 2013)



Obrázek 1: Kumulace terpenů v hroznech během zrání (Foto J. Frotscher)

Někteří autoři poukazují také na pokračující hromadění monoterpenů, dokonce i v přezrálých hroznech. Ostatní sdílejí rozšířený názor, že volné monoterpeny začínají klesat před tím, než je dosaženo maxima cukru. Variace mají na svědomí podmínky vinohradu, především teplota, případně vodní zásobování vinice. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b) Nicméně koncentrace určitých monoterpenů, např. linaloolu a α -terpineolu, se během přezrávání prokazatelně zvyšují. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a)

4.1.4.2 Podmínky ve vinici

Klima má velký potenciál ovlivnit obsah terpenů v hroznech. Chladnější klima znamená dlouhou a pomalou dobu zrání, což v případě terpenů znamená pomalejší zvyšování volných terpenů, nicméně s jejich výsledným vyšším obsahem. Aromatický potenciál Tramínu červeného, Ryzlinku a Sauvignonu se plně projevuje právě jen v chladnějším klima (Ewart, 1987 dle Ribéreau-Gayon et al., 2000a) Další důležitou vlastností vinice je odpovídající zásobování vinice vodou, její nedostatečné zásoby vedou k vyšším koncentracím terpenických sloučenin.

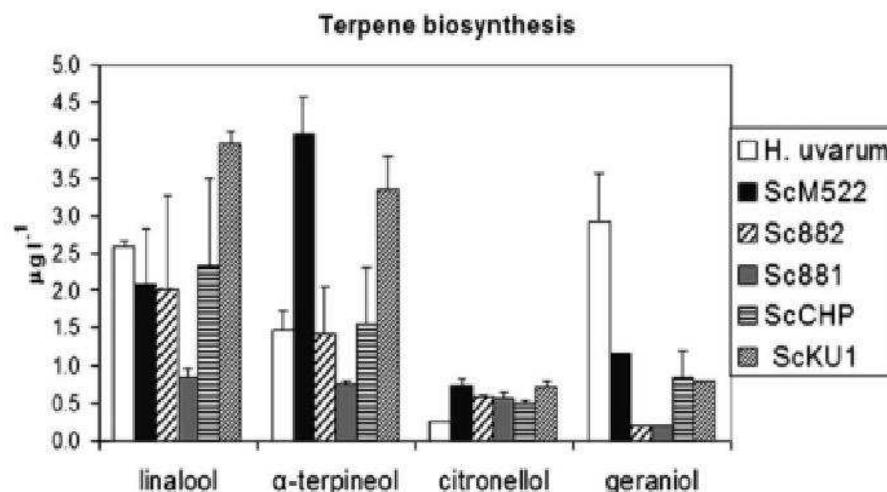
4.1.4.3 Podmínky při výrobě vína

Vinný mošt má vysoký aromatický potenciál, který je velkou měrou spojen právě s koncentrací vázaných terpenů. Za uvolňování určitých terpenových alkoholů jsou odpovědné v hroznech přítomné β -glykosidázy. Kvůli určitým podmínkám při výrobě vína je však přítomnost těchto enzymů limitována. Děje se tak z několika důvodů: optimální pH pro tyto enzymy je pět; kvůli nedostatku specifčnosti glykosidů či kvůli vyjasnění moštu, které redukuje aktivity glykosidů. (Moreno, Peinado, 2012)

4.1.4.4 Vliv kvašení

Role kvasnic na odrůdové aroma není příliš probádána, výjimkou jsou terpenická aroma muškátových odrůd a aroma Sauvignonu. Kvasnice ovlivňují skladbu terpenových alkoholů jen málo, protože uvolňují pouze malá množství volných terpenových alkoholů z terpenových glykosidů přítomných ve šťávě. Nicméně byla prokázána určitá schopnost některých kmenů *Saccharomyces cerevisiae* (EG8, 2056, VL3) zvýšit intenzitu aroma např. Sauvignonu či Tramínu červeného. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a)

Carrau et al. (2005) např. prokázal, že „linalool a α -terpineol jsou terpeny produkované v největším množství“ (Carrau et al., 2005) následujícími kmeny *S. cerevisiae*: M522, 882, 881, CHP, KU1 a H. uvarum. Následující obrázek (Obr. 2) ukazuje další výsledky.



Obrázek 2: Biosyntéza terpenů kmeny *S. cerevisiae* (Carrau et al., 2005)

4.4.1.5 Botrytis cinerea

Vlivem útoku botrytidy dochází k oxidaci volných terpenických sloučenin v méně vonné produkty. Kompozice monoterpenů může být zásadním způsobem přeměněna poškozením hlavních monoterpenů a poklesem jejich vonného potenciálu. Např. linalool může projít enzymatickou oxidací, která má za následek produkci 8-hydroxylinaloolu.

