

# Utjecaj predfermentacijskoga zagrijavanja i duljine maceracije na kemijski sastav, senzorna svojstva i koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinima sorte "Teran" (*Vitis vinifera* L.)

---

Rossi, Sara

Doctoral thesis / Disertacija

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:081138>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Sara Rossi

**UTJECAJ PREDFERMENTACIJSKOGA  
ZAGRIJAVANJA I DULJINE  
MACERACIJE NA KEMIJSKI SASTAV,  
SENZORNA SVOJSTVA I  
KONCENTRACIJU BIOAKTIVNIH  
SPOJEVA U VINIMA SORTE 'TERAN'  
(*VITIS VINIFERA L.*)**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Sara Rossi

**INFLUENCE OF PRE-FERMENTATION  
HEATING AND MACERATION TIME ON  
CHEMICAL COMPOSITION, SENSORY  
PROPERTIES, AND CONCENTRATION  
OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN  
'TERAN' WINES (*VITIS VINIFERA* L.)**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2023



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Sara Rossi

**UTJECAJ PREDFERMENTACIJSKOGA  
ZAGRIJAVANJA I DULJINE  
MACERACIJE NA KEMIJSKI SASTAV,  
SENZORNA SVOJSTVA I  
KONCENTRACIJU BIOAKTIVNIH  
SPOJEVA U VINIMA SORTE 'TERAN'  
(*VITIS VINIFERA L.*)**

DOKTORSKI RAD

Mentori: izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatić Korenika  
dr. sc. Sanja Radeka

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Sara Rossi

**INFLUENCE OF PRE-FERMENTATION  
HEATING AND MACERATION TIME ON  
CHEMICAL COMPOSITION, SENSORY  
PROPERTIES, AND CONCENTRATION  
OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN  
'TERAN' WINES (*VITIS VINIFERA* L.)**

DOCTORAL THESIS

Supervisors: Assoc. Prof. Ana-Marija Jagatić Korenika, PhD

Sanja Radeka, PhD

Zagreb, 2023

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničko područje
- Znanstveno polje: Poljoprivreda
- Znanstvena grana: Vinogradarstvo i vinarstvo
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za vinogradarstvo i vinarstvo
- Voditelji doktorskog rada: izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatić Korenika i dr. sc. Sanja Radeka
- Broj stranica: 194
- Broj slika: 16
- Broj tablica: 16
- Broj grafikona: 24
- Broj priloga: 3
- Broj literaturnih referenci: 377
- Datum obrane doktorskog rada: 18.01.2023.
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
  1. prof. dr. sc. Ana Jeromel
  2. prof. dr. sc. Marko Karoglan
  3. dr. sc. Marijan Bubola

Rad je pohranjen u: Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4 p.p. 550, 10000 Zagreb,

Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog Fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Agronomskog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 9. ožujka 2021. te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 21. rujna 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA O IZVORNOSTI**

Ja, **Sara Rossi**, izjavljujem da sam samostalno izradila doktorski rad pod naslovom:

**UTJECAJ PREFERMENTACIJSKOGA ZAGRIJAVANJA I DULJINE MACERACIJE  
NA KEMIJSKI SASTAV, SENZORNA SVOJSTVA I KONCENTRACIJU BIOAKTIVNIH  
SPOJEVA U VINIMA SORTE 'TERAN' (*VITIS VINIFERA L.*)**

Svojim postupkom jamčim:

- da sam jedina autorica ovog doktorskog rada,
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni,
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19).

Zagreb, 18.01. 2023. godine

---

Potpis doktorandice

## Ocjena doktorskog rada

Ovu disertaciju je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

1. prof. dr. sc. Ana Jeromel

*redoviti profesor u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

2. prof. dr. sc. Marko Karoglan

*redoviti profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

3. dr. sc. Marijan Bubola

*viši znanstveni suradnik Instituta za poljoprivredu i turizam, Poreč*

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, 18.01.2023.  
godine pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Ana Jeromel,

---

*redoviti profesor u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

2. prof. dr. sc. Marko Karoglan,

---

*redoviti profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

3. dr. sc. Marijan Bubola,

---

*viši znanstveni suradnik Instituta za poljoprivredu i turizam, Poreč*



### **Informacije o mentoricama:**

izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatić Korenika

Izv. prof. dr. sc. Ana-Marija Jagatić Korenika rođena je 27. srpnja 1984. u Zagrebu. Diplomirala je 2008. godine na Agronomskom fakultetu, smjer Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo. Od 2009. godine zaposlena je na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na Zavodu za vinogradarstvo i vinarstvo. Doktorsku disertaciju obranila je 2015. g. na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a 2022. g. izabrana je u nastavno zvanje izvanredne profesorice. Suradnica je u nastavi i nositeljica predmeta na preddiplomskom (Hortikultura) i diplomskom studiju (Hortikultura - Vinogradarstvo i vinarstvo) te poslijediplomskom doktorskom studiju Poljoprivredne znanosti. Od akademske godine 2021./2022. obnaša ulogu voditeljice preddiplomskog studija Hortikultura. Mentorirala je izradu ukupno četrnaest diplomskih radova, devetnaest završnih radova te neposredno vodila dva diplomska rada. Četiri puta je bila član Povjerenstva za ocjenu teme doktorskog rada i četiri puta član Povjerenstva za ocjenu i obranu doktorskog rada. Trenutno je komentorica na izradi tri doktorske disertacije.

U sustavu međunarodnog znanstvenog informiranja do sada je objavila dvadeset radova indeksiranih u skupini a1, dvadeset radova indeksiranih u skupini a2 i pet radova indeksiranih u skupini a3. Kao autor ili koautor objavila je petnaest radova na međunarodnim i nacionalnim znanstvenim i stručnim skupovima. Koautorica je priručnika „Proizvodnja jabučnoga vina na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima“ i poglavlja u dvije znanstvene knjige na engleskom jeziku „A closer look at grapes, wines and winemaking“ i „The Science of Beverages, Fermented Beverages: Vol. 5“ i monografiji „Pošip bijeli - u čašama zlato s Korčule“. Izv. prof. dr. sc. Jagatić Korenika nastavno se usavršavala kroz nekoliko radionica: Mentorska radionica Poslijediplomskog doktorskog studija Poljoprivredne znanosti, Ciklus radionica- Podizanje kvalitete izvedbe visokoškolske nastave, 2<sup>nd</sup> TEFSI Capacity Building Course innovative education approaches and tools i Aktivno učenje i kritičko mišljenje u visokoškolskoj nastavi. Do danas je sudjelovala na dva znanstveno-istraživačka projekta, osam stručnih projekata te dva VIP projekta. Vodila je jedan stručni projekt. Trenutno je suradnica na jednom znanstvenom te dva nastavna projekta. Istovremeno sudjeluje i na više domaćih stručnih/razvojnih projekata. Od 2014. g. članica je Povjerenstva za organoleptičko ocjenjivanje vina i voćnih vina sukladno Pravilniku o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina i voćnih vina u RH te članica Hrvatskog vinogradarsko-vinarskog društva.

dr. sc. Sanja Radeka

Dr. sc. Sanja Radeka znanstvena je savjetnica na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču. Diplomirala je i magistrirala na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a na istom fakultetu je 2005. godine obranila doktorski rad i stekla akademski stupanj doktorice znanosti u području biotehničkih znanosti, polju poljoprivrede. Na Institutu je zaposlena od 1995. godine te je 1999. - 2005. obnašala funkciju Voditeljice vinarskog podruma, 2007. - 2011. funkciju Zamjenice predsjednika Upravnog vijeća Instituta, 2007. - 2012. funkciju Predstojnice Zavoda za poljoprivredu i prehranu, 2003. - 2012., funkciju Voditeljice Vinarskog laboratorija te 2012. - 2022. funkciju Zamjenice voditelja Vinarskog laboratorija. Od 2008. do danas Predsjednica je Povjerenstva za organoleptičko (senzorno) ispitivanje vina i jakih alkoholnih pića akreditiranog u skladu s normom HRN EN ISO/IEC 17025, sastavljenog od certificiranih senzornih ocjenjivača vina ovlaštenih od strane Ministarstva poljoprivrede, a od 2022. je Voditeljica Vinarskog laboratorija Instituta za poljoprivredu i turizam. Područje njezinog znanstvenog interesa je kemija, sensorika i analitika vina te istraživanje utjecaja različitih vinifikacijskih tehnologija na kvalitativna svojstva vina od autohtonih hrvatskih sorti s posebnim naglaskom na ulogu vina u ljudskoj prehrani.

Do danas je objavila više od dvadeset znanstvenih radova, među ostalim i sedamnaest radova zastupljenih u *Current Contents* i *Science Citation Index Expanded* bazama. Rezultate je predstavila na dvadeset međunarodnih konferencija. Citirana je više od 280 puta uz *h*-indeks 11. Sudjelovala je u sedam nacionalnih i tri međunarodna znanstvena projekta. Bila je voditeljica dva projekta; projekt MZOS bilateralna suradnja Hrvatske i Slovenije „Karakterizacija sorti ‘Teran’ i ‘Refošk’ na osnovi ampelografskih, genetičkih i enoloških svojstava“ i projekt Europskog fonda za regionalni razvoj IPA Slovenija - Hrvatska „Putevima Malvazije istarske - Malvasia Touristra“, a trenutačno je voditeljica projekta Hrvatske zaklade za znanost „Utjecaj različitih vinifikacijskih tehnologija na kvalitativna svojstva vina od autohtonih hrvatskih sorti: uloga vina u ljudskoj prehrani - VINUM SANUM“. Dr. sc. Sanja Radeka od 2002. godine sudjeluje u izvođenju nastave u okviru Stručnog studija vinarstva Specijalističkog diplomskog stručnog studija vinarstva i Stručnog studija mediteranske poljoprivrede Poljoprivrednog odjela Veleučilišta u Rijeci te je bila mentorica nekoliko završnih i diplomskih radova. Trenutačno je voditeljica i mentorica na tri projekta Hrvatske zaklade za znanost: Razvoj karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti.

*Istraživanje je provedeno u okviru istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost HRZZ IP- 2018-01-5049 „Utjecaj različitih vinifikacijskih tehnologija na kvalitativna svojstva vina od autohtonih hrvatskih sorti: uloga vina u ljudskoj prehrani – VINUM SANUM“ te je omogućeno i putem HRZZ projekta „Projekt razvoja karijera mladih istraživača - izobrazba novih doktora znanosti“ (DOK-2018-09-5004) financijskom potporom Hrvatske zaklade za znanost i Instituta za poljoprivredu i turizam.*

*Zahvaljujem svojoj mentorici dr.sc. Sanji Radeka na viziji, trudu, zalaganju, savjetima i pomoći u svim fazama ostvarivanja ovog cilja tijekom četiri godine mog rada na Institutu. Izuzetno sam zahvalna i mentorici izv.prof.dr.sc. Ana-Mariji Jagatić Korenika na susretljivosti, pomoći i konstruktivnim sugestijama koje su uvelike doprinijele kvaliteti ovog rada. Veliko hvala prof. dr. sc. Ani Jeromel, izv. prof. dr. sc. Marku Karoglanu i dr. sc. Marijanu Buboli na savjetima za poboljšanje kvalitete sadržaja ovog rada. Hvala dr.sc. Igoru Lukiću na nesebičnom prenošenju znanja, smjernicama i savjetima tijekom cijelog perioda mog rada na Institutu. Izuzetno sam zahvalna i dr.sc. Ivani Horvat na trudu i pomoći tijekom provedbe analiza te dr.sc. Tomislavu Plavši na stručnoj i tehničkoj pomoći tijekom izvođenja eksperimentalnog dijela.*

*Hvala svim suradnicima na projektu VINUM SANUM i svim kolegicama i kolegama koji su na bilo koji način bili uključeni u ovo istraživanje. Izuzetno sam zahvalna i svojoj sestri i svim svojim prijateljicama i prijateljima na strpljenju, ohrabrenju i podršci. Zahvalna sam i kolegicama iz Vinarskog i Prehrambeno - biotehnološkog laboratorija te ureda 3B koje su kroz ovaj period postale prijateljice za cijeli život na njihovoj pomoći i bezrezervnoj podršci. Najveću zahvalnost želim izraziti svojim roditeljima koji su mi uvijek bili i jesu najveći oslonac u životu. Mama i tata hvala vam na beskonačnom strpljenju, ohrabrenju, neizmjernej vjeri u moj uspjeh, razumijevanju i bezuvjetnoj ljubavi. Moja zadnja zahvala ide Hrvoju. Hvala ti na ljubavi, razumijevanju, podršci i strpljenju.*

## SAŽETAK

Sastav vina predmet je brojnih istraživanja, ponajviše zbog utjecaja fenolnih i aromatskih spojeva na senzorna svojstva vina čiju je koncentraciju moguće znatno modificirati primjenom različitih vinifikacijskih tehnologija. Međutim, uz utjecaj na kvalitativna svojstva vina, a s obzirom na suvremene trendove istraživanja vina koja se temelje na proučavanju bioaktivnih spojeva koji blagotvorno djeluju na ljudsko zdravlje cilj ovog istraživanja bio je i pridonijeti spoznaji o vrijednosti autohtone sorte 'Teran' koja je nedovoljno istražena u tom smislu. S obzirom da su bioaktivni spojevi često prisutni u vrlo niskim koncentracijama, pojavio se interes za pronalaskom tehnologija koje će povećati njihovu ekstrakciju, ali u isto vrijeme i pozitivno utjecati na aromatski profil vina te očuvati ili čak poboljšati ključne parametre senzorne kvalitete vina. Stoga je glavni cilj ovog istraživanja bio ispitati utjecaj različitih vinifikacijskih tehnologija na kemijski sastav, senzorna svojstva vina i koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinima sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.) kroz identifikaciju i kvantifikaciju fenolnih spojeva, hlapljivih spojeva arome, vitamina C i vitamina B skupine, minerala (makro- i mikroelemenata) te kroz određivanje antioksidacijskog potencijala i senzornih svojstava vina. Pokus je obuhvaćao sljedeće tretmane: kontrola - maceracija u trajanju od 7 dana - TM7 (S), produljena maceracija u trajanju od 10 dana - TM10 (S), produljena postfermentacijska maceracija u trajanju od 21 dan - TM21 (S) te predfermentacijski tretman zagrijavanja u trajanju od 48 sati na 45 °C nakon čega je uslijedila maceracija u ukupnom trajanju od 10 dana - TPHT (S). Istraživan je i utjecaj dozrijevanja vina svih prethodno navedenih tretmana u drvenim hrastovim bačvama u trajanju od šest mjeseci TM7 (Z), TM10 (Z), TM21 (Z), TPHT (Z). Osnovne fizikalno-kemijske analize provedene su prema standardnim metodama O.I.V.-a. Pojedinačni fenolni spojevi analizirani su tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC). Ukupni fenoli te ukupni i slobodni antocijani određeni su spektrofotometrijski. Antioksidacijska aktivnost određena je spektrofotometrijski pomoću FRAP i ORAC testova. Vitamin C i vitamini B skupine analizirani su tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti. Multielementarnom metodom određivanja elemenata (ICP-OES) određena je koncentracija makro- i mikroelemenata. Hlapljivi spojevi arome izolirani su iz uzoraka vina mikroekstrakcijom na čvrstoj fazi pomoću SPME vlakna, a za određivanje je korištena metoda plinske kromatografije (GC-MS). Uzorci vina ocijenjeni su O.I.V. metodom od 100 bodova te kvantitativnom deskriptivnom senzornom analizom. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja - TPHT (S) i produljena postfermentacijska maceracija - TM21 (S) značajno utjecali na povećanje koncentracije hidroksibenzojevih kiselina i ukupnih fenola te vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta. Tretman TPHT (S) utjecao je i na porast koncentracija hidroksicimetnih kiselina i mikroelemenata dok je tretman TM21 (S) u vinu 'Teran' povećao sadržaj flavan-3-ola, stilbena, slobodnih i ukupnih antocijana, vitamina B kompleksa i makroelemenata. Vina navedenih tretmana ocijenjena su višim ocjenama za senzornu kvalitetu vina, svrstana su u kategoriju vrhunskih vina i opisana višim intenzitetima pozitivnih senzornih svojstava. Dozrijevanje vina je značajno utjecalo na povećanje koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome, dok su bioaktivni spojevi bili manje stabilni te su se koncentracije dozrijevanjem većinom smanjivale. Tretman dozrijevanja vina značajno je utjecao na senzornu kakvoću vina te su sva vina nakon dozrijevanja bila okusno punija s manje izraženom kiselosti, astringencijom i gorčinom. Dobiveni rezultati ovog istraživanja pridonijeli su definiranju utjecaja predfermentacijskoga zagrijavanja i duljine maceracije masulja te dozrijevanja vina na kemijski sastav, senzorna svojstva i koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinima sorte 'Teran', a sve s ciljem identifikacije ključnih čimbenika relevantnih u proizvodnji visokokvalitetnih vina te razvoju vinifikacijskih tehnologija koje će maksimalno iskoristiti potencijal sorte.

Ključne riječi: **vinifikacijske tehnologije, bioaktivni spojevi, aromatski profil, senzorna kvaliteta, 'Teran'**

## EXTENDED SUMMARY

Influence of pre-fermentation heating and maceration time on chemical composition, sensory properties, and concentration of bioactive compounds in 'Teran' wines (*Vitis Vinifera* L.)

The composition of wine is the subject of numerous studies, mainly due to how phenolic and aromatic compounds influence the sensory properties of wine, where the wine concentration can be significantly modified by applying different vinification technologies. However, in addition to influencing the qualitative properties of wine and considering the contemporary trends in wine research, which are based on the study of bioactive compounds that have a beneficial effect on human health, this research also intended to provide additional knowledge about the value of the 'Teran' autochthonous variety, which has been insufficiently researched. Different groups of bioactive compounds were detected in wine, including phenolic compounds, vitamin C, B complex vitamins and minerals. Phenolic compounds are the most abundant bioactive compounds in wine, and numerous studies provide evidence of the pharmacological, biological, and physiological benefits for human health, including blood pressure, cholesterol and lipids regulation, prevention of diabetes, obesity, atherosclerosis and cardiovascular diseases, as well as anti-inflammatory, antioxidant and antitumor effects. Macro- and microelements play an essential role in the human body, such as building strong bones and transmitting nerve impulses, and are also able to participate in the biosynthesis of different hormones, regulate normal heartbeat, effective in controlling blood pressure, and are involved in immune and brain systems. Wine also includes vitamins, among the nutrients required for the many physiological functions essential to life. Besides nutritional health benefits, a close relationship exists between high-quality wines and high phenolic content, given that phenolic compounds increase the sensory characteristics of wines in terms of color, astringency, and bitterness. Whether positively or negatively, macro- and microelements play an important role in the organoleptic characteristics of wines. Some of them are necessary for the fermentation process and can directly or indirectly impact the clarity and sensory properties of wines, including flavor, freshness, aroma, color, and taste. Certain vitamins are known to affect the formation of aroma compounds. Given that bioactive compounds are often present in very low concentrations, there has been an interest in finding technologies that will increase the extraction of such compounds but, at the same time, have a positive effect on the aromatic profile of wines and preserve or even improve the key parameters of the sensory quality of the wine. Therefore, the main goal of this research was to examine the impact of different vinification technologies on the chemical composition, sensory properties of wine and the concentration of bioactive compounds in wines of the 'Teran' variety (*Vitis vinifera* L.) through to identification and quantification of phenolic compounds, volatile aroma compounds, vitamin C and vitamins of the B group, minerals (macro and microelements) and determination of the antioxidant potential and sensory properties of wine. The experiment was performed in 2018 and 2019 with a grape variety called 'Teran', an autochthonous red grapevine variety grown for centuries in the north Adriatic regions of Croatia, Slovenia and Italy. Different vinification processes were carried out: control treatment with 7 days of maceration - TM7 (S), prolonged 10-day maceration - TM10 (S), prolonged post-fermentative 21-day maceration - TM21 (S), where fermentation of all the three treatments was conducted at 24 °C, and 48-hour pre-fermentative maceration heating at 45 °C followed by eight-day classical maceration - TPHT (S) (10 days of maceration in total). Accordingly, all the wine samples were aged in oak barrels for six months, TM7 (Z), TM10 (Z), TM21 (Z) and TPHT (Z). Treatments were done in three replications. The basic physicochemical parameters were analyzed according to

methods set by the International Organization of Vine and Wine. The separation of individual phenols (hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acids, flavan-3-ols and stilbenes) was carried out by high-performance liquid chromatography (HPLC). Total phenolic content, free and total anthocyanins and determination of antioxidant capacity by FRAP and ORAC assays were performed on a spectrophotometer. The determination of macro- and microelements was conducted using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES). Vitamin C and vitamins of the B group were analyzed using HPLC. Volatile aroma compounds were isolated using headspace-solid phase microextraction (HS-SPME), and analyzed using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Sensory analysis was based on two evaluation methods: quantitative descriptive analysis (QDA) and the 100-point O.I.V./U.I.O.E. evaluation method. One-way analysis of variance (ANOVA) and Fisher's least significant difference (LSD) test were used to compare the means ( $n = 3$ ) at the level of significance of  $p < 0.05$ . The data were subjected to unsupervised statistical analysis using PCA to visualize the relationship between the Teran wines obtained from different treatments and bioactive compounds. Based on the results of the two-year research, the conclusion is that the treatment of pre-fermentation mash heating - TPHT (S) and the treatment of prolonged post-fermentation maceration - TM21 (S) in the Teran wine significantly increased the concentrations of hydroxybenzoic acids, total phenols and the values of antioxidant capacity. In addition, the treatment of pre-fermentation mash heating - TPHT (S) influenced the increase in the concentration of hydroxycinnamic acids and microelements, while the treatment of prolonged post-fermentation maceration - TM21 (S) in the Teran wine increased the content of flavan-3-ol, stilbene, free and total anthocyanin, vitamin B complex and macroelements. TPHT (S) treatment and TM21 (S) treatment reduced the concentration of almost all groups of free volatile compounds compared to the control treatment. However, despite the reduction in the concentration of free volatile compounds, the wines of the mentioned treatments were evaluated with higher scores for the sensory quality of the wine. They were classified in the category of premium wines and described with higher intensities of positive sensory properties, among which dry/dried fruit and spicy/aromatic herbs, while the fullness of the body, the presence of tannins and the aftertaste stand out among the taste properties. In the olfactory properties, the treatment TM21 (S) additionally stood out for its accentuated fruitiness and viscosity, and sweetness of taste, while the intensity of bitterness and astringency was not overemphasized despite the significantly higher concentration of phenolic compounds, especially flavan-3-ol. The application of prolonged maceration treatment for 10 days - TM10 (S), as well as the application of maceration for seven days, which was the control treatment - TM7 (S), did not significantly affect the increase in the concentration of bioactive wine compounds. However, the mentioned treatments resulted in significantly higher concentrations of almost all groups of free volatile aroma compounds compared to the remaining two treatments. Despite the increase mentioned above in the concentration of free volatile aroma compounds, the mentioned treatments were characterized by a lower intensity of almost all olfactory properties and emphasized freshness, acidity, astringency, and bitterness. Maturation of wine in oak barrels for six months had a significant impact on increasing the concentration of free volatile aroma compounds, especially from the group C-13 norisoprenoids, volatile phenols, furans and lactones. Other compounds, especially bioactive compounds such as vitamins of the B group, macroelements, and microelements, as well as most phenolic compounds, were less stable, and their concentrations mostly decreased with maturation. The wine maturation treatment significantly influenced the sensory quality of the wine, and fruity aromas characterized the wines of all treatments after maturation, while the TM21 (Z) and TPHT (Z) treatments stood out with more pronounced aromas of dried and dried fruit, jam, and liqueur. After maturation, all wines had a fuller taste with less pronounced acidity, astringency, and bitterness. The obtained results of this

research contributed to the definition of the influence of pre-fermentation heating and length of maceration and wine maturation on the chemical composition, sensory properties, and concentration of bioactive compounds in wines of the 'Teran' variety, all due to the identification of key factors relevant in the production of high-quality wines and the development of vinification technologies which maximize the potential of the variety.

**Key Words: vinification technologies, bioactive compounds, aromatic profile, sensory quality, 'Teran'**



# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Hipoteza i cilj istraživanja .....	3
<b>2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA</b> .....	4
2.1. Uloga vinifikacijskih tehnologija u proizvodnji crnih vina .....	4
2.2. Bioaktivni spojevi vina .....	7
2.2.1. Fenolni spojevi .....	9
2.2.2. Vitamini .....	13
2.2.3. Makroelementi i mikroelementi .....	16
2.3. Bioaktivni spojevi vina i učinak na zdravlje ljudi .....	17
2.4. Hlapljivi spojevi .....	19
2.5. Senzorne karakteristike vina .....	24
<b>3. MATERIJAL I METODE RADA</b> .....	25
3.1. Sorta 'Teran' ( <i>Vitis vinifera</i> L.) .....	25
3.2. Proizvodnja vina i provođenje pokusa .....	26
3.3. Osnovne fizikalno-kemijske analize .....	28
3.4. Analiza fenolnih spojeva .....	28
3.4.1. Hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline .....	29
3.4.2. Flavan-3-oli .....	29
3.4.3. Stilbeni .....	30
3.5. Analiza ukupnih fenola .....	30
3.6. Analiza ukupnih i slobodnih antocijana .....	31
3.7. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta .....	31
3.7.2. FRAP test (eng. <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i> ) .....	31
3.7.3. ORAC test (eng. <i>Oxygen Radical Absorbance Capacity</i> ) .....	32
3.8. Analiza vitamina .....	32
3.9. Analiza makroelemenata i mikroelemenata .....	33
3.10. Analiza slobodnih hlapljivih spojeva arome .....	33
3.11. Senzorna analiza vina .....	34
3.12. Statistička obrada podataka .....	35
<b>4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b> .....	36
4.1. Osnovni fizikalno-kemijski parametri .....	36
4.2. Fenolni spojevi .....	39
4.3. Ukupni fenoli .....	46
4.4. Ukupni i slobodni antocijani .....	47
4.5. Antioksidacijski kapacitet .....	50

4.6. Vitamini.....	53
4.7. Makroelementi i mikroelementi .....	56
4.8. Hlapljivi spojevi.....	60
4.9. Senzorna svojstva vina.....	75
4.9.1. O.I.V. metoda 100 bodova .....	75
4.9.2. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza .....	77
4.10. Multivarijatna analiza (PCA) za razlikovanje vina proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama na osnovi sastava bioaktivnih spojeva .....	102
<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>108</b>
5.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na osnovne fizikalno-kemijske parametre vina 'Teran'.....	108
5.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju fenolnih spojeva.....	110
5.2.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hidroksibenzojevih i hidroksicimetnih kiselina .....	110
5.2.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju flavan-3- ola.....	113
5.2.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju stilbena .....	116
5.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju ukupnih fenola .....	117
5.4. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju slobodnih i ukupnih antocijana .....	118
5.5. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na antioksidacijski kapacitet .	120
5.6. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju vitamina .....	122
5.7. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju makro- i mikroelemenata.....	123
5.8. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hlapljivih spojeva arome.....	126
5.8.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju monoterpena .....	126
5.8.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju C <sub>13</sub> - norizoprenoida .....	127
5.8.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju C <sub>6</sub> - alkohola .....	128
5.8.4. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju masnih kiselina .....	129
5.8.5. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju etilnih estera .....	130
5.8.6. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju acetatnih estera .....	131

5.8.7. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju ostalih estera .....	132
5.8.8. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hlapljivih fenola.....	133
5.8.9. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju benzenoida .....	134
5.8.10 Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju furana	134
5.8.11. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju laktona .....	135
5.9. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na senzorna svojstva vina ....	136
5.9.1. O.I.V. metoda od 100 bodova .....	136
5.9.2. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza .....	136
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>145</b>
<b>7. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>147</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>186</b>
<b>9. PRILOZI .....</b>	<b>189</b>

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Vrijednosti standardnih fizikalno-kemijskih parametara u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 2. Vrijednosti standardnih fizikalno-kemijskih parametara u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 3. Koncentracije fenolnih spojeva (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 4. Koncentracije fenolnih spojeva (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 5. Koncentracije vitamina C i vitamina B skupine ( $\mu\text{g/L}$ , osim drugačije naznačenog) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 6. Koncentracije vitamina C i vitamina B skupine ( $\mu\text{g/L}$ , osim drugačije naznačenog) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 7. Koncentracije (mg/L) makro- i mikroelemenata u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 8. Koncentracije (mg/L) makro- i mikroelemenata u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 9. Koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome ( $\mu\text{g/L}$ ) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 10. Koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome ( $\mu\text{g/L}$ ) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 11. Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 12. Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 13. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u svježim vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 14. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u zrelih vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Tablica 15. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (rubin crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u svježim vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Tablica 16. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u zrelih vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

## POPIS GRAFIKONA

- Grafikon 1. Koncentracije ukupnih fenola (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 2. Koncentracije ukupnih fenola (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 3. Koncentracije ukupnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 4. Koncentracije ukupnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 5. Koncentracije slobodnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 6. Koncentracije slobodnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 7. Antioksidacijski kapacitet (FRAP) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 8. Antioksidacijski kapacitet ORAC u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 9. Antioksidacijski kapacitet FRAP u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 10. Antioksidacijski kapacitet ORAC u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 11. Senzorna analiza vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 12. Senzorna analiza vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 13. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 14. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 15. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 16. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 17. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 18. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.
- Grafikon 19. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 20. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.
- Grafikon 21. a) Razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2; b) Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2
- Grafikon 22. a) Razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim

komponentama PC1 i PC2 ; b) Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2

Grafikon 23. a) Razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2; b) Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2

Grafikon 24. a) Razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2; b) Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2

## POPIS SLIKA

Slika 1. Presjek bobice grožđa sorte 'Teran' i distribucija bioaktivnih spojeva u kožici, mesu i sjemenki bobice

Slika 2. Strukturni prikaz flavan-3-ola

Slika 3. Strukturni prikaz antocijana

Slika 4. Strukturni prikaz stilbena

Slika 5. Strukturni prikaz hidroksibenzojevih i hidroksicimetnih kiselina

Slika 6. Strukturni prikaz vitamina

Slika 7. Strukturni prikaz monoterpena

Slika 8. Strukturni prikaz C<sub>13</sub>-norizoprenoida

Slika 9. Strukturni prikaz etilnih estera

Slika 10. Strukturni prikaz acetatnih estera

Slika 11. Strukturni prikaz hlapljivih fenola

Slika 12. Strukturni prikaz benzaldehida

Slika 13. Strukturni prikaz furana

Slika 14. Strukturni prikaz laktona

Slika 15. Grozd sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.)

