

# Utjecaj mikrooksigenacije na senzorske karakteristike vina

---

**Bekavac, Tea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:337271>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno–biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski studij Prehrambena Tehnologija**

**Tea Bekavac**

7072/PT

**UTJECAJ MIKROOKSIGENACIJE NA SENZORSKE  
KARAKTERISTIKE VINA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Osnove prehrambene tehnologije**

**Mentor:** prof. dr. sc. *Karin Kovačević Ganić*

**Zagreb, 2019.**

Rad je izrađen u Laboratoriju za kemiju i analitiku vina na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Karin Kovačević Ganić, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo**  
**Laboratorij za tehnologiju i analitiku vina**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

## **Utjecaj mikrooksigenacije na senzorske karakteristike vina**

*Tea Bekavac, 0058206905*

### **Sažetak:**

Mikrooksigenacija je tehnika koja je razvijena sredinom 90-tih kao alternativa dozrijevanju u hrastovim bačvama, dok današnja primjena uključuje i aplikaciju prije samog dozrijevanja u bačvama s ciljem poboljšanja senzorskih karakteristika i kvalitete vina. Primjena mikrooksigenacije u prvom redu utječe na polifenolni sastav vina. Promjene u sastavu antocijana odgovorne su za promjenu boje vina, dok s druge strane promjene u sastavu i strukturi proantocijanidina odgovorne su za senzorska svojstva trpkocće i gorčine. Utvrđeno je kako dodatak malih, kontroliranih doza kisika u vino može utjecati na stabilizaciju boje, poboljšanje okusa i strukture vina te redukciju vegetativne arome vina, a novija istraživanja su pokazala pozitivan, dugoročni učinak ove tehnike na senzorske karakteristike vina.

**Ključne riječi:** mikrooksigenacija, vino, aroma, boja, trpkocća

**Rad sadrži:** 21 stranica, 6 slika, 50 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničnom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** prof. dr. sc. Karin Kovačević Ganić

**Datum obrane:** 18. rujna 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Engineering**  
**Laboratory for Technology and Analysis of Wine**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Food Technology**

**The influence of microoxygenation on the sensory characteristics of wine**  
*Tea Bekavac, 0058206905*

### **Abstract:**

Microoxygenation is technique developed in mid 1990s as technique alternative to barrel aging. Nowadays, the practical use of microoxygenation includes the application before aging in barrels in order to improve wine sensory characteristics and its overall quality. Application of microoxygenation primarily affects the wine polyphenolic composition. Changes in the composition of anthocyanins are responsible for the changes of color, while changes in the proanthocyanids composition are responsible for wine astringency and bitterness perception. Microoxygenation benefit claims include stabilization of wine color, improved taste and structure, as well as the reduction of vegetative aroma, while resents studies also confirmed these positive long term effects on sensory characteristics.

**Keywords:** microoxygenation, wine, aroma, color, astringency

**Thesis contains:** 21 pages, 6 figures, 50 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** PhD. Karin Kovačević Ganić, Full professor

**Defence date:** 18<sup>th</sup> September 2019

## **Sadržaj**

1.	UVOD .....	1
2.	AROMA VINA .....	2
2.1.	Primarna (sortna) aroma vina.....	2
2.2.	Sekundarna (fermentacijska) aroma vina .....	3
2.2.1.	Utjecaj alkoholne fermentacije na aromu .....	4
2.2.2.	Utjecaj jabučno-mliječne fermentacije na aromu .....	6
2.3.	Aroma starenja.....	7
3.	UTJECAJ POLIFENOLA NA SENZORSKE KARAKTERISTIKE VINA.....	8
4.	MIKROOKSIGENACIJA.....	10
5.	UTJECAJ KISIKA NA SENZORSKE KARAKTERISTIKE VINA .....	12
5.2.	Utjecaj kisika na boju bijelih vina .....	12
5.3.	Utjecaj kisika na boju crnih vina .....	13
5.4.	Utjecaj kisika na okus vina .....	14
6.	ZAKLJUČAK.....	15
7.	LITERATURA.....	16

## 1. UVOD

Vino je među najstarijim poljoprivrednim proizvodima koji se proizvodi fermentacijom grožđa. Zakon o vinu NN 96/2003 definira vino kao poljoprivredni prehrambeni proizvod, dobiven potpunim ili djelomičnim alkoholnim vrenjem masulja ili mošta, od svježeg i za preradu u vino pogodnoga grožđa. Pogodnim grožđem za proizvodnju vina, podrazumijeva se zdrav, zreo, prezreo, prosušen ili prirodno smrznut plod vinove loze priznatih sorta vinove loze, vrste *Vitis vinifera L.* ili njenih križanaca s drugim vrstama roda *Vitis* namijenjenih proizvodnji vina ili drugih proizvoda od grožđa i vina s tim da je u soku takva grožđa sadržaj šećera najmanje 133 g/l (Zakon o vinu, NN 96/03). Vino ima karakteristična senzorska svojstva. Senzorska svojstva vina su: boja, okus, miris.

Spojevi arome vina odgovorni su za miris. Sastav spojeva arome ovisi o zrelosti grožđa, sorti, uvjetima starenja, vinogradarskoj praksi te o drugim brojnim faktorima. Najznačajniji spojevi aroma vina su: esteri, viši alkoholi, terpeni, hlapive kiseline, karbonilni spojevi, hlapivi fenoli te spojevi sa sumporom. Polifenolni spojeva vina odgovorni su za boju vina, a njihov sastav zajedno uz sastav organskih kiselina, šećera i mineralnih komponenti definira okus vina.

Mikrooksigenacija je postupak kojom se unose određene količine kisika u vino, s ciljem je poboljšanja kvalitete vina, odnosno njegove boje, okusa i arome. Utvrđeno je kako dodatak malih, kontroliranih doza kisika u vino može utjecati na stabilizaciju boje, poboljšanje okusa i strukture vina te redukciju vegetativne arome vina, a novija istraživanja su pokazala pozitivan dugoročni učinak ove tehnike na senzorske karakteristike vina.

## **2. AROMA VINA**

Aromu u širem smislu možemo definirati kao sveukupni senzorski doživljaj mirisnih i okusnih svojstava vina, a rezultat je kvalitete grožđa i načina proizvodnje vina (Lambrechts i Pretorius, 2000).