V případě že šedá hniloba kontaminuje 20 a více % hroznů, celková úroveň koncentrace terpenických alkoholů v muškátových odrůdách klesá přibližně na polovinu, přičemž nejvíce ohrožené jsou ty nejvíce vonné monoterpeny – linalool, geraniol a nerol. Tyto alkoholy jsou transformovány např. v oxidy linaloolu, α-terpen alkohol či jiné sloučeniny. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a; Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

4.4.1.6 Vliv stárnutí

Během stárnutí vína jak volné, tak vázané formy monoterpenových alkoholů, které se uvolňují ze svých glukosidů, prochází hydrolyzou a mění se na jiné monoterpeny. Jako příklad lze uvést transformaci monoterpenů v kyselém prostředí, kdy jejich alkoholy prochází izomerací, cyklizací, hydratací, dehydratací a oxidačními reakcemi. Nejběžněji pozorovaným důsledkem stárnutí je redukce monoterpenů s otevřeným řetězcem a vzrůst jejich cyklických forem, čímž během skladování a stárnutí dojde k utlumení typického muškátového aroma. (Moreno, Peinado, 2012)

4.2 Karotenoidy a C₁₃-norisoprenoidy

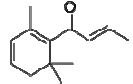
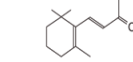

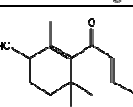
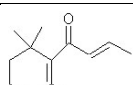
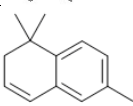

4.2.1 Základní charakteristika karotenoidů a C₁₃-norisoprenoidů

Některé odrůdy mají tendenci získat aromaticčnost až během stárnutí (např. odrůdy Ryzlinku), což naznačuje přítomnost určitých ne-aromatických prekurzorů. Karotenoidy sdílí stejný původ s terpeny, jejich molekulární váha je však vyšší. Jejich molekuly jsou obsaženy především v pevných částech bobule, přičemž slupka je dvakrát až třikrát bohatší než buničina. Začínají se tvořit mezi kvetením a zaměkáním. Poté, co zaměkání započne, již dochází k postupnému poklesu jejich obsahu. Vlivem světla se během vývoje bobulí přeměňují v C₁₃-norisoprenoidy především v glykosylované formě, které se již vyznačují vonnými vlastnostmi, hlavně květinovými a ovocnými tóny. Zatímco skutečnost, že karotenoidy jsou citlivé na světlo i na biochemickou oxidaci je známá, metabolické cesty vedoucí k tvorbě norisoprenoidů nejsou zatím příliš probádané. (Ribéreau-Gayon et al., 2000a; Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Norisoprenoidy, karotenoidové deriváty s 13 atomy uhlíku, vznikají biodegradací karotenoidů. Ta je následovaná přeměnou na aromatické prekurzory (např. na glykosylovaný nebo jiný polarizovaný meziprodukt) a ty jsou v závěru kyselinou katalyzovány v aromaticky aktivní sloučeniny. Po svém vzniku jsou tyto sloučeniny subjektem další kyselé reakce během stárnutí vína. Některé podskupiny těchto aromatických látek jsou všudypřítomné, nejhojnější jsou ovšem obecně u aromatických odrůd. Jejich hojnost je velmi odvislá od specifického karotenoidového profilu hroznů. (Robinson, 2014; Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Nejdůležitější karotenoidy jsou: lutein, β-karoten, neoxanthyn a lutein-5,6-epoxyd. Chemicky lze rozlišit dvě formy norisoprenoidů. Okysličenou formou jsou megastigmany, které sestávají ze skeletu uhlíku megastigmanu a odlišují se pozicí oxygenové funkční skupiny, která buď chybí (megastigman), je připojena k uhlíku sedm (demascone) nebo je připojena k uhlíku devět (ionon). Další formou norisoprenoidů jsou non-megastigmany. Projevem jejich přítomnosti je zlatavé a narůžovělé zbarvení hroznů, nesmí však docházet k jejich hnědnutí, které je důsledkem nadměrného oslunění a odlistění. (Pavloušek, 2011; Ribéreau-Gayon et al., 2000a; Ribéreau-Gayon et al. 2000b; Villamor, Ross, 2013; Moreno, Peinado, 2012)