Slika 16. Pokusno poljoprivredno imanje Instituta za poljoprivredu i turizam, Poreč

## POPIS PRILOGA

Prilog 1. Popis kemijskih standarda (s pripadajućim CAS brojem, čistoćom i proizvođačem) korištenih za kvantitativno određivanje fenolnih spojeva, vitamina, makroelemenata i mikroelemenata te hlapljivih spojeva aroma u uzorcima vina

Prilog 2. OIV obrazac za senzorno ocjenjivanje vina, metoda 100 bodova - mirna vina

Prilog 3. Obrazac za ocjenjivanje crnih vina - kvantitativna deskriptivna senzorna analiza vina

## 1. UVOD

Sastav vina je vrlo kompleksan i ovisan o više čimbenika, a uglavnom je determiniran sortom grožđa, godinom proizvodnje, pozicijom vinograda, primijenjenim agrotehničkim i ampelotehničkim zahvatima te vinifikacijskim tehnologijama (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). U vinu su prisutni brojni bioaktivni spojevi podrijetlom iz grožđa ili su rezultat procesa proizvodnje. Bioaktivni spojevi su fiziološki aktivni spojevi koji imaju određena funkcionalna svojstva u ljudskom organizmu, djeluju kao pomoćna sredstva u sprječavanju i liječenju bolesti te općenito poboljšanju stanja organizma. Bioaktivni spojevi vina obuhvaćaju: vitamine B kompleksa, vitamin C, minerale (makroelementi i mikroelementi) i fenolne spojeve. Renaud i de Lorgeril (1992) uveli su pojam „francuski paradoks“ koji se odnosi na smanjenu učestalost kardiovaskularnih bolesti u populaciji Francuza u odnosu na druge razvijene zemlje, unatoč visokom unosu masti, nedostatku tjelovježbe i jednakim navikama pušenja. Autori su pripisali taj nesrazmjer povećanoj potrošnji vina u Francuskoj. Ovo i druga slična istraživanja bili su ključni za razvoj koncepta prehrane poznatog pod nazivom „mediteranska prehrana“ te su pokrenula niz drugih kako bi se razjasnio utjecaj vina na zdravlje čovjeka. Daljnja istraživanja pokazala su kako najveću zaslugu za blagotvoran učinak vina na ljudski organizam imaju fenolni spojevi koji svoj učinak temelje na jakim antioksidativnim svojstvima. Fenolni spojevi kao najzastupljeniji bioaktivni spojevi u vinu, imaju veliki utjecaj na kvalitativna svojstva vina. Imaju presudnu ulogu u senzornim svojstvima vina, nosioci su trpkocé i gorčine, determiniraju boju vina, antioksidativna svojstva te pomažu očuvati aromatski potencijal i svježinu vina (Riberau-Gayon i sur., 2000; Roussis i sur., 2005). Njihova biološka aktivnost, odnosno povoljan utjecaj na zdravlje čovjeka očituje se kroz antioksidacijska, antikancerogena i neuroprotektivna svojstva (Latruffe i Rifler, 2013), a sve veći interes za fenolnim spojevima potiču i istraživanja koja dokazuju i njihovo šire blagotvorno djelovanje kod većeg broja bolesti, a osim pozitivnog utjecaja na fizičko zdravlje, ističe se i pozitivan utjecaj na mentalno (psihičko) zdravlje (Jackson, 2020a).

Koncentracija makro- i mikroelemenata u vinu važna je zbog njihove uloge u stabilnosti i kvaliteti vina, ali i njihovog utjecaja na ljudsko zdravlje (Jackson, 2008). Oni utječu na aromu, boju i okus vina, a odgovorni su i za promjene u stabilnosti vina tijekom dozrijevanja (Pohl, 2007). Umjerena konzumacija vina pridonosi unosu dnevnih potreba mnogih minerala, međutim kako bi se spriječio pretjerani unos metala što rezultira toksikozom, koncentracije u vinu su propisane i potrebno ih je kontrolirati tijekom vinifikacije (OIV, 2019). Dokazano je da uz zemljopisno podrijetlo grožđa i različite vinifikacijske tehnologije utječu na promjene u koncentraciji makro- i mikroelemenata u vinu (Shimizu i sur., 2020). Vitamini

se nalaze u malim koncentracijama u grožđu i vinu koja se općenito smanjuje tijekom fermentacije i starenja. Askorbinska kiselina (vitamin C) brzo se oksidira nakon prerade grožđa, tiamin (vitamin B1) se razgrađuje reakcijama sa SO<sub>2</sub> i izlaganjem toplini, a riboflavin (vitamin B2) oksidira nakon izlaganja svjetlosti. Vitamini se često dodaju masulju/moštu zbog poticanja i pravilnog protjecanja fermentacije. Vitamini, a osobito vitamini E i C na ljudski organizam djeluju kao snažni antioksidansi (Jackson, 2008). Koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinu moguće je modificirati primjenom različitih vinifikacijskih tehnologija među kojima su i različite tehnike maceracije masulja.

Maceracija, proces kojeg karakterizira difuzija fenolnih spojeva iz čvrstih dijelova grožđa u vino, može se provoditi prije (predfermentacijska maceracija), tijekom (tradicionalna vinifikacija) ili nakon fermentacije (postfermentacijska produljena maceracija) (Morata i sur., 2019). Općenito, pri proizvodnji crnih vina, maceracija masulja provodi se tijekom cijelog procesa fermentacije, na relativno visokim temperaturama, s ciljem veće ekstrakcije fenolnih spojeva (Setford i sur., 2017). Produljena postfermentacijska maceracija podrazumijeva kontakt kožice i soka nakon što je fermentacija završila. Kroz povećanu ekstrakciju fenolnih spojeva, tretman povećava stabilnost boje, doprinosi složenijoj i bogatijoj strukturi vina te boljem kapacitetu za starenje (Frost i sur., 2018). Rastom temperature značajno se ubrzava ekstrakcija fenolnih spojeva zbog degradacije stanične stijenke što omogućava lakšu difuziju iz kožice (Nordestgaard, 2017). Predfermentacijski tretman zagrijavanja provodi se pri visokim temperaturama, do 80 °C, dulje od 24 sata, a nakon čega se nastavlja proces fermentacije i maceracije (Maza i sur., 2019). U istraživanju Lukić i sur. (2017a) više koncentracije fenolnih spojeva te bolji intenzitet boje uočeni su u vinima gdje je primijenjen predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja.

Osim značajnog utjecaja na ekstrakciju bioaktivnih spojeva, vinifikacijske tehnologije određuju i aromatska svojstva vina, odnosno utječu na oslobađanje voćnih aroma i prekursora arome koje su smještene u kožici grožđa. Glavni čimbenici koji utječu na ekstrakciju spojeva iz kožice i sjemenke su temperatura i duljina maceracije. Tijekom procesa vinifikacije maceracija utječe na prijenos slobodnih spojeva arome što omogućava veće iskorištenje potencijala sortne arome prisutne u grožđu (Berger, 2007). Određeni hlapljivi spojevi mogu biti prisutni u tragovima od samo nekoliko ng/L, ali imaju glavnu ulogu u određivanju arome vina, dok neki drugi hlapljivi spojevi, koji su prisutni u puno većim količinama, u znatno manjoj mjeri doprinose aromi vina (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Dozrijevanje vina u drvenim bačvama također doprinosi kompleksnijem aromatskom profilu vina, budući da se tijekom dozrijevanja vina hlapljivi spojevi iz drvene bačve ekstrahiraju u vino (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Vina su tijekom dozrijevanja izložena niskim



koncentracijama kisika koji polagano prolazi kroz pore drva što može ubrzati i potencirati promjene pojedinih fenolnih spojeva koji utječu na senzorna svojstva vina.

Prema navedenim literaturnim podacima razvidno je da vinifikacijske tehnologije poput različitih duljina maceracije masulja, predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja te dozrijevanja vina u drvenim bačvama značajno modificiraju kemijski sastav, aromatski profil te senzorna svojstva vina. Međutim, pored relativno istraženog utjecaja različitih vinifikacijskih tehnologija na kvalitativna svojstva vina, vrlo slabo je istražen utjecaj primjene pojedinih vinifikacijskih tehnologija na biološku aktivnost proizvedenih vina, a poglavito nedostaju podatci o vinima proizvedenim od hrvatskih autohtonih sorti. Stoga je glavni cilj ovog istraživanja bio utvrditi kako različite vinifikacijske tehnologije u proizvodnji vina od sorte 'Teran' uz utjecaj na kemijski sastav i senzorna svojstva vina mogu utjecati i na njegovu biološku aktivnost.

### 1.1. Hipoteza i cilj istraživanja

Na temelju proučene literature postavljena je sljedeća hipoteza prema kojoj bi predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja i produljena postfermentacijska maceracija mogli utjecati na promjene u kemijskom sastavu i senzornim svojstvima vina te dovesti do povećanja koncentracije bioaktivnih spojeva u vinima sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.).

Cilj istraživanja je ispitati utjecaj predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja i duljine maceracije masulja te dozrijevanja vina na kemijski sastav, senzorna svojstva vina i koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinima sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.) kroz identifikaciju i kvantifikaciju fenolnih spojeva, hlapljivih spojeva arome, vitamina C i vitamina B skupine, minerala (makro- i mikroelemenata), antioksidacijskog potencijala i senzornih svojstava vina.

## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Uloga vinifikacijskih tehnologija u proizvodnji crnih vina

Posljednjih desetljeća u proizvodnji crnih vina traže se i usvajaju različite tehnologije kojima bi se povećala ekstrakcija fenolnih i aromatskih spojeva iz grožđa u vino, a skratilo trajanje maceracije (Pezzi i sur., 2013), a posebice su to tehnologije koje se temelje na zagrijavanju kao što su termovinifikacija, *flash expansion* i predfermentacijski tretman zagrijavanja (Morel-Salmi i sur., 2006). Toplina dovodi do oštećenja hipodermalne stanične stijenke i destrukcije stanica kožice što dovodi do povećane ekstrakcije antocijana i tanina u mošt (Wang i sur., 2016). Primjena navedenih tehnologija primarno je korištena s ciljem smanjenja mikrobiološke aktivnosti te inhibiranja enzima polifenol oksidaza odgovornih za posmeđivanje mošta. Inaktiviranje enzima može rezultirati i smanjenom koncentracijom C<sub>6</sub> alkohola (Fischer i sur., 2000), iako neka istraživanja ukazuju na to da toplinski tretmani mogu sačuvati C<sub>6</sub> aldehide kroz inaktivaciju enzima ADH (alkohol dehidrogenaze) koji dovode do redukcije aldehida u alkohole (Waterhouse i sur., 2016). Alkoholna fermentacija nakon primijenjenog tretmana zagrijavanja započinje bez problema, štoviše navodi se i da započinje brže nego kod tradicionalne vinifikacije, a vjerojatno kao posljedica povećane ekstrakcije hranjivih tvari iz čvrstih dijelova bobice grožđa (Maza i sur., 2019). Na tržištu vina sve je veći interes za crnim vinima s izraženijim voćnim aromama, a termovinifikacija ili predfermentacijski tretman zagrijavanja postaju sve rašireniji tretmani koji bi mogli dovesti do željenih svojstava vina (Geffroy i sur., 2015b). Tretman zagrijavanja podrazumijeva zagrijavanje masulja na temperaturama u rasponu od 50 °C (Lukić i sur., 2017a) do 80 °C (Atanacković i sur., 2012). Kad je zagrijavanje ograničeno na kratko vremensko razdoblje, odnosno traje kraće od jednog sata, tehnika je poznata kao termovinifikacija (Geffroy i sur., 2015a), međutim ako se zagrijavanje produži na razdoblje do 24 sata ili duže, tehnika je poznata kao predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja (Escudier i sur., 2008). Nakon predfermentacijskog tretmana zagrijavanja slijedi prešanje nakon kojega se nastavlja fermentacija bez maceracije, a moguće je i nastaviti s usporednom alkoholnom fermentacijom i maceracijom što dovodi do povećanja koncentracije fenolnih spojeva u vinu od 25 % do 45 % (Cottureau i Desseigne, 2007).

Senzorna svojstva vina koja su proizvedena navedenim tehnologijama često se opisuju kao jogurt od banane, čemu značajno doprinose aromatski spojevi poput masnih kiselina i acetata. Navodi se i da toplinski tretmani dovode do smanjenja koncentracije 3-izobutil-2-metoksipirazina (de Boubée i sur., 2002) dok s druge strane dolazi do povećane tvorbe estera (Girard i sur., 1997). Novija istraživanja ukazuju na degradaciju aromatskih spojeva kao što su tioli, monoterpeni i norizoprenoidi tijekom toplinskih tretmana (Geffroy i sur.,

2015a). Predfermentacijski tretman zagrijavanja nema značajnog utjecaja na ukupnu kiselost vina, dok značajno utječe na smanjenje hlapljive kiselosti. Iako kao posljedica tretmana zagrijavanja dolazi do povećane ekstrakcije kationa i aniona, kationi se talože kao soli vinske kiseline, zbog čega tretman rezultira ukupnom kiselošću istom ili sličnom kao i kod vina proizvedenih tradicionalnom maceracijom (Niculaua i sur., 2017). Temperatura i trajanje zagrijavanja imaju veliki utjecaj na aromatski sastav vina (Geffroy i sur., 2015b), a značajan utjecaj imaju i na ekstrakciju fenolnih spojeva i aminokiselina. Najviša koncentracija antocijana prisutna je na kraju termičkog tretmana, a tijekom fermentacije se kontinuirano smanjuje (Gao i sur., 1997). Predfermentacijski tretman zagrijavanja pospješuje i proces dozrijevanja vina te utječe na ubrzanje procesa oksidacije, esterifikacije, polimerizacije i sedimentacije što posljedično dovodi do značajnih promjena u senzornim svojstvima vina (Celotti i Rebecca, 1998; Wang i sur., 2016).

Važan i neizostavan proces u proizvodnji crnog vina je i maceracija, tehnološki postupak koji je obavezan te podrazumijeva kraći ili dulji kontakt čvrstih dijelova bobice, odnosno kožice i sjemenki s grožđanim sokom (Bautista-Ortín i sur., 2005; Francesca i sur., 2014). Odabir optimalne duljine maceracije ovisi o stilu vina koji se želi proizvesti, značajkama sorte grožđa i uvjetima tijekom maceracije, odnosno fermentacije (Gil i sur., 2012a). Suvremena proizvodnja crnih vina podrazumijeva odvijanje maceracije u kontroliranim uvjetima temperature i duljine trajanja (Şener, 2018a). Tijekom alkoholne fermentacije u proizvodnji crnih vina, fenolni, ali i drugi spojevi iz čvrstih dijelova grožđa se difuzijom prenose u mošt/vino. Difuzija je proces kojim se određeni spoj kreće iz područja više koncentracije prema području niže koncentracije, a neki od čimbenika koji utječu na difuziju spojeva iz grožđa u sok (mošt) tijekom maceracije su temperatura masulja, trajanje kontakta kožice i sjemenke sa sokom, potapanje klobuka, sastav medija, koncentracija alkohola i sumporovog dioksida, izbor kvasca, sorta te zrelost grožđa (Setford i sur., 2017). Određivanje trajanja maceracije vrlo je kompleksno i ovisi o mnogo parametara, a produljena postfermentacijska maceracija podrazumijeva kontakt kožice i sjemenke sa sokom bobice i nakon što je alkoholna fermentacije završila (Sacchi i sur., 2005). Navedena tehnologija povećava ekstrakciju fenolnih spojeva (Auw i sur., 1996), stabilizira boju vina (Puertas i sur., 2008) i utječe na promjenu svojstva okusa (Joscelyne, 2009). Produljena postfermentacijska maceracija obično traje od 4 dana do 4 tjedna i provodi se na temperaturi između 15 °C i 35 °C, ovisno o stilu vina. Alkohol je važan čimbenik produljene postfermentacijske maceracije, posebice za ekstrakciju spojeva koji su topljivi u alkoholu, odnosno molekula velike molekulske mase koje utječu na okus vina (Casassa i Harbertson, 2014). Kantz i Singleton (1991) utvrdili su kako se ekstrakcija monomernih i polimernih fenola povećava produljenjem maceracije te da su koncentracije koje se ekstrahiraju u vino

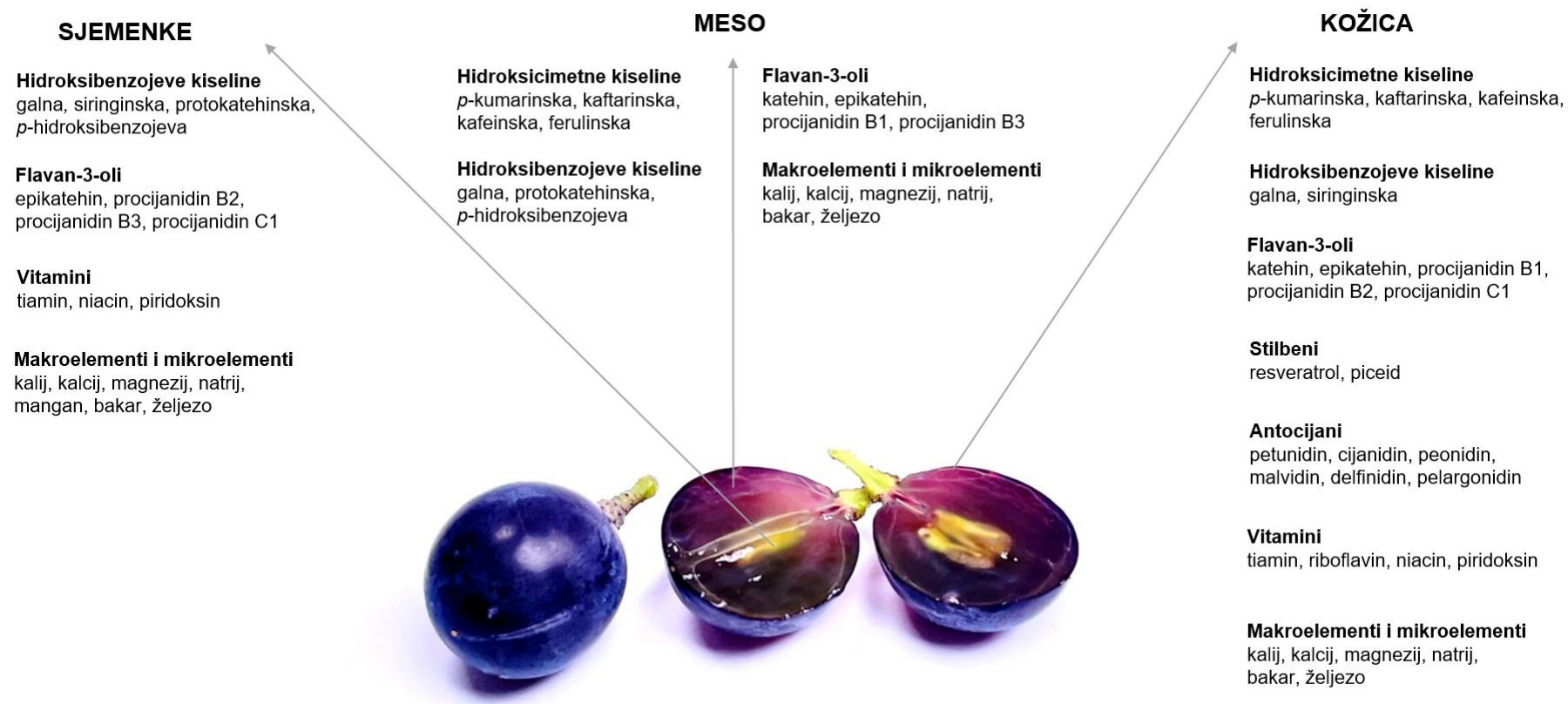
proporcionalne onima koje su prisutne u grožđu. Osim toga, ekstrahiraju se i dodatni tanini iz kožice te sjemenke i pigmentirani tanini iz mesa čime se osigurava poželjan „mouthfeel“ vina i povećava stabilnost boje. Postfermentacijska maceracija utječe na stabilnost boje zbog povećane ekstrakcije fenola i naknadne polimerizacije tanina s antocijanima. Također, smatra se kako polimerizacija tanina doprinosi kompleksnijim, bogatijim i mekanijim vinima te većim potencijalom za starenje (Joscelyne, 2009; Harbertson i sur., 2009; Casassa i Harbertson, 2014; Smith i sur., 2015). Produljenje maceracije povećava i ekstrakciju slobodnih spojeva arome, glikozidnih prekursora i cistein konjugata, a uz produljenje maceracije produljeni su i kontakt s kvascima te reduktivni uvjeti što može zaštititi aromatske spojeve, kao što su tioli, od oksidacije (Fischer, 2007).

Nakon završene alkoholne fermentacije slijedi faza tijekom koje vino odležava u boci ili bačvi tijekom određenog vremenskog razdoblja pri čemu dolazi do razvoja arome starenja (tercijarne arome), odnosno postfermentativne arome. Tako je dozrijevanje vina u hrastovim bačvama nakon fermentacije, a do trenutka punjenja u boce česta praksa (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Dozrijevanje vina u drvenim bačvama je proces koji se koristi za njegovo čuvanje, ali i poboljšanje njegovih svojstava. To je proces tijekom kojeg se odvija niz reakcija koje rezultiraju promjenama u kemijskom sastavu i senzornim svojstvima vina. Dozrijevanje dovodi do promjena u konačnoj kvaliteti vina zbog ekstrakcije kompleksnih aroma iz drva, ali i povećanja stabilnosti i bistroće (Martínez-Gil i sur., 2018). Reakcije koje se odvijaju tijekom dozrijevanja vina su oksidacija, polimerizacija i kondenzacija (Black i sur., 2015). Navedene enzimatske i neenzimatske reakcije započinju nakon prerade grožđa te se nastavljaju tijekom fermentacije i dozrijevanja vina (Sun i Spranger, 2005). Drvene bačve omogućuju prolaz vrlo niskih koncentracija kisika i taj se proces naziva oksigenacija. Tijekom tog procesa istodobno se odvija nekoliko kemijskih reakcija uz ekstrakciju različitih fenolnih spojeva iz drva u vino i obrnuto (Gambutti i sur., 2010). Vrijeme dozrijevanja je različito te je ovisno o sorti, željenom stilu i kvaliteti vina. Uvjeti u kojima je vino skladišteno i obrađeno, kao i vrsta bačve imaju vrlo značajan utjecaj na razvoj aroma (Martínez-Gil i sur., 2018). Reakcije koje su najzaslužnije za razvoj tercijarnih aroma su oksidacija postojećih aromatskih spojeva i ekstrakcija sastojaka iz drvene bačve. Oksidacijom dolazi do rasta koncentracije aldehidnih sastojaka, uključujući acetaldehid koji nastaje oksidacijom etilnog alkohola (Carpena i sur., 2020). Ekstrakcijom sastojaka podrijetlom iz drvene bačve u vino dospijevaju različiti aromatski spojevi kao što su aldehidi, ketoni, laktoni i hlapljivi fenoli. Koncentracija i sastav hlapljivih spojeva koji potječu iz drvene bačve ovise o njezinom podrijetlu (vrsta drva, geografska regija, starost drva) i o načinu proizvodnje (tretman sušenja drva, stupanj paljenja) (Sánchez-Gómez i sur., 2020). Postiže se brža i bolja bistroća vina u odnosu na tankove od nehrđajućeg čelika, zbog manjeg volumena drvene

bačve. Vino u bačvi je osjetljivije na vanjsku temperaturu pa je mnogo vjerojatnije da će taloženje soli, čestica i tvari boje biti izazvano nižim temperaturama. Reakcije stabilizacije koje utječu na boju, bistroću i koloide, kao i promjene u strukturi fenolnih spojeva (polimerizacija tanina) te promjene aromatskog profila javljaju se tijekom dozrijevanja vina. Sve te reakcije koje se događaju u bačvi intenzivnije su nego što je slučaj u velikim hermetički zatvorenim spremnicima, koji su teoretski inertni (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Hrastovo drvo sadrži visoku razinu hlapljivih spojeva koji imaju vrlo veliki utjecaj na vino (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Provedena istraživanja o utjecaju dozrijevanja vina u hrastovim bačvama pokazala su kako najveći utjecaj na promjene senzornih svojstava vina ima ekstrakcija spojeva kao što su furfural, gvajakol, viski lakton i vanilin (Chira i Teissedre, 2013; Carpena i sur., 2020; Flamini i sur., 2021), dok se u nekim istraživanjima navodi da fenolni spojevi mogu utjecati na sastav i hlapljivost nekih aromatskih spojeva (Escalona i sur., 2002; Wang i sur., 2022). Tijekom dozrijevanja vina dolazi do degradacije i smanjenja koncentracije monomernih antocijana koji su izrazito nestabilni, a istovremeno i do stabilizacije boje vina uslijed formiranja novih, stabilnijih pigmenata tijekom procesa kopigmentacije (Zhang i sur., 2022).

## 2.2. Bioaktivni spojevi vina

Bioaktivni spojevi se definiraju kao sekundarni metaboliti viših biljaka koji posjeduju različite biološke aktivnosti, a u biljkama nastaju kao evolucijski odgovor na biotske i abiotske stresove (Cheynier, 2012). Napretkom znanosti, ljudi su postali svjesniji zdravlja i hrane koja utječe na poboljšanje njihova zdravlja pa su tako brojna istraživanja usmjerena prema proučavanju bioaktivnih komponenata. Bioaktivni spojevi imaju značajnu ulogu u očuvanju ljudskog zdravlja i već se desetljećima koriste u tradicionalnoj medicini. Njihova uloga navodi se kako u prevenciji, tako i u liječenju velikog broja bolesti, pokazujući pri tome minimalan ili gotovo nikakav štetni učinak, što im daje veliku prednost u odnosu na sintetske lijekove. Dokazan je značajan učinak u liječenju kroničnih bolesti (Vaquero i sur., 2007), a osim pozitivnog utjecaja na fizičko zdravlje, ističe se i pozitivan utjecaj bioaktivnih spojeva na mentalno (psihičko) zdravlje ljudi (Shi i Qi, 2019). Farmakološki učinak bioaktivnih spojeva posljedica je njihove interakcije s jednom ili više signalnih molekula u stanici čime aktiviraju ili inhibiraju različite signalne puteve. S obzirom da su bioaktivni spojevi često prisutni u vrlo niskim koncentracijama, pojavilo se zanimanje za pronalaskom tehnologija koje će povećati njihovu ekstrakciju, a u isto vrijeme i pozitivno utjecati na aromatski profil vina te očuvati ili čak poboljšati ključne parametre senzorne kvalitete vina. Redovito, ali umjereno konzumiranje vina, za razliku od drugih alkoholnih pića, omogućuje unos ograničenih količina alkohola i bioaktivnih spojeva, čiji je pozitivan učinak na ljudsko zdravlje poznat (Fiore i sur., 2019).



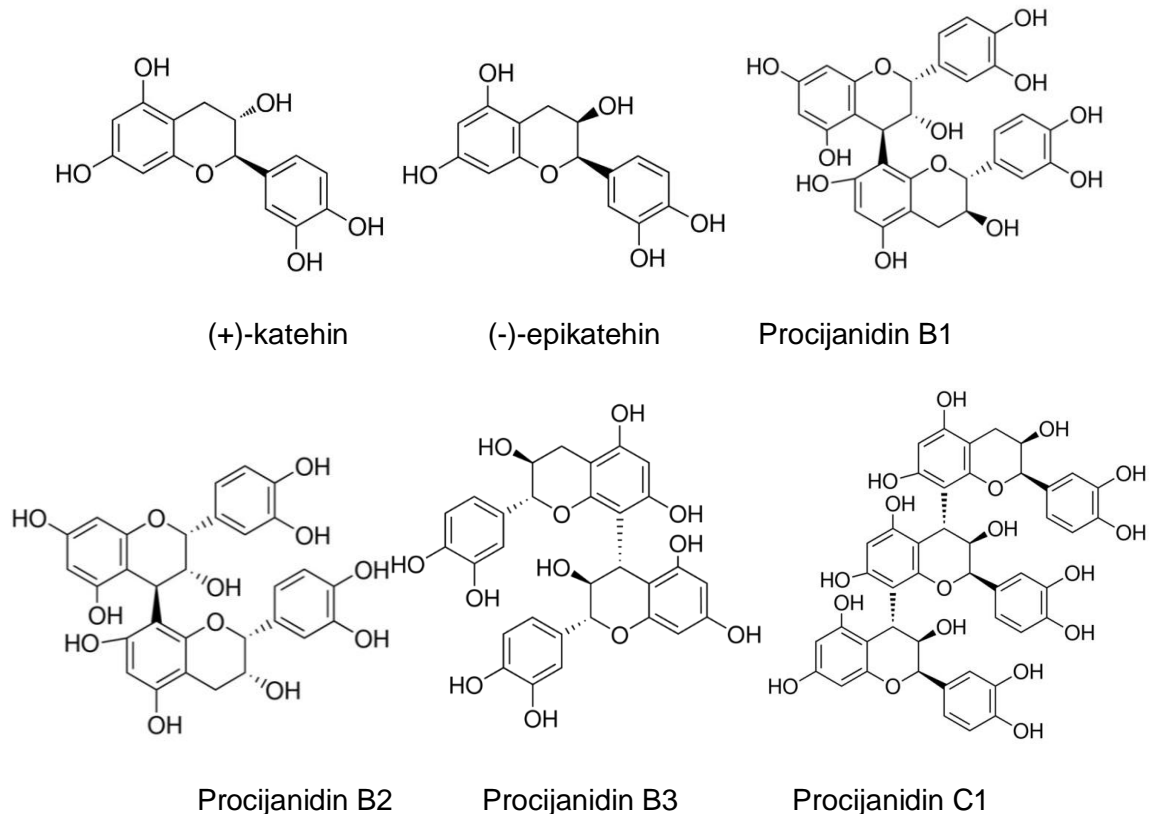
Slika 1. Presjek bobice grožđa sorte 'Teran' i distribucija bioaktivnih spojeva u kožici, mesu i sjemenki bobice prilagođeno prema distribuciji bioaktivnih spojeva u istraživanjima koja su proveli Test i sur. (1986), Curvelo-Garcia (1988), Iland i Coombe (1988), González-Manzano i sur. (2004), Mirlean i sur. (2005), Sun i Spranger (2005), Koyama i sur. (2007), Moreno i Peinado (2012), Lecce i sur. (2013), Cvejić i Atanacković (2015), Leder i sur. (2015), Waterhouse i sur. (2016), Bica i sur. (2020), Evers i sur. (2021), Radeka i sur. (2022).

Sudeći prema istraživanjima vino djeluje blagotvorno na ljudski organizam, za razliku od drugih alkoholnih pića, a presudna je sinergija učinaka alkohola i bioaktivnih spojeva vina (Radeka i sur., 2022). Zbog štetnih učinaka prekomjerne konzumacije alkohola u svijetu se posvećuje pažnja proizvodnji vina s nižim udjelom alkohola, a s istom ili većom koncentracijom bioaktivnih spojeva. Globalno se naglašava obrazovanje potrošača vina, prije svega o umjerenosti konzumacije vina i kako ono utječe na zdravlje ljudi, a u tom je smislu i obrazovanje proizvođača o odgovornoj proizvodnji vina podjednako nužno.