Na aromu vina može utjecati više faktora. Njen sastav i složenost ovise o sorti i zrelosti grožđa, postupcima prije i tijekom fermentacije, aktivnosti kvasca, ali i o uvjetima dozrijevanja vina (Jackson, 1994).

Koncentracija hlapivih komponenata koje nastaju tijekom alkoholne fermentacije ovisi o načinu provođenja fermentacije. Također, sastav hlapivih spojeva ovisi o tome odvija li se starenje u boci ili u bačvi jer tada dolazi do formiranja određenih spojeva, ali i do ekstrakcije spojeva iz drva bačve (Piñeiro i sur., 2006).

Tvari arome dijelimo ovisno o vremenu formiranja pa tako razlikujemo: primarnu ili sortnu aromu, sekundarnu ili fermentacijsku aromu te aromu starenja (Rapp, 1990).

### **2.1. Primarna (sortna) aroma vina**

Primarna (sortna) aroma vina se formira već u vinogradu pod utjecajem klime, tla, načina gnojenja i uzgoja. Na primarnu aromu vina najviše utječe sorta grožđa. Spojevi primarne arome su aldehidi, terpenski spojevi, C6 spojevi, norizoprenoidi i metoksipirazini.

Terpeni su najzastupljenija grupa spojeva primarne arome grožđa (Jackson, 1994). Ove spojeve možemo naći gotovo u svim sortama grožđa, ali najveće koncentracije terpena možemo naći u sortama kao što su Gerwürtztraminer, Muškat te Rizling. Vina ovakvih sorti imaju istaknute cvjetne atribute. U grožđu i vinu je pronađeno oko 40 spojeva terpena, ali samo neki od njih su predstavnici važnih komponenata za aromu vina. Također, istraženo je da biljke sadrže više od 400 spojeva terpena (Esti i Tamborra, 2006). Monoterpeni su najjednostavniji terpeni jer se sastoje od deset ugljikovih atoma, odnosno imaju dvije izoprenske jedinice. Nalaze se u pokožici i mesu bobice grožđa. Monoterpeni mogu biti slobodno i glikozidno vezani. Slobodni oblici utječu na aromu. Neki primjeri slobodnih oblika su: geraniol, 3 nerol, linalol, linalol oksid,  $\alpha$ -terpineol, citronelol, hotrienol i nemirisni polihidroksilatni spojevi (polioli). Uslijed blage kiselinske hidrolize nemirisni polihidroksilatni spojevi prelaze u mirisne oblike (Gunata i sur., 1993). Monoterpeni se ne mijenjaju tijekom



alkoholne fermentacije jer ne ulaze u metabolizam kvasaca pa se stoga koriste za sortnu karakterizaciju vina. Čimbenici koji utječu na vrstu i koncentraciju prethodno navedenih spojeva u grožđu ili vinu su: zrelost i sorta grožđa, prešanje i starenje vina, izloženost bobica sunčevom svjetlu, upotreba glikozidaza (Webster i sur., 1993). Ovi spojevi se nalaze u koncentracijama iznad senzorskog praga osjetljivosti u mnogim vinima te iz tog razloga ti spojevi aktivno sudjeluju u formiranju arome (Piñeiro i sur., 2006). Upravo su monoterpeni karakteristični za sortu Muškat koja sadrži karakteristične monoterpene koji su zastupljeni u gotovo deset puta većim koncentracijama u odnosu na druge sorte grožđa (Sánchez-Palomo i sur., 2007).

Norizoprenoidi nastaju hidrolizom međuprodukata oslobođenih tijekom razgradnje karotenoida (Winterhalter i Schreier, 1994). Ovi spojevi se formiraju iz karotenoida pod utjecajem kisika, temperature i svjetla. Naime, oksidativnom degradacijom karotenoida, odnosno terpena s 40 ugljikovih atoma, nastaju derivati s 9, 10, 11 ili 13 ugljikovih atoma. No, među njima norizoprenoidni derivati s 13 ugljikovih atoma imaju najznačajnija aromatična svojstva (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Norizoprenoidni derivati s 13 ugljikovih atoma s obzirom na kemijsku strukturu se dijele na dvije skupine: megastigmani i ne-megastigmani. Megastigmani su oksidirani norizoprenoidni derivati s 13 C atoma. Njih možemo podijeliti na damaskenonsku grupu, koji su oksidirani na C7 atomu, i iononsku grupu, koji su oksidirani na C9 (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Spoj  $\beta$ -damaskenon spada u damaskenonsku grupu i ima značajan utjecaj na aromu vina ima. Nositelj je arome na cvijeće, kuhanu jabuku i tropsko voće (Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

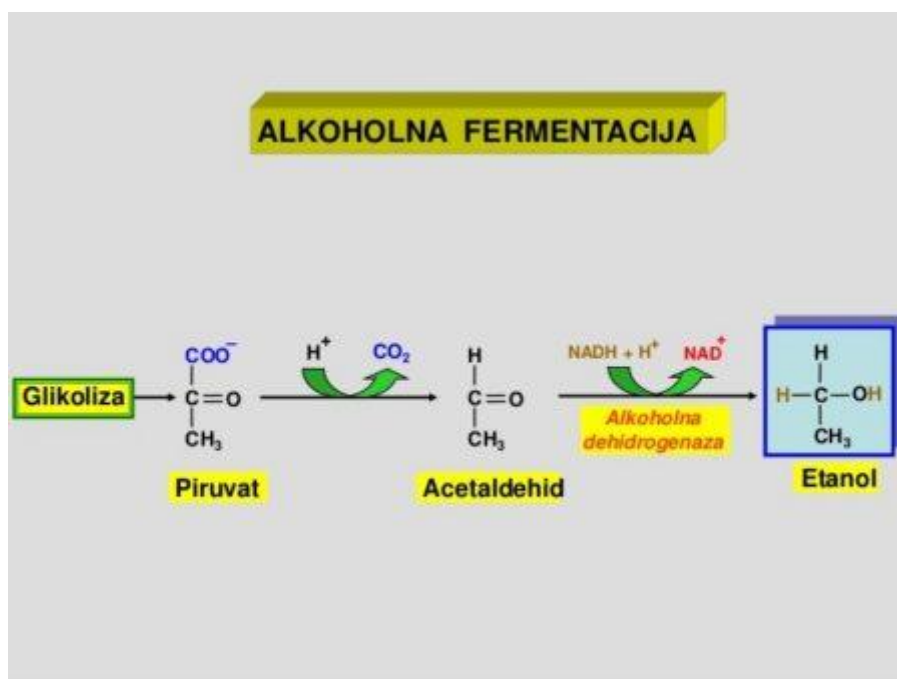
## **2.2. Sekundarna (fermentacijska) aroma vina**