Tabulka 3: Základní představitelé C₁₃-norisoprenoidů a jejich charakteristiky

C ₁₃ -norisoprenoidy		Popis vůně	Práh vnímání vůně (µg · L ⁻¹)	Chemický vzorec
Megastigmany	Non-Megastigmany			
β-damascenon		Jablko, kdoule, květinové tóny, tropické ovoce	50	
β-ionon		Fialka, malina, dřevitá vůně	800	
3-oxo-α-ionon		Tabák	-	
hydroxy-β-damascone		Čaj a tabák	-	
β-damascon		Tabák a ovoce	-	
	TDN (1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaftalin)	Petrolejový odér	20	
	Vitispiran	Kafr, pryskyřice, eukalyptus	800	

Zdroj: Robinson, 2014; Ribéreau-Gayon et al., 2000b; Pavloušek, 2011

V kyselém prostředí některé ne příliš vonné oxygenované C₁₃-norisoprenoidy prochází chemickou modifikací, které mohou vytvořit β-damascenon, který je derivován z neoxanthinu. Podobným procesem mohou procházet také non-megastigmany, kdy především TDN je derivován z megastigmanů.

4.2.2 Syntéza vitispiranu

Vitispiran je dalším norisoprenoidem, který se vyskytuje u mnoha vín. Má dva chirální atomy uhlíku a čtyři stereoisomery. Díky syntéze dvou diastereoisomerů je poskytnuta jejich vůně. Stereoisomer 6S, 9R je více čerstvý a intenzivní než stereoisomer 6S, 9R. Vůně se podobá zelené chryzantémě s tóny květin a ovoce. Stereoisomer 6S, 9R má vůni tropických květin se zemitým podtextem

4.2.3 Výskyt v odrůdách

Obsah norisoprenoidů je typický pro odrůdy Chardonnay (kde např. zastupují 70 % všech přítomných těkavých sloučenin), β -damascenon je v tomto případě odpovědný za aroma tropického ovoce a květů. Koncentrace právě β -damascenonu v bílých i červených vínech velmi variuje, v některých vínech má však velmi zásadní čichový vliv. Vysoké koncentrace ovšem nacházíme především u vín červených, následují obecně vína suchá. Stejně tak β -ionon hraje u bílých vín zanedbatelnou roli a je významný především pro vína červená. 3-oxo- α -ionon může dosahovat vysokých koncentrací, nicméně jeho čichový vliv je zanedbatelný, což lze tvrdit i o hydroxy- β -damasconu a β -damasconu.

TDN je odpovědný za petrolejové aroma staršího Ryzlinku, v němž bylo nalezeno přinejmenším 40 norisoprenoidů v glykosylovaných formách. Nejvyšší koncentrace TDN lze najít u hroznů Ryzlinku, které jsou pěstovány v teplých podmínkách s intenzivním osluněním.

Obecně lze o norisoprenoidech prohlásit, že hrají roli u aroma následujících odrůd: Semillon, Sauvignon blanc, Chardonnay, Merlot, Syrah, Cabernet Sauvignon, Ryzlink, muškátové odrůdy, Rulandské bílé, Rulandské šedé. (Ribéreau-Gayon et al 2000b; Moreno, Peinado, 2012)

4.2.4 Faktory mající vliv na koncentraci norisoprenoidů

4.2.4.1 Podmínky ve vinici

Jak již bylo zmíněno výše, hlavní roli při determinování úrovně koncentrace norisoprenoidů hraje klima a frekvence i intenzita slunečního svitu. Norisoprenoidy vznikají díky fotochemickému a enzymatickému rozkladu karotenoidů, který mají na svědomí právě vyšší teploty a oslunění. „Expozice hroznů ke slunečnímu záření ovlivňuje kladně koncentraci norisoprenoidů, ale ne všechny sloučeniny z této skupiny jsou ovlivněny stejně.“ (Pavloušek, 2011)

Obsah některých norisoprenoidů, např. TDN, tak může být ovlivněn odlistěním hroznů. Odlistěním totiž dochází k intenzivnějšímu vystavení slunci a obsah TDN se tímto způsobem zvyšuje. (Pavloušek, 2011)

4.2.4.2 Stárnutí vína v lahvi

Aromatický účinek derivátů norisoprenoidů, které nacházíme jak ve volné, tak ve vázané formě, je patrnější u starších vín. Lze to přičítat tvorbě β -damascenonu z jeho prekurzoru v kyselém prostředí. (Moreno, Peinado, 2012)

TDN i vitispiran se obecně nevyskytují u mladých vín, nýbrž se objevují až během stárnutí v láhvi. Jak píše, právě TDN je odpovědné za aroma připomínající petrolej u Ryzlinku. Zatímco u starších vín je toto aroma žádoucí, u mladých vín jde o čichovou vadu. (Pavloušek, 2011)

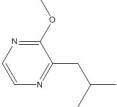
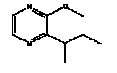
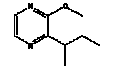
4.3 Pyraziny