### 2.2.1. Fenolni spojevi

Fenolni spojevi su najistraživanije molekule nutritivnog podrijetla s biološkom aktivnosti, a sve veće zanimanje za fenolnim spojevima kao najzastupljenijim bioaktivnim spojevima u vinu potaknuto je brojnim istraživanjima koja su dokazala farmakološke, biološke i fiziološke učinke umjerene konzumacije vina na ljudsko zdravlje, uključujući regulaciju krvnog tlaka, kolesterola i lipida, prevenciju dijabetesa i pretilosti, ateroskleroze i kardiovaskularnih bolesti, kao i protuupalne i antitumorske učinke (Khalil i Tazeddinova, 2020). Osim pozitivnog utjecaja na fizičko zdravlje, postoji i pozitivan učinak fenolnih spojeva na mentalno zdravlje tako što štite neuronske stanice od oštećenja, sprječavaju razvoj neurodegenerativnih bolesti, liječe depresiju, poboljšavaju kognitivne funkcije i povećavaju pamćenje. U literaturi su opisana i brojna druga svojstva fenola, poput sposobnosti interakcije sa staničnim membranama te interakcija s enzimima, transkripcijskim faktorima i receptorima, koje im također omogućuju pozitivno djelovanje na ljudsko zdravlje (Fraga i sur., 2010). Osim navedenih zdravstvenih učinaka, fenolni spojevi značajno doprinose senzornim svojstvima vina, osobito boji i okusu, a utječu i na stabilnost i dozrijevanje vina (Vrhovšek i sur., 1997; Lingua i sur., 2016). Izraz fenolni spojevi odnosi se na sve prirodne sekundarne metabolite koji biogenetski potječu od šikimat-fenilpropanoid-flavonoid sintetskih puteva kojima nastaju monomerni i polimerni fenolni spojevi (Lattanzio i sur., 2006). Fenolni sastav vina ovisi o sorti i zrelosti grožđa, poziciji vinograda, okolišnim uvjetima u vinogradu (klima, tlo), agrotehničkim i ampelotehničkim zahvatima i zdravstvenom stanju grožđa (Ribéreau-Gayon, 2000; Kennedy i sur., 2006). Ipak, jedan od najvažnijih čimbenika je proces vinifikacije, odnosno tehnologija proizvodnje vina, uključujući predfermentativne postupke, način provođenja fermentacije i maceracije te uvjete dozrijevanja vina (Plavša i sur., 2012). Ovisno o prethodno navedenim čimbenicima koncentracija ukupnih fenola u vinu se kreće od 700 do 4059 mg/L (de Beer i sur., 2002). Fenolni spojevi su većinom podrijetlom iz grožđa, a manjim dijelom nastaju kao proizvodi kvašćevog metabolizma ili se ekstrahiraju iz drva tijekom čuvanja vina (Kennedy i sur., 2001). Prema svojoj strukturi dijele se u dvije glavne skupine: flavonoidi i neflavonoidi (Kennedy i sur., 2006). Predstavnici flavonoida su antocijani, flavanoli (flavan-3-oli),

flavonoli i kondenzirani tanini (proantocijanidini), a predstavnici neflavonoida su fenolne kiseline (hidroksicimetne i hidroksibenzojeve) i stilbeni. Flavonoidi su najvažnija i najopsežnija grupa fenolnih spojeva, a osnovna im se struktura temelji na dva aromatska prstena (Iland i sur., 2011). Iz ove osnovne strukture nastaje veliki broj različitih polifenolnih spojeva koji se razlikuju po broju i položaju hidroksilne (-OH) i metoksi (-OH<sub>3</sub>C) skupine. Pretežno se nalaze u sjemenkama, kožici i peteljka grožđa (slika 1) pa su crna vina bogatija flavonoidima odnosno općenito fenolima.



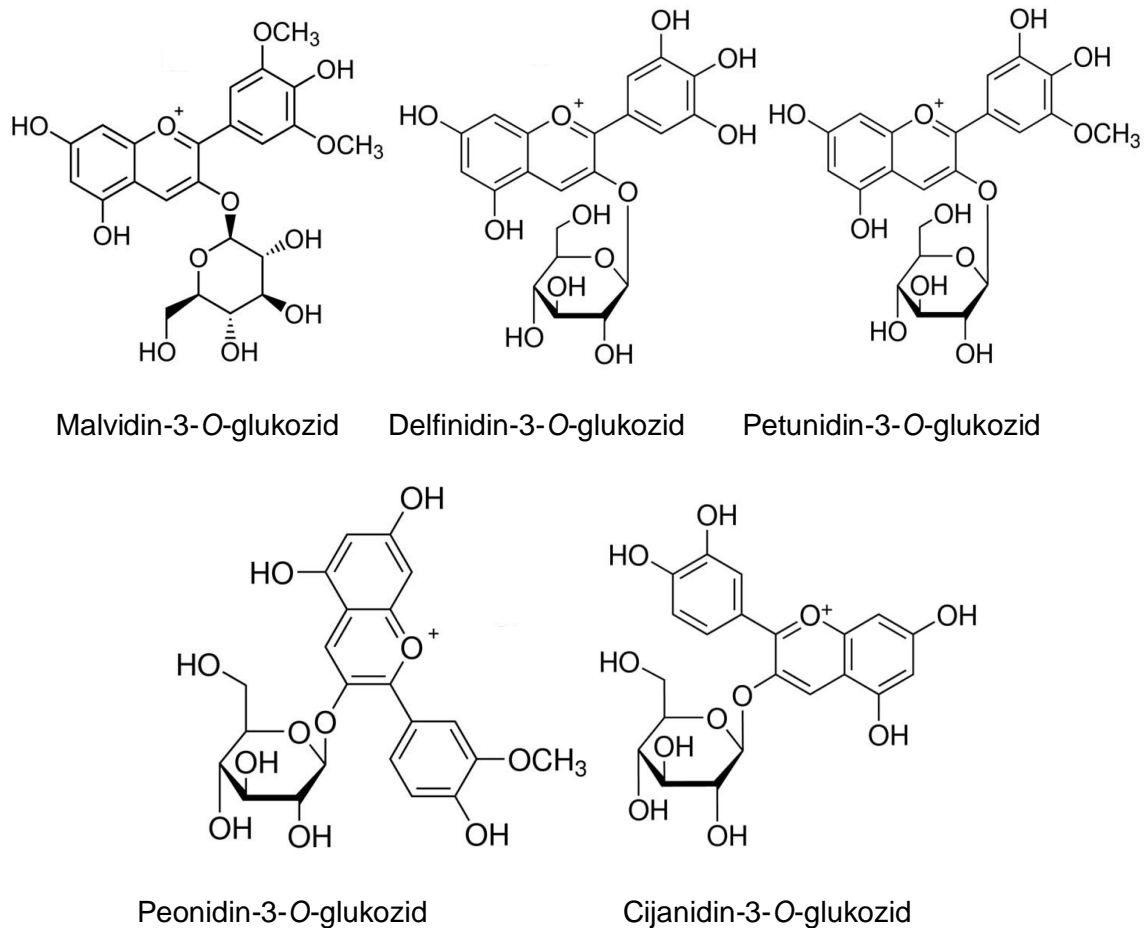
Slika 2. Strukturni prikaz flavan-3-ola

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Flavan-3-oli (monomerni katehini i proantocijanidini) imaju važnu ulogu u senzornim svojstvima crnog vina, a uglavnom su odgovorni za astringentnost (trpkocu), gorčinu i strukturu vina. Glavni monomeri flavan-3-ola su (+)-katehin i njegov izomer (-)-epikatehin te ester galne kiseline i (-)-epikatehina, epikatehin-3-O-galat (Monagas i sur., 2005; Maslov, 2014). Ekstrahiraju se iz kožice i sjemenki grožđa i tijekom proizvodnje i dozrijevanja vina prolaze kroz strukturne promjene kroz reakcije oksidacije i kondenzacije. Na sastav flavan-3-ola u vinu najveći utjecaj imaju duljina trajanja maceracije, temperatura i koncentracija alkohola u vinu ( Monagas i sur., 2005; Kennedy i sur., 2006).



Antocijani su skupina fenolnih spojeva koja je izravno povezana s bojom u grožđu i vinu, a smješteni su u kožici grožđa (Monagas i sur., 2005). Raspodjela i koncentracija antocijana u grožđu ovisi o sorti, zrelosti i klimatskim uvjetima, a na sastav antocijana u vinu značajan utjecaj imaju vinifikacijske tehnologije (Berente i sur., 2001; Sun i sur., 2001; Sacchi i sur., 2005).

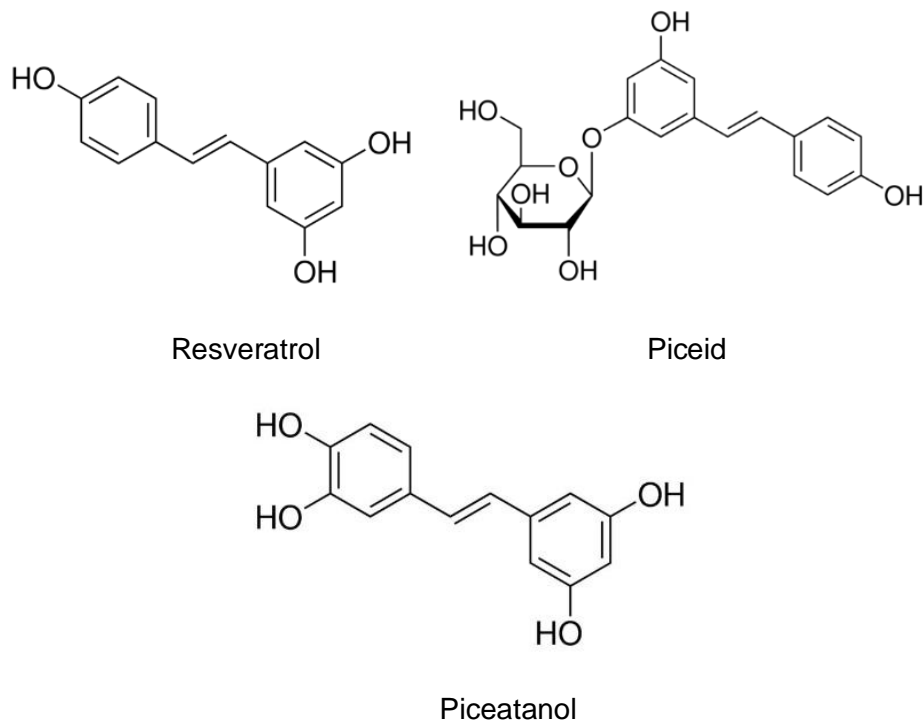


Slika 3. Strukturni prikaz antocijana

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Maceracija omogućava difuziju antocijana i ostalih fenolnih spojeva iz čvrstog dijela grožđa u mošt, a koncentracija antocijana se smanjuje nakon postizanja maksimalne razine u početnoj fazi fermentacije, kao posljedica adsorpcije na stanične stijenke kvasaca te precipitacije u obliku koloida s tartaratima (Bautista-Ortín i sur., 2005; Alcalde-Eon i sur., 2014; Maslov, 2014). Reakcije hidrolize i reakcije kondenzacije s drugim fenolnim spojevima tijekom vinifikacije također modificiraju sastav antocijana. Unatoč progresivnom snižavanju koncentracije antocijana tijekom dozrijevanja, boja crnog vina je zadržana, a novi, stabilniji pigmenti nastaju reakcijom antocijana s drugim sastavnicama u vinu (Cheynier i sur., 2006; Ivanova i sur., 2012; Maslov, 2014).

Neflavonoidi su jednostavnije građe i imaju jedan fenolni (benzenov) prsten na koji je vezana jedna ili više hidroksilnih grupa, uključujući i njihove funkcionalne derivate (Ribéreau-Gayon i sur., 2000). Stilbeni pripadaju skupini fitoaleksina koji nastaju u lišću i grožđu vinove loze kao posljedica izloženosti stresu uslijed infekcije *Plasmopara viticola* ili sivom plijesni *Botrytis cinerea* te kao odgovor na abiotički stres poput UV-zračenja ili prisutnost teških metala (Bavaresco i sur., 1999; Naugler i sur., 2007; Maslov, 2014). Većinom se nalaze u kožici bobice, dok su u sjemenkama pronađeni u tragovima (Németh i sur., 2017). Od identificiranih stilbena, *trans*-resveratrol se smatra najučinkovitijim fenolom u vinu. Za razliku od drugih fenola, koji se mogu naći i u drugim namirnicama, *trans*-resveratrol se u zapadnjačkoj prehrani može naći u značajnim koncentracijama samo u grožđu te posljedično, u crnom vinu (Biagi i Bertelli, 2015). Stilbeni se ekstrahiraju u mošt već i u ranoj fazi maceracije, njihova koncentracija u vinu raste s povećanjem koncentracije etanola, dok produljena maceracija može kompletirati njihovu ekstrakciju iz čvrstih dijelova bobice. Konačna koncentracija stilbena ovisi o izravnoj ekstrakciji iz kožice grožđa, enzimatskoj hidrolizi glukozida koja vodi tvorbi aglikona te o izomeraciji (Mattivi i sur., 1995).

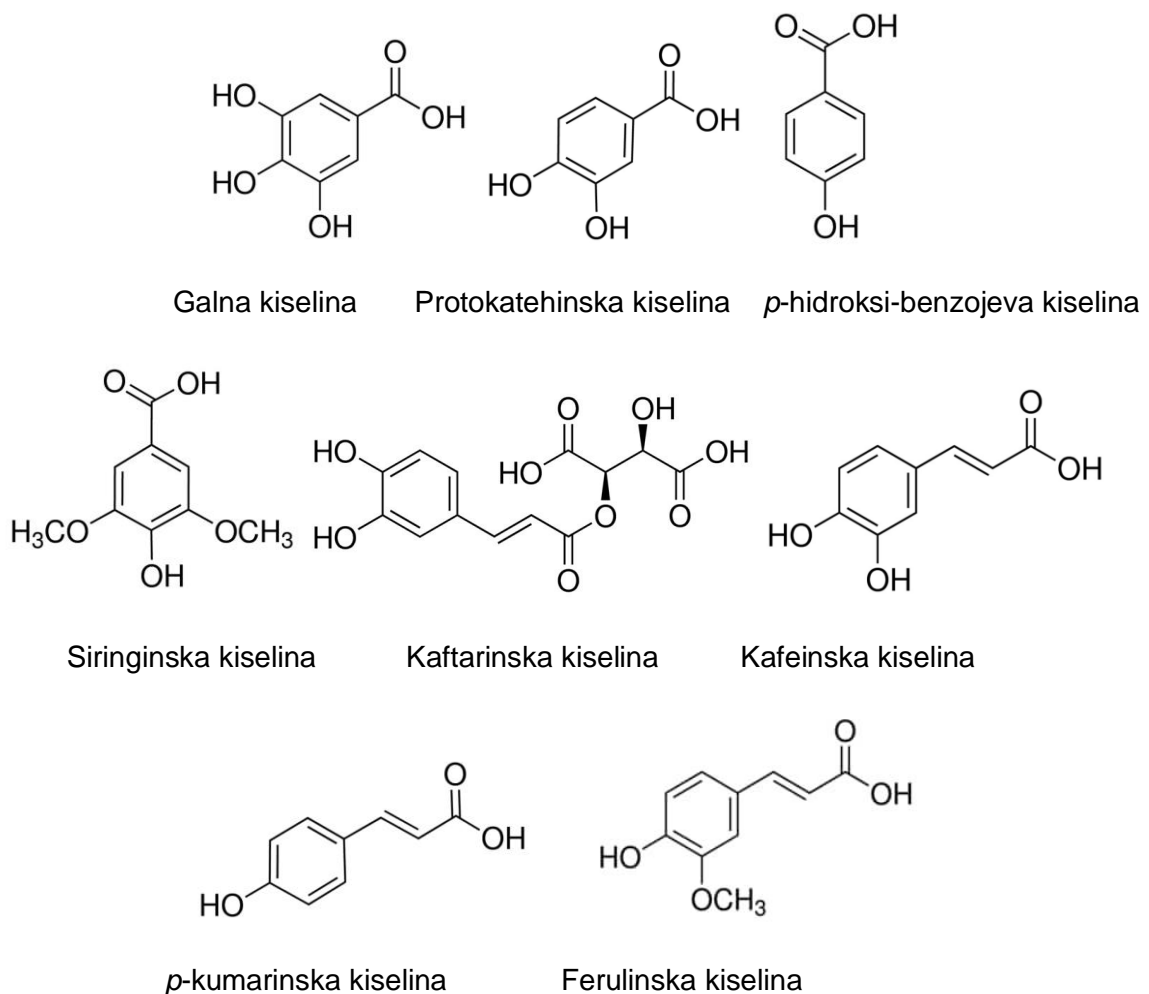


Slika 4. Strukturni prikaz stilbena

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

U vinu su detektirane i različite hidroksibenzojeve kiseline u slobodnoj formi, pri čemu je galna kiselina jedna od najzastupljenijih i u najvišim koncentracijama prisutnih u vinu. Galna kiselina se ističe svojim antioksidativnim potencijalom (Thomas, 2017). Inicijalno se sintetiziraju iz fenilalanina dok one kvašćevog podrijetla potječu iz octene kiseline (Soleas

i sur., 1997), a u grožđu i vinu su zastupljene u manjoj koncentraciji nego hidroksicimetne kiseline. Hidroksicimetne kiseline se nalaze u vakuolama kože i mesa bobice u obliku estera vinske kiseline, pri čemu su esteri L-(+)-vinske kiseline dominantni, a slobodni oblici su prisutni u niskim koncentracijama (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Najzastupljenija hidroksicimetna kiselina u vinu je kaftarinska (Lukić i sur., 2017). Dosadašnjih rezultata o predfermentacijskom zagrijavanju masulja, produljenoj maceraciji i produljenoj postfermentacijskoj maceraciji na koncentraciju i sastav fenolnih spojeva u vinima sorte 'Teran' nema mnogo te se glavina spoznaja odnosi na antocijane i fenolne kiseline dok je utjecaj na flavan-3-ole i stilbene gotovo u potpunosti neistražen.



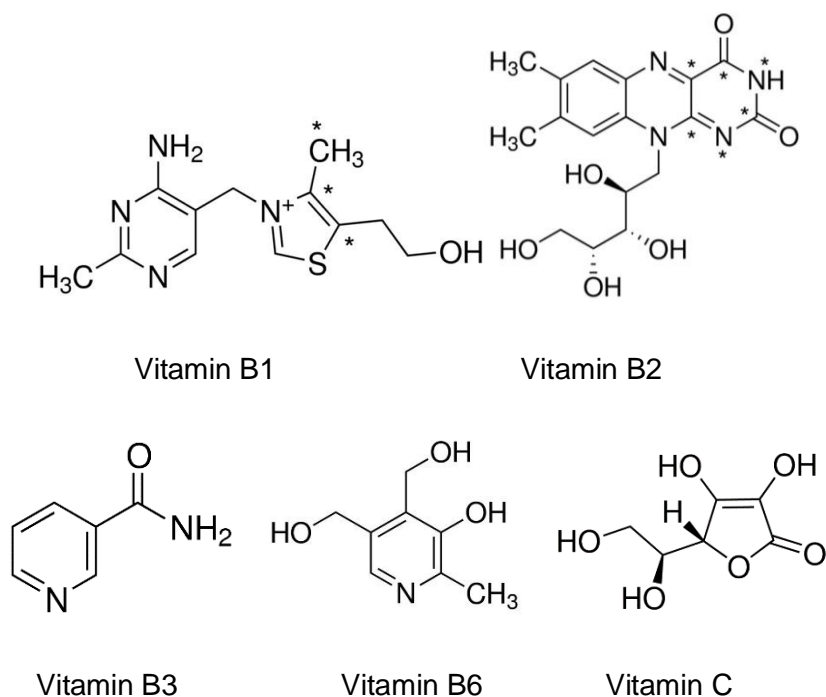
Slika 5. Strukturni prikaz hidroksibenzojevih i hidroksicimetnih kiselina

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

### 2.2.2. Vitamini

Među esencijalnim tvarima za normalno funkcioniranje organizma, u vinu nalazimo i vitamine. Za održavanje normalnih funkcija organizma, vitamini su potrebni u malim količinama, međutim, nedovoljna zastupljenost vitamina u prehrani, kao i suvišak nekog

vitamina, može izazvati poremećaje u organizmu (Belitz i sur., 2009; Chiras i sur., 2015). Vitamini su organske tvari raznovrsne strukture i kemijskih svojstava koje se u različitim namirnicama nalaze u tragovima (Maqbool i sur., 2018), ne mogu se sintetizirati u dovoljnim količinama u našem organizmu pa ih je potrebno unositi hranom (Combs i McClung, 2017). Svaki vitamin ima različitu biokemijsku funkciju i sudjeluje u brojnim biokemijskim reakcijama. Vitamini se klasificiraju po njihovoj biološkoj funkciji, a poznato je 13 vitamina, koji se dijele u dvije skupine, na vitamine topljive u vodi i vitamine topljive u mastima. Vitamini topljivi u mastima uključuju vitamin A, D, E i K, a vitamini topljivi u vodi su vitamin C te vitamini B kompleksa, tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantotenska kiselina (B5), piridoksin (B6), folna kiselina (B9), kobalamin (B12) i biotin (Evers i sur., 2021).



Slika 6. Strukturni prikaz vitamina

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Vitamini topljivi u vodi važni su spojevi u grožđu i vinu iako su prisutni u jako niskim koncentracijama. Većina ih se nalazi u kožici grožđa, što je i razlog viših koncentracija u crnim u usporedbi s bijelim vinima. Koncentracija vitamina inicijalno prisutnih u grožđu smanjuje se tijekom procesa vinifikacije (fermentacija i starenje), stoga njihova koncentracija u vinu nije dovoljna za veći značaj u prehrani ljudi (Jackson, 2020b). U biološkim sustavima mali broj vitamina aktivan je bez pretvorbe u druge, metabolički aktivne forme i/ili vezanja na proteine. Neki od vitamina se u namirnicama pojavljuju u više različitih formi od kojih se sve ili samo neke mogu pretvarati u metabolički aktivne forme (Combs i McClung, 2017). Mošt sadrži faktore potrebne za rast kvasaca, uključujući i vitamine, ali

tijekom alkoholne fermentacije dolazi do promjene njihove koncentracije (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Smatra se kako su u nekim slučajevima usporene fermentacije povezane s nedostatkom vitamina, a posebice s nedostatkom tiamina. Julien i sur. (2017) također navode da su vitamini nužni za određene fiziološke funkcije kvasca te je utvrđeno da nedostatak vitamina može dovesti do usporavanja fermentacije.

Metabolička funkcija vitamina odnosi se na aktivnosti koenzima u različitim putevima, redukcijско-oksidacijskim sustavima, antioksidativnim aktivnostima, integritetu membrane, staničnom signaliziranju, zaštiti stanica i disanju kvasca (Combs i McClung, 2017; Perli i sur., 2020). Pet vitamina je posebno opisano kao esencijalno potrebnih kvascima, a to su biotin, inozitol, pantotenska kiselina, piridoksin i tiamin (Julien i sur., 2017). Biotin pogoduje proizvodnji estera i boljoj staničnoj održivosti te je u slučaju njegovog nedostatka stanični rast značajno pogođen (Bohlscheid i sur., 2007).

Koncentracija tiamina također ima veliki utjecaj na kinetiku fermentacije te njegova koncentracija prisutna u grožđu može, ali i ne mora biti limitirajući faktor za kinetiku fermentacije, što ovisi o grožđu i o mnogim drugim čimbenicima. Koncentracije ostalih vitamina su različite u moštu i vinima i promjene u koncentracijama tijekom fermentacije nisu jednake za sve vitamine (Ribéreau-Gayon i sur., 2006). Dok tiamin može gotovo u potpunosti nestati, s ostalim vitaminima je situacija drugačija. Riboflavin nastaje djelovanjem kvasca, također kvasci koriste, a potom i otpuštaju pantotensku kiselinu, piridoksin i biotin te je njihova koncentracija gotovo identična u moštu i vinu (Ribéreau-Gayon i sur., 2006; Petravić-Tominac i sur., 2017).

Poznato je i da određeni vitamini, posebice biotin i pantotenska kiselina, utječu na stvaranje aromatskih spojeva u vinu (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Vitamini imaju važnu ulogu u cjelokupnom senzornom profilu vina time što su aktivno uključeni u sintezu ili metabolizam molekula prekursora. Koncentracija sekundarnih metabolita i prekursora koji doprinose aromi vina, može utjecati na dostupnost vitamina. Evers i sur. (2021) navode da su se metode za analize vitamina u različitim matricama razvijale tijekom godina te su s vremenom evoluirale kako bi pružile osjetljivije analize. Međutim, primjetan je nedostatak istraživanja s naglaskom na vitamine u moštu i vinu posljednjih godina što ograničava i detaljnije razumijevanje značaja vitamina u enologiji. Vrijedi istaknuti i da u literaturi nema podataka o utjecaju različitih vinifikacijskih tehnologija poput predfermentacijskoga zagrijavanja masulja i različitih duljina maceracija te dozrijevanja vina u drvu na koncentraciju vitamina C i vitamina B kompleksa u crnim vinima.

### 2.2.3. Makroelementi i mikroelementi

Među velikim brojem sastojaka koje nalazimo u vinu ističu se i makro i mikroelementi čija prisutnost i koncentracija utječe na senzorna svojstva i zdravstvenu vrijednost vina (Álvarez i sur., 2012). Koncentracija nekih minerala u vinu važna je zbog njihovog zdravstvenog utjecaja, štoviše makro- i mikroelementi doprinose nutritivnoj vrijednosti vina (Galgano i sur., 2008). Minerali su neophodni za normalno funkcioniranje ljudskog organizma te je njihov pravilan unos važan za održavanje homeostaze. Upotreba minerala sve više dobiva na značenju u prevenciji, ali i terapiji određenih bolesti. Oni sudjeluju u različitim biokemijskim procesima u organizmu kao što je izgradnja kostiju, mozga, krvi, enzima, hormona i regulaciji metabolizma (Gharibzahedi i Jafari, 2017). Nužni su za funkcioniranje organizma, a mogu biti prisutni kao slobodni ioni ili vezani u određenim organskim spojevima. Minerali su esencijalne tvari, a ljudski ih organizam ne može sintetizirati nego ih je potrebno unositi.

Mineralne tvari vina koje ostaju nakon spaljivanja do pepela dijele se na katione, anione te elemente u tragovima u koje se ubrajaju i teški metali. Prema klasifikaciji koju su predložili Eschnauer i Neeb (1988), 97 % čini osam makroelemenata (K, Mg, Ca, Na, C, P, S, Cl), koji su prisutni u koncentracijama višim od 10 mg/L. Preostalih 3 % čine mikroelementi i elementi u tragovima s koncentracijama između 0,01 i 10 mg/L, koji uključuju Si, Mn, B, Rb, Zn, Sr, Fe, Cu, Al, F i I, koji su prisutni u višim koncentracijama, zatim Sn, V, Ti, As, Ba, Pb, Br, Cr, Li, Ni, Co, Mo i Ag u nižim koncentracijama te elementi u ultra tragovima, s koncentracijama nižim od 10 µg/L, koji uključuju rijetke elemente zemlje i radioaktivne elemente. S obzirom da teški metali mogu imati toksične učinke, koncentracije je potrebno pratiti i držati unutar dopuštenih granica. Maksimalne dopuštene koncentracije u vinu utvrdila je Međunarodna organizacija za vinovu lozu i vino (OIV, 2019), a u Hrvatskoj koncentracije su propisane pravilnikom (NN 2/2005 i 16/2005 ).

Makroelementi i mikroelementi nužni su za pravilan tijek fermentacije, važan su čimbenik za razmnožavanje kvasca u moštu te posljedično i tijekom alkoholne fermentacije. Neki od elemenata kao što su naprimjer Fe, Cu, Mn, S, Mg i dr., ulaze u sastav enzima stanice kvasca i tako sudjeluju u procesu fermentacije. Elementi kao npr. Ca, K, Mg i Na uključeni su u reguliranje staničnog metabolizma kvasca te pomažu u održavanju odgovarajuće ionske ravnoteže i pH (Pohl, 2007; Morata i Loira, 2019). Mikroelementi (Cu, Fe, Mn, Zn ) i neki metali u tragovima, također su važni za aktivnost kvasca (Pohl, 2007). Makro- i mikroelementi u vinu sudjeluju u vrlo važnim fizikalno-kemijskim procesima, kao što je stabilizacija vina, katalizacijski procesi te regulacija oksidoredukcijskih procesa. Njihov negativan utjecaj očituje se kod npr. taloženja tartarata, oksidacije vina te pojave zamućenja

koje je posebice povezano s Al, Cu i Fe (Pohl, 2007). Promjena boje, oksidacijsko kvarenje, gubitak aromatske svježine te pojave taloga fenolnih spojeva aktivira se i ubrzava uz prisutnost Fe, Mn i Cu (Morata i Loira, 2019). Koncentracija makroelemenata i mikroelemenata u vinima ovisi o mnogim čimbenicima, kao što su proizvodno područje, koncentracija elemenata u tlu, sorta grožđa, sposobnost vinove loze da apsorbira minerale iz tla, vinogradarske prakse, razna onečišćenja okoliša, vremenske prilike, navodnjavanje, uvjeti prerade grožđa i proizvodnje vina kao i način čuvanja i skladištenja vina (Núñez i sur., 2000; Álvarez i sur., 2007; Pohl, 2007; Ivanova i sur., 2009). Enološke prakse u različitim fazama proizvodnje vina mogu također biti izvor makroelemenata i mikroelemenata u vinu. Razlog za to može biti i duži kontakt vina s materijalima (aluminij, mesing, staklo, nehrđajući čelik, drvo) iz kojih se proizvode strojevi i oprema za proizvodnju te skladištenje vina, i koji su često uobičajeni izvor povećanja koncentracije Al, Cd, Cr, Cu, Fe i Zn (Pohl, 2007; Tariba, 2011; Álvarez i sur., 2012).

S obzirom da makroelementi i mikroelementi u vinu uglavnom potječu iz čvrstih dijelova bobica grožđa, njihova koncentracija u vinu povećava se s produljenjem maceracije. Produljena maceracija često dovodi do rasta koncentracije Cr, Cu, Fe i Zn u vinu (Pohl, 2007). S druge strane, tijekom fermentacije može doći i do smanjenja njihove koncentracije zbog taloženja (Almeida i Vasconcelos, 2003). Uočeno je i da kvasci konzumiraju minerale kao što su Cu, Fe i Zn tijekom fermentacije. Soto Vázquez i sur. (2013) navode da tehnologija te fizikalno-kemijski parametri mogu značajno utjecati na ekstrakciju makroelemenata i mikroelemenata. U literaturi nema dovoljno podataka o utjecaju duljine maceracije na koncentraciju makro- i mikroelemenata u vinu, dok podataka o utjecaju predfermentacijskog tretmana zagrijavanja nema uopće. Vrijedi naglasiti kako posebno nedostaju rezultati na hrvatskim autohtonim sortama pa tako i na sorti 'Teran'.