Za vrijeme alkoholne i jabučno-mliječne fermentacije dolazi do formiranja arome fermentacije. Spojevi koji su odgovorni za aromu fermentacije nastaju kao produkt metabolizma kvasaca i bakterija (Guth i Sies, 2002). Međutim, važno je naglasiti da i tijekom prerade grožđa, postupcima kao što su muljanje, runjenje, prešanje te daljnjim kemijskim i enzimskim reakcijama u moštu, također dolazi do formiranja arome vina. Tehnološki procesi kroz koje grožđe prolazi i prije same fermentacije također pridonose koncentraciji i intenzitetu spojeva arome.

### 2.2.1. Utjecaj alkoholne fermentacije na aromu

Alkoholna fermentacija je važan biokemijski proces u kojem dolazi do međudjelovanja kvasaca, bakterija i ostalih mikroorganizama (Fugelsang i Edwards, 2004). Tijekom alkoholne fermentacije dolazi do nastajanja najvažnijeg dijela arome. Kvasci su važni jer fermentiraju šećer u etanol i ugljikov dioksid (slika 1), ali oni također proizvode niz osjetilno važnih hlapivih spojeva (Lambrechts i Pretorius, 2000). Alkoholnom fermentacijom dolazi do povećavanja kemijske složenosti i kompleksnosti okusa i mirisa. Također, olakšava se ekstrakcija spojeva iz pokožice i sjemenki koji su prisutni u masulju te se modificiraju neki spojevi porijeklom iz grožđa (Pretorius, 2000).

Kad dolazi do proizvodnje vina potrebno je kontrolirati uvjete u kojima se odvija proizvodnja vina. To se odnosi na: pH, temperaturu, sastav medija, aerobnost procesa, soj kvasaca i dr. Kada dođe do nepovoljnih uvjeta, kao što su: visoka temperatura i oksidiranost, nastaje manje hlapivih spojeva te stoga dolazi do povećavanja koncentracije nepoželjnih spojeva (Piñeiro i sur., 2006). Kvasac koji se najčešće koristi za proizvodnju vina je *Saccharomyces cerevisiae*. Takav kvasac ima sposobnost rasta u medijima s visokom koncentracijom šećera od 220 do 250 g/L i pri niskom pH od 3 do 4. Također, ovaj kvasac vrlo dobro podnosi visoke koncentracije etanola (Moreira i sur., 2001).



Slika 1 Alkoholna fermentacija(Swiegers i sur., 2008)

Osnovne kemijske skupine koje nastaju tijekom alkoholne fermentacije su: viši alkoholi, esteri, masne kiseline, karbonilni spojevi, spojevi sa sumporom i hlapljivi fenoli (Fleet, 1993).

Viši alkoholi sadrže više od dva ugljikova atoma te imaju veću molekulsku masu i vrelište od etanola. Ova skupina spojeva značajno pridonosi aromi vina te ih karakterizira snažan i oštar miris (Nykänen, 1986). odvija se sinteza viših alkohola istovremeno sa stvaranjem etanola (Rapp i Versini, 1991). Viši alkoholi su sekundarni metaboliti kvasca. Na njihovo nastajanje utječe koncentracija aminokiselina koje su prekursori za sintezu viših alkohola (Swiegers i Pretorius, 2005). Također, viši alkoholi nastaju deaminacijom i dekarboksilacijom određenih aminokiselina (treonin, valin, leucin, izoleucin) ili sintezom iz šećera (Mauricio i sur., 1997). U vinu ukupni udio viših alkohola je u rasponu od 100-500 mg/L (Dubourdieu i sur., 2006). Njihova koncentracija ovisi o brojnim čimbenicima, kao na primjer: sorti, uvjetima fermentacije (koncentracija šećera, pH, temperatura fermentacije i aeracija), mutnoći mošta i soju kvasca koji provodi fermentaciju (Swiegers i sur., 2008). Uslijed mikrobiološkog kvarenja nastaju koncentracije viših alkohola iznad 400 mg/L što rezultira jakim i oštrim mirisima. U optimalnim koncentracijama, ispod 300 mg/L, imaju voćne karakteristike te pozitivno utječu na aromu vina (Swiegers i Pretorius, 2005). Najznačajniji predstavnici spomenute skupine spojeva su 1-propanol, 1-butanol, *i*-amil alkohol i 2-fenil etanol (Swiegers i sur., 2008). Viši alkoholi su važni prekursori nastajanja estera koji daju ugodnu i poželjnu aromu vina (Dubourdieu i sur., 2006).

Esteri su najvažnija skupina spojeva koji čine aromu vina. Čimbenici koji utječu na sastav i koncentraciju estera u vinu su: sorta i zrelost grožđa, ekološki uvjeti, uvjeti prerade grožđa, uvjeti provedbe fermentacije i dozrijevanje vina (Lambrechts i Pretorius, 2000). Tijekom fermentacije nastaju dvije glavne skupine estera: etil esteri ravnolančanih masnih kiselina i acetatni esteri viših alkohola. Etilni esteri nazivaju se još i voćni esteri. U vinima od etilnih estera možemo naći: etil propionat, etil butanoat, etil heksanoat, etil oktanoat i etil dekanoat (Lambrechts i Pretorius, 2000), dok su najznačajniji acetatni esteri prisutni u vinu: etil acetat i *i*-amil acetat (Wang i sur., 2002).