4.3.1 Základní charakteristika pyrazinů

Jde o dusíkaté látky, které vznikají při tvorbě a přeměně aminokyselin, z nichž některé jsou jejich prekurzory. Nachází se hlavně ve slupce, lze je nalézt také v dužině a semínkách. Obsah je nejvyšší po započítání vybarvování bobulí, poté začíná klesat. Teplota, stejně jako odlistění má zásadní vliv na obsah methoxypyrazinů, prospívají jim především chladnější podmínky pro pěstování. Bohužel o jejich distribuci v hroznech bylo vytvořeno jen několik málo studií, tudíž nemáme k dispozici dostatek informací mapujících tento mechanismus. Nevyskytují se však pouze v hroznových bobulích, ale také v květech, kořenech, stoncích, nicméně nejsou z těchto částí přenášeny do bobulí.

Významnými zástupci jsou především 2-methoxy-3-isobutylpyrazin, 2-methoxy-3-isopropylpyrazin a 2-methoxy-3-sekbutylpyrazin (zelený pepř, asparágus a náznaky zemitých tónů). Vzhledem k jejich nízkým koncentracím, je velmi složité je objevit a kvantifikovat. Důležitým faktorem při determinaci úrovně kumulace methoxypyrazinů v hroznových bobulích je enzymatická metylace hydroxypyrazinových prekurzorů v methoxypyraziny pomocí O-metyltransferáz.

Tabulka 4: Základní představitelé pyrazinů a jejich charakteristiky

Metoxypyraziny	Popis vůně	Práh vnímání vůně ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Chemický vzorec
2-methoxy-3-isobutylpyrazin	Zelenina, tráva, zelený pepř, asparágus, chřest, paprika	2	
2-methoxy-3-isopropylpyrazin	Zelenina, tráva, zelený pepř, asparágus, chřest, paprika, zemina	1	
2-methoxy-3-sekbutylpyrazin	Zelenina, tráva, zelený pepř, asparágus, chřest, paprika	1	

Zdroj: Robison, 2014

Jedna z možných navržených drah biosyntézy methoxypyrazinů zahrnuje amidaci příslušné aminokyseliny, po které následuje kondenzace s glyoxalem a poté methylace. Jde o velmi neprobádanou problematiku, jejímuž intenzivnímu probádání brání několik překážek, včetně např. studia přesné distribuce pyrazinů v hroznech. (Pavloušek, 2011; Ribéreau-Gayon et al., 2000b; Moreno, Peinado, 2012; Robinson, 2014)

4.3.2 Výskyt v odrůdách

Jsou přítomné především u sauvignonových odrůd, např. jsou odpovědné za bylinkové aroma Cabernetu Sauvignon. Často jejich přítomnost prozrazuje zeleninové či trávové aroma. Dalšími odrůdami, které jsou ovlivňovány výskytem methoxypyrazinů jsou Sauvignon Blanc, Merlot, Cabernet Franc či Carmanere. Nízké koncentrace v těchto případech přispívají k odrůdovému aroma, naopak účinky vyšších koncentrací jsou považovány za nežádoucí.

Dále byly identifikovány také u nedozrálých hroznů Chardonnay, Ryzlinku či Pinot Noir, nicméně zde jsou jejich koncentrace pod prahem vnímání. V těchto případech navíc není jasný jejich původ, mohou vznikat až vlivem přítomnosti stonků a úponků během drcení a macerace.

4.3.3 Faktory mající vliv na proměnu koncentrace methoxypyrazinů

Nejvyšší koncentrace jsou přítomny u nezralých hroznů, během zrání poté graduálně klesají. Během zrání se už tak nízké koncentrace methoxypyrazinů ještě více snižují. Vyšší koncentrace jsou připisovány specifickým klimatickým podmínkám. Konkrétně jde o nižší teploty a málo slunečního svitu. Vzhledem ke skutečnosti, že jde o sloučeniny velmi citlivé na světlo, odlistěním může být docíleno dalšího zredukování koncentrací pyrazinů. Naopak k vyšším koncentracím přispívají štěrkové, jílové či vápencové půdy.

Většina do současnosti provedených studií se zabývala především výskytem methoxypyrazinů v souvislosti s použitými vinařskými praktikami. Obzvláštní důraz v tomto kontextu leží na shlukovém zachycení světla. Výjimku tvoří defekt v podobě vůně tzv. „vady sluněčka sedmítečného“ (Robinson et al., 2014), za kterou je odpovědný 2-methoxy-3-isobutylpyrazin. (Ribéreau-Gayon et al., 2000b; Moreno, Peinado, 2012; Robinson, 2014)


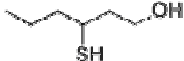
4.4 Těkavé sírové sloučeniny - vonné thioly

4.4.1 Základní charakteristika

Existuje množství těkavých thiolů dodávající příjemné bylinné, minerální, ovocné i uzené aroma. Nejhojnějšími těkavými sírovými sloučeninami jsou „H₂S, metanthiol, dimethylmerkaptany, methylthioestery, metyl thioacetát, S-methyl a polyfunkční thioly“ (Robinson et al., 2014). V tomto odvětví je však stále co objevovat. To lze zmínit i v případě probádanosti jejich biosyntézy.