### 2.3. Bioaktivni spojevi vina i učinak na zdravlje ljudi

Razvoj funkcionalnih prehrambenih proizvoda, odnosno pronalazak tehnologija koje će utjecati na povećanje ekstrakcije bioaktivnih spojeva nastavit će svoj rast u 21. stoljeću kao posljedica zahtjeva potrošača za hranom koja povoljno utječe na zdravlje. Iako još uvijek nema u potpunosti jasne i općenito prihvaćene definicije funkcionalne hrane, ova kategorija može se definirati kao proizvod koji svojim fiziološki aktivnim sastojcima povoljno utječe na zdravlje ljudi. Bioaktivni spojevi u vinu su prisutni u malim koncentracijama, a intenzivno se proučavaju kako bi se utvrdio njihov utjecaj na zdravlje ljudi. Na osnovi znanstvenih, epidemioloških istraživanja napravljen je značajan napredak u definiranju uloge bioaktivnih komponenata u smanjenju rizika od mnogih kroničnih bolesti kao i objašnjenju osnovnih bioloških mehanizama takvog djelovanja. Ti sastojci se međusobno razlikuju, kako po

kemijskoj strukturi, tako i po funkciji. Potrebna su još mnoga znanstvena istraživanja prema kojima bi se, na znanstvenoj osnovi, definirale preporučene dnevne potrebe. Međutim, kroz buduća istraživanja možda će se moći preporučiti dnevni unos vina koji će imati povoljan učinak na zdravlje, kroz dulje razdoblje konzumacije. Do tada, postoje brojni dokazi koji podupiru preporuke o umjerenoj konzumaciji vina koje je bogato bioaktivnim komponentama.

Radeka i sur. (2022) uočavaju pozitivan utjecaj umjerene konzumacije vina (200 mL/dan) proizvedenog od autohtonih hrvatskih sorti ('Teran', 'Malvazija istarska', 'Plavac mali' i 'Pošip') na sniženje sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka te koncentracije LDL-a (engl. *low-density lipoprotein*), odnosno lošeg kolesterola, također, uočavaju povećanje HDL-a (engl. *high-density lipoprotein*), odnosno dobrog kolesterola, a slično utvrđuju i Di Renzo i sur. (2015) te Nova i sur. (2019). Radeka i sur. (2022) naglašavaju i da se jetreni enzimi ALT (alanin-aminotransferaza), ALP (alkalna fosfataza) i GGT (gama-glutamilttransferaza) ne povećavaju u skupinama konzumenata unatoč visokim koncentracijama alkohola u svim vinima u istraživanju, a Lee i sur. (2010) utvrđuju i da je *trans*-resveratrol koristan u prevenciji razvoja fibroze jetre. Xiang i sur. (2014) i Tognon i sur. (2014) navode da umjerena konzumacija vina rezultira smanjenjem rizika od kardiovaskularnih bolesti, a McCullough i sur. (2012) sa smanjenim rizikom od kardiovaskularnih bolesti povezuju antocijane i procijanidine. Umjerena konzumacija vina povezana je i s višim razinama omega-3 masnih kiselina u krvi koje štite od bolesti srca i sprječavaju zgrušnjavanje krvi (Krenz i Korthuis, 2012).

Konzumenti crnog vina pokazuju i manju učestalost pojave dijabetesa te niže razine glukoze u krvi u usporedbi s apstinentima (da Luz i sur., 2014). Nekoliko istraživanja pokazuje i antikancerogeni utjecaj fenolnih spojeva poput *trans*-resveratrola, kvercetina i (+)-katehina, odnosno dokazano je da umjerena konzumacija crnog vina inhibira pojavu raka debelog crijeva (Crockett i sur., 2011; Kontou i sur., 2012). Carter i sur. (2014) dokazuju da prehrana i način života imaju veliki utjecaj i na razvoj raka prostate te navode *trans*-resveratrol kao jedan od spojeva koji ima značajan utjecaj na prevenciju pojave raka prostate. Le Roy i sur. (2019) uočavaju da umjerena konzumacija crnog vina utječe i na povećanje raznolikosti crijevne mikroflore te potencijalno utječe na smanjenje indeksa tjelesne mase (engl. BMI - *Body Mass Index*), a Curhan (2007) povezuje umjerenu konzumaciju vina sa smanjenim razvojem bubrežnih kamenaca.

Osim pozitivnog utjecaja na fizičko zdravlje, ističe se također i pozitivan utjecaj fenolnih spojeva na psihičko zdravlje ljudi. Basli i sur. (2012) navode da fenolni spojevi crnog vina poput *trans*-resveratrola, kvercetina, miricetina, katehina, tanina, antocijana i ferulinske



kiseline sprječavaju pojavu neurodegenerativnih bolesti poput Parkinsonove i Alzheimerove bolesti, a Li i sur. (2012) također uočavaju neuroprotektivne učinke *trans*-resveratrola, posebice u prevenciji pojave Alzheimerove bolesti. Umjerena konzumacija vina trebala bi utjecati i na značajno smanjenje rizika od razvoja demencije i depresije (Letenneur, 2004; Xia i sur., 2010). Istraživanja pokazuju i da je umjerena konzumacija vina povezana s boljim kognitivnim sposobnostima (Reale i sur., 2020). Također, crno vino je, zahvaljujući resveratrolu odlično i kao pomoć ljudima koji pate od kroničnog stresa i tjeskobe jer potiče izlučivanje „hormona sreće“, a porast hormona sreće, odnosno serotonina i dopamina nakon umjerene konzumacije vina u trajanju od šest tjedana uočavaju Radeka i sur. (2022).

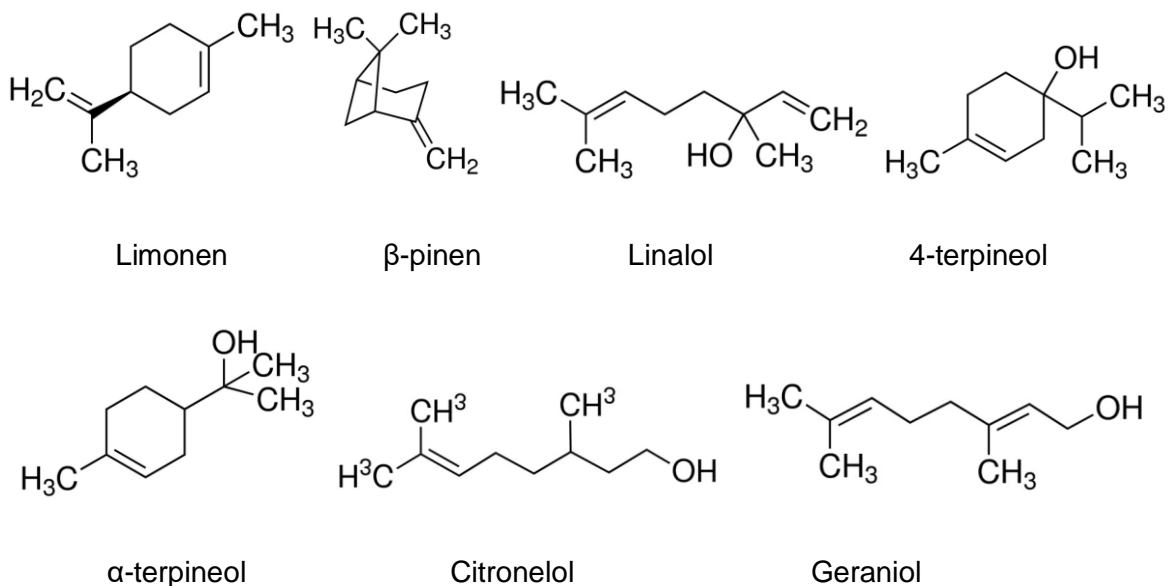
Koronavirus, SARS-CoV-2, nova bolest uzrokovana virusom COVID-19, već gotovo tri godine uvjetuje živote ljudi diljem svijeta, a od pojave ove bolesti znanstvenici intenzivno traže rješenje za prevenciju i ublažavanje simptoma bolesti. Tako su se neka istraživanja usredotočila i na utjecaj prehrane i bioaktivnih tvari iz hrane na pojavu i tijek bolesti, odnosno pokušava se otkriti koje namirnice ili njihovi sastojci utječu na smanjenje učestalosti bolesti odnosno na ublažavanje simptoma. Xu i sur. (2021) uočavaju da vino sadrži tri od pet bioaktivnih spojeva uključenih u borbu protiv COVIDa-19, a to su kvercetin, luteolin i izoramntenin te svi pripadaju skupini flavanoida. Analiza mehanizma djelovanja navedenih spojeva pokazala je da mogu ublažiti simptome ili čak spriječiti bolest. Quiles i sur. (2020) također uočavaju pozitivan utjecaj bioaktivnih spojeva koje nalazimo u vinu, konkretnije *trans*-resveratrola, hidrokortizola i kvercetina u borbi protiv COVIDa-19. Vitamini, minerali i brojni ostali fenolni spojevi također imaju obećavajuće učinke u prevenciji ili ublažavanju simptoma SARS-CoV-2 i drugih virusnih infekcija. S obzirom na njihova antioksidacijska, antivirusna i protuupalna svojstva bioaktivni se spojevi mogu smatrati alternativom u borbi protiv infekcije COVID-19. Pravilna upotreba bioaktivnih spojeva u svakodnevnoj prehrani može, osim na prevenciju ili ublažavanje simptoma bolesti, utjecati i na povećanje učinkovitosti cjepiva i lijekova (Keflie i Biesalski, 2021). Međutim, ostaje pitanje jesu li navedeni bioaktivni spojevi prisutni u vinu u dovoljno visokim koncentracijama da bi postigli željeni učinak.

## 2.4. Hlapljivi spojevi

Aroma vina je vrlo kompleksno svojstvo koje je rezultat međudjelovanja spojeva mirisa i okusa u vinu (Lambrechts i Pretorius, 2000) te jedan od najvažnijih parametara odgovornih za kvalitetu vina (Zhao i sur., 2017). Aromu vina čine aromatski spojevi iz grožđa, zatim spojevi koji se formiraju tijekom alkoholne fermentacije, kao i spojevi koji se formiraju tijekom dozrijevanja vina (Rubio-Bretón i sur., 2019). Do sada je u vinu identificirano nekoliko stotina aromatskih spojeva (Fischer, 2007). Pojedini hlapljivi spojevi mogu imati

veći ili manji utjecaj na aromatski profil vina, ovisno o omjeru koncentracije u kojoj su prisutni i mirisnog praga osjetljivosti (Grosch, 2001), stoga spoj koji se u vinu nalazi u niskoj koncentraciji može imati veći utjecaj na aromu vina od spoja prisutnog u višoj koncentraciji uslijed većeg omjera koncentracije i praga osjetljivosti (Horvat, 2020) odnosno aktivne mirisne vrijednosti. S obzirom na podrijetlo i način formiranja, aromatski spojevi se mogu svrstati u tri glavne skupine - sortna (primarna) aroma, fermentacijska (sekundarna) aroma i aroma dozrijevanja (tercijarna aroma) (Ruiz i sur., 2019).

Sortnu aromu vina čine spojevi koji potječu izravno iz grožđa te imaju najznačajniju ulogu u određivanju sortnog karaktera vina. Formiranje sortne arome pod utjecajem je tla, klime, načina uzgoja, navodnjavanja te zrelosti grožđa, dok najznačajniji utjecaj ima sorta grožđa. Najvažnije skupine spojeva sortne arome su terpeni, C<sub>13</sub>-norizoprenoidi, metoksipirazini i tioli, a navedeni spojevi mogu se koristiti i za identifikaciju sorte (Rapp i Mandery, 1986; Jackson, 2008). Sortni karakter nije ovisan o samo jednom aromatskom spoju već o cijelom nizu aromatskih spojeva koji čine aromatski profil pojedine sorte.

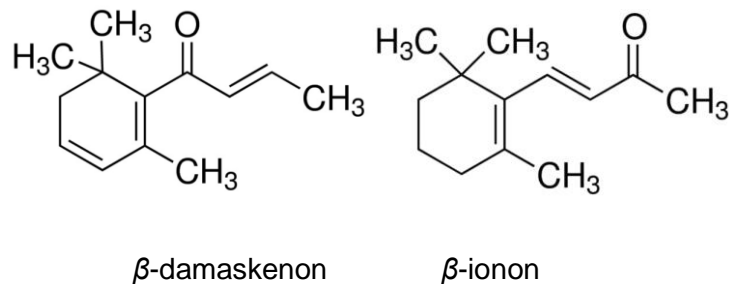


Slika 7. Strukturni prikaz monoterpena

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Terpeni su značajni nosioci sortnih aroma vina, prepoznatljivi kao nositelji karakteristične muškatne arome, odnosno cvjetnih, voćnih i citrusnih aroma. Osim utjecaja grožđa, potvrđen je i značajan utjecaj tehnoloških postupaka tijekom vinifikacije na koncentraciju terpena u vinu (Palomo i sur., 2007). Dokazano je da tijekom maceracije i alkoholne fermentacije terpenski spojevi prolaze različite vrste reakcija poput kiselinske i enzimatski katalizirane hidrolize, izomeracije i ciklizacije (Mateo i Jiménez, 2000). Značajan utjecaj na

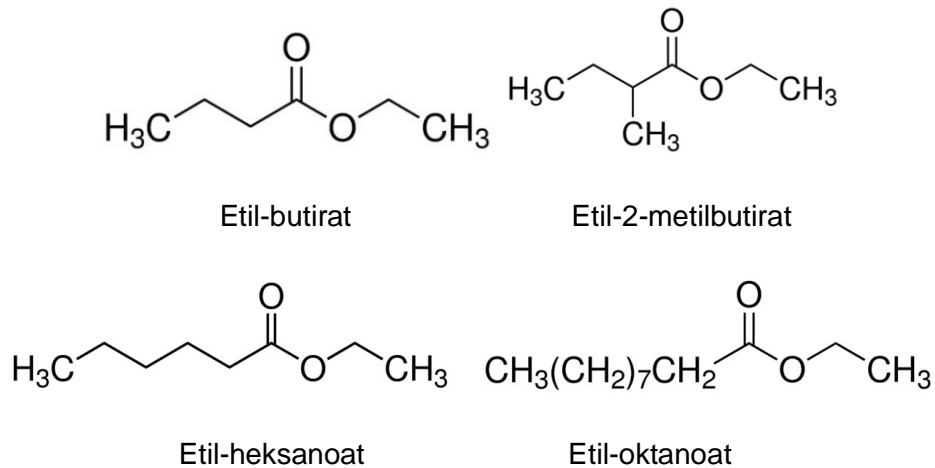
aromu vina imaju i norizoprenoidi, a u grožđu ih je pronađeno samo nekoliko u slobodnom obliku dok ih se većina nalazi u glikozidno vezanom obliku, stoga su nehlapljivi i bezmirisni sve dok se ne oslobode enzimatski ili hidrolizom. Najznačajniji predstavnici C<sub>13</sub>-norizoprenoida su  $\beta$ -damaskenon te  $\alpha$ - i  $\beta$ -ionon (Ribéreau-Gayon i sur., 2006), nositelji cvjetnih i voćnih mirisa (Tomasino i Bolman, 2021). Metoksipirazini su također vrlo važni spojevi primarne arome, doprinoseći vinu zelenim i biljnim mirisima. Primarno se nalaze u kožici bobice, u slobodnom obliku (de Boubée i sur., 2002; Bakker i Clarke, 2011). Produljena maceracija dovodi do povećanja ekstrakcije metoksipirazina, dok više koncentracije mogu negativno utjecati na kvalitetu vina (Kotseridis i sur., 1999).



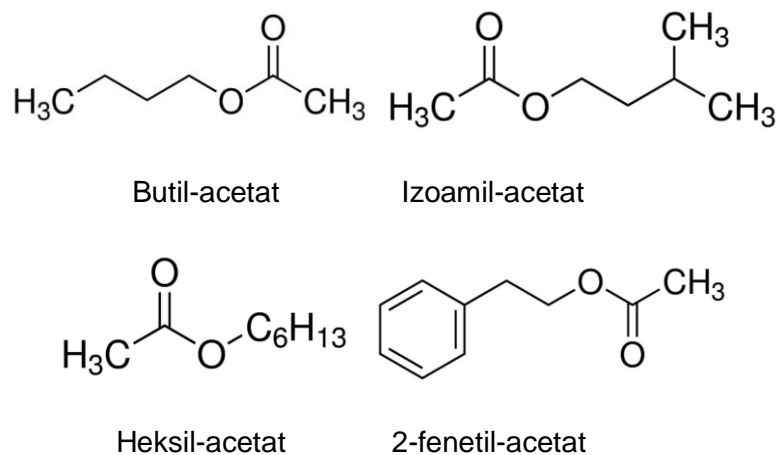
Slika 8. Strukturni prikaz C<sub>13</sub>-norizoprenoida

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Fermentacijsku aromu vina čine spojevi koji se oslobađaju tijekom prerade grožđa djelovanjem različitih enzima, zatim spojevi koji nastaju tijekom alkoholne fermentacije djelovanjem kvasaca te tijekom jabučno-mliječne fermentacije radom bakterija (Ebeler i Thorngate, 2009; Plavša, 2020; Prusova i sur., 2022). Spojevi fermentacijske arome čine najveći dio ukupne arome vina (Belda i sur., 2017), a glavne skupine hlapljivih spojeva koji se sintetiziraju uslijed kvašćeve aktivnosti tijekom fermentacije su viši alkoholi, kratkolančane i srednjelančane masne kiseline, esteri te aldehidi (Lambrechts i Pretorius, 2000; Molina i sur., 2007; Horvat, 2020). Viši alkoholi su nositelji mirisa koji podsjećaju na alkohol, a s obzirom da se formiraju tijekom fermentacije, kao dio osnovnog metabolizma dušika, njihova tvorba između ostalog ovisi i o uvjetima fermentacije (Waterhouse i sur., 2016; Plavša, 2020). Viši alkoholi su nepoželjni u visokim koncentracijama dok niže koncentracije pozitivno doprinose ukupnoj kvaliteti vina (Prusova i sur., 2022). Kratkolančane i srednjelančane masne kiseline doprinose mirisima nalik mastima, siru i užglosti, a njihova prisutnost ovisi o sastavu mošta i uvjetima fermentacije (Gómez García-Carpintero i sur., 2012; Petropulos i sur., 2014). Esteri imaju ključan doprinos u stvaranju voćnih i cvjetnih aroma vina. Značajne koncentracije estera stvaraju kvasci tijekom alkoholne fermentacije, a na njihov nastanak utječu brojni čimbenici, stoga se izborom primjerene tehnologije može potaknuti njihova sinteza (Jackson, 2008).



Slika 9. Strukturni prikaz etilnih estera

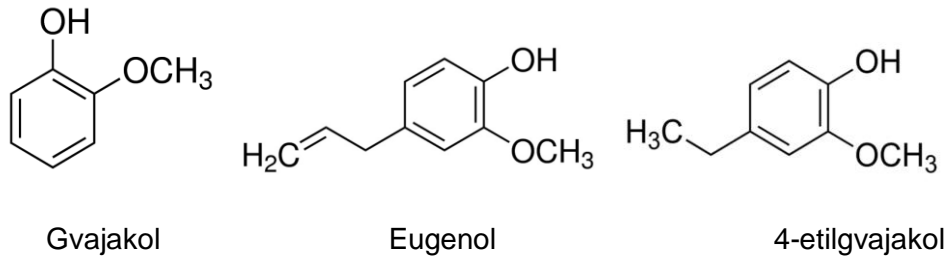
Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

Slika 10. Strukturni prikaz acetatnih estera

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

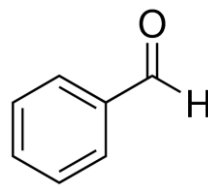
Aromu dozrijevanja čine spojevi koji nastaju tijekom dozrijevanja i starenja vina kao posljedica kemijskih i biokemijskih reakcija hidrolize, esterifikacije i oksidacije (Ribéreau-Gayon i sur., 2006), a kao najznačajnije skupine navode se laktoni, furani i hlapljivi fenoli. Aroma dozrijevanja vina rezultat je kemijskih reakcija uključujući hidrolizu estera, oksidaciju i ciklizaciju (Slaghenaufi i Ugliano, 2018). Navedeni procesi su vrlo spori i složeni te nastaju kao posljedica kontinuirane i polagane difuzije kisika kroz pore bačve, a doprinose poželjnim senzornim svojstvima vina. Kvaliteta arome dozrijevanja ovisi o podrijetlu grožđa (tlo, mikroklima), godini berbe (klimatske prilike) te o difuziji molekula iz (hrastovog) drva u vino što pak ovisi o karakteristikama drva (zemljopisno podrijetlo, vrsta hrasta, jačina paljenja) (Koussissi i sur., 2009; Perestrelo i sur., 2011). Tijekom dozrijevanja dolazi do smanjenja koncentracije fermentacijskih aroma odnosno svježine i voćnosti, dok s druge

strane dolazi do formiranja novih kompleksnih aroma, koje podsjećaju na karamel, suho voće, začinjeno, prženo i drvenasto (Styger i sur., 2011).



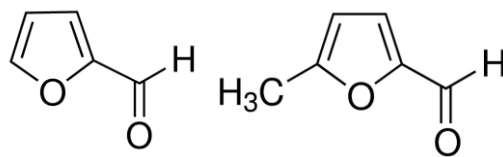
Slika 11. Strukturni prikaz hlapljivih fenola

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)



Slika 12. Strukturni prikaz benzaldehida

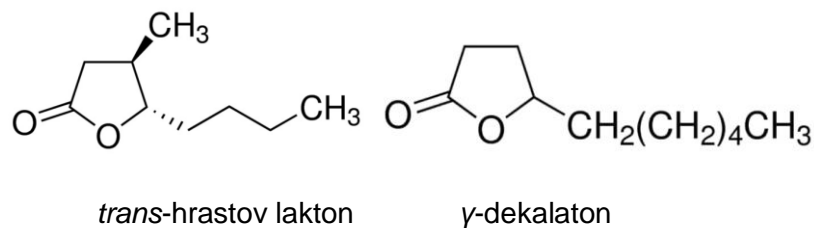
Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)



Furfural      5-metilfurfural

Slika 13. Strukturni prikaz furana

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)



Slika 14. Strukturni prikaz laktona

Izvor: Merck (<https://www.sigmaaldrich.com/HR/en>; pristup: 22.09.2022.)

## 2.5. Senzorne karakteristike vina

Sastav vina predmet je brojnih istraživanja, ponajviše zbog utjecaja fenolnih i aromatskih spojeva na senzorna svojstva vina čiju je koncentraciju moguće znatno modificirati. Posljednjih godina je na svjetskom tržištu vina prisutno je sve veće zanimanje za intenzivno obojenim crnim vinima, punijeg tijela te izraženijih voćnih karakteristika (Piccardo, 2019) stoga se traže vinifikacijske tehnologije čijom će se primjenom proizvesti vina željenih senzornih svojstava. Percepcija mirisa i okusa vina rezultat je mnoštva interakcija između velikog broja kemijskih spojeva i osjetilnih receptora (Styger i sur., 2011), a kako bi se spojevi koji doprinose poželjnim senzornim karakteristikama adekvatno razumjeli, potrebno je detaljnije istražiti skupine kemijskih spojeva koji sudjeluju u formiranju senzornih svojstava vina te definiraju njegovu kvalitetu. Brojni spojevi u vinu imaju značajan utjecaj na njegov miris, tako terpeni, esteri, metokspirazini i aldehidi pridonose aromi vina različitim cvjetnim, voćnim, paprenim i drvenastim notama. Okus vina može se opisati kao sladak, kiseo, slan i gorak, a općenito su ta svojstva rezultat prisutnosti šećera, soli i fenolnih spojeva. Spojevi poput glicerola, polisaharida i manoproteina doprinose viskozitetu i okusu vina, antocijani doprinose boji, a etanol senzaciji zagrijavanja usta. Interakcija između brojnih kemijskih spojeva određuje konačni okus, miris i percepciju vina (Styger i sur., 2011). Danas je identifikacija spojeva koji utječu na aromu i okus vina jedan od najznačajnijih izazova znanstvenih istraživanja u području vina i vinske industrije, a s obzirom na prethodna istraživanja, opće prihvaćeno je mišljenje da različite vinifikacijske tehnologije značajno utječu na boju, miris i okus vina. Kao što je već prethodno navedeno, posljednjih godina ljudi su postali i sve svjesniji zdravlja i hrane koja utječe na poboljšanje njihova zdravlja. Međutim, povećane koncentracije bioaktivnih spojeva, a posebice fenolnih spojeva, ne utječu uvijek pozitivno na senzorna svojstva. Fenolni spojevi poput tanina i monomernih i oligomernih flavan-3-ola utječu i na gorčinu i astringentnost vina. Monomeri i dimeri flavan-3-ola su više gorki dok su polimeri nositelji osjeta astringencije. Stoga je potrebno pronaći vinifikacijske tehnologije koje će uz utjecaj na povećanje ekstrakcije bioaktivnih spojeva, u isto vrijeme i pozitivno utjecati na senzorna svojstva vina te očuvati ili čak poboljšati ključne parametre kvalitete vina.

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Sorta 'Teran' (*Vitis vinifera* L.)

'Teran' je vrlo stara autohtona crna sorta vinove loze (Plavša i sur., 2012; Maletić i sur., 2014; Lukić i sur., 2017) koja se stoljećima uzgaja na području Istre, Slovenskog primorja i talijanske regije Friuli - Venezia Giulia (Rusjan i sur., 2015). Prvi pisani izvori o vinu 'Teran' potječu s kraja 14. stoljeća s područja Udina u Italiji, a prvi opis morfoloških karakteristika sorte 'Teran' objavio je 1824. godine istarski agronom Pietro Stancovich. 'Teran' je bio dominantna sorta u Istri te je prije zaraze filokserom zauzimaio oko 80 % istarskih vinogradarskih površina. Tijekom 20. stoljeća njegov udio u istarskom sortimentu postupno opada, međutim i danas ostaje najzastupljenija autohtona crna sorta vinove loze u Istri te je nakon 'Malvazije istarske', sorta koja se na tom području najviše sadi (Maletić i sur., 2014). Temeljem službenih podataka iz Vinogradarskog registra, u 2021. godini 'Teran' se uzgaja na 233,98 ha što predstavlja 8,16 % površine pod vinogradima u Istri (Izvor: APPRRR, stanje 31.12.2021.).



Slika 15. Grozd sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.)

Sinonimi (ostala poznata imena): 'Refošk istarski', 'Istrijanac', 'Terrano', 'Terano d'Istria', 'Terrano del Carso', 'Refosco del Carso', 'Refošk'. Veliku konfuziju kroz prošlost radili su sinonimi na relaciji 'Refošk' (u Sloveniji) i 'Teran' (u Hrvatskoj) dovodeći u pitanje radi li se tu o istoj ili o dvije sorte sličnih morfoloških karakteristika. Objašnjenje su dali Rusjan i sur. (2015) navodeći da su obje sorte vinove loze identične u svim analiziranim SSR markerima

te se oba naziva mogu koristiti kao sinonimi. Nakon dugogodišnjeg spora hrvatskih i slovenskih vinara, 2020. godine Opći sud Europske unije objavio je presudu kojom Republika Hrvatska zadržava pravo da istarski vinari koriste naziv sorte 'Teran' na deklaracijama boca iz Republike Hrvatske koje nose zaštićenu oznaku izvornosti „Hrvatska Istra“ (Izvor: Republika Hrvatska, Ministarstvo poljoprivrede, 2020).

Sorta 'Teran' s vegetacijom počinje srednje rano, a grožđe dozrijeva kasno, u IV. razdoblju. Jako je bujna sorta, dugih internodija na mladici. Ne pokazuje posebnu osjetljivost na gljivične bolesti te uglavnom ne stradava od smrzavanja. Rodnost je visoka i redovita. U grožđu postiže srednju razinu šećera te visoku razinu ukupne kiselosti. Kvaliteta grožđa znatno ovisi o položaju te načinu i uvjetima uzgoja. Kvaliteta vina 'Teran' može biti niska kad se pretjeruje s opterećenjem i prinosom, kad se ne održava povoljna mikroklima u zoni grozda, kad se uzgaja u dubokim, plodnim i vlažnim tlima te u netipičnim vinogradarskim položajima, koji su hladni i vlažni, kao i u godinama koje su praćene s mnogo padalina u mjesecima koji prethode berbi. Nasuprot tome, u uvjetima niskog opterećenja, povoljne mikroklimе u zoni grozda, na pogodnim i dobro osunčanim položajima, na tlima srednje plodnosti, povoljne strukture i dobre dreniranosti te u meteorološki povoljnim godinama s puno sunca i topline i bez puno padalina u mjesecima prije berbe, 'Teran' daje puna, bogata vina, povećanog sadržaja alkohola, dobre obojenosti, jakog tijela te s izraženom ugodnom aromom pretežito na višnju marasku (Maletić i sur., 2015).

### 3.2. Proizvodnja vina i provođenje pokusa

Istraživanje je provedeno tijekom dvije uzastopne berbe, 2018. i 2019., s grožđem sorte 'Teran' (*Vitis vinifera* L.) iz pokusnog nasada Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču (slika 16), na području vinogradarske podregije Hrvatska Istra, Vinogorja Zapadna Istra. Vinograd pokusnog nasada je u trenutku berbe bio starosti 12, odnosno 13 godina, posađen na crvenici na podlozi SO<sub>4</sub>, uzgojnog oblika jednokraki Guyot. Grožđe je u trenutku berbe homogenizirano nakon čega su uslijedili postupci primarne prerade grožđa i proizvodnje vina koji su provedeni u prostorima eksperimentalnog vinarskog podruma „Minivinifikacija“ na Institutu za poljoprivredu i turizam. Prerada grožđa (runjenje i muljanje) provedena je na dan berbe. Masulj je tijekom primarne prerade zaštićen od oksidacije dodatkom 5 g/hL kalijevoг metabisulfita (AEB S.p.A., Brescia, Italija) te 5 g/hL sredstva Aromax (AEB) nakon čega je homogeniziran te potom jednoliko raspodijeljen u vinifikatore od nehrđajućeg čelika volumena 220 L.





Slika 16. Pokusno poljoprivredno imanje Instituta za poljoprivredu i turizam (Poreč, Hrvatska)

U triplikatu su postavljena i provedena sljedeća četiri tretmana:

1. TM7 (S - svježe) - kontrolni tretman - maceracija masulja u trajanju od 7 dana,
2. TM10 (S) - produljena maceracija masulja u trajanju od 10 dana,
3. TM21 (S) - postfermentacijska produljena maceracija masulja u trajanju od 21 dan,
4. TPHT (S) - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja u trajanju od 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (maceracija u ukupnom trajanju od 10 dana).