Kiseline u vinu možemo podijeliti na hlapljive kiseline i nehlapive kiseline. Organske kiseline se nalaze u grožđu te iz mošta prelaze u vino. Ovisno o koncentraciji u kojoj se nalaze kiseline, ali i tipu i stilu vina one mogu imati pozitivan i negativan utjecaj na okus vina. S druge strane, hlapive organske kiseline u vinu nastaju kao sekundarni produkt alkoholne fermentacije. Također, one nastaju tijekom procesa dozrijevanja, ali i usred kvarenja vina (Jackson, 1994). Srednjolančane masne kiseline su: heksanska, oktanska i dekanska. One

nastaju metabolizmom kvasca kao intermedijeri u biosintezi dugolančanih masnih kiselina (Lambrechts i Pretorius, 2000), dok kratkolančane masne kiseline su: propionska, mliječna i maslačna kiselina. One su sekundarni produkti fermentacije, iako se propionska i maslačna kiselina mogu povezati i s djelovanjem bakterija (Sweigers i sur., 2005). Udio kratkolančanih masnih kiselina se povećava tijekom alkoholne fermentacije, dok se udio srednjelančanih masnih kiselina smanjuje (Fleet, 1993).

U skupini karbonilnih spojeva važno je istaknuti acetaldehid i diacetil. Oni imaju veliki utjecaj na miris vina. U vinu je pronađen karakteristični aldehid etanal ili acetaldehid. Ovaj spoj je najzastupljeniji aldehid, koji čini 90 % ukupne koncentracije svih aldehida u vinu. Sintetizira se tijekom rasta kvašćevih stanica kad se potroši 25 % šećera (Liu i Pilone, 2000). Acetaldehid je ujedno i posljednji prekursor prije formiranja etanola iz razloga što je piruvat posljednji produkt glikolize te tada on prelazi u acetaldehid uz piruvat dekarboksilazu koji potom uz alkohol dehidrogenazu prelazi u etanol (Delfini i Costa, 1993).

Važan sastojak arome vina je keton, diacetil ili 2,3-butandiol. Ovaj spoj je ujedno i sekundarni metabolit alkoholne i jabučno-mliječne fermentacije (Bratowsky i Henschke, 2004). Prepoznatljiv je po maslačnoj aromi. Sinteza diacetila je proporcionalna dostupnosti aminokiselina valina i treonina. Diacetil je nestabilan produkt te jednostavno reducira u 2,3-butandiol uz pomoć kvasaca preko acetona koji potiče oksido-redukcijsku reakciju (Fleet, 1993).

### **2.2.2. Utjecaj jabučno-mliječne fermentacije na aromu**

Nakon alkoholne fermentacije provodi se jabučno-mliječna fermentacija djelovanjem bakterija mliječne kiseline. Tijekom jabučno-mliječne fermentacije jabučna kiselina se dekarboksilira u mliječnu uz nastajanje ugljikovog dioksida (slika 2). U slučaju povećane kiselosti vina provodi se jabučno-mliječna fermentacija koja utječe na aromatski profil vina te poboljšava njegova aromatska svojstva (Lambrechts i Pretorius, 2000).

U proizvodnji vina se najviše koriste bakterije roda *Oenococcus oeni* jer su one najviše prilagodljive pa se stoga koriste za poticanje jabučno-mliječne fermentacije u vinu (Henschke, 1993). Znanstvenici Henschke i Bratowsky su pokazali putem svog istraživanja da prije spomenute bakterije imaju mogućnost modifikacije nekih komponenata i senzorskih svojstava vina putem kojih stvaraju nove okuse i arome samog vina. Diacetil je intermedijer metabolizma



### 3. UTJECAJ POLIFENOLA NA SENZORSKE KARAKTERISTIKE VINA

Polifenolni spojevi su prisutni u malim koncentracijama u vinu i grožđu, ali imaju značajan utjecaj na senzorske karakteristike vina, kao što su: boja, okus i trpkoca.

Hidroksicimetne kiseline su najvažniji polifenolni spojevi u bijelim vinima. Također, oni su supstrati za oksidaciju te prekursori posmeđivanja koji doprinose vizualnoj kakvoći bijelih vina (Singleton i sur., 1984; Kennedy i sur., 2006).

Antocijani su nositelji boje u crnim vinima, a stvaranjem polimera s taninima povećavaju stabilnost boje (Robinson i sur., 1966). Također, antocijani su odgovorni za sve nijanse narančaste, ružičaste, crvene, plave i purpurne boje koje se javljaju u grožđu, vinu i drugim proizvodima od grožđa (Fulcrand i sur., 2006; Revilla i sur., 2010). Mogu biti u interakciji s drugim aromatskim spojevima pa stoga doprinose aromi grožđa i vina (Vidal i sur., 2004; He i sur., 2010).

Flavan-3-oli monomeri su nositelji okusa gorčine vina. Ovi spojevi ekstrahiraju se iz pokožice i sjemenke grožđa tijekom maceracije ili prešanja, zbog čega je koncentracija u bijelom vinu niža od one koju nalazimo u crnom vinu (González-Manzan i sur., 2009).

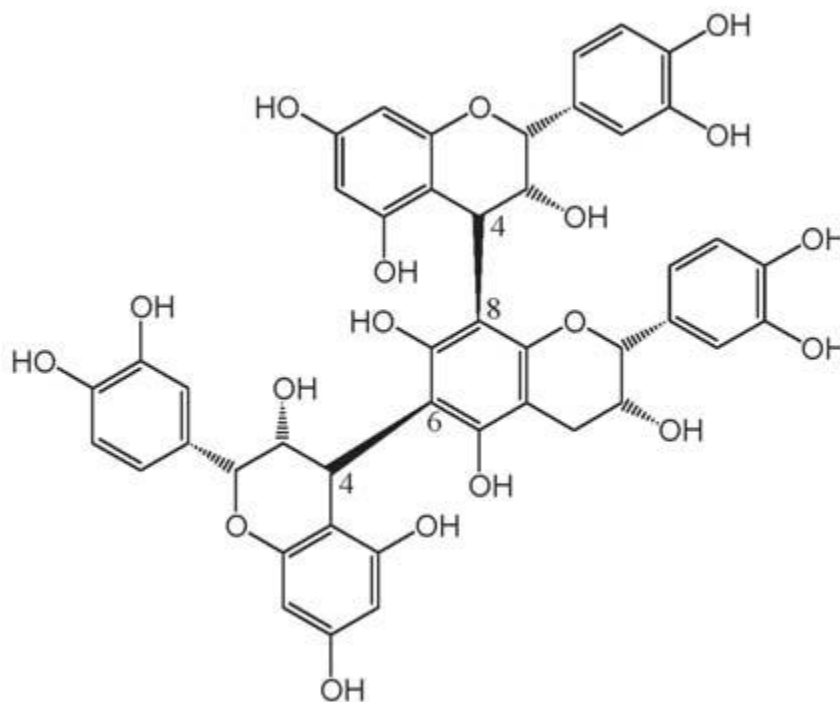
Flavan-3-ol oligomeri i polimeri (proantocjanidini ili tanini) (slika 3) nositelji su taktilnog osjeta trpkocē. Trpkocū vina osjećamo unutar cijele usne šupljine, a nastaje vezanjem tanina i proteina sline i to proteina bogatih prolinom i mucinima (glikoproteini). Ovaj osjet javlja se kao posljedica taloženja proteina iz sline pri čemu se smanjuje lučenje sline, vlažnost usne šupljine te javlja sjećaj suhoće u ustima. Primarni deskriptori trpkocē stoga su skupljanje i stezanje tkiva u usnoj šupljini te suhoća u ustima (Lawless i sur., 1994).