Většina výzkumného zájmu je upřena na polyfunkční thioly. Jde o sírové sloučeniny, jejichž vznik je spojen s metabolismem kvasnic. Objevují se ve formě nevonných prekurzorů – konjugátů cysteinu a glutathionu, na jejichž tvorbě se podílí aminokyseliny. Jejich uvolňování do aromatické podoby nastává během macerace nebo kvašení hroznů pravděpodobně kvůli reakci zprostředkované β-lyázou. Nejvýznamnějšími jsou ethyl-3-merkaptopropionát, ethyl-2-merkaptopropionát, 3-merkaptohexanol, 4-methyl-4-merkaptopentan-2-on, a 4-methyl-4-merkaptopentan-1-ol.

Tabulka 5: Základní představitelé merkaptanů a jejich charakteristiky

Merkaptany	Popis vůně	Práh vnímání vůně ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Chemický vzorec
4-merkaptto-4-methylpentan-2-on	Janovec, zimostráz	0,8	
3-merkapttohexan-1-ol	Zimostráz, kůra grepu	4	

Zdroj: Ribéreau-Gayon et al., 2000b

Obecně jsou merkaptany odpovědné za určité čichové defekty, nicméně bylo prokázáno také přispění k ovocnému aroma (gřep, kiwi či guava) či přispění k typickému aroma vína. Tento případ zastupuje např. dimethylsulfid a Chenin Blanc či Colombard vyzrálý v lahvi.

Další důležitou skupinou jsou furany zahrnující 2-methyl-3-furanthiol, 2-furanmethanethiol. Jejich vznik je spojen se zahříváním v dubu. (Robinson et al., 2014)

4.4.2 Výskyt v odrůdách

Dimethylsulfid (DMS) v případě červených vín posiluje ovocné aroma díky počtu komplexních reakcí s ostatními těkavými sloučeninami (estery, norisoprenoidy). U bílých vín přispívá ke komplexnosti aroma, nicméně nelze to popsat jako pozitivní rys. Výskyt podporuje vůni připomínající kukuřici, melasu či asparágus. Jeho výskyt byl potvrzen u odrůdy Syrah.

Methionol přispívá k vůni syrových brambor, kvěťáku a převařené zeleniny u oxidovaných vín. U bílých vín se jeho koncentrace zvyšuje s vystavením vyšší teplotě a kyslíku.

Je důležité podotknout, že přestože merkaptany lze identifikovat v určitých odrůdách vinné révy, nejsou odhaleny v jejich moštu (protože se zde nachází zatím ve formě nevonných prekurzorů). Ovlivňují především odrůdu Sauvignon Blanc, jejichž vůni obohacuje o tóny zeleného pepře, nicméně mohou být přítomné i u nesauvignonových odrůd. Další odrůdy, u nichž hrají důležitou roli: Tramín, Merlot, Chenin Blanc. O jejich formaci současně existuje nedostatečné vědění, v tomto ohledu by mělo být podniknuto více vinařských výzkumů. Hlavní zájem byl doposud věnován uvolňování polythiolů během fermentace. (Robinson et al., 2014)

Tabulka 6: Základní představitelé sírových sloučenin a jejich charakteristiky

Těkavé sírové sloučeniny	Popis vůně	Výskyt v odrůdě
Polyfunkční thioly	Příjemná vůně ovoce / čichové defekty	Scheurebe, Sauvignon blanc, Tramín, Ryzlink, Colombar, Petit Manseng, Semillon, Cabernet Sauvignon, Merlot
Dimethylsulfid	Černá oliva, lanýž, mláží	Syrah
Furany	Tousty a pražená káva	Sauvignon blanc, Chardonnay, Merlot, Cabernet franc, and Cabernet Sauvignon, Petit Manseng

Zdroj: Robinson et al., 2014

4.4.3 Faktory mající vliv na sírové sloučeniny

O projevech vonných thiolů rozhoduje délka macerace, teplota při maceraci, použitý kmen kvasnic, teplota kvašení i způsob výroby vína. Nicméně stále zůstává nejasný přesný chemický mechanismus těchto akcí. Vliv technologických faktorů leží především v maceraci hroznů, která může vést k poklesu sírových derivátů. Mošty bez přidání siřičitanů mohou ztratit své aroma. Ke ztrátě typického aroma dochází také kvůli přítomnosti mědi.