U tretmanima TM7 (S), TM10 (S) i TM21 (S), po završetku muljanja-runjenja, dobiveni masulj se inokulirao komercijalno dostupnim selekcioniranim sojem kvasca *S. cerevisiae* Fermol Mediterranée (AEB) u koncentraciji 30 g/hL, čija je rehidracija provedena uz dodatak Fermol Plus Startera (AEB) u koncentraciji od 10 g/hL. Dohrana je provedena drugi dan fermentacije H<sub>2</sub>S Free (AEB) hranom za kvasce u koncentraciji od 20 g/hL. Kontrolirana alkoholna fermentacija i maceracija se odvijala na 24 °C, a dinamika fermentacije se pratila refraktometrom i analizom standardnim metodama (OIV, 2019). U TPHT (S) tretmanu, masulj se nakon muljanja-runjenja podvrgnuo predfermentacijskom tretmanu zagrijavanja na 45 °C u trajanju od 48 sati. Nakon zagrijavanja masulj je ohlađen na 24 °C te kao i ostala tri tretmana inokuliran selekcioniranim sojem kvasca *S. cerevisiae* Fermol Mediterranée u koncentraciji 30 g/hL, čija je rehidracija provedena uz dodatak Fermol Plus Startera (AEB) u koncentraciji od 10 g/hL. Dohrana je provedena drugi dan fermentacije H<sub>2</sub>S Free (AEB) hranom za kvasce u koncentraciji od 20 g/hL. Kontrolirana alkoholna fermentacija se, kao i u ostala tri tretmana, odvijala na 24 °C, istovremeno s maceracijom koja je trajala ukupno 10 dana. Istekom predviđene duljine maceracije za pojedini tretman, masulj je prešan na pneumatskoj preši kapaciteta 100 L pri tlaku od 0,8 bara. U nastavku vinifikacije napravljen je prvi pretok, odnosno svi tretmani su odvojeni od taloga te sulfitirani kalijevim

metabisulfitom (AEB) u dozi od 5 g/hL. Mjesec dana nakon prvog napravljen je i drugi pretok te su vina ponovno sulfitirana kalijevim metabisulfitom (AEB) u dozi od 5 g/hL i napunjena u boce. Nakon tri mjeseca od trenutka punjenja vina u boce izvedene su sve fizikalno-kemijske analize te senzorna analiza vina.

Svježa (mlada) vina navedenih tretmana su nakon prethodno spomenutog drugog pretoka stavljena na dozrijevanje u hrastove bačve volumena 100 litara (Bačvarija Golub, Jastrebarsko), kako bi se utvrdile i razlike između svježih (mladih) i zrelih (odležanih) vina sorte 'Teran', proizvedenih različitim tehnologijama vinifikacije.

U triplikatu su postavljena i provedena sljedeća četiri tretmana:

5. TM7 (Z - zrelo) - kontrolni tretman - maceracija masulja u trajanju od 7 dana + dozrijevanje u hrastovim drvenim bačvama u trajanju od šest mjeseci,
6. TM10 (Z) - produljena maceracija masulja u trajanju od 10 dana + dozrijevanje u hrastovim drvenim bačvama u trajanju od šest mjeseci,
7. TM21 (Z) - postfermentacijska produljena maceracija masulja u trajanju od 21 dan + dozrijevanje u hrastovim drvenim bačvama u trajanju od šest mjeseci,
8. TPHT (Z) - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja u trajanju od 48 sati na 45 °C, fermentacija – maceracija (maceracija u ukupnom trajanju od 10 dana) + dozrijevanje u hrastovim drvenim bačvama u trajanju od šest mjeseci.

Vina navedenih tretmana su nakon dozrijevanja u hrastovim drvenim bačvama u trajanju od šest mjeseci sulfitirana kalijevim metabisulfitom u dozi od 5 g/hL te napunjena u boce. Tijekom razdoblja od tri mjeseca od trenutka punjenja vina u boce izvedene su sve fizikalno-kemijske analize te senzorna analiza vina.

### 3.3. Osnovne fizikalno-kemijske analize

Fizikalno-kemijske analize uzoraka provedene su standardnim metodama objavljenima od strane OIV-a (OIV, 2019). U uzorcima su određeni sljedeći parametri: alkoholna jakost (volumni udio etanola), ukupni suhi ekstrakt, reducirajući šećeri, pepeo, ukupna kiselost (izražena kao vinska kiselina u g/L), hlapljiva kiselost (izražena kao octena kiselina u g/L) te pH vrijednost. Slobodni i ukupni SO<sub>2</sub> određivani su tijekom proizvodnje vina da bi se po potrebi korigirala koncentracija slobodnog SO<sub>2</sub>.

### 3.4. Analiza fenolnih spojeva

Pojedinačni fenolni spojevi (hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline, flavonoli, flavanonoli, flavan-3-oli i stilbeni) u uzorcima vina analizirani su tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (engl. *high-performance liquid chromatography*,

HPLC) na uređaju Agilent Infinity 1260 opremljenim s G1311B kvarternom pumpom, G1329B automatskim uzorkivačem, G1316A odjeljkom za termostatiranje kolone, G4212B detektorom s nizom dioda (engl. *diode array detector*, DAD) te fluorescencijskim detektorom (engl. *fluorescence detector*, FLD) (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, SAD). Za identifikaciju i kvantifikaciju korišten je računalni program Agilent OpenLAB CDS ChemStation Edition, verzija 01.07.027 (Agilent Technologies).

#### 3.4.1. Hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline

Za analizu hidroksicimetnih i hidroksibenzojevih kiselina korištena je metoda preuzeta od Pati i sur. (2014) koju su detaljno opisali Lukić i sur. (2017). Uzorci su filtrirani kroz PTFE filtere (Chromafil Xtra, širina pora 0,45  $\mu\text{m}$ , promjer 25 mm). Volumen uzorka od 10  $\mu\text{L}$  injektiran je u kolonu Poroshell 120 EC-C18 (150 mm  $\times$  4,6 mm, veličina čestica 2,7  $\mu\text{m}$ ) s istovrsnom pretkolumnom (5 mm  $\times$  4,6 mm, veličina čestica 2,7  $\mu\text{m}$ ) (Agilent Technologies). Temperatura kolone održavana je tijekom analize na 26 °C. Primijenjeno je gradijentno eluiranje pri čemu je eluens A bila 1%-tna mravlja kiselina (voda : mravlja kiselina, 99 : 1, v/v), a eluens B čisti acetonitril. U metodi je korišten sljedeći program eluiranja: 0 min, 2 % B (protok 0,3 mL/min); 10 min, 13 % B (0,3 mL/min); 25 min, 15 % B (0,3 mL/min); 30 min, 22 % B (0,3 mL/min); 46 min 22 % B (0,3 mL/min); 47 min, 99 % B (0,7 mL/min); 56 min 99 % B (0,7 mL/min); 49 min, 2 % B (0,7 mL/min); 64 min 2 % B (0,7 mL/min); 65 min, 2 % B (0,3 mL/min); 74 min 2 % B (0,3 mL/min). Voda (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, SAD) i acetonitril (Sigma-Aldrich) bili su kromatografske čistoće, a mravlja kiselina analitičke čistoće (Sigma-Aldrich). Kromatogrami su bilježeni na valnim duljinama 280 nm (hidroksibenzojeve kiseline), 330 nm (hidroksicimetne kiseline) uz snimanje spektara u rasponu valnih duljina od 200 do 600 nm. Spojevi su identificirani usporedbom vremena zadržavanja i UV/Vis spektara s vremenima zadržavanja i UV/Vis spektrima standarda u standardnim otopinama. Kvantifikacija je provedena prema baždarnim krivuljama dobivenim analizom standardnih otopina fenolnih spojeva ili je provedeno semikvantitativno određivanje u slučaju kada su na raspolaganju bili samo kvalitativni standardi. Kemikalije za pripremu standardnih otopina nabavljene su od Sigma-Aldrich, Acros Organics (Geel, Belgija) i Extrasynthese (Genay, Francuska). *Cis*-izomeri hidroksicinamoiltartarata dobiveni su izlaganjem otopina *trans*-izomera u metanolu UV svjetlosti u trajanju od 4 sata.

#### 3.4.2. Flavan-3-oli

Za analizu flavan-3-ola korištena je metoda koju su razvili Ćurko i sur. (2014). Uzorci su filtrirani kroz PTFE filtere (Chromafil Xtra, širina pora 0,45  $\mu\text{m}$ , promjer 25 mm). Volumen uzorka od 10  $\mu\text{L}$  injektiran je u kolonu Zorbax (250  $\times$  4,6 mm, veličina čestica 5  $\mu\text{m}$ ) (Agilent Technologies). Temperatura kolone održavana je tijekom analize na 26 °C. Eluens A bila

1%-tna mravlja kiselina (voda : mravlja kiselina, 99 : 1, v/v), a eluens B acetonitril/ mravlja kiselina (99 : 1, v/v). Primijenjena je brzina protoka od 1 mL/min. Korišten je sljedeći program eluiranja: 3 % B izokratski 0 - 3 min, 3 - 5 % B linearno 3 - 14 min, 5 - 10 % B linearno 14 - 22 min, 10 - 14 % B linearno 22 - 26 min, 14 - 25 % B linearno 26 - 40 min, 25 - 100 % B linearno 40 - 41 min, 100% B izokratski 41 - 43 min, 100 - 3 % B linearno 43 - 44 min. Voda (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, SAD) i acetonitril (Sigma-Aldrich) bili su kromatografske čistoće, a mravlja kiselina analitičke čistoće (Sigma-Aldrich). Detekcija je provedena na DAD (280 nm) i FLD (uz valnu duljinu ekscitacije  $\lambda_{Ex} = 280$  te valnu duljinu emisije  $\lambda_{Em} = 320$ ) detektorima. Identifikacija monomernih i oligomernih flavan-3-ola provedena je usporedbom retencijskog vremena (vremena zadržavanja) spoja s retencijskim vremenom standarda. Kvantifikacija je provedena prema baždarnim krivuljama dobivenim analizom standardnih otopina flavan-3-ola. Kemikalije za pripremu standardnih otopina nabavljene su od Extrasynthese.

### 3.4.3. Stilbeni

Analiza stilbena provedena je koristeći metodu koju su razvili Mark i sur. (2005). Uzorci su filtrirani kroz PTFE filtere (Chromafil Xtra, širina pora 0,45  $\mu\text{m}$ , promjer 25 mm). Volumen uzorka od 10  $\mu\text{L}$  injektiran je u kolonu Zorbax (250  $\times$  4,6 mm, veličina čestica 5  $\mu\text{m}$ ) (Agilent Technologies). Primijenjeno je gradijentno eluiranje pri čemu se kao eluens A koristio metanol : voda : octena kiselina (10 : 90 : 1, v/v), a kao eluens B metanol : voda : octena kiselina (90 : 10 : 1, v/v). Primijenjena je brzina protoka od 1,5 mL/min. U metodi je korišten sljedeći program eluiranja: 0 – 18 min od 0 % do 40 % B, 18 - 25 min od 40 % do 100 % B i 25 – 27 min do 100 % B. Voda (Sigma-Aldrich), metanol (VWR Chemicals, Radnor, PA, SAD) i octena kiselina (VWR Chemicals) bili su kromatografske čistoće. Detekcija je provedena na DAD-u (306 nm). Identifikacija stilbena provedena je usporedbom retencijskog vremena spoja s retencijskim vremenom standarda. Kvantifikacija je provedena prema baždarnim krivuljama dobivenim analizom standardnih otopina stilbena. Kemikalije za pripremu standardnih otopina nabavljene su od Extrasynthese.

## 3.5. Analiza ukupnih fenola

Ukupni fenoli određeni su spektrofotometrijski na uređaju Cary 50 UV/Vis (Varian Inc., Harbour, CA, SAD) prema metodi Singleton i Rossi (1965). Metoda se temelji na oksidaciji fenolnih skupina dodatkom Folin-Ciocalteuova reagensa i nastajanja obojenog produkta. Folin-Ciocalteuov reagens je smjesa fosfovolframske i fosfomolibdenske kiseline, a pri oksidaciji fenolnih grupa do kinona ove kiseline reduciraju se u okside volframa i molibdena koji su plavo obojeni. U tikvici od 25 mL alikvotu uzorka (0,25 mL) dodano je 1,25 mL Folin-Ciocalteu reagensa i 15 mL vode, a nakon 30 sekundi 5 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  te deionizirana voda

do oznake. Nakon 30 min očitana je apsorbancija na valnoj duljini 765 nm. Koncentracija je određena prema kalibracijskoj krivulji apsorbancija standardnih otopina galne kiseline i izražena u mg/L ekvivalenta galne kiseline. Rezultati se izražavaju kao ekvivalent galne kiseline (GAE mg/L). Korištene kemikalije za određivanje ukupnih fenola, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i Folin-Ciocalteuov reagens nabavljene su od VWR Chemicals (Radnor, PA, SAD).

### 3.6. Analiza ukupnih i slobodnih antocijana

Ukupni antocijani određeni su spektrofotometrijski na uređaju Cary 50 UV/Vis (Varian Inc.) prema metodi koju su razvili Rocco i sur. (1989). U odmjernu tikvicu volumena 25 mL dodano je 0,5 mL uzorka te je do konačnog volumena dodana otopina etanola, vode i HCl u omjeru 70 : 30 : 1. Ukupni antocijani izravno su kvantificirani na osnovi maksimalne apsorbancije u vidljivom rasponu (536 - 540 nm) u odnosu na slijepu probu koji čini otopina etanol/voda/HCl u omjeru 70 : 30 : 1.

Slobodni antocijani određeni su spektrofotometrijski na uređaju Cary 50 UV/Vis (Varian Inc.) prema metodi Rocco sur. (1989) Kroz prethodno aktiviranu Sep - Pak kolonu provučen je uzorak vina. Zatim je na kolonu nanoseno 5 mL otopine acetonitril : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N : H<sub>2</sub>O te su slobodni antocijani eluirani u odmjernu tikvicu koja je do konačnog volumena nadopunjena otopinom etanola, vode i HCl u omjeru 70 : 30 : 1. Slobodni antocijani izravno su kvantificirani na osnovi maksimalne apsorbancije u vidljivom rasponu (536 - 540 nm) u odnosu na slijepu probu koji čini smjesa etanol/voda/HCl u omjeru 70 : 30 : 1.

### 3.7. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta

#### 3.7.2. FRAP test (eng. *Ferric Reducing Antioxidant Power*)

FRAP metoda temelji se na redukciji bezbojnog kompleksa željezo (ZI) tripiridiltriazina (Fe<sup>3+</sup>-TPTZ) u fero formu (Fe<sup>2+</sup>) intenzivne plave boje (Benzie i Strain, 1996). Antioksidacijska aktivnost određuje se spektrofotometrijski mjerenjem apsorbancije pri 593 nm. FRAP reagens pripremljen je dodavanjem acetatnog pufera, TPTZ i FeCl<sub>3</sub> x 6H<sub>2</sub>O u omjeru 10 : 1 : 1. U odmjernu tikvicu dodan je uzorak vina i FRAP reagens te je nakon 4 minute izmjerena apsorbancija pri 593 nm. Slijepa proba sadržavala je destiliranu vodu umjesto uzorka vina. Dobiveni rezultati izraženi su u mmol/L FeSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O. Za određivanje antioksidacijskog kapaciteta FRAP metodom korištene su hidroklorna kiselina (Carlo Erba, Rodano, Italy), natrijev acetat i 2,2'-azobis(2-metilpropilamidin) dihidroklorid (AAPH) (Acros Organics, Geel, Belgija), željezov(II) klorid heksahidrat POCh (Gliwice, Poljska), TPTZ [2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazin] (Alfa Aesar, Karlsruhe, Njemačka).

### 3.7.3. ORAC test (eng. *Oxygen Radical Absorbance Capacity*)

ORAC metoda temelji se na mjerenju aktivnosti interakcije dodanih slobodnih radikala s ostalim komponentama koje se nalaze u ispitivanom uzorku (Cao i sur., 1993). Odnosno, u ovom slučaju temelji se na mjerenju promjene intenziteta fluorescencije uzorka ekstrakta do koje dolazi zbog vezanja peroksil-radikal 32 producirajuće komponente kao što je 2,2-azobis(2-metilpropionamid)-dihidroklorid na strukturu prethodno dodane fluorescirajuće komponente, fluoresceina. Moguće prisutni antioksidativni spojevi u uzorku popravljaju oštećenja nastala vezivanjem peroksilradikala na molekulu fluoresceina te posljedično prolongiraju redukciju intenziteta fluorescencije. Mjerenje ORAC vrijednosti provedeno je spektrofotometrijski na temperaturi 37 °C pri dvije valne duljine, leks. = 485 nm i lem. = 520 nm (Mazor Jolić i sur., 2011). Dobiveni rezultati izraženi su u mmol/L TE. Kemikalije za određivanje antioksidacijskog kapaciteta ORAC metodom, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, fluorescein, 2,2-azobis(2-metilpropionamid)-dihidroklorida (AAPH), Trolox nabavljene su od Sigma-Aldrich.

## 3.8. Analiza vitamina

Vitamin C i vitamini B skupine analizirani su tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC) na uređaju Agilent 1100 (Agilent Technologies, Waldbronn, Njemačka) opremljenim DAD detektorom i jednostrukim kvadrupolnim detektorom mase opremljenim sučeljem za ionizaciju elektrosprejom (G1946D). Korištena je metoda Andrés-Lacueva i sur. (1998). Uzorci su filtrirani kroz celulozno-acetatne filtere (širina pora 0,45 µm, promjer 25 mm). Volumen uzorka od 20 µL injektiran je u kolonu Luna Phenomenex C18 (5 µm, 150 x 4,6 mm). Temperatura kolone održavana je na sobnoj temperaturi. Mobilna faza se sastojala od dva otapala: 0,025 % TFA u vodi (otapalo A) i acetonitrila (otapalo B). Uvjeti gradijenta su bili: 0 - 1 min, 100 % A; 1 - 4 min, 100 - 84 % A; 4 - 9 min, 84 % A; 9 - 9,1 min, 84 - 100 % A, 9,1 - 16 min, 100 % A. Brzina protoka postavljena je na 1 mL/min. Detekcija je provedena u rasponu 190 - 400 nm. Za kvantifikaciju su korištene dvije valne duljine detekcije: 254 nm za tiamin, askorbinsku kiselinu, niacin i riboflavin te 280 nm za piridoksin. MS analiza je provedena korištenjem 0,1 % HCOOH (otapalo A) i acetonitrila (otapalo B). Uvjeti gradijenta su bili: 0 - 5 min, 100 % A; 5 - 6 min, 100 - 85 % A; 6 - 15 min, 85 % A; 15 - 15,1 min, 85 - 20 % A; 15,1-17 min, 20 % A; 17-17,1 min, 20 - 100 % A; 17,1 - 25 min, 100% A. Ubrizgan je volumen od 10 µL, a brzina protoka je postavljena na 0,6 mL/min. Parametri mase bili su: napon kapilare 4000 V, temperatura plina za sušenje 350 °C, protok plina (N<sub>2</sub>) 12 mL/min, u pozitivnom načinu rada. Provedena je identifikacija pet vitamina (B1, B2, B3, B6 i C) usporedbom s vremenima zadržavanja

standarda i njihovim spektralnim svojstvima. Identificirani spojevi su kvantificirani metodom izravne kalibracije.

### 3.9. Analiza makroelemenata i mikroelemenata

Multielementarnom metodom određivanja elemenata (eng. ICP - OES - *Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*) određen je sadržaj makro- i mikroelemenata u vinima. Za određivanje je korišten uređaj Optima DV 2000 (Perkin Elmer, Shelton, Connecticut, SAD) opremljen Meinhard komorama za raspršivanje, raspršivačima i peristaltičkim sustavom za uzorke. Korištena je metoda koju su razvili Larcher i Nicolini (2001), a modificirali Taylor i sur. (2003). Radni uvjeti bili su sljedeći: brzina protoka plina plazme 15,0 L/min, pomoćnog plina 0,2 L/min i plina iz raspršivača 0,8 L/min, snaga radiofrekventnog generatora 1300 W. Interferencije matrice i nestabilnost plazme povezane s koncentracijom etanola u uzorcima vina reducirani su na sljedeći način: 4 mL 60% HNO<sub>3</sub> dodano je u 50 mL vina i zatim zagrijavano u vodenoj kupelji na 90 - 95 °C dok se volumen ne smanji na približno 20 % kako bi se uklonio etanol. Ostatak uzorka je kvantitativno prebačen u odmjernu tikvicu i volumen je podešen na 50 mL s 2 % HNO<sub>3</sub> (Leder i sur., 2015). 2 %-tni HNO<sub>3</sub> dobiven razrjeđivanjem koncentriranog 60 % HNO<sub>3</sub> s ultračistom vodom (18 MΩ/cm) također je korišten za pripremu standardnih otopina. Navedenom metodom analizirane su standardne otopine i uzorci vina. Za identifikaciju pojedinih elemenata primijenjene su valne duljine koje su karakteristične za svaki element, a za kvantifikaciju je provedena integracija površine ispod pika s određenim brojem točaka integracije po piku. Analizirani elementi identificirani su korištenjem ICP - OES softvera WinLab 1.35 Perkin Elmer. Za potrebe analize primjenom ICP-OES sustava, reagensi (60 % HNO<sub>3</sub>), standardi (Al, Cu, Fe, Mn, K, Ca, Mg i Na) i ultračista voda nabavljeni su od Mercka (Darmstadt, Njemačka).

### 3.10. Analiza slobodnih hlapljivih spojeva arome

Hlapljivi spojevi arome izolirani su iz uzoraka vina mikroekstrakcijom na čvrstoj fazi (engl. *solid-phase microextraction, SPME*) pomoću SPME vlakna od divinilbenzen-karboksen-polidimetilsiloksana (DVB-CAR-PDMS). Metoda je detaljno opisana u radu Lukić i Horvat (2017). U staklenoj vijali od 10 mL pripravljeno je 4 mL uzorka. Uzorak je razrijeđen 4 puta, uz dodatak 1 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Kemika d.d., Zagreb, Hrvatska) i 50 µL otopine unutarnjih standarda (2-oktanola u koncentraciji 0,84 mg/L vina za monoterpene, C<sub>13</sub>-norizoprenoide i alkohole, metil-nonanoata u koncentraciji 0,82 mg/L vina za estere te heptanske kiseline u koncentraciji 2,57 mg/L za masne kiseline). Kondicioniranje je trajalo 15 minuta na temperaturi od 40 °C. Po završetku kondicioniranja provedena je ekstrakcija vršnih para pomoću DVB-CAR-PMS vlakna (Supelco, Bellefonte, PA, SAD) pri istoj temperaturi tijekom

40 min uz neprekidno miješanje magnetskom miješalicom (800 rpm). Po završetku ekstrakcije SPME vlakno je postavljeno u injektor plinskog kromatografa gdje je provedena desorpcija hlapljivih spojeva pri temperaturi od 248 °C tijekom 5 min (3 min bez cijepanja protoka plina nositelja).

Identifikacija i kvantifikacija je provedena korištenjem vezanog sustava plinskog kromatografa Varian 3900 - spektrometar masa Varian Saturn 2100 T s detektorom na principu ionske stupice (engl. *gas chromatograph – mass spectrometer*, GC-MS; Varian Inc., Harbor City, CA, SAD) i pomoću pripadajućeg računalnog programa Star Chromatography Workstation, verzija 6.6 (Varian, Inc.). Korištena je kapilarna Rtx-WAX kolona (60 m × 0,25 mm i.d. × 0,25 µm d.f.) (Restek, Bellefonte, PA, SAD). Program zagrijavanja pećnice kolone bio je sljedeći: početna temperatura postavljena je na 40 °C te je nakon toga zagrijavana za 2 °C u minuti do 240 °C na kojoj je držana 10 min. Temperatura injektora bila je 245 °C, transfer linije 80 °C i ionske stupice 120 °C. Spektri su dobiveni elektronskom ionizacijom (EI, 70 eV) uz 1 s/scan, a raspon detekcije postavljen je za ione omjera mase i naboja 30 - 450. Plin nositelj bio je helij, a protok je bio postavljen na 1,2 mL/min. Kemikalije za pripremu standardnih otopina nabavljene su od tvrtki Merck (Darmstadt, Njemačka), Sigma-Aldrich i Fluka (Buchs, Švicarska). Standardne otopine pripremane su u modelnoj otopini vina (12 vol. % etanola, 5 g/L vinske kiseline, pH vrijednost podešena na 3,2). Za dostupne standarde izrađene su kalibracijske krivulje na osnovi analize standardnih otopina. Linearni retencijski indeksi (relativni u odnosu prema retencijskim indeksima n-alkana od C10 do C28) izračunati su i uspoređeni s onima iz literature. Identifikacija spojeva provedena je usporedbom retencijskog vremena i spektara masa s onima čistih standarda u slučaju kad su bili dostupni te sa spektrima masa iz NIST05 biblioteke spektara. Za ostale spojeve provedeno je semikvantitativno određivanje te su koncentracije izražene kao ekvivalenti koncentracija spojeva slične kemijske strukture za koje su standardi bili dostupni, uz pretpostavku da je relativni faktor odziva bio jednak 1.

### 3.11. Senzorna analiza vina

Senzornu analizu vina proveo je panel ocjenjivača sastavljen od pet članova u prvoj godini istraživanja te osam članova u drugoj godini istraživanja. Članovi panela imaju višegodišnje iskustvo u senzornoj analizi vina sorte 'Teran'. Uzorci vina ocijenjeni su OIV metodom od 100 bodova (OIV, 2009; prilog 2) te kvantitativnom deskriptivnom analizom (prilog 3). Tijekom kvantitativne deskriptivne analize, intenzitet pojedinih senzornih svojstava (deskriptora) ocjenjivan je korištenjem strukturirane skale vrijednostima od 0 (svojstvo se ne može osjetiti) do 10 (svojstvo se osjeti vrlo intenzivno). Kriteriji za kvalitativnu i kvantitativnu analizu prethodno su dogovoreni, potvrđeni i usuglašeni ocjenjivanjem



reprezentativnih uzoraka vina sorte 'Teran'. Isti uzorak ocijenjen je kao kontrolni uzorak više puta prije niza uzoraka iz pokusa radi ujednačavanja kriterija ocjenjivača. Senzorno ocjenjivanje provedeno je u prostoriji namijenjenoj za tu svrhu koja je zadovoljavala kriterije norme HRN EN ISO 8589 (2010). Članovi panela bili su smješteni u zasebne kabine, zaštićeni od mogućih izvora interferencija iz okoliša (buka, vizualni podražaji, mirisi). Uzorci su čuvani na 18 °C i posluženi označeni šiframa nasumičnim redoslijedom u standardnim čašama (ISO 3591, 1977).

### 3.12. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka provedena je uporabom univarijatne metode statističke analize jednosmjerne analize varijance (engl. *Analysis of variance, ANOVA*) i multivarijatne metode statističke analize glavnih komponenta (engl. *Principal Component Analysis, PCA*). Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) i post-hoc analiza najmanjih značajnih razlika, tzv. Fischerov test (engl. *Least Significant Difference, LSD*) provedeni su na razini značajnosti  $p < 0,05$  s ciljem usporedbe prosječnih vrijednosti ( $n = 3$ ). Statistički značajne razlike između različitih vrijednosti u retku obilježene su različitim slovima koja predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$ , zasebno za uzorke svježih vina (S) i uzorke zrelih vina (Z). Statistički značajne razlike između S i Z uzoraka označene su oznakom \* pri razini značajnosti  $p < 0,05$ , a oznake su navedene uz višu vrijednost. Mogućnost razlikovanja (diskriminacije) vina proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama na temelju koncentracija bioaktivnih spojeva (prema sumama koncentracija različitih skupina bioaktivnih spojeva - stilbeni, flavan-3-oli, hidroksicimete i hidroksibenzojeve kiseline, vitamini B skupine, makroelementi i mikroelementi te prema koncentraciji ukupnih fenola i antioksidacijskoj aktivnosti) testirana je multivarijatnom analizom glavnih komponenta (PCA), a rezultati PCA su prikazani u odgovarajućim grafikonima. Povezanost svojstava boje s koncentracijama slobodnih i ukupnih antocijana te ukupnih fenola utvrđena je analizom postojećih korelacija, odnosno izračunom Pearsonovog koeficijenta linearne korelacije ( $r$ ). Za statističku obradu rezultata korišten je računalni program Statistica, verzija 13.2 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, SAD).

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Osnovni fizikalno-kemijski parametri

Vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih parametara u vinima sorte 'Teran' prikazani su u tablici 1 za prvu godinu istraživanja (berba 2018.) te u tablici 2 za drugu godinu istraživanja (berba 2019.). Određene razlike ustanovljene su na osnovi volumnog udjela alkohola pri čemu je značajno najnižu jakost u svježim vinima iz berbe 2018. imao tretman TM10 (S). U zrelim vinima najniža alkoholna jakost zabilježena je u tretmanima TM10 (Z) i TPHT (Z). U vinima iz berbe 2019. nije bilo značajnih razlika između tretmana kako u svježim tako ni u zrelim vinima. Koncentracija ukupnog suhog ekstrakta u svježim vinima iz berbe 2018. bila je značajno najviša u TPHT (S) tretmanu. U zrelim vinima iz berbe 2018. najviša koncentracija suhog ekstrakta zabilježena je u TM10 (Z) i TPHT (Z) tretmanu, dok je u berbi 2019. najviša koncentracija utvrđena u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z). Značajne razlike uočene su i na osnovi reducirajućih šećera te je najviša koncentracija reducirajućih šećera u svježim vinima iz berbe 2018. ustanovljena u tretmanima TM10 (S) i TM7 (S). Dozrijevanjem su se koncentracije smanjile u gotovo svim tretmanima te je najniža vrijednost reducirajućih šećera zabilježena u tretmanu TPHT (Z). U svježim vinima iz berbe 2019. najviša koncentracija reducirajućih šećera uočena je u TPHT (S) tretmanu.

Vina su se značajno razlikovala i u koncentracijama pepela. Najviša koncentracija pepela u svježim vinima iz obje berbe zabilježena je u TM21 (S) tretmanu, a dozrijevanjem se koncentracije nisu značajno promijenile. Značajne razlike utvrđene su i u pogledu ukupne kiselosti. Najniža ukupna kiselost u svježim vinima iz berbe 2018. uočena je u TM21 (S) tretmanu, a u berbi 2019. u tretmanima TM21 (S) i TPHT (S). U vinima iz berbe 2018. se ukupna kiselost u svim tretmanima dozrijevanjem značajno smanjila, dok u berbi 2019. nije došlo do promjena. Hlapljiva kiselost u berbi 2018. bila je značajno najniža u tretmanima TM21 (S) i TPHT (S), dok je u berbi 2019. značajno najviša bila u kontrolnom tretmanu. U vinima iz berbe 2018. hlapljiva kiselost je dozrijevanjem porasla u svim tretmanima te su najviše koncentracije zabilježene u tretmanima TM7 (Z) i TM21 (Z), dok je u berbi 2019. značajno viša hlapljiva kiselost utvrđena u kontrolnom, odnosno TM7 (Z) tretmanu.