Osjet trpkocē u ustima ima dugotrajno djelovanje. Maksimalan intenzitet trpkocē osjećamo već nakon 10-15 sekundi, to ovisi o strukturi i koncentraciji polifenolnih spojeva, tanina, u vinu. Spomenuti intenzitet se povećava tijekom uzastopnog kušanja različitih uzoraka vina. Upravo iz tog razloga preporučuje se čišćenje nepca neslanim kruhom te ispiranjem vode (Guinard i sur., 1986).

Povećanje udjela alkohola (udio alkohola u vinu je između 11 % i 15 %) pridonosi smanjenju trpkocē jer dolazi do promjena u konformaciji proantocjanidina, što za posljedicu ima ograničeno vezanje s proteinima sline (Fontoin i sur. 2008; Pascal i sur., 2008.).

Polisaharidi mogu stvarati komplekse s protein-tanin agregatima čime se poboljšava topljivost nastalih kompleksa u vodi, ali i sprječava njihovo taloženje, što dovodi do smanjenja trpkocće (Carvalho i sur., 2006; Soarses i sur., 2009).

Smanjenjem prosječne molekulske mase proantocijanidina, smanjuje se i trpkocća vina (Chira i sur., 2011). Procesom mikrooksidacije, slično kao i prilikom dozrijevanja u hrastovim bačbama, dolazi do smanjenja trpkocće vina i stabilizacije. Naime, pod utjecajem kisika dolazi nastanka acetaldehida i brojnih kemijskih reakcija. Acetaldehid, može reagirati s taninima i formirati mostove između tanina te tanina i antocijana. Također, potiče formiranje makromolekularne strukture i taloga, što rezultira smanjenjem trpkocće. Nadalje, pokazalo se kako mikrooksidacija ima izrazito povoljan utjecaj na smanjenje trpkocće vina s visokom koncentracijom tanina (del Carmen Llaudy i sur. 2006).



**Slika 3.** Struktura proantocijanidina (tanina) vina (Kennedy i sur. 2006)

#### 4. MIKROOKSIGENACIJA

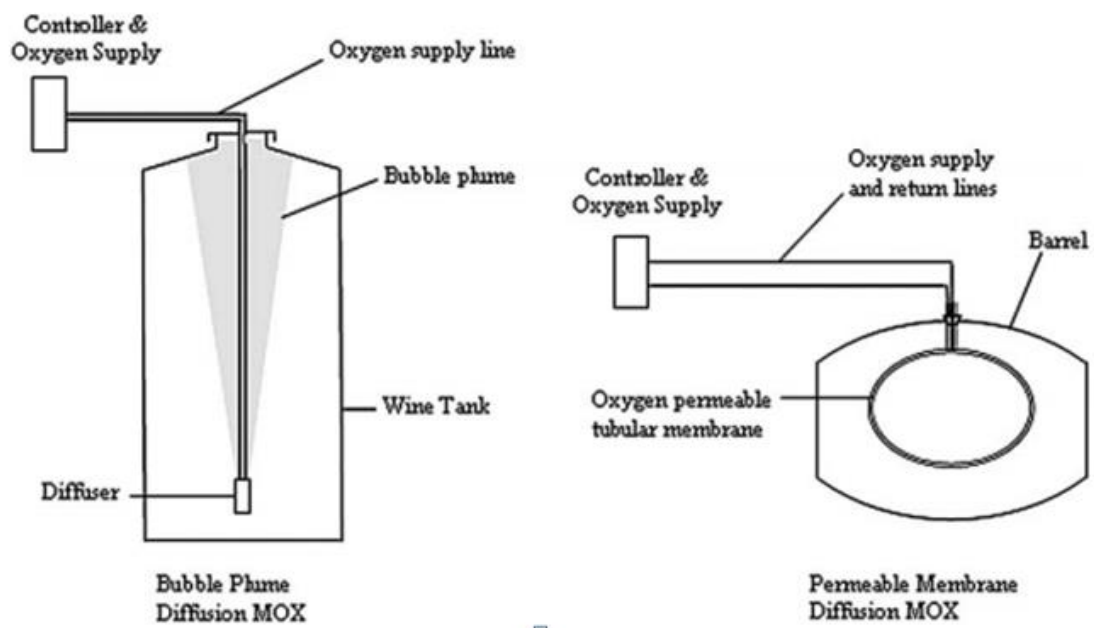
Mikrooksigenacija je postupak koji se odvija spontano kroz drvo dužice bačve te također postupak u kojem se unosi mala doza kisika u posudu u kojoj se nalazi mlado vino koje je prisutno još na kvascima. Posljedica toga je zaobljenje tanina i dozrijevanje vina pri čemu neće doći do nepoželjne promjene reduktivne prirode.

Mikrooksigenacija daje pozitivne rezultate kod vina koja su bogata taninima, kao što su Cabernet Sauvignon i Tannat. Dodavanje kisika je strogo kontrolirano jer veći dodatak kisika može dovesti do negativnih posljedica kao što su trpkoca, nepoželjne oksidacijske promjene te rast i razvoj nepoželjnih mikroorganizama. Koncentracija dodanog kisika se izražava u mililitrima na litru vina mjesečno te ovisi o polifenolnim i senzorskim karakteristikama uz vina.