Všeobecně známá je také možnost redukovat koncentraci hydrogensulfidu kvašením za pomoci přidání dusíku ve formě aminokyselin (výjimku tvoří cystein či amoniak). „Děje se to proto, že tyto zdroje dusíku jsou prekurzory syntézy O-acetylserinu nebo O-acetylhomoserinu, což jsou významné složky při syntéze cysteinu, methioninu a glutathionu.“ (Robinson et al., 2014) Nejde o jediný důležitý faktor pro redukování H₂S, nedávné výzkumy přišly se zjištěním, že při rehydrataci kvasinek pro jejich použití při kvašení hroznové šťávy, je pro omezení vzniku H₂S i jiných těkavých látek stěžejní použití živin. Je známá aktivita vinařů, kteří používají ke konci fermentace či před lahvováním sulfát mědi k odstranění H₂S (např. redukce 3-merkaptohexanolu v zalahvovaném Sauvignonu blanc).

Přítomnost určitých sloučenin (DMS, methionol, diethylsulfid, diethyl disulfid) se během stárnutí vína a s vyšší teplotou násobí a přispívá tak k aroma starých vín.

(Pavloušek, 2011; Ribéreau-Gayon et al., 2000b; Villamor, Ross, 2013; Moreno, Peinado, 2012)

4.5 Těkavé fenoly

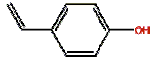
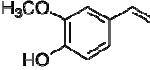
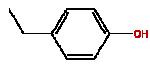
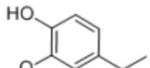
4.5.1 Základní charakteristika

Jejich vliv na aroma je převážně negativní, především u bílých vín, u kterých často hnědne slupka, což má za následek nahořklou a tříslovitou chuť. Čichové defekty způsobené těkavými fenoly jsou navíc u vín poměrně časté.

U bílých vín jde hlavně o roli vinylfenolů, které se projevují plastovým, lékárnickým zápachem. U červených vín poté hovoříme o ethylfenolech, které jsou spojeny se zráním vína v sudu. Výsledkem může být fenolický pach kůže, zápach připomínající pot koně či vůni laku. Růžové víno se pohybuje někde mezi nimi. Jejich koncentrace ve víně se pohybuje mezi pár desítkami a několika stovkami $\mu\text{g/l}$. nejrozšířenějšími představiteli jsou: vinyl-4-fenol, vinyl-4-guaiacol, etyl-4-fenol a etyl-4-guaiacol.

Za hlavní prekurzory jsou považovány následující kyseliny: felurová, kumarová, fertarová a koutarová. Vinylfenoly u bílých vín vznikají enzymatickou dekarboxylací kvasinkami kyseliny felurové a kumarové. Jejich obsah ve víně je tak ovlivněn jak koncentrací prekurzorů, tak aktivitou zmíněné enzymatické dekarboxylace.

Tabulka 7: Základní představitelé těkavých fenolů a jejich charakteristiky

Těkavé fenoly	Popis vůně	Chemický vzorec
Vinyl-4-fenol	Farmaceutika, tempery	
Vinyl-4-guaiacol	Karafiát	
Ethyl-4-fenol	Koňský pot, stáje	
Ethyl-4-guaiacol	Uzené, pálivé aroma	

Zdroj: Ribéreau-Gayon et al., 2000b

4.5.2 Výskyt v odrůdách

Obzvláště citlivými odrůdami jsou: Chardonnay, Ryzlink vlašský, Muškát moravský a Veltlínské zelené. Roli sehrává odlistění a následné intenzivní oslunění, které podporuje tvorbu prekurzorů – kyseliny felurové, kumarové, fertarové a koutarové.

Na druhé straně, jak zjistil Versini (dle Ribéreau-Gayon et al., 2000b), tyto sloučeniny mohou mít i pozitivní účinek na kvalitu určitých vín, konkrétně u odrůdy Tramín.