Tablica 1. Vrijednosti standardnih fizikalno-kemijskih parametara u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Parametar	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Stvarni alkohol (% vol.)	S	12,54 ± 0,03 a	12,45 ± 0,04 b	12,61 ± 0,06 a*	12,54 ± 0,02 a*
	Z	12,54 ± 0,03 a	12,47 ± 0,01 b	12,54 ± 0,03 a	12,49 ± 0,02 b
Ukupni suhi ekstrakt (g/L)	S	36,5 ± 0,3 b	36,8 ± 0,1 b*	35,7 ± 0,1 c	37,2 ± 0,1 a*
	Z	36,2 ± 0,1 b	36,5 ± 0,1 a	35,7 ± 0,2 c	36,6 ± 0,1 a
Reducirajući šećeri (g/L)	S	3,2 ± 0,1 ab*	3,3 ± 0,1 a*	3 ± 0,1 c	3,1 ± 0,1 bc*
	Z	3 ± 0,1 a	3 ± 0,1 a	3 ± 0,1 a	2,8 ± 0,1 b
Ekstrakt bez reduc. šećera (g/L)	S	34,3 ± 0,3 b	34,5 ± 0,1 b	33,7 ± 0,1 c	35,1 ± 0,1 a
	Z	34,1 ± 0,1 ab	34,5 ± 0,1 a	33,7 ± 0,2 b	34,4 ± 0,5 a
Pepeo (g/L)	S	3,08 ± 0,08 b	3,13 ± 0,08 b	3,38 ± 0,08 a*	3,13 ± 0,05 b*
	Z	2,99 ± 0,02 bc	3 ± 0,04 b	3,19 ± 0,02 a	2,93 ± 0,03 c
pH	S	3,16 ± 0,01 b	3,14 ± 0,01 c	3,29 ± 0,05 a	3,16 ± 0,01 b
	Z	3,27 ± 0,02 c*	3,31 ± 0,03 b*	3,34 ± 0,01 a*	3,21 ± 0,01 d*
Ukupna kiselost kao vinska (g/L)	S	9,2 ± 0,1 b*	9,5 ± 0,1 a*	8,3 ± 0,05 c*	9,2 ± 0 b*
	Z	8,8 ± 0,05 b	8,9 ± 0,05 a	7,5 ± 0,05 d	8,5 ± 0,05 c
Hlapljiva kiselost kao octena (g/L)	S	0,46 ± 0,03 a	0,35 ± 0,02 b	0,28 ± 0,04 c	0,28 ± 0,01 c
	Z	0,62 ± 0,01 a*	0,59 ± 0,02 b*	0,61 ± 0,01 a*	0,55 ± 0,01 c*

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost.

Tablica 2. Vrijednosti standardnih fizikalno-kemijskih parametara u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Parametar	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Stvarni alkohol (% vol.)	S	12,18 ± 0,01 n.s.	12,23 ± 0,21 n.s.	12,20 ± 0,02 n.s.	12,13 ± 0,03 n.s.
	Z	12,17 ± 0,02 n.s.	12,23 ± 0,05 n.s.	12,23 ± 0,05 n.s.	12,12 ± 0,06 n.s.
Ukupni suhi ekstrakt (g/L)	S	26,07 ± 0,06 ab*	25,93 ± 0,12 b*	26,13 ± 0,06 ab	26,27 ± 0,23 a
	Z	25,7 ± 0,1 b	25,47 ± 0,21 b	26,33 ± 0,06 a*	26,63 ± 0,35 a
Reducirajući šećeri (g/L)	S	1,7 ± 0,1 b*	1,5 ± 0,1 c	1,6 ± 0,1 b	2 ± 0,1 a*
	Z	1,4 ± 0,1 b	1,3 ± 0,1 b	1,6 ± 0,1 a	1,7 ± 0,2 a
Ekstrakt bez reduc. šećera (g/L)	S	23,3 ± 0,1 n.s.	23,5 ± 0,2 n.s.	23,5 ± 0,2 n.s.	23,3 ± 0,3 n.s.
	Z	23,3 ± 0,2 b	23,1 ± 0,3 b	23,7 ± 0,1 ab	24 ± 0,5 a
Pepeo (g/L)	S	2,78 ± 0,02 b	2,76 ± 0,17 b	3,08 ± 0,06 a	2,84 ± 0,04 b
	Z	2,88 ± 0,03 b	2,55 ± 0,1 c	3,0 ± 0,17 a	2,80 ± 0,05 b
pH	S	3,34 ± 0,01 b	3,34 ± 0,01 b	3,39 ± 0,02 a	3,39 ± 0,03 a
	Z	3,34 ± 0,01 b	3,36 ± 0,04 b	3,42 ± 0,01 a	3,37 ± 0,01 b
Ukupna kiselost kao vinska (g/L)	S	6,5 ± 0,1 a	6,6 ± 0,1 a	6,2 ± 0,1 b	6,3 ± 0,1 b
	Z	6,5 ± 0,1 a	6,3 ± 0,1 b	6,1 ± 0,1 c	6,1 ± 0,1 c
Hlapljiva kiselost kao octena (g/L)	S	0,54 ± 0,01 a	0,35 ± 0,05 b	0,38 ± 0,04 b	0,32 ± 0,11 b
	Z	0,65 ± 0,03 a*	0,45 ± 0,06 b	0,47 ± 0,06 b	0,39 ± 0,02 b

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.s. nije značajno

## 4.2. Fenolni spojevi

Rezultati analize fenolnih spojeva u vinima sorte 'Teran' prikazani su u tablici 3 za berbu 2018. te u tablici 4 za berbu 2019. U vinima je detektirano 19 fenolnih spojeva koji pripadaju sljedećim skupinama: hidroksibenzojeve i hidroksicimetne kiseline, flavan-3-oli i stilbeni. U vinima su identificirane sljedeće hidroksibenzojeve kiseline: galna, protokatehinska, *p*-hidroksi-benzojeva i siringinska kiselina te hidroksicimetne kiseline: *cis*-kaftarinska, *trans*-kaftarinska, kafeinska, *p*-kumarinska i ferulinska kiselina. U svježim vinima iz berbe 2018. najnižu koncentraciju galne kiseline u odnosu na sve ostale tretmane imao je kontrolni TM7 (S) tretman, dok između preostala tri tretmana nisu utvrđene značajne razlike. Dozrijevanjem je u pojedinim tretmanima došlo do rasta koncentracije galne kiseline te su posljedično tome u zrelim vinima iz berbe 2019. značajno najviše koncentracije utvrđene u TM10 (Z) i TM21 (Z) tretmanima. U vinima iz berbe 2019. najvišu koncentraciju galne kiseline imao je tretman TM21 (S) koji se značajno razlikovao od ostalih tretmana. Koncentracija galne kiseline je u vinima iz berbe 2019. dozrijevanjem značajno porasla u gotovo svim tretmanima te je najviša koncentracija galne kiseline u zrelim vinima utvrđena u tretmanu TM21 (Z). U svježim vinima iz berbe 2018. je protokatehinska kiselina pronađena u značajno najvišim koncentracijama u tretmanu TM21 (S), a nakon dozrijevanja odnosi među tretmanima su ostali podjednaki. U berbi 2019. je koncentracija protokatehinske kiseline u značajno najvišoj koncentraciji detektirana u TPHT (S) tretmanu, a kao i u berbi 2018. dozrijevanjem nije došlo do značajnijih promjena. U obje godine istraživanja su najviše koncentracije *p*-hidroksi-benzojeve kiseline uočene u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima. Dozrijevanjem se koncentracije *p*-hidroksi-benzojeve kiseline nisu mijenjale, a i odnosi koncentracija između tretmana ostali su podjednaki u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. Koncentracije siringinske kiseline su u obje berbe značajno porasle u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima, a dozrijevanjem se odnos među tretmanima nije značajno mijenjao. Promatrajući sumu hidroksibenzojevih kiselina u obje godine istraživanja značajno najviše koncentracije detektirane su u TM21 (S) tretmanu, a zatim u TPHT (S) tretmanu, a nakon dozrijevanja se odnosi među tretmanima nisu značajno mijenjali.

Vina su se značajno razlikovala i na osnovi hidroksicimetnih kiselina, a najzastupljenija hidroksicimetna kiselina u vinima iz ovog istraživanja bila je kaftarinska. U svježim vinima iz berbe 2018. nisu utvrđene značajne razlike na osnovi koncentracija *cis*-kaftarinske kiseline, dok je nakon dozrijevanja došlo do smanjenja koncentracije. U berbi 2019. značajno najviša koncentracija *cis*-kaftarinske kiseline detektirana je u TM7 (Z) i TM10 (Z) tretmanima, a dozrijevanjem su se koncentracije u gotovo svim tretmanima značajno smanjile, dok su odnosi koncentracija među tretmanima ostali slični u odnosu na one određene u svježim vinima. Na osnovi koncentracija *trans*-kaftarinske kiseline u svježim

vinima iz berbe 2018. značajno najviša koncentracija pronađena je u TPHT (S) tretmanu, dok je tretman TM21 (S) rezultirao značajno najnižom koncentracijom. U zrelim vinima najviše koncentracije uočene su u TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmanima. U vinima iz berbe 2019. najviša koncentracija *trans*-kaftarinske kiseline je pronađena u TM7 (S) tretmanu, a značajno najviša koncentracija u vinima nakon dozrijevanja utvrđena je u TM7 (Z) tretmanu. Najviše koncentracije kafeinske kiseline u svježim vinima iz berbe 2018. uočene su u TM7 (S) i TM10 (S) tretmanu, dok su nakon dozrijevanja odnosi među tretmanima ostali vrlo slični. U berbi 2019. ponovno je najviša koncentracija uočena u TM7 (Z) tretmanu, a dozrijevanjem su se koncentracije u svim tretmanima izuzev kontrolnog smanjile. Značajno najniža koncentracija kafeinske kiseline u vinima iz obje berbe detektirana je u TPHT (S) tretmanu. Najviše koncentracije *p*-kumarinske kiseline u svježim vinima iz obje berbe detektirane su u TM7 (S) tretmanu, dok su značajno najniže koncentracije zabilježene u TPHT (S) tretmanu. U zrelim vinima iz berbe 2018. su koncentracije *p*-kumarinske kiseline u gotovo svim tretmanima porasle, dok u berbi 2019. dozrijevanje nije značajno utjecalo. Određene razlike uočene su i na osnovi koncentracije ferulinske kiseline. Najviše koncentracije ferulinske kiseline u svježim vinima iz berbe 2018. uočene su u TPHT (S) tretmanu, a unatoč zabilježenom padu u gotovo svim tretmanima nakon dozrijevanja odnosi među tretmanima su ostali isti. U svježim vinima iz berbe 2019. najviša koncentracija ferulinske kiseline detektirana je u TM7 (S) tretmanu, dok među preostala tri tretmana nije bilo značajnih razlika. Na osnovi sume hidroksicimetnih kiselina u berbi 2018. značajno najviše koncentracije su pronađene u TPHT (S) tretmanu, dok je nakon dozrijevanja došlo do pada koncentracija u gotovo svim tretmanima. U berbi 2019. značajno najviša koncentracija uočena je u TM7 (S) tretmanu te su odnosi među tretmanima i nakon dozrijevanja ostali isti.

U vinima su kao flavan-3-oli detektirani (+)-katehin, (-)-epikatehin, procijanidin B1, procijanidin B2, procijanidin B3 i procijanidin C1. Značajno najviše koncentracije (+)-katehina u obje godine istraživanja detektirane su u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja došlo je do značajnog smanjenja koncentracije (+)-katehina u svim tretmanima, međutim odnosi koncentracija ostali su isti u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. Isto je vrijedilo i za koncentracije (-)-epikatehina. Najviše koncentracije procijanidina B1 u svježim vinima iz obje godine istraživanja detektirane su u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja koncentracije procijanidina B1 su se značajno snizile, dok su odnosi među njima ostali vrlo slični kao i kod svježih vina. Najviše koncentracije procijanidina B2 u svježim vinima iz obje godine istraživanja također su zabilježene u TM21 (S) tretmanu. U berbi 2018. su se nakon dozrijevanja koncentracije značajno smanjile, dok su u berbi 2019. ostale gotovo podjednake. Kao i u prethodnim slučajevima procijanidina u ovom istraživanju i kod

koncentracija procijanidina B3 uočen je karakterističan obrazac promjena, odnosno značajno najviše koncentracije u obje godine istraživanja uočene su u tretmanu TM21 (S), dozrijevanjem je kod većine tretmana došlo do značajnog smanjenja koncentracije, a odnosi su nakon dozrijevanja ostali isti ili slični. Koncentracije procijanidina C1 su također u obje godine istraživanja u svježim vinima bile značajno najviše u TM21 (S) tretmanu. Dozrijevanjem je u berbi 2018. došlo do značajnog smanjenja koncentracija procijanidina C1, dok su u berbi 2019. koncentracije ostale iste u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. Promatrajući sumu flavan-3-ola u obje godine istraživanja značajno najviše koncentracije detektirane su TM21 (S) tretmanu, dok je u kontrolnom tretmanu zabilježena najniža koncentracija. Dozrijevanjem su se koncentracije u gotovo svim tretmanima značajno smanjile, a odnosi među tretmanima ostali su isti.

U vinima su kao stilbeni detektirani *trans*-piceid, *cis*-piceid, *trans*-piceatanol i *trans*-resveratrol. Koncentracije *trans*- i *cis*-piceida u berbi 2018. bile su značajno najviše u TM21 (S) tretmanu, dok značajnije razlike među preostala tri tretmana nisu utvrđene. Nakon dozrijevanja je utvrđeno smanjenje koncentracija *trans*-piceida te povećanje koncentracija *cis*-izomera, međutim odnosi među tretmanima kod oba izomera ostali su isti kao i u svježim vinima. U berbi 2019. značajno najviša koncentracija *trans*- i *cis*-piceida detektirana je u kontrolnom tretmanu, a koncentracije nakon dozrijevanja ostale su gotovo podjednake kao i u svježim vinima. Vina su se značajno razlikovala i u koncentracijama *trans*-piceatanola, a najviša koncentracija u svježim vinima iz berbe 2018. zabilježena je u TM21 (S) tretmanu. U vinima nakon dozrijevanja nije došlo do značajnijih promjena koncentracija. U svježim vinima iz berbe 2019. značajno najviša koncentracija je detektirana u kontrolnom tretmanu, a između ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. Najviše koncentracije *trans*-resveratrola u svježim vinima u berbe 2018. zabilježene su u kontrolnom tretmanu - TM7 (S) te u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja došlo je do značajnog smanjenja koncentracija u svim tretmanima, međutim odnos među tretmanima je ostao isti. U berbi 2019. značajno najviše koncentracije detektirane su u kontrolnom tretmanu. Dozrijevanjem se koncentracije u većini tretmana nisu značajno mijenjale. Promatrajući sumu stilbena u berbi 2018. značajno najviše koncentracije su detektirane u TM21 (S) tretmanu dok između ostalih tretmana nisu zabilježene značajne razlike. Nakon dozrijevanja je došlo do značajnog smanjenja koncentracija u svim tretmanima, međutim odnosi među tretmanima su ostali isti kao i kod svježih vina. U svježim vinima iz berbe 2019. značajno najviša koncentracija uočena je u TM7 (S) tretmanu dok između ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika.

Tablica 3. Koncentracije fenolnih spojeva (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Fenolni spojevi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Hidroksibenzojeve i hidroksicimetne kiseline</i>					
galna kiselina	S	62,93 ± 0,84 b	70,75 ± 0,16 a	70,48 ± 0,69 a	70,22 ± 0,52 a
	Z	63,23 ± 0,47 c	74,4 ± 0,8 a*	74,24 ± 0,49 a*	70,99 ± 0,12 b
protokatehinska kiselina	S	4,07 ± 0,04 d	4,52 ± 0,10 c*	6,35 ± 0,09 a	6,11 ± 0,1 b*
	Z	4,27 ± 0,27 c	3,84 ± 0,14 c	6,52 ± 0,05 a*	5,37 ± 0,43 b
<i>p</i> -hidroksi-benzojeva kiselina	S	0,91 ± 0,07 c	1,44 ± 0,06 b	1,58 ± 0,03 a	1,58 ± 0,06 a
	Z	1,09 ± 0,14 b	1,37 ± 0,47 ab	1,8 ± 0,04 a*	1,58 ± 0,05 a
siringinska kiselina	S	6,91 ± 0,25 c	6,75 ± 0,01 c	8,43 ± 0,12 a	7,38 ± 0,07 b
	Z	6,94 ± 0,26 c	6,66 ± 0,05 d	9,26 ± 0,12 a*	7,61 ± 0,07 b*
Σ hidroksibenzojevih kiselina	S	78,42 ± 0,95 d	83,47 ± 0,13 c	86,84 ± 0,72 a	85,29 ± 0,50 b
	Z	75,54 ± 0,61 c	86,27 ± 1,23 b*	91,81 ± 0,43 a*	85,55 ± 0,57 b
<i>cis</i> -kaftarinska kiselina	S	0,83 ± 0,03 n.s.	0,91 ± 0,06 n.s.	0,85 ± 0,07 n.s.*	0,83 ± 0,03 n.s.*
	Z	0,80 ± 0,03 a	0,67 ± 0,03 b	0,53 ± 0,01 c	0,52 ± 0,01 c
<i>trans</i> -kaftarinska kiselina	S	69,66 ± 1,38 c	69,87 ± 0,23 c*	75,57 ± 0,4 b	79,65 ± 0,36 a*
	Z	68,80 ± 1,59 b	68,55 ± 0,7 b	74,91 ± 0,14 a	76,59 ± 0,4 a
kafeinska kiselina	S	4,52 ± 0,12 a	4,34 ± 0,21 a*	3,82 ± 0,06 b*	2,47 ± 0,02 c
	Z	4,60 ± 0,13 a	3,34 ± 0,19 b	3,35 ± 0,07 b	2,4 ± 0,1 c
<i>p</i> -kumarinska kiselina	S	1,59 ± 0,02 a*	1,32 ± 0,01 c	1,44 ± 0,03 b	0,81 ± 0,11 d
	Z	1,48 ± 0,03 c	1,89 ± 0,03 a*	1,7 ± 0,03 b*	1,01 ± 0,01 d*
ferulinska kiselina	S	1,57 ± 0,03 d*	1,84 ± 0,05 c*	1,96 ± 0,08 b*	3,12 ± 0,02 a*
	Z	1,44 ± 0,07 d	1,62 ± 0,03 c	1,78 ± 0,02 b	2,78 ± 0,09 a
Σ hidroksicimetnih kiselina	S	78,18 ± 1,35 c	78,28 ± 0,33 c*	83,64 ± 0,28 b*	86,89 ± 0,43 a*
	Z	76,82 ± 1,93 b	76,07 ± 0,53 b	82,27 ± 0,13 a	83,29 ± 0,31 a
<i>Flavan-3-oli</i>					
procijanidin B1	S	28,55 ± 0,72 c*	30,9 ± 0,55 b*	35,84 ± 0,9 a*	30,43 ± 0,35 b*
	Z	23,53 ± 0,84 d	25,05 ± 0,20 c	27,37 ± 0,55 b	28,65 ± 0,20 a



Nastavak tablice 3.

Fenolni spojevi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
(+) -katehin	S	39,14 ± 0,33 c*	41,48 ± 0,63 b*	46,22 ± 0,41 a*	41,91 ± 0,11 b*
	Z	30,69 ± 0,45 d	33,16 ± 0,14 c	36,32 ± 0,15 a	35,27 ± 0,17 b
procijanidin B2	S	28,68 ± 0,64 b*	28,9 ± 0,46 b*	38,58 ± 0,94 a*	28,74 ± 0,35 b*
	Z	24,69 ± 0,34 c	24,19 ± 0,28 c	29,1 ± 0,62 a	25,57 ± 0,55 b
(-) -epikatehin	S	30,77 ± 0,41 c*	31,91 ± 0,37 b*	34,6 ± 0,06 a*	31,03 ± 0,15 c*
	Z	25,46 ± 0,97 b	25,53 ± 0,18 b	27,06 ± 0,1 a	26,08 ± 0,15 b
procijanidin B3	S	8,33 ± 0,18 b*	8,96 ± 0,15 b*	12,46 ± 0,61 a	8,78 ± 0,44 b
	Z	7,44 ± 0,23 c	7,82 ± 0,14 bc	11,18 ± 0,61 a	8,38 ± 0,18 b
procijanidin C1	S	6,27 ± 0,07 d	7,17 ± 0,24 c*	9,17 ± 0,03 a*	7,53 ± 0,17 b*
	Z	6,28 ± 0,06 c	6,22 ± 0,16 c	7,11 ± 0,11 a	6,79 ± 0,27 b
Σ flavan-3-ola	S	141,73 ± 1,43 c*	149,31 ± 2,04 b*	176,87 ± 2,59 a*	148,41 ± 1,06 b*
	Z	118,07 ± 0,09 d	121,98 ± 0,66 c	138,16 ± 1,18 a	130,75 ± 0,97 b
<i>Stilbeni</i>					
<i>trans</i> -piceid	S	18,16 ± 1,54 b*	17,09 ± 0,17 b*	21,54 ± 0,50 a*	17,69 ± 0,60 b*
	Z	12,87 ± 0,11 d	13,86 ± 0,11 c	18,27 ± 0,32 a	14,62 ± 0,37 b
<i>cis</i> -piceid	S	8,95 ± 0,40 b	8,84 ± 0,07 b	10,58 ± 0,08 a	8,67 ± 0,36 b
	Z	11,73 ± 0,21 b*	11,84 ± 0,13 b*	13,68 ± 0,10 a*	10,43 ± 0,41 c*
<i>trans</i> -piceatanol	S	0,58 ± 0,05 c*	0,64 ± 0,02 b*	0,78 ± 0,02 a*	0,63 ± 0,03 bc*
	Z	0,26 ± 0,03 c	0,40 ± 0,50 b	0,46 ± 0,01 a	0,38 ± 0,23 b
<i>trans</i> -resveratrol	S	2,84 ± 0,06 a*	2,41 ± 0,07 b*	2,85 ± 0,08 a*	2,48 ± 0,13 b*
	Z	2,48 ± 0,05 a	2,13 ± 0,54 b	2,46 ± 0,11 a	2,17 ± 0,12 b
Σ stilbena	S	30,52 ± 2,01 b*	28,98 ± 0,25 b*	35,74 ± 0,38 a*	29,47 ± 0,96 b*
	Z	27,35 ± 0,17 b	28,23 ± 0,22 b	34,86 ± 0,31 a	27,60 ± 0,89 b

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija – maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost.

Tablica 4. Koncentracije fenolnih spojeva (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Fenolni spojevi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Hidroksibenzojeve i hidroksicimetne kiseline</i>					
galna kiselina	S	29,67 ± 0,04 d	35,42 ± 0,13 c	54,7 ± 0,24 a	48,83 ± 0,22 b
	Z	32,33 ± 0,01 d*	37,41 ± 0,05 c*	54,69 ± 0,04 a	49,32 ± 0,09 b*
protokatehinska kiselina	S	3,34 ± 0,09 c	3,78 ± 0,09 b*	3,91 ± 0,1 b*	4,7 ± 0,06 a*
	Z	3,82 ± 0,21 ab*	3,35 ± 0,12 c	3,62 ± 0,04 b	4,06 ± 0,09 a
<i>p</i> -hidroksi-benzojeva kiselina	S	0,58 ± 0,02 d	1,02 ± 0,02 c	1,92 ± 0,05 a	1,6 ± 0,02 b
	Z	0,73 ± 0,01 d*	1,03 ± 0,03 c	1,87 ± 0,02 a	1,56 ± 0,03 b
siringinska kiselina	S	4,64 ± 0,01 c	4,33 ± 0,08 d	4,97 ± 0,12 b	5,57 ± 0,17 a
	Z	4,7 ± 0,04 bc	4,48 ± 0,07 c	5 ± 0,01 b	5,89 ± 0,35 a
Σ hidroksibenzojevih kiselina	S	38,22 ± 0,09 d	44,56 ± 0,21 c	65,50 ± 0,35 a	60,70 ± 0,45 b
	Z	41,58 ± 0,18 d*	46,27 ± 0,09 c*	65,17 ± 0,11 a	60,84 ± 0,21 b
<i>cis</i> -kaftarinska kiselina	S	0,48 ± 0,03 ab	0,49 ± 0,01 a*	0,47 ± 0,01 b*	0,44 ± 0,01 c*
	Z	0,48 ± 0,01 a	0,47 ± 0,01 b	0,44 ± 0,01 c	0,42 ± 0,04 d
<i>trans</i> -kaftarinska kiselina	S	52,37 ± 0,09 a*	40,33 ± 0,24 c	35,13 ± 0,51 d	48,35 ± 0,1 b
	Z	51,17 ± 0,04 a	41,04 ± 0,04 c*	35,9 ± 0,03 d	49,08 ± 0,09 b*
kafeinska kiselina	S	2,87 ± 0,05 a	2,63 ± 0,05 c*	2,73 ± 0,04 b*	2,14 ± 0,06 d*
	Z	2,93 ± 0,02 a*	2,49 ± 0,02 c	2,62 ± 0,01 b	2,04 ± 0,02 d
<i>p</i> -kumarinska kiselina	S	2,61 ± 0,06 a*	1,54 ± 0,02 b	1,58 ± 0,06 b	0,85 ± 0,12 c
	Z	2,44 ± 0,01 a	1,59 ± 0,05 b	1,63 ± 0,03 b	0,87 ± 0,03 c
ferulinska kiselina	S	1,14 ± 0,78 a*	0,55 ± 0,03 b	0,57 ± 0,01 b*	0,63 ± 0,04 b
	Z	0,93 ± 0,03 a	0,54 ± 0,03 b	0,51 ± 0,01 b	0,55 ± 0,26 b
Σ hidroksicimetnih kiselina	S	59,47 ± 0,21 a*	45,55 ± 0,21 c	40,48 ± 0,49 d	52,40 ± 0,26 b
	Z	57,96 ± 0,05 a	46,13 ± 0,09 c	41,11 ± 0,05 d	52,96 ± 0,12 b*
<i>Flavan-3-oli</i>					
procijanidin B1	S	18,89 ± 1,09 d	20,27 ± 0,69 c	31,3 ± 0,48 a*	27,56 ± 0,47 b*
	Z	18,84 ± 0,48 d	19,35 ± 0,04 c	30,46 ± 0,06 a	26,38 ± 0,24 b
(+) -katehin	S	29,89 ± 2,65 d	37,06 ± 1,28 c*	54,34 ± 1,74 a	43,3 ± 1,74 b*
	Z	30,42 ± 2,14 d	33,31 ± 0,57 c	51,64 ± 0,54 a	39,72 ± 0,77 b

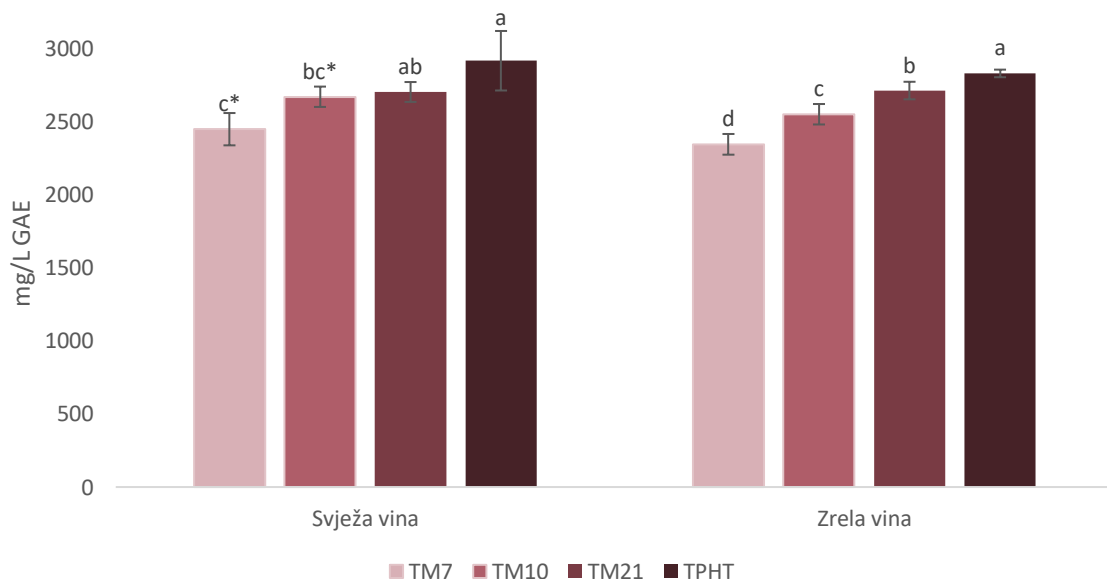
Nastavak tablice 4.

Fenolni spojevi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
procijanidin B2	S	8,21 ± 0,45 d	11,05 ± 0,33 c	18,8 ± 0,34 a	14,61 ± 0,23 b*
	Z	9,17 ± 1,1 d	10,6 ± 0,04 c	18,32 ± 0,06 a	14,02 ± 0,13 b
(-)-epikatehin	S	31,04 ± 2,16 d	42,02 ± 1,38 c*	65,61 ± 1,64 a*	49,09 ± 1,4 b*
	Z	31,88 ± 3,44 d	36,36 ± 0,49 c	60,37 ± 0,72 a	43,88 ± 0,84 b
procijanidin B3	S	5,48 ± 0,29 d	7,02 ± 0,24 c*	12,08 ± 0,25 a*	8,85 ± 0,12 b*
	Z	5,94 ± 0,52 d	6,61 ± 0,03 c	11,63 ± 0,05 a	8,47 ± 0,06 b
procijanidin C1	S	2,19 ± 0,13 d	3 ± 0,09 c	5,93 ± 0,18 a	4,74 ± 0,2 b
	Z	2,47 ± 0,29 d	2,97 ± 0,03 c	5,66 ± 0,05 a	4,43 ± 0,07 b
Σ flavan-3-ola	S	95,70 ± 6,74 d	120,41 ± 3,09 c*	188,06 ± 4,61 a*	148,15 ± 2,54 b*
	Z	98,71 ± 7,91 d	109,19 ± 1,11 c	178,09 ± 1,45 a	136,90 ± 2,09 b
<i>Stilbeni</i>					
<i>trans</i> -piceid	S	13,49 ± 0,31 a	8,12 ± 0,84 bc	7,80 ± 0,46 c	9,34 ± 1,02 b
	Z	10,74 ± 2,43 a	7,73 ± 0,26 b	7,37 ± 0,14 b	9,35 ± 0,13 b
<i>cis</i> -piceid	S	7,11 ± 0,04 a	5,22 ± 0,21 c	5,7 ± 0,13 b	5,88 ± 0,42 b
	Z	6,25 ± 0,8 a	5,36 ± 0,09 b	5,38 ± 0,12 b	6,17 ± 0,08 a
<i>trans</i> -piceatanol	S	0,48 ± 0,11 a	0,35 ± 0,13 b	0,30 ± 0,03 b	0,28 ± 0,12 b
	Z	0,40 ± 0,09 n.s.	0,38 ± 0,01 n.s.	0,36 ± 0,04 n.s.	0,39 ± 0,03 n.s.
<i>trans</i> -resveratrol	S	1,43 ± 0,36 a	0,71 ± 0,29 b	0,38 ± 0,03 b	0,73 ± 0,29 b
	Z	1,22 ± 0,49 n.s.	0,76 ± 0,12 n.s.	0,75 ± 0,09 n.s.*	0,93 ± 0,03 n.s.
Σ stilbena	S	22,51 ± 0,78 a	14,41 ± 1,45 b	14,13 ± 1,80 b	16,23 ± 1,84 b
	Z	18,62 ± 3,80 a	14,23 ± 0,48 b	13,86 ± 0,38 b	16,85 ± 0,27 ab

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija – maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.s. - nije značajno.