Ranija istraživanja o utjecaju mikrooksigenacije na kvalitetu crnih mladih vina pokazali su kako pažljivo dozirana količina kisika u ranoj fazi života vina smanjuje osjetljivost na oksidaciju vina u kasnijem životnom razdoblju dozrijevanja. Također, preporučuje se da je odnos antocijana i tanina u vinu u kojem se provodi mikrooksigenacija ekvivalentan (Cano-López i sur., 2008).

Kod procesa mikrooksigenacije važno je kontrolirati kvasce roda *Brettanomyces* jer oni u vinu stvaraju neugodne mirise, kao što su konjski znoj i mišji urin. Vina koja su tretirana postupkom mikrooksigenacije potrebno je jednom tjedno kušati. Svaki put potrebno je napuniti jednu butelju vina koja će se kušati prilikom sljedeće degustacije paralelno s novim uzorkom te će se tako provoditi usporedbu. Kušanjem vina prati se razvoj tanina tj. prijelaz „zelenih“ tanina u „tvrde“ tanine koji kasnije tijekom daljnjeg dozrijevanja vina prelaze u „mekane“ tanine dajući vinu potrebnu strukturu.





**Slika 4.** Shema postupka mikrooksigenacije (Parish i sur., 2000)

## **5. UTJECAJ KISIKA NA SENZORSKE KARAKTERISTIKE VINA**

### **5.1. Utjecaj kisika na aromu vina**

Dodatak kisika je uglavnom nepoželjan kod bijelih vina pa tako i male koncentracije kisika mogu dovesti do gubitka arome i voćnosti vina. S druge strane, dodatak malih doza kisika u crno vino izrazito je poželjan, ima slučajeve gdje neka vina postaju kvalitetnija manjim dodatkom kisika. Suprotno, visoke koncentracije kisika i u crnom kao i u bijelom vinu dovode do pojave neželjenih aroma, odnosno oksidacije vina. Takva vina imaju aromu karamele, prezrelog voća, trule jabuke, meda, drvenu aromu ili aromu kuhanog povrća. Promjena boje u smeđu je pokazatelj previsoke koncentracije kisika, ali i prije toga može doći do gubitka arome. Spomenute arome potječu od raznih spojeva, pa tako aroma kuhanog povrća potječe od eugenola, benzaldehida i furfurala. Aroma meda potječe od fenilacetaldehida i metionala. Drvena aroma oksidiranih vina, ali i onih vina koja nisu bila prisutna u drvenim bačvama, potječe od povišene koncentracije eugenola. Pozitivan utjecaj mikrooksidacije na aromu obuhvaća: eliminaciju reduktivnih aroma te redukciju „zelenih“ nota i „sumporastog“ mirisa.

### **5.2. Utjecaj kisika na boju bijelih vina**

Mlada bijela vina ima svijetlo žutu ili zelenkastu nijansu dok dozrijevanjem u bačvama poprimaju tamniju žutu boju. Smeđa boja vina je uglavnom nepoželjna te se javlja kao rezultat negativnih oksidacijskih promjena u vinu. Također, ova boja može biti i posljedica enzimske oksidacije. Najčešće ti enzimi nisu aktivni u vinu pa stoga dolazi do njihovog taloženja tijekom alkoholne fermentacije i inhibicije alkoholom. Kod neenzimske oksidacije vina razlikujemo tri različita mehanizma reakcija. Prvi mehanizam je oksidacija fenolnih molekula u kinone pod utjecajem bakra i željeza pri čemu dolazi do nastanka žuto-smeđih pigmenata. Druga reakcija je oksidacija vinske kiseline u glioksilnu kiselinu pri čemu dolazi do kondenzacije fenolnih molekula. Glioksilna kiselina je poveznica između fenolnih molekula. Treći mehanizam uključuje acetaldehide koji su nastali tijekom oksidacije ili fermentacije te potiču kondenzaciju fenolnih molekula (Es-Safi i sur., 1999).

Neka istraživanja pokazuju da se smeđa boja oksidiranih vina može ublažiti dodatkom velike koncentracije kvasca, obzirom da se vanilinska, siringinska, kutarinska kiselina i derivati flavan-3-ola mogu reducirati dodatkom kvasca. Kvasca tako može spriječiti degradaciju flavanola te poboljšati arome oksidiranih vina.



**Slika 5.** Različite boje bijelih vina (Puckette, 2018)

### 5.3. Utjecaj kisika na boju crnih vina

Sama crvena boja vina naime, potječe od antocijana koji su ekstrahirani iz pokožice grožđa postupkom maceracije. Tamno crvena boja je pokazatelj visoko kvalitetnih vina, uslijed visokog udjela antocijana. Mlado vino je na početku odležavanja crvene boje, a tijekom odležavanja u bačvi te s vremenom starenja poprima narančasto-crvenu boju (Ribereau-Gayon i sur., 2000). Jedna od kemijska reakcija odgovorna za promjenu boje je direktna kondenzacija između antocijana i tanina. Bezbojni flaveni su produkt ove reakcije koji mogu biti oksidirani do flavilium iona te dolazi do nastanka žute ksantilium soli. U drugoj reakciji nastaje elektrofilni karbokation koji nastaje reakcijom između procijanidina s antocijanom. Produkt ove reakcije je bezbojan, ali brzo dehidrira do narančasto-crvene boje. Sama reakcija potaknuta je povišenim temperaturama bez prisustva kisika. Odvija se najčešće tijekom odležavanja u bocama.

S druge strane, mikrooksigencija potiče kondenzaciju između antocijana i tanina posredstvom acetaldehida. Acetaldehid tako može utjecati na samu promjenu boje vina, već prije objašnjenim mehanizmom, pri čemu dolazi do narančastog obojenja. Međutim, navedeni pigmenti su izrazito nestabilni, uslijed čega dolazi do njihove degradacije i formiranja stabilnijih piranoantocijana (Atanasova i sur., 2002; Cano-López i sur., 2008; Es-Safi i sur., 1999).