4.5.3 Faktory mající vliv na fenoly

Velkou měrou je determinantem koncentrování těkavých fenolů kvalita odlistění, která má za následek vystavení intenzivnímu slunečnímu svitu, v jehož důsledku dochází k podpoře tvorby prekurzorů vonných fenolů. Koncentrace fenolů jsou vyšší u zralých hroznů vypěstovaných v horkém klimatu. Obsah je dále ovlivněn podmínkami extrakce a vyjasnění moštu. „Brutální, mechanické zásahy (dynamické odšťavňovače, nepřetržitě lisování atd.), nedostatečné usazení a v menší míře prodloužený kontakt se slupkou umožňuje extrakci fenolických kyselin z hroznů vína a tím tvorbu vinylfenolů během alkoholové fermentace.“ (Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

Dalším faktorem ovlivňujícím koncentrace fenolových kyselin je stupeň oxidace moštu. Byl zaznamenán prudký pokles kyseliny kumarové bez přidání oxidu siřičitého v důsledku hyperoxygencí moštu. Značný pokles v koncentracích vinylfenolů je spojen také se stárnutím bílého vína, především v lahvi. Důvodem je jejich radikální polymerizace v polyvinyl fenoly. (Pavloušek, 2011; Villamor, Ross, 2013; Ribéreau-Gayon et al., 2000b)

5. ZÁVĚR

Práce si klade za cíl poskytnout shrnutí aktuálně známých informací o výskytu a působení aromatických komponentů v hroznech révy vinné a rozebrání jejich proměn během zrání. Nejdříve je tak učiněno na obecné úrovni, následně práce poskytuje zevrubnější deskripci v rámci partikulárních aromatických skupin. Stejným způsobem je nastíněna také problematika použití agrotechnických zásahů vedoucích ke kvalitní produkci vína obecně a především v souvislosti se změnami aromatických látek.

Z uvedeného jasně vyplývá, že kompozice aromatických látek je pro vnímanou kvalitu vína stěžejní. Jejich přítomnost, či zvýšená koncentrace může vést k pozitivním, bohužel však i k negativním sensorickým vlastnostem vína. Výsledek je odvislý jak od environmentálních faktorů, tak právě od agrotechnických zásahů.

Stěžejní roli u aromatických látek hraje především vytvoření a udržování kvalitní listové stěny i správně provedené odlistění. Vzhledem ke klimatickým změnám, ke kterým patří mimo jiné také výkyvy počasí, se stává využití agrotechniky velmi komplexní problematikou, kdy je důležité jak načasování těchto zásahů, tak kvalita jejich provedení. Je velmi složité dospět k přesným závěrům, na kterých by bylo možné stavět. Zkoumání v tomto ohledu znamená časovou i finanční náročnost, aby mohlo být pozorováno a kontrolováno působení specifických faktory. Je třeba se také zaměřit na zmiňované načasování i přesné a kvalitní provedení daných zásahů. Přestože mechanizace na jednu stranu usnadňuje a zefektivňuje práci ve vinohradu, neopatrné použití drastických metod vede k nežádoucím účinkům na kvalitu vína.

Lze očekávat jak kontinualitu klimatických změn, tak vývoj technologií na poli pěstování révy vinné. Lepší porozumění tak musí následovat, aby bylo docíleno rozšíření produkce kvalitních vín a naopak dosaženo potlačení výskytu nejen čichových defektů. Právě aroma hraje vedle chuti klíčovou roli pro posouzení výsledné kvality vína jak na straně vinařů, tak konzumentů. V práci jsou nastíněny různé postupy, jakými lze dosáhnout tohoto pokroku a zároveň také postupy, které mohou potlačit vznik nežádoucích látek a tudíž i nežádoucího aroma.

6. SOUHRN

Aromatické látky v hroznech bílých moštových odrůd a změny během zrání hroznů

Bakalářská práce poskytuje rozebrání velmi aktuální a stěžejní tematiky vinohradnictví. Konkrétně jde o analýzu aromatických látek v hroznech i jejich změny na základě různých faktorů. Je rozebrána jak komplexita aroma, tak hlavní rodiny aromatických látek za tuto komplexitu odpovědné. Důležité je jak samostatné působení určitých skupin, tak jejich vzájemné interakce. Toto zjištění naznačuje velkou komplexitu zkoumané tematiky, přičemž je dospěno k závěru, že je třeba dalšího rozsáhlého úsilí v této oblasti.

Aromatické látky se proměňují vlivem environmentálních podmínek, použitých agrotechnických zásahů i biochemických a chemických procesů probíhajících během zrání, případně stárnutí vína. V rámci environmentálních faktorů je vyzdvížena důležitost klimatických podmínek, jež bude dále stoupat vlivem změny klimatu. Agrotechnické zásahy v kontextu zkvalitnění vinného aroma zahrnují především zelené práce, obzvláště je třeba vyzdvihnout odlistnění a formování kvalitní listové stěny. Během zrání a následně stárnutí vína jsou aromatické látky v hroznech i jejich výsledné aroma také významně přeměňovány. Jde opět o velmi vzájemně provázané procesy, především jejich kombinace je třeba více zkoumat.