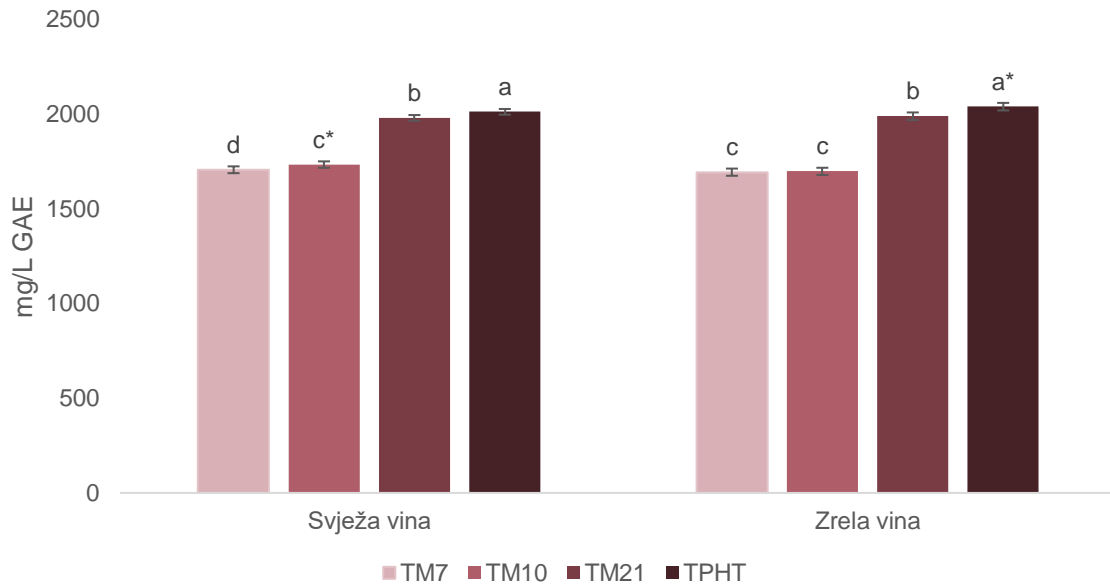
### 4.3. Ukupni fenoli

Koncentracija ukupnih fenola u svježim vinima iz berbe 2018. kretala se u rasponu od 2448 mg/L GAE u TM7 (S) tretmanu do 2916 mg/L GAE u TPHT (S) tretmanu, a u vinima nakon dozrijevanja od 2344 mg/L GAE u TM7 (Z) tretmanu do 2829 mg/L GAE u TPHT (Z) tretmanu (Grafikon 1). U berbi 2019. zabilježene su niže koncentracije ukupnih fenola te su se u svježim vinima kretale od 1706 mg/L GAE u TM7 (S) tretmanu do 2012 mg/L GAE u TPHT (S) tretmanu, a u vinima nakon dozrijevanja od 1693 mg/L GAE u TM7 (Z) tretmanu do 2039 mg/L GAE u TPHT (Z) tretmanu (Grafikon 2). U obje godine istraživanja uočen je vrlo sličan trend ekstrakcije fenola. U svježim vinima iz berbe 2018. su značajno najviše razine zabilježene u TM21 (S) i TPHT (S) vinima, dok je u vinima nakon dozrijevanja razlika izraženija sa značajno najvišom koncentracijom u TPHT (Z) vinima. U zrelim vinima koncentracija ukupnih fenola u TM7 (Z) i TM10 (Z) se značajno smanjila u odnosu na svježija vina, dok se u TM21 (Z) i TPHT (Z) vinima koncentracija ukupnih fenola nije značajno promijenila. U svježim vinima iz berbe 2019. značajno najviša koncentracija ukupnih fenola uočena je u TPHT (S) tretmanu, dok je od tretmana maceracije značajno viša koncentracija uočena u tretmanu TM21 (S). Odnosi su ostali vrlo slični i nakon dozrijevanja, koncentracije u TM7 (Z) i TM21 (Z) se nisu značajno promijenile, u TM10 (Z) tretmanu se koncentracija dozrijevanjem smanjila, dok je u TPHT (Z) tretmanu porasla.



**Grafikon 1.** Koncentracije ukupnih fenola (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



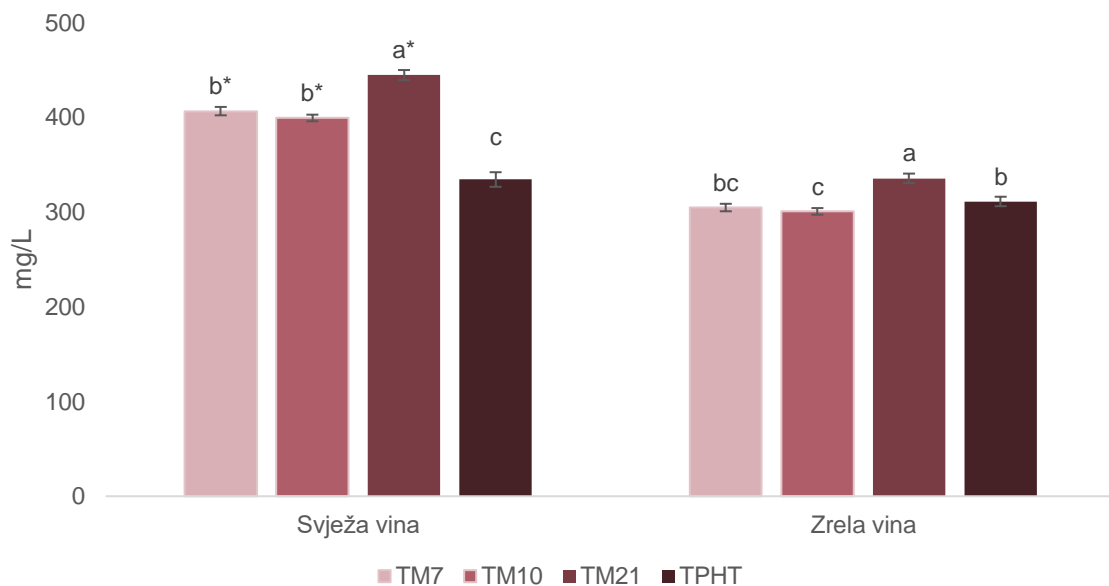
**Grafikon 2.** Koncentracije ukupnih fenola (mg/L) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.

#### 4.4. Ukupni i slobodni antocijani

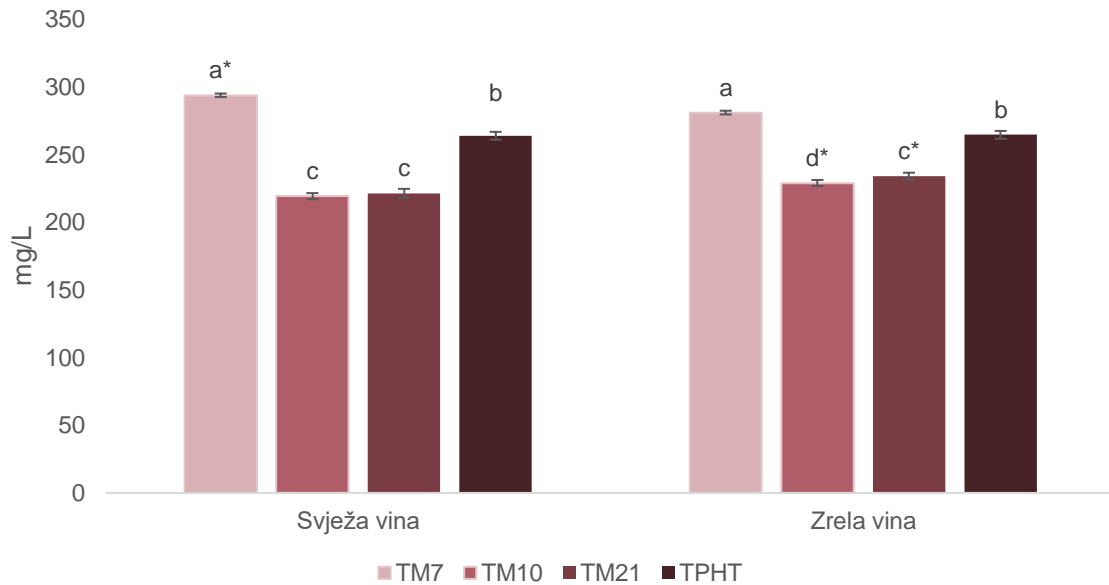
Koncentracija ukupnih antocijana u svježim vinima iz berbe 2018. kretala se u rasponu od 334,5 mg/L u TPHT (S) tretmanu do 444,7 mg/L u TM21 (S) tretmanu (koncentracije izražene kao ekvivalent mg/L malvidin-3-glukozida) te u vinima nakon dozrijevanja od 300,8 mg/L u TM10 (Z) tretmanu do 335,7 mg/L u TM21 (Z) tretmanu (Grafikon 3). U svježim vinima iz berbe 2019. zabilježene su niže koncentracije ukupnih antocijana te su se kretale od 219,4 mg/L GAE u TM10 (S) tretmanu do 294,0 mg/L GAE u TM7 (S) tretmanu, a u vinima nakon dozrijevanja od 229,1 mg/L GAE u TM10 (Z) tretmanu do 281,2 mg/L GAE u TM7 (Z) tretmanu (Grafikon 4). U berbi 2018. u svježim vinima su značajno najviše koncentracije zabilježene u TM21 (S) tretmanu, dok je značajno najniža koncentracija zabilježena u TPHT (S) tretmanu. Dozrijevanjem se koncentracija ukupnih antocijana značajno smanjila u svim tretmanima izuzev TPHT (Z) gdje je ostala nepromijenjena. U berbi 2019. u svježim vinima značajno najviša koncentracija ukupnih antocijana uočena je u vinu TM7 (S) tretmana. Dozrijevanjem se koncentracija u TM7 (Z) tretmanu značajno smanjila, dok je u TM10 (Z) i TM21 (Z) tretmanima koncentracija značajno porasla, a u TPHT (Z) tretmanu se nije značajno promijenila. Nakon dozrijevanja su odnosi među tretmanima ostali vrlo slični odnosima utvrđenim kod svježih vina.

Koncentracija slobodnih antocijana u svježim vinima iz berbe 2018. kretala se u rasponu od 76,73 mg/L u TM10 (S) tretmanu do 113,57 mg/L u TM21 (S) tretmanu (izražene kao ekvivalent mg/L malvidin-3-glukozida), dok su se u vinima nakon dozrijevanja koncentracije kretale od 40,43 mg/L u TPHT (Z) tretmanu do 58,57 mg/L u TM21 (Z) tretmanu (Grafikon 5). U svježim vinima iz berbe 2019. su se koncentracije slobodnih antocijana kretale od 31,93 mg/L GAE u TM21 (S) tretmanu do 52,81 mg/L GAE u TM7 (S) tretmanu, a u vinima nakon dozrijevanja od 32,29 mg/L GAE u TM21 (Z) tretmanu do 43,12 mg/L GAE u TPHT (Z) tretmanu (Grafikon 6). U svježim vinima iz berbe 2018. su značajno najviše koncentracije zabilježene u TM21 (S) tretmanu, dok su najniže koncentracije uočene u TM10 (S) i TPHT (S) tretmanima. Dozrijevanjem su se koncentracije u svim tretmanima značajno smanjile, međutim odnosi među tretmanima su ostali vrlo slični onima utvrđenim kod svježih vina. U svježim vinima iz berbe 2019. je značajno najviša koncentracija slobodnih antocijana uočena u TM7 (S) tretmanu, dok je najniža koncentracija zabilježena u TM21 (S) tretmanu. U zrelim vinima singnifikantno najviša koncentracija slobodnih antocijana utvrđena je u TPHT (Z) tretmanu.



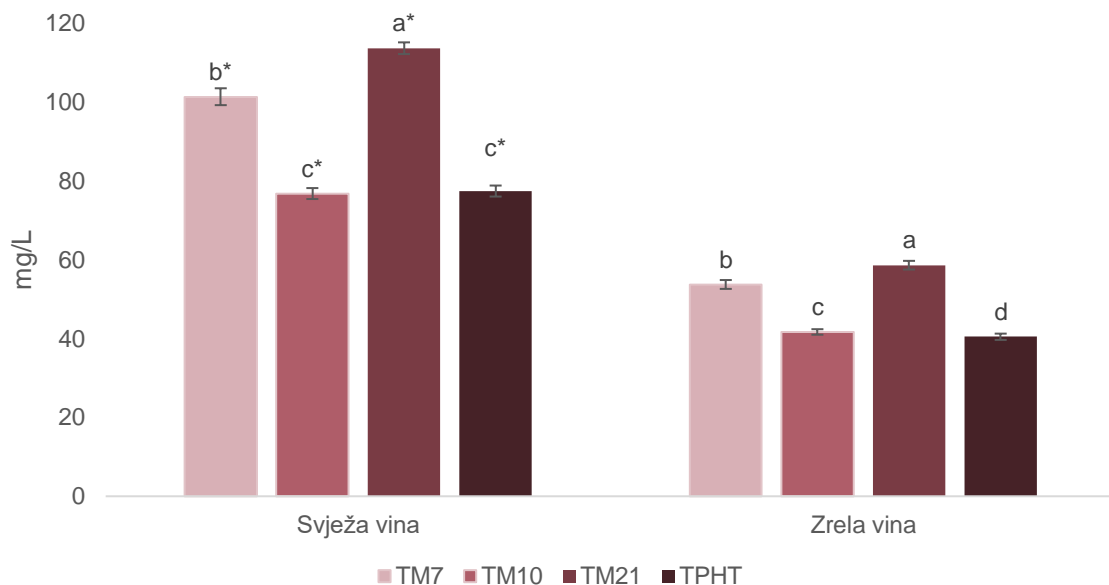
**Grafikon 3.** Koncentracije ukupnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



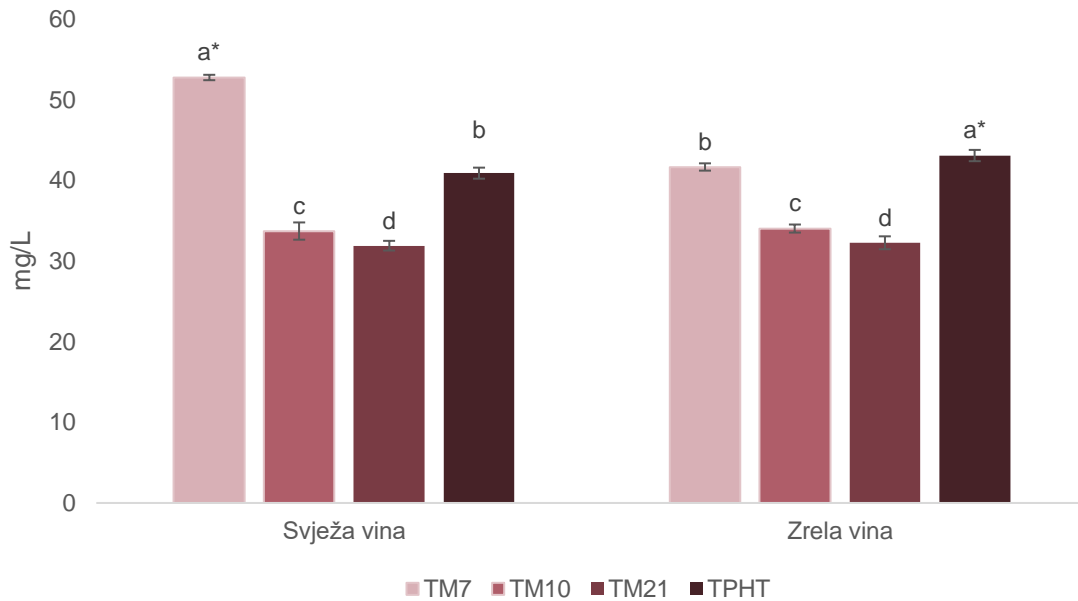
**Grafikon 4.** Koncentracije ukupnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



**Grafikon 5.** Koncentracije slobodnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



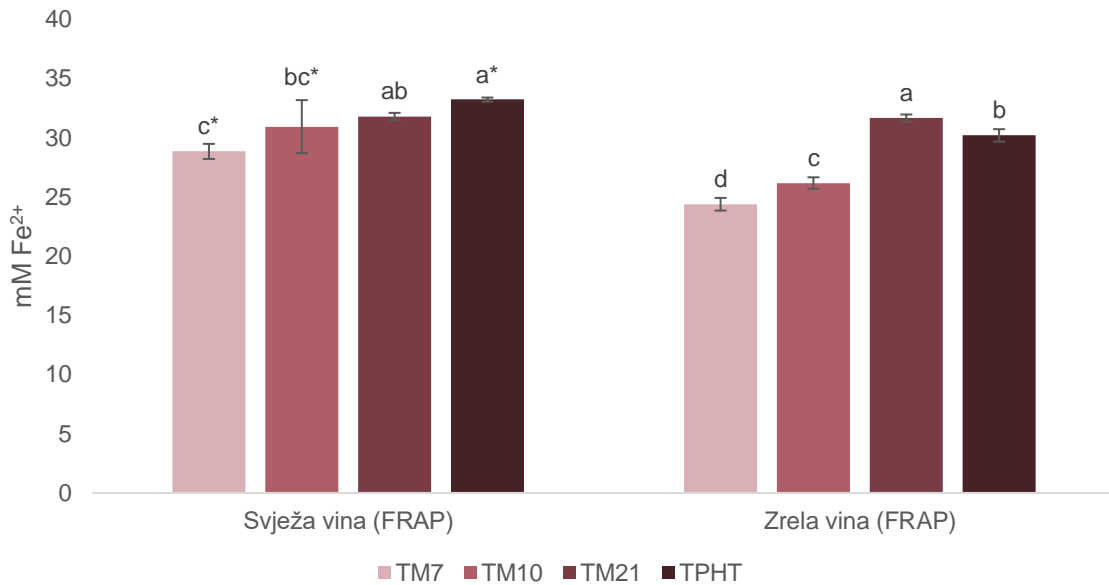
**Grafikon 6.** Koncentracije slobodnih antocijana u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.

#### 4.5. Antioksidacijski kapacitet

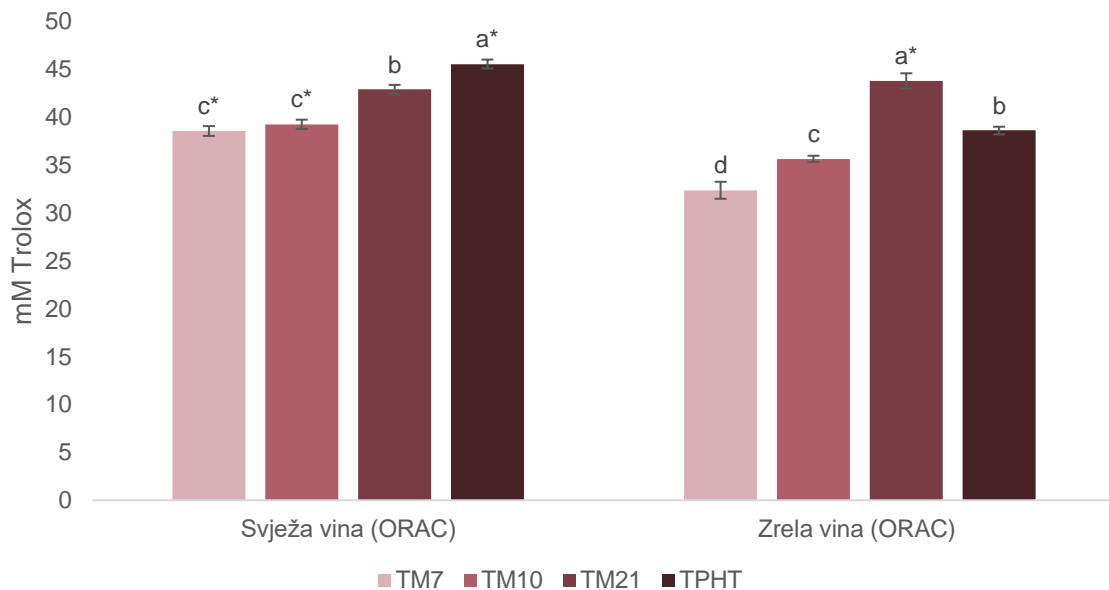
Antioksidacijski kapacitet određen je FRAP (eng. *Ferric Reducing Antioxidant Power*) i ORAC (eng. *Oxygen Radical Absorbance Capacity*) metodama, budući da se za utvrđivanje autentičnosti, preporučuju najmanje dvije metode zbog kompleksne reaktivnosti fitokemikalija. Vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta FRAP u svježim vinima iz 2018. kretale su se od 28,9 mM  $Fe^{2+}$  u TM7 (S) do 33,2 mM  $Fe^{2+}$  u TPHT (S) tretmanu, a u zrelih od 24,4 mM  $Fe^{2+}$  u TM7 (Z) do 31,7 mM  $Fe^{2+}$  u TM21 (Z) tretmanu (Grafikon 7). Vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta ORAC u svježim vinima iz 2018. kretale su se od 38,5 mM Troloxa u TM7 (S) do 45,5 mM Troloxa u TM21 (S) tretmanu, a u zrelih od 32,3 mM Troloxa u TM7 (Z) do 43,7 mM Troloxa u TM21 (Z) tretmanu (Grafikon 8). U svježim vinima iz 2019. su se vrijednosti FRAP kretale od 20,8 mM  $Fe^{2+}$  u TM7 (S) do 24,7 mM  $Fe^{2+}$  u TM21 (S) tretmanu, a zrelih od 17,6 mM  $Fe^{2+}$  u TM7 (Z) do 22,7 mM  $Fe^{2+}$  u TPHT (Z) tretmanu (grafikon 9). U svježim vinima iz berbe 2019. su se vrijednosti ORAC kretale od 28,7 mM Troloxa u TM7 do 34,1 mM Troloxa u TM21 (S) tretmanu, a u vinima nakon dozrijevanja od 25,6 mM Troloxa u TM7 (Z) do 30,6 mM Troloxa u TPHT (Z) tretmanu (Grafikon 10). Značajno najviše vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta FRAP iz 2018. zabilježene su u TM21 (Z) tretmanu.





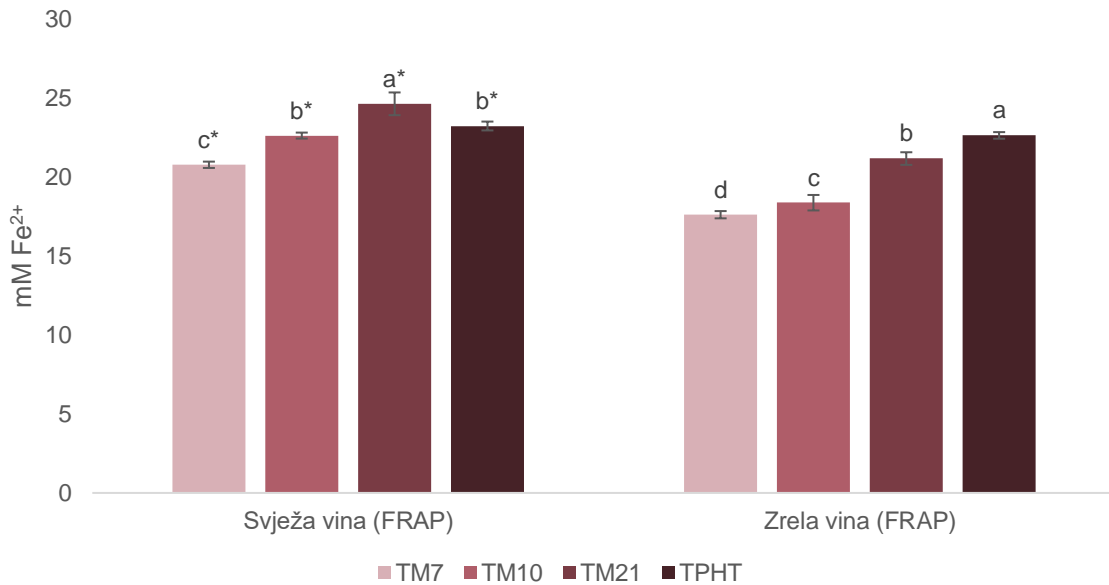
**Grafikon 7.** Antioksidacijski kapacitet (FRAP) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



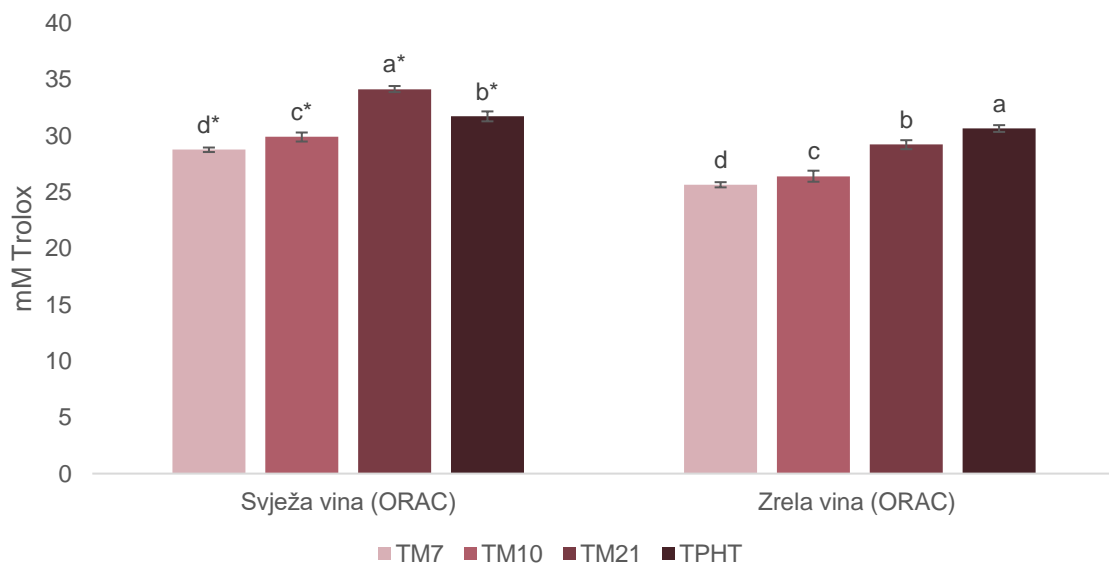
**Grafikon 8.** Antioksidacijski kapacitet ORAC u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



**Grafikon 9.** Antioksidacijski kapacitet FRAP u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



**Grafikon 10.** Antioksidacijski kapacitet ORAC u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.

## 4.6. Vitamini

Rezultati analize vitamina C i vitamina B skupine u vinima sorte 'Teran' prikazani su u tablici 5 za berbu 2018. te u tablici 6 za berbu 2019. U vinima je identificiran vitamin C (askorbinska kiselina) te vitamini B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niacin) i B6 (piridoksin) kao vitamini B skupine. Niže koncentracije vitamina C detektirane u TPHT (S) tretmanu u svježim vinima iz berbe 2018. su se značajno razlikovale od preostala tri tretmana koji se međusobno nisu značajno razlikovali s obzirom na koncentraciju navedenog parametra. U zrelim vinima se odnosi među tretmanima nisu značajno promijenili, unatoč smanjenju koncentracije vitamina C. U svježim vinima iz 2019. vitamin C nije detektiran u TPHT (S) tretmanu, a nakon dozrijevanja nije detektiran ni u jednom tretmanu. U svježim vinima iz obje berbe TPHT (S) tretman imao je značajno najnižu koncentraciju vitamina B1, dok je u tretmanima maceracije koncentracija rasla od tretmana TM7 (S) do TM21 (S). Nakon dozrijevanja uočeno je smanjenje koncentracije vitamina B1 u svim tretmanima u odnosu na one utvrđene u svježim vinima, međutim odnosi koncentracija među tretmanima su ostali gotovo podjednaki, a isto je uočeno u vinima iz obje berbe. Na osnovi koncentracije vitamina B2 u svježim vinima iz obje berbe značajno najviša koncentracija je utvrđena u tretmanu TM21 (S). U zrelim vinima iz obje berbe je uočena manja koncentracija vitamina B2 u svim tretmanima u odnosu na svježih vina, izuzev tretmana TPHT (Z) gdje je koncentracija ostala nepromijenjena, a odnosi među tretmanima su ostali slični.

Koncentracije vitamina B3 u svježim vinima iz berbe 2018. bilježe značajan rast s duljinom maceracije pri čemu su značajno najviše koncentracije uočene kod TM10 (S) i TM21 (S) tretmana. Nakon dozrijevanja je došlo do smanjenja koncentracije vitamina B3 u svim tretmanima, međutim tretmani duljih maceracija su i dalje imali značajno najviše koncentracije vitamina B3. Slično je uočeno i u berbi 2019. međutim tu se pokazala i razlika među tretmanima maceracije, odnosno u tretmanu TM21 (S) su utvrđene značajno više koncentracije vitamina B3 u odnosu na preostale tretmane.

Značajno više koncentracije vitamina B6 u svježim vinima iz berbe 2018. utvrđene su u TM21 (S) i TM10 (S) tretmanima. Utvrđeno je i da se koncentracije vitamina B6 dozrijevanjem ne smanjuju, a odnosi među tretmanima nakon dozrijevanja ostali su vrlo slični onima utvrđenim u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2019. značajno najviša koncentracija vitamina B6 je zabilježena u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja je došlo do smanjenja koncentracije vitamina B6 u svim tretmanima, a odnosi koncentracija su ostali isti onima prethodno utvrđenim kod svježih vina. Promatrajući sumu koncentracija vitamina B skupine, značajno najviše koncentracije utvrđene su u TM21 (S) tretmanu kod svježih vina te u TM21 (Z) tretmanu kod zrelih vina.