**Slika 6.** Različite boje crnih vina (Puckette, 2018)

#### 5.4. Utjecaj kisika na okus vina

Gorčina, trpkoca i strukturu crnih vina ovisi o sastavu polifenolnih spojeva vina, a u prvom redu o koncentraciji i strukturi flavan-3-ol monomeri, oligomeri i polimeri (proantocijanidini). Mlado vino je obično „grube“ strukture i okusa, gorko i trpkoc, a tijekom dozrijevanja postaje mekše i zaobljenije. Polimerizacija i precipitacija procijanidina intenzivirana mikrooksigencijom upravo za posljedicu ima manju reaktivnost novonastalih molekula s proteinima u ustima (Nikfardjam i Dykes, 2003), odnosno smanjenje trpkoc (del Carmen Llaudy i sur. 2006).

## 6. ZAKLJUČAK

Nekontrolirano izlaganje vina kisiku uzrokuje oksidaciju vina, odnosno nastanak nepoželjnih aroma, posmeđivanje ili gubitak intenziteta boja. Postupak mikrooksigenacije podrazumijeva dodatak malih, kontroliranih doza kisika u vino i ima povoljan utjecaj na senzorske karakteristike vina, odnosno na aromu, boju i okus.

Mikrooksigenacije u prvom redu utječe na polifenolni sastav vina. Promjene u sastavu antocijana odgovorne su za promjenu boje vina, dok s druge strane promjene u sastavu i strukturi proantocijanidina odgovorne su za senzorska svojstva trpkocće i gorčine. Na ovaj način, adekvatnom primjenom mikrooksigenacije možemo utjecati na povećanje stabilnosti i intenziteta boje. Pozitivan utjecaj mikrooksidacije na aromu obuhvaća: eliminaciju reduktivnih aroma te redukciju „zelenih“ nota i „sumporastog“ mirisa.

## 7. LITERATURA

Puckette M. (2018) Complete Wine Color Chart, <<https://winefolly.com/review/complete-wine-color-chart>>. Pristupljeno 3. rujna 2019.

Atanasova, V., Fulcrand, H., Cheynier, V., Moutounet, M. (2002) Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making. *Analytica Chimica Acta* **458**: 15-27.

Bratowsky, E. J., Henschke, P. A. (2004) The "buttery" attribute of wine-diacetyl-desirability, spoilage and beyond. *International Journal of Food Microbiology* **96**: 23-252.

Cano-López, M., Pardo-Mínguez, F., Schmauch, G., Saucier, C., Teissedre, P.-L., López-Roca, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2008) Effect of Micro-oxygenation on Color and Anthocyanin-Related Compounds of Wines with Different Phenolic Contents. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **56**: 5932-5941.

Carvalho, E., Mateus, N., Plet, B., Planet, I., Dufourc, E., de Freitas, V. (2006) Influence of wine pectic polysaccharides on the interactions between condensed tannins and salivary proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 8936-8944.

Chira, K.; Pacella, N.; Jourdes, M.; Teissedre, P. L. (2011) Chemical and sensory evaluation of Bordeaux wines (Cabernet-Sauvignon and Merlot) and correlation with wine age. *Food Chemistry* **126**: 1971–1977.

del Carmen Llaudy, M., Canals, R., González-Manzano, S., Canals, J. M., Santos-Buelga, C., Zamora, F. (2006) Influence of Micro-Oxygenation Treatment before Oak Aging on Phenolic Compounds Composition, Astringency, and Color of Red Wine. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **54**: 4246-4252.

Delfini, C., Costa, A. (1993) Effects of the Grape Must Lees and Insoluble Materials on the Alcoholic Fermentation Rate and Production of Acetic Acid, Pyruvic Acid, and Acetaldehyde. *American Journal of Enology and Viticulture* **44**: 102-107.

- Dubourdieu, D., Tominaga, T., Masneuf, I., des Gachons., C. P., Murat, M. L. (2006) The Role of Yeasts in Grape Flavor Development during Fermentation: The Example of Sauvignon blanc. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**: 81-88.
- Esti, M., Tamborra, P. (2006) Influence of winemaking techniques on aroma precursors. *Analytica Chimica Acta* **563**: 173-179.
- Es-Safi N.E., Fulcrand H.L., Cheynier V., Moutounet M. (1999): Studies on the acetaldehydeinduced condensation of (-)-epicatechin and malvidin 3-O-glucoside in a model solution system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **47**: 2096-2102.
- Fleet, G. H. (1993) Malolactic fermentation. U: Wine microbiology and biotechnology, 1.izd., Fleet, G. H., ur., Harwood Academic Publishers. str. 314-317.
- Fulcrand, H., Dueñas, M., Salas, E., Cheynier, V. (2006) Phenolic Reactions during Winemaking and Aging. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**: 289-297.
- Fontoin, H., Saucier, C., Teissedre, P. L., Glories, Y. (2008) Effect of ph, ethanol and acidity on astringency and bitterness of grape seed tannin oligomers in model wine solution. *Food Quality and Preference* **19**: 286-291.
- Fugelsang, K. C., Edwards, C. G. (2004) Wine Microbiology, 2. izd., Springer. Str. 233.
- Gambaro, A., Boido, E., Zlotejablko, A., Medina, K., Lloret, A., Dellacassa, E., Carrau, F. (2001) Effect of malolactic fermentation on the aroma properties of Tannat wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **7**: 27-32.
- González-Manzan, S., Due M., Rivas-Gonzalo J.C., Escribano-Bailón M.T., Santos-Buelga C. (2009) Studies on the copigmentation between anthocyanins and flavan-3-ols and their influence in the colour expression of red wine. *Food Chemistry* **114**: 649-656.
- Guinard, J. X., Pangborn, R. M., Lewis, M. J. (1986) The Time-Course of Astringency in Wine upon Repeated Ingestion. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**: 184-189.

Gunata, Z., Dugellay, L., Sapis, J.C., Baumes, R., Bayonove, C. (1993) Role of enzymes in the use of the flavor from grape glycosides in winemaking. U: Progress in Flavour precursors studies, 1. izd., Schreier, P., Winterhalter, P., ur., Allured Publishing corporation. str. 219-234.