Klíčová slova: aromatické látky, vývoj hroznů, agrotechnické zásahy, odrůdové aroma, bílé víno

7. RESUMÉ

Aromatics in grapes of white wine grape varieties and changes during their ripening

The aim of submitted work is to realize an analysis of aromatic compounds in grapes and of their changes caused by various factors. The text provides an analysis of aroma complexity as well as the main families of the aroma components, which are responsible for the complexity. It's important to understand the compounds can work separately and in mutual interactions as well. The fact increases the complicity of the theme. There is big need for further investigation.

Aromatics vary due to environmental conditions, to using specific agrotechnical interventions and to biochemical and chemical processes. Key determinant within the environmental conditions are clima and it's ongoing change. Agrotechnical investigations responsible for the quality of wine include green works especially defoliation and forming of the leaf canopy. During ripening and aging of wine there are additional changes in grapes, wines and wine aromas. It should be mentioned, these processes are also highly interdependent and there is an importance to research their combinations.

Key words: aromatic components, developement of grapes, agrotechnical investigations, varietal aroma, white wine

8. POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- Ackermann, P. (2007). *Velký vinařský slovník*. Praha: Radix.
- Burešová, P., Pavloušek, P. (2014). *Vše, co byste měli vědět o víně...: ...a nemáte se koho zeptat*. Praha: Grada, s. 37-45
- Carrau, F. M., Medina, K., Boido, E., Farina, L., Gaggero, C., Dellacassa, E., Versini, G., Henschke, P. A. (2005). *De Novo Synthesis of Monoterpenes by Saccharomyces cerevisiae Wine Yeasts*. Federation of European Microbiological Societies: Microbiology Letters 243, pp. 107-115.
- Dvořáková, M., Valterová, I., Vaněk, T. (2011). *Monoterpeny v rostlinách*. Chemické listy 105, s. 839-845.
- Ferreira, V. (2010). *Volatile Aroma Compounds and Wine Sensory Attributes*. In: Reynolds, A. G. (ed.). (2010). *Managing Wine Quality. Volume 1: Viticulture and wine quality*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 3-23
- Jackson, R. S. (2009). *Wine Tasting: A Professional Handbook*. Food Science and Technology, pp. 55-77
- Medrano, H., Pou, A., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J. M., Gulias, J., Flexas, J. (2012). *Improving Water Use Efficiency in Grapevines: Agronomic and Biotechnological Approaches*. In: Bravdo, B., Medrano, H. (eds.). (2012). *International Symposium on the Effect of Climate Change on Production and Quality of Grapevines and their Products*. Acta Hort (931), pp. 97-107
- Moreno, J., Peinado, R. (2012). *Enological Chemistry*. Waltham, MA: Academic Press.
- Tesniere, C., Flanzy, C. (2011). *Carbonic Maceration Wines: Characteristics and Winemaking Process*. In: Jackson, R. S. (ed.). (2011). *Speciality Wines. Advances in Food and Nutrition Research (63)*, USA: Elsevier, pp. 1-14

- Ortega-Heras, M., González-SanJosé, M. L., Beltrán, S. (2002). *Aroma Composition of Wine Studied by Different Extraction Methods*. *Analytica Chimica Acta* 458 (1), pp. 85-93
- Pavloušek, P. (2007). *Encyklopedie révy vinné*. Brno: Computer Press, s. 27
- Pavloušek, P. (2011). *Pěstování révy vinné: Moderní vinohradnictví*. Praha: Grada Publishing.
- Pavloušek, P. (2012). *Brzký termín odlistění zóny hroznů, nový pohled na agrotechniku révy vinné*. *Vinařský obzor* (12), s. 608-611
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B., Lonvaud, A. (2000a). *Handbook of Enology 1: The Microbiology of Wine and Vinifications*. New York: Wiley.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2000b). *Handbook of Enology 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*. New York: Wiley.
- Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., Ebeler, S. E. (2014). *Origins of Grape and Wine Aroma. Part 1. Chemical Components and Viticultural Impacts*. *American Journal of Enology and Viticulture* 65: 1, pp. 1-24
- Viguié, V., Lecocq, F., Touzard, J.-M. (2014). *Viticulture and Adaptation to Climate Change*. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, pp. 55-60
- Villamor, R. R., Ross, C. F. (2013). *Wine Matrix Compounds Affect Perception of Wine Aromas*. *The Annual Review of Food Science and Technology* 4, pp. 1-20
- Zalacain, A., Marín, J., Alonso, G. L., Salinas, M. R. (2007). *Analysis of Wine Primary Aroma Compounds by Stir Bar Sorptive Extraction*. *Talanta* 71 (4), pp. 1610-1615
- Zemánek P., Burg, P. (2010). *Vinohradnická mechanizace*. Olomouc.