Guth, H., Sies, A. (2002) Flavour of wines: Towards an understanding by reconstitution experiments and an analysis of ethanol's effect on odour activity of key compounds. Proceedings of the Eleventh Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, str. 128-139.

He F., Mu L., Yan G.L., Liang N.N., Pan Q.H., Wang Y., Reeves M.J., Duan, C.Q. (2010): Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Molecules* **15**: 9057-9091.

Henschke, P.A. (1993) An overview of malolactic fermentation research. Austral. *New Zealand Wine Industry Journal* **8**: 69-79.

Jackson, R.S. (1994) Wine Science, 2. izd., Academic Press. str. 178-212.

Kennedy, J.A., Saucier, C., Glories, Y. (2006) Grape and wine phenolics: History and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**: 239-248.

Lambrechts, M. G., Pretorius, I. S. (2000) Yeast and its importance to wine aroma - a review. *South African Journal for Enology and Viticulture* **21**: 97-129.

Lawless, H. T., Corrigan, C. J., Lee, C. B. (1994) Interactions of astringent substances. *Chemical Senses* **19**: 141-154.

Liu, S. Q., Pilone, G. J. (2000) An overview of formation and roles of acetaldehyde in winemaking with emphasis on microbiological implication. *International Journal of Food Science Technology* **35**: 49- 61.

Mauricio, J. C., Moreno, J., Zea, L., Ortega, J. M., Medina, M. (1997) The Effects of Grape Must Fermentation Conditions on Volatile Alcohols and Esters Formed by *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **75**: 155-160.



Moreira, N., Mendes, F., Pereira, O., Guedes de Pinho, P., Hogg, T., Vasconcelos, L. (2001) Volatile sulphur compounds in wines related to yeast metabolism and nitrogen composition of grape musts. *Analytica Chimica Acta* **458**: 157-167.

Nikfardjam M., Dykes S. (2003): Micro-oxygenation research at Lincoln University, Part 3: polyphenolic analysis of Cabernet Sauvignon wine under the application of micro-oxygenation. *Australian and New Zealand Grapegrower & Winemaker* **468**: 41-44.

Nykänen, L. (1986) Formation and Occurrence of Flavour Compounds in Wine and Distilled Alcoholic Beverages. *American Journal of Enology and Viticulture* **37**: 84-96.

Pascal, C., Poncet-Legrand, C., Cabane, B., Vernhet, A. (2008) Aggregation of a proline-rich protein induced by epigallocatechin gallate and condensed tannins: Effect of protein glycosylation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**: 6724-6732.

Piñeiro, Z., Natera, R., Castro, R., Palma, M., Puertas, B., Barroso, C. G. (2006) Characterisation of volatile fraction of monovarietal wines: Influence of winemaking practices. *Analytica Chimica Acta* **563**: 165-172.

Pretorius, I. S. (2000) Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast* **16**: 675-729.

Rankie, B. C., Fornachon, J. C. M., Bridson, D. A. (1969) Diacetyl in Australian dry red wines and its significance in wine quality. *Vitis* **8**: 129-134.

Rapp, A. (1990) Natural flavours of wine: correlation between instrumental analysis and sensory perception. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* **43**: 777-785.

Rapp, A., Versini, G. (1991) Influence on nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wine. *Developments in Food Science* **37**: 1659-1694.

Revilla, E., García-Beneytez E., Cabellob, F., Martín-Ortega G., Ryan, J. M. (2001) Value of high-performance liquid chromatographic analysis of anthocyanins in the differentiation of red grape cultivars and red wines made from them. *Journal of Chromatography A* **915**: 53-60.

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006) Handbook of Enology Volume 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatment of Wine, 2. izd., John Wiley & Sons. str. 267-344.

Robinson W. B., Weirs L. D., Bertino J. J., Mattick L. R. (1966) The relation of anthocyanin composition to color stability of New York State wines. *American Journal of Enology and Viticulture* **17**: 178-184.

Sánchez-Palomo, E., Diaz-Maroto, M. C., Gonzalez-Vinas, M. A., Soriano-Perez A., Perez Coello, M. S. (2007) Aroma profile of wine from Albillo and Muscat grape varieties at different stages of ripening. *Food Control* **18**: 398-403.

Singleton V. L., Zaya J., Trouslade E., Salgues M. (1984) Caftaric acid in grapes and conversion to a reaction product during processing. *Vitis* **23**: 113-120.

Soares. S. I., Gonçavles, R. M., Fernandes, I., Mateus, N., de Freitas, V. (2009) Mechanistic approach by wich polysaccharides inhibit  $\alpha$ -amylase/procyanidin aggregation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**: 4352-4358.

Sweigers, J. H., Bratowsky, E. J., Henschke, P. A., Pretorius, I. S. (2008) Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **11**: 139-173.

Sweigers, J. H., Pretorius, I. S. (2005) Yeast Modulation of Wine Flavour. *Advances in Applied Microbiology* **57**: 131-175.

Vidal S., Francis L., Williams P., Kwiatkowski M., Gawel R., Cheynier, V., Waters E. (2004): The mouth-feel properties of polysaccharides and anthocyanins in a wine like medium. *Food Chemistry* **85**: 519-525.

Wang, X. D., Bohlscheid, J. C., Edwards, C. G. (2002) Fermentative activity and production of volatile compounds by *Saccharomyces* grown in synthetic grape juice media deficient in assimilable nitrogen and/or pantothenic acid. *Journal of Applied Microbiology* **94**: 349-359.

Webster, D. R., Edwards, C. G., Spayd, S. E., Peterson, J. C., Seymour, B. J. (1993) Influence of Vineyard Nitrogen Fertilization on Concentration of Monoterpenes, Higher Alcohols and Esters in Aged Riesling Wine. *American Journal of Enology and Viticulture* **44**: 275-284.

Wibowo, D., Eschenbruch, R., Davis, C. R., Fleet, G. H., Lee, T. H. (1985) Occurrence and Growth of Lactic Acid Bacteria in Wine: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* **36**: 302-313.

Winterhalter, P. and Schreier, P. (1994) C13-Norisoprenoid glycosides in plant tissues: An overview on their occurrence, composition and role as flavour precursors. *Flavour and Fragrance Journal* **9**: 281-287.

## Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

*Tea Bekavac*

---

Ime i prezime studenta