Tablica 5. Koncentracije vitamina C i vitamina B skupine ( $\mu\text{g/L}$ , osim drugačije naznačenog) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Vitaminski	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Vitamin C (askorbinska kiselina) (mg/L)	S	30,97 $\pm$ 0,60 a*	30,93 $\pm$ 0,87 a*	30,87 $\pm$ 0,64 a*	20,77 $\pm$ 1,48 b*
	Z	19,90 $\pm$ 0,20 a	20,17 $\pm$ 0,25 a	21,27 $\pm$ 1,35 a	13,67 $\pm$ 0,85 b
Vitamin B1 (tiamin)	S	27,30 $\pm$ 0,36 c*	28,37 $\pm$ 0,31 b*	29,40 $\pm$ 0,20 a*	25,17 $\pm$ 0,40 d*
	Z	23,70 $\pm$ 0,26 b	25,60 $\pm$ 0,62 a	26,37 $\pm$ 1,11 a	20,40 $\pm$ 0,75 c
Vitamin B2 (riboflavin)	S	312,40 $\pm$ 0,40 c*	320,87 $\pm$ 2,57 b*	325,10 $\pm$ 2,41 a*	311,43 $\pm$ 1,16 c*
	Z	301,77 $\pm$ 1,11 c	311,57 $\pm$ 3,12 b	320,27 $\pm$ 0,59 a	311,17 $\pm$ 3,55 b
Vitamin B3 (niacin)	S	782,60 $\pm$ 2,66 c*	796,73 $\pm$ 5,27 ab*	803,83 $\pm$ 4,70 a*	795,30 $\pm$ 2,34 b*
	Z	733,33 $\pm$ 1,66 c	741,33 $\pm$ 3,72 ab	746,17 $\pm$ 2,11 a	738,87 $\pm$ 4,66 bc
Vitamin B6 (piridoksin)	S	333,50 $\pm$ 2,85 b	338,60 $\pm$ 0,95 a	342,77 $\pm$ 3,19 a	328,07 $\pm$ 2,55 c
	Z	329,14 $\pm$ 0,73 b	335,83 $\pm$ 2,87 a	336,03 $\pm$ 3,81 a	327,53 $\pm$ 2,49 b
$\Sigma$ vitamina B kompleksa	S	1455,80 $\pm$ 0,53 c*	1484,57 $\pm$ 3,56 b*	1501 $\pm$ 4,00 a*	1459,97 $\pm$ 3,52 c*
	Z	1387,94 $\pm$ 3,72 c	1414,33 $\pm$ 7,48 b	1428,83 $\pm$ 6,62 a	1397,97 $\pm$ 5,58 c

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost.

Tablica 6. Koncentracije vitamina C i vitamina B skupine ( $\mu\text{g/L}$ , osim drugačije naznačenog) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Vitamins	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Vitamin C (askorbinska kiselina) (mg/L)	S	15,1 $\pm$ 0,1 a*	15,0 $\pm$ 0,01 a*	14,07 $\pm$ 0,15 b*	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Vitamin B1 (tiamin)	S	9,30 $\pm$ 0,06 b*	9,47 $\pm$ 0,21 b*	10,20 $\pm$ 0,17 a*	7,47 $\pm$ 0,40 c*
	Z	7,1 $\pm$ 0,1 c	7,9 $\pm$ 0,1 b	8,1 $\pm$ 0,1 a	5,9 $\pm$ 0,1 d
Vitamin B2 (riboflavin)	S	179,73 $\pm$ 0,06 c*	183,00 $\pm$ 1,85 b*	194,60 $\pm$ 0,62 a*	177,17 $\pm$ 0,96 d*
	Z	168,73 $\pm$ 1,27 c	171,27 $\pm$ 1,12 b	182,90 $\pm$ 0,70 a	167,30 $\pm$ 1,31 c
Vitamin B3 (niacin)	S	485,60 $\pm$ 0,56 c*	495,57 $\pm$ 0,93 b*	500,43 $\pm$ 1,10 a*	483,23 $\pm$ 0,85 d*
	Z	444,03 $\pm$ 1,99 c	454,27 $\pm$ 2,38 b	473,27 $\pm$ 0,55 a	441,57 $\pm$ 0,97 c
Vitamin B6 (piridoksin)	S	195,87 $\pm$ 0,76 c*	201,77 $\pm$ 0,75 b*	208,23 $\pm$ 0,42 a*	195,47 $\pm$ 0,70 c*
	Z	184,53 $\pm$ 0,91 c	196,10 $\pm$ 0,36 b	198,17 $\pm$ 0,68 a	183,43 $\pm$ 0,74 c
$\Sigma$ vitamina B kompleksa	S	870,50 $\pm$ 1,14 c*	889,80 $\pm$ 1,65 b*	913,47 $\pm$ 1,04 a*	863,33 $\pm$ 2,21 d*
	Z	804,40 $\pm$ 1,51 c	829,53 $\pm$ 3,76 b	862,43 $\pm$ 0,93 a	798,20 $\pm$ 0,36 d

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.d. = nije detektirano

#### 4.7. Makroelementi i mikroelementi

Rezultati analize makro i mikroelemenata u vinima sorte 'Teran' prikazani su u tablici 7 za berbu 2018. te u tablici 8 za berbu 2019. U vinima su identificirani sljedeći makroelementi- kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg) i natrij (Na) te mikroelementi- aluminij (Al), bakar (Cu), željezo (Fe) i mangan (Mn). U svježim vinima iz berbe 2018. značajno najviša koncentracija kalija utvrđena je u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije kalija u svim tretmanima, međutim odnosi koncentracija kalija nisu se bitno izmijenili u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. Značajno najviše koncentracije kalija u svježim vinima iz berbe 2019. utvrđene su u tretmanima duljih maceracija, odnosno u TM10 (S) i TM21 (S) tretmanima. Nakon dozrijevanja, kao i u vinima iz berbe 2018. utvrđeno je smanjenje koncentracije kalija u svim tretmanima, međutim u berbi 2019. su se odnosi među tretmanima izmijenili pa je tako koncentracija kalija u zrelih vinima bila najviša u TM7 (Z) tretmanu. Značajno najviša koncentracija kalcija u svježim vinima iz berbe 2018. pronađena je u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije kalcija, međutim odnosi među tretmanima se nisu značajno mijenjali u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2019. utvrđeno je isto kao i u berbi 2018. te je nakon dozrijevanja došlo do smanjenja koncentracije kalcija u svim tretmanima. Međutim, u berbi 2019. su se nakon dozrijevanja pojavile razlike u odnosima između pojedinih tretmana u odnosu na one utvrđene u svježim vinima. Tako su značajno najviše koncentracije utvrđene u TM7 (Z) i TPHT (Z) tretmanima.

Značajno najviše koncentracije magnezija u svježim vinima iz obje berbe utvrđene su u tretmanima produljenih maceracija, odnosno u TM10 (S) i TM21 (S). Nakon dozrijevanja se bilježi rast koncentracija magnezija u svim tretmanima, međutim unatoč navedenom rastu, odnosi koncentracija među tretmanima ostali su vrlo slični odnosu prethodno utvrđenom u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2018. značajno najviše koncentracije natrija utvrđene su u TM21 (S) tretmanu, dok se preostala tri tretmana nisu značajno razlikovala. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije natrija, dok su odnosi koncentracija među tretmanima ostali vrlo slični odnosu prethodno utvrđenom u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2019. najniža koncentracija natrija je pronađena u TPHT (S) tretmanu, dok između preostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. Dozrijevanjem je utvrđeno značajno smanjenje koncentracije natrija u svim tretmanima, a pojavile su se i razlike u odnosima između pojedinih tretmana. Tako je najviša koncentracija natrija utvrđena u TM7 (Z) tretmanu, a najniža u TM21 (Z) tretmanu. Promatrajući sumu makroelemenata u svježim vinima iz obje berbe vrijedi istaknuti da su značajno najviše koncentracije utvrđene u TM21 (S) tretmanu, dok su najniže koncentracije pronađene u TPHT (S) tretmanu.

U svježim vinima iz berbe 2018. značajno najviša koncentracija aluminija utvrđena je u TPHT (S) tretmanu, dok između preostalih tretmana nisu utvrđene značajne razlike. U zrelim vinima utvrđeno je smanjenje koncentracije aluminija u odnosu na svježja vina u svim tretmanima izuzev TPHT (Z) gdje je koncentracija i dalje ostala značajno najviša. Vrlo sličan obrazac kretanja je uočen i u berbi 2019., odnosno najviša koncentracija utvrđena je u TPHT (S) tretmanu kako u svježim tako i u zrelim vinima. Značajno najviša koncentracija bakra u svježim vinima iz berbe 2018. utvrđena je u TM21 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja nisu utvrđene promjene u koncentracijama bakra, a samim time se i odnosi koncentracija među tretmanima nisu mijenjali. U svježim vinima iz berbe 2019. uočen je vrlo sličan obrazac kretanja kao i u berbi 2018., međutim u berbi 2019. je nakon dozrijevanja došlo do smanjenja koncentracije bakra u svim tretmanima, dok se odnosi među tretmanima nisu značajno mijenjali.

Značajno najviše koncentracije željeza su u svježim vinima iz berbe 2018. zabilježene u TPHT (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije željeza u svim tretmanima, međutim odnosi među tretmanima ostali su vrlo slični onima utvrđenim u svježim vinima. U berbi 2019. je za svježja vina utvrđeno isto kao i u berbi 2018. te je nakon dozrijevanja utvrđeno smanjenje koncentracije željeza u svim tretmanima. Međutim u ovom je slučaju došlo i do pojave razlika u odnosima kod pojedinih tretmana. Značajno najviše koncentracije mangana u svježim vinima iz berbe 2018. su zabilježene u TM10 (S) i TM21 (S) tretmanima. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije mangana u tretmanu kontrolnom tretmanu dok u ostalim tretmanima nisu zabilježene promjene. Značajno najviše koncentracije mangana u svježim vinima iz berbe 2019. utvrđene su u tretmanima duljih maceracija, odnosno TM10 (S) i TM21 (S). Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije mangana u svim tretmanima što je dovelo i do pojave razlika u odnosima između tretmana. Tako je nakon dozrijevanja značajno najviša koncentracija zabilježena u TM7 (Z) tretmanu. Promatrajući sumu mikroelemenata u svježim vinima iz berbe 2018. uočeno je da je značajno najviša koncentracija u TPHT (S) tretmanu u odnosu na sve ostale tretmane. Nakon dozrijevanja je utvrđeno je smanjenje sume koncentracija mikroelemenata u svim tretmanima, međutim odnosi među tretmanima u ostali isti onima utvrđenim u svježim vinima. U berbi 2019. je utvrđen isti obrazac kretanja mikroelemenata kao i u berbi 2018. Nakon dozrijevanja utvrđeno je smanjenje koncentracije mikroelemenata između svih tretmana, a utvrđena je i promjena odnosa među njima.

Tablica 7. Koncentracije (mg/L) makro- i mikroelemenata u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Makro- i mikroelementi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Kalij (K)	S	837,83 ± 2,78 c*	860,83 ± 1,52 b*	870,70 ± 4,57 a*	828,13 ± 4,31 d*
	Z	728,68 ± 2,05 c	795,73 ± 4,09 a	795,43 ± 1,96 a	778,30 ± 2,81 b
Kalcij (Ca)	S	139,17 ± 2,12 c*	144,60 ± 1,90 b*	160,07 ± 1,76 a*	137,50 ± 2,25 c*
	Z	121,08 ± 1,84 d	137,47 ± 1,43 b	140,97 ± 0,72 a	125,43 ± 1,27 c
Magnezij (Mg)	S	110,03 ± 0,55 b	118,53 ± 1,16 a	119,90 ± 0,20 a	107,60 ± 7,16 b
	Z	116,28 ± 0,99 c*	124,97 ± 1,43 a*	126,57 ± 1,08 a*	121,40 ± 1,41 b*
Natrij (Na)	S	7,09 ± 0,01 b*	7,22 ± 0,03 a*	7,23 ± 0,01 a*	7,09 ± 0,01 b*
	Z	6,15 ± 0,03 c	6,85 ± 0,04 a	6,83 ± 0,02 a	6,69 ± 0,06 b
Σ makroelemenata	S	1094,12 ± 1,55 c*	1131,38 ± 2,32 b*	1157,90 ± 6,22 a*	1080,33 ± 9,66 d*
	Z	972,19 ± 2,37 c	1065,02 ± 4,53 a	1069,80 ± 3,51 a	1031,82 ± 5,07 b
Aluminij (Al)	S	1,18 ± 0,01 b*	1,15 ± 0,01 b*	1,14 ± 0,01 b*	2,06 ± 0,08 a
	Z	1,03 ± 0,01 b	0,99 ± 0,03 b	0,97 ± 0,02 b	1,95 ± 0,09 a
Bakar (Cu)	S	0,04 ± 0,01 c	0,06 ± 0,01 b	0,07 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 c
	Z	0,04 ± 0,01 c	0,06 ± 0,01 b	0,07 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 c
Željezo (Fe)	S	5,46 ± 0,07 c*	5,95 ± 0,08 b*	6,06 ± 0,06 b*	9,80 ± 0,08 a*
	Z	4,75 ± 0,06 d	5,44 ± 0,04 c	5,58 ± 0,02 b	9,49 ± 0,03 a
Mangan (Mn)	S	1,41 ± 0,01 bc*	1,42 ± 0,03 ab	1,45 ± 0,02 a	1,38 ± 0,02 c
	Z	1,23 ± 0,01 c	1,42 ± 0,01 a	1,43 ± 0,01 a	1,39 ± 0,01 b
Σ mikroelemenata	S	8,08 ± 0,08 d*	8,52 ± 0,09 c*	8,72 ± 0,06 b*	13,28 ± 0,03 a*
	Z	7,04 ± 0,07 d	7,91 ± 0,07 c	8,05 ± 0,01 b	12,87 ± 0,08 a

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost.



Tablica 8. Koncentracije (mg/L) makro- i mikroelemenata u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Makro i mikroelementi	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Kalij (K)	S	711,13 ± 0,97 b*	716,13 ± 3,65 a*	716,13 ± 1,82 a*	700,13 ± 1,51 c*
	Z	669,13 ± 0,40 a	656,87 ± 0,59 c	664,73 ± 0,40 b	652,43 ± 1,15 d
Kalcij (Ca)	S	104,73 ± 0,51 c*	111,0 ± 0,79 b*	113,50 ± 0,52 a*	102,90 ± 0,85 d*
	Z	79,77 ± 0,35 a	79,03 ± 0,21 b	74,9 ± 0,26 c	79,33 ± 0,21 ab
Magnezij (Mg)	S	133,37 ± 0,25 b	137,60 ± 0,79 a	139,23 ± 1,19 a	133,53 ± 1,56 b
	Z	138,20 ± 0,44 c*	141,07 ± 0,21 b*	141,87 ± 0,15 a*	137,53 ± 0,25 d*
Natrij (Na)	S	6,33 ± 0,02 a*	6,34 ± 0,01 a*	6,36 ± 0,05 a*	6,29 ± 0,01 b*
	Z	5,80 ± 0,01 a	5,74 ± 0,01 c	5,61 ± 0,01 d	5,78 ± 0,01 b
Σ makroelemenata	S	955,56 ± 1,64 b*	971,07 ± 4,19 a*	975,22 ± 3,20 a*	942,86 ± 2,71 c*
	Z	892,90 ± 0,27 a	882,71 ± 0,95 c	887,11 ± 0,26 b	875,08 ± 1,10 d
Aluminij (Al)	S	0,84 ± 0,01 b*	0,83 ± 0,01 b*	0,80 ± 0,01 c*	1,50 ± 0,01 a*
	Z	0,60 ± 0,01 c	0,63 ± 0,01 b	0,62 ± 0,01 bc	1,17 ± 0,01 a
Bakar (Cu)	S	0,05 ± 0,001 b*	0,05 ± 0,001 b*	0,06 ± 0,001 a*	0,04 ± 0,001 c*
	Z	0,03 ± 0,001 b	0,02 ± 0,001 c	0,05 ± 0,001 a	0,03 ± 0,001 b
Željezo (Fe)	S	4,87 ± 0,01 d*	4,95 ± 0,02 c*	5,02 ± 0,02 b*	8,98 ± 0,03 a*
	Z	3,51 ± 0,03 b	2,90 ± 0,02 d	3,36 ± 0,02 c	5,21 ± 0,02 a
Mangan (Mn)	S	1,38 ± 0,01 b*	1,40 ± 0,01 a*	1,40 ± 0,01 a*	1,37 ± 0,01 b*
	Z	0,71 ± 0,01 a	0,63 ± 0,01 c	0,69 ± 0,01 b	0,68 ± 0,01 b
Σ mikroelemenata	S	7,14 ± 0,02 d*	7,24 ± 0,01 c*	7,29 ± 0,01 b*	11,90 ± 0,05 a*
	Z	4,84 ± 0,01 b	4,18 ± 0,01 d	4,71 ± 0,02 c	7,09 ± 0,02 a

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost.

#### 4.8. Hlapljivi spojevi

Rezultati analize hlapljivih spojeva arome u vinima sorte 'Teran' prikazani su u tablici 9 za berbu 2018. te u tablici 10 za berbu 2019. U vinima je detektirano 59 hlapljivih spojeva arome koji pripadaju sljedećim skupinama: monoterpeni, C<sub>13</sub>-norizoprenoidi, C<sub>6</sub>-alkoholi, masne kiseline, etil-estri, acetatni esteri, ostali esteri, hlapljivi fenoli, benzenoidi, furani i laktoni. Suma monoterpena je izračunata kao zbroj koncentracija limonena,  $\beta$ -pinena, linalola, 4-terpineola,  $\alpha$ -terpineola, citronelola, geraniola, geranil acetona, *trans*-nerolidola, eukaliptola, mentola i *trans*-ruža oksida. U svježim vinima iz obje berbe tretman TM7 (S) se značajno razlikovao od ostalih tretmana na osnovi više koncentracije monoterpena. Nakon dozrijevanja je došlo do smanjenja koncentracije monoterpena u tretmanima TM7 (Z) i TM10 (Z), dok su s druge strane u tretmanu TM21 (Z) vrijednosti porasle što je rezultiralo značajno najvišom koncentracijom monoterpena u TM21 (Z) tretmanu. Sličan obrazac kretanja koncentracija monoterpena nakon dozrijevanja uočeno je i u berbi 2019. te su nakon dozrijevanja značajno više koncentracije zabilježene u TM7 (Z) i TM21 (Z) tretmanima.

Suma C<sub>13</sub>-norizoprenoida je izračunata kao zbroj koncentracija vitispirana I i II, aktinidol etil etera I i II, TDNa,  $\beta$ -damaskenona,  $\beta$ -ionona, TPB-a i aktinidola I i II. U svježim vinima iz obje berbe tretman TM7 (S) se značajno razlikovao od ostalih tretmana na osnovi više koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida. U zrelim vinima su utvrđene više koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida u odnosu na koncentracije pronađene u svježim vinima te je u zrelim vinima najniža koncentracija utvrđena u TPHT (Z) tretmanu dok između ostalih tretmana nisu pronađene značajne razlike. U vinima nakon dozrijevanja u berbi 2019. najviša koncentracija C<sub>13</sub>-norizoprenoida je pronađena u TM7 (Z) tretmanu dok između ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. Vrijedi naglasiti da su značajno najviše koncentracije  $\beta$ -damaskenona, kao jednog od najzastupljenijih C<sub>13</sub>-norizoprenoida u svježim vinima iz ovog istraživanja utvrđene u TM21 (S) tretmanu, što ne slijedi karakterističan obrazac kretanja koncentracije većine ostalih C<sub>13</sub>-norizoprenoida. S druge strane, koncentracije aktinidol etil etera kao najzastupljenijeg C<sub>13</sub>-norizoprenoida u vinima nakon dozrijevanja iz ovog istraživanja su slijedile karakterističan obrazac kretanja koncentracija kao kod većine ostalih C<sub>13</sub>-norizoprenoida.

Suma C<sub>6</sub>-alkohola je izračunata kao zbroj koncentracija 1-heksanola, *trans*-3-heksenola, *cis*-3-heksenola, benzil-alkohola i 2-feniletanola. Najviše koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola u svježim vinima iz berbe 2018. utvrđene su u TM7 (S) tretmanu, dok su u berbi 2019. najviše koncentracije pronađene u TM10 (S) tretmanu. U zrelim vinima iz berbe 2018. je utvrđeno smanjenje koncentracija C<sub>6</sub>-alkohola u tretmanima TM7 (Z) i TM10 (Z) dok je s druge strane u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z) zabilježen rast koncentracija. Navedene promjene

vrijednosti koncentracije  $C_6$ -alkohola nakon dozrijevanja uzrokovale su promjene i u odnosima njihovih vrijednosti između svježih vina i vina nakon dozrijevanja. Kao najzastupljeniji predstavnik  $C_6$ -alkohola u vinima iz ovog istraživanja detektiran je 2-feniletanol kako u svježim, tako i u vinima nakon dozrijevanja. Suma masnih kiselina je izračunata kao zbroj koncentracija butanske, heksanske, oktanske, nonanske i dekanske kiseline. Na osnovi koncentracije masnih kiselina izdvojili su se TM7 (S) i TM10 (S) tretmani sa značajno višim koncentracijama u svježim vinima iz berbe 2018. te tretman TM7 (S) sa značajno višim koncentracijama u svježim vinima iz berbe 2019. U svježim vinima iz obje berbe nisu utvrđene značajne razlike između TM21 (S) i TPHT (S) tretmana. Nakon dozrijevanja u vinima iz berbe 2018. nisu uočene promjene u koncentracijama masnih kiselina, dok je u berbi 2019. utvrđen značajan rast u gotovo svim tretmanima. Odnosi koncentracija masnih kiselina ostali su gotovo podjednaki kao i u svježim vinima. Suma etilnih estera je izračunata kao zbroj koncentracija etil-butirata, etil-2-metilbutirata, etil-3-metilbutirata, etil-pentanoata, etil-heksanoata, etil-heptanoata i etil-oktanoata. U svježim vinima iz berbe 2018. koncentracije etilnih estera nisu se značajno razlikovale, dok su u svježim vinima iz berbe 2019. najviše koncentracije etilnih estera utvrđene u TM7 (S) i TM10 (S) tretmanima. Smanjenje koncentracije etilnih estera je nakon dozrijevanja zabilježeno u svim tretmanima u obje godine istraživanja. U vinima iz berbe 2018. je nakon dozrijevanja najviša koncentracija etilnih estera utvrđena u TM7 (Z) i TM10 (Z) tretmanima, dok u vinima iz berbe 2019. nisu pronađene značajne razlike među tretmanima.

Suma acetatnih estera je izračunata kao zbroj koncentracija butil-acetata, izoamil-acetata, heksil-acetata i 2-feniletil-acetata. U svježim vinima iz berbe 2018. su se TM7 (S) i TM10 (S) tretmani značajno razlikovali od ostalih tretmana na osnovi viših koncentracija acetatnih estera, dok je najviša koncentracija u vinima iz berbe 2019. utvrđena u TM7 (S) tretmanu. U obje godine istraživanja su u zrelih vinima utvrđene više koncentracije acetatnih estera u TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmanima u odnosu na svježija vina dok u preostala dva tretmana nisu uočene značajnije promjene vrijednosti koncentracija. Suma ostalih estera je izračunata kao zbroj koncentracija etil-laktata i dietil-sukcinata. Najviša koncentracija ostalih estera u svježim vinima iz berbe 2018. utvrđena je u TM21 (S) tretmanu, dok je u berbi 2019. najviša koncentracija pronađena u TM10 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja u obje je berbe utvrđen rast koncentracija etil-laktata i dietil-sukcinata, međutim rast koncentracija nije uzrokovao promjene u odnosima njihovih vrijednosti u usporedbi s odnosima koncentracija prethodno utvrđenim u svježim vinima. Suma hlapljivih fenola je izračunata kao zbroj koncentracija gvajakola, eugenola, 4-etilgvajakola, 4-etilfenola, 4-vinilgvajakola. U svježim vinima gvajakol, eugenol i 4-etilgvajakol nisu detektirani, a najviša koncentracija ostalih hlapljivih fenola (4-etilfenol i 4-vinilgvajakol) u vinima iz obje berbe utvrđena je u TM7

(S) tretmanu. U svježim vinima iz berbe 2018. između ostalih tretmana nisu pronađene značajne razlike, dok je u svježim vinima iz berbe 2019. najniža koncentracija hlapljivih fenola utvrđena u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima. Vidljive su značajne promjene u koncentracijama hlapljivih fenola nakon dozrijevanja, odnosno koncentracije su porasle u svim tretmanima, međutim rast koncentracija nije uzrokovao značajnije promjene u odnosima njihovih vrijednosti u usporedbi sa svježim vinima. 4-etilgvajakol i 4-etilfenol su u vinima nakon dozrijevanja u obje berbe detektirani kao najzastupljeniji predstavnici skupine hlapljivih fenola.

U skupini benzenoida detektiran je samo benzaldehid te u svježim vinima iz obje berbe nisu pronađene statistički značajne razlike između tretmana. Nakon dozrijevanja je u većini tretmana došlo do rasta koncentracije benzaldehida te je u vinima iz berbe 2018. nakon dozrijevanja značajno najviša koncentracija benzaldehida utvrđena u TPHT (Z) tretmanu, dok u vinima iz berbe 2019. značajne razlike među tretmanima nisu pronađene. Suma furana je izračunata kao zbroj koncentracija furfurala, 5-metilfurfurala i etil-3-furoata. U svježim je vinima iz navedene skupine spojeva detektiran samo etil-3-furoat te je u vinima iz berbe 2018. najviša koncentracija utvrđena u TM7 (S) tretmanu, dok je u berbi 2019. najviša koncentracija etil-3-furoata pronađena u TM10 (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja su u svim tretmanima detektirana i 3 dodatna furana, odnosno furfural eter, furfural i 5-metilfurfural te je zabilježen i rast koncentracije etil-3-furoata u svim tretmanima. Rast koncentracije etil-3-furoata te formiranje tri dodatna furana rezultirao je promjenama u odnosima njihovih vrijednosti u usporedbi sa svježim vinima. Tako su značajno najviše koncentracije furana u vinima iz berbe 2018. utvrđene su u TPHT (Z) tretmanu, a u berbi 2019. u tretmanima TM10 (Z) i TM21 (Z). Suma laktona je izračunata kao zbroj koncentracija *trans*-hrastovog laktona, *cis*-hrastovog-laktona,  $\gamma$ -nonalaktona i  $\gamma$ -dekalaktona. U svježim vinima u obje berbe detektiran je samo  $\gamma$ -nonalakton. U svježim vinima iz berbe 2018. nisu utvrđene značajne razlike u koncentracijama  $\gamma$ -nonalaktona između tretmana, dok su u svježim vinima iz berbe 2019. utvrđene značajno više koncentracije u TM7 (S) i TPHT (S) tretmanima. Nakon dozrijevanja su u svim tretmanima detektirana i tri dodatna laktona, odnosno *trans*-hrastov lakton, *cis*-hrastov lakton i  $\gamma$ -dekalakton, a rast koncentracije  $\gamma$ -nonalaktona je utvrđen u svim tretmanima. Rast koncentracije  $\gamma$ -nonalaktona i formiranje tri dodatna laktona rezultirali su promjenama u odnosima njihovih vrijednosti u usporedbi s odnosima koji su već prethodno utvrđeni u svježim vinima. Tako je u vinima nakon dozrijevanja u obje berbe najviša koncentracija laktona utvrđena u TM21 (Z) tretmanu.

Tablica 9. Koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome ( $\mu\text{g/L}$ ) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Monoterpeni</i>					
limonen	S	1,03 ± 0,12 a*	0,98 ± 0,04 a*	0,23 ± 0,02 c	0,37 ± 0,06 b*
	Z	0,45 ± 0,05 a	0,18 ± 0,02 b	0,62 ± 0,14 a*	0,17 ± 0,1 b
$\beta$ -pinen	S	2,17 ± 0,24 a*	2,17 ± 0,16 a*	0,42 ± 0,03 b	0,34 ± 0,04 b*
	Z	0,62 ± 0,03 b	0,26 ± 0,03 c	1,37 ± 0,2 a*	0,11 ± 0,07 c
linalol	S	25,28 ± 1,18 a*	24,01 ± 0,95 a*	5,22 ± 0,76 b	4,94 ± 0,73 b
	Z	18,24 ± 0,45 a	3,56 ± 0,25 c	14,08 ± 1,04 b*	14,09 ± 0,62 b*
4-terpineol	S	5,07 ± 0,18 a*	4,36 ± 0,8 a	0,97 ± 0,11 b	1,07 ± 0,17 b
	Z	4,16 ± 0,1 a	4,4 ± 0,17 a	2,84 ± 0,38 b*	1,34 ± 0,15 c
$\alpha$ -terpineol	S	28,32 ± 2,66 a*	28,15 ± 2,46 a*	4,64 ± 0,42 b	6,1 ± 0,39 b
	Z	8,88 ± 0,98 b	9,12 ± 0,52 b	20,41 ± 1,41 a*	9,86 ± 1,08 b*
citronelol	S	16,02 ± 0,76 a*	13,96 ± 1,45 b*	7,07 ± 0,46 c	4,99 ± 0,6 d*
	Z	7,7 ± 0,1 a	3,24 ± 0,08 b	7,64 ± 0,76 a	3,02 ± 0,13 b
geraniol	S	3,47 ± 0,33 a	1,62 ± 0,26 c	2,59 ± 0,28 b	1,58 ± 0,33 c
	Z	3,49 ± 0,23 b	2,12 ± 0,18 c	7,46 ± 0,77 a*	1,64 ± 0,43 c
geranil aceton	S	6,8 ± 0,51 a*	4,58 ± 0,49 b*	0,99 ± 0,19 c	1,07 ± 0,15 c*
	Z	0,98 ± 0,14 b	0,8 ± 0,18 b	2,44 ± 0,48 a*	0,56 ± 0,17 b
<i>trans</i> -nerolidol	S	2,23 ± 0,17 a*	1,42 ± 0,09 b*	0,41 ± 0,06 c	0,48 ± 0,1 c*
	Z	0,54 ± 0,05 b	0,45 ± 0,03 b	1,37 ± 0,27 a*	0,12 ± 0,09 c
eukaliptol	S	1,65 ± 0,16 a*	1,12 ± 0,05 b*	0,19 ± 0,03 d	0,52 ± 0,07 c*
	Z	0,9 ± 0,02 a	0,4 ± 0,04 c	0,74 ± 0,01 b*	0,13 ± 0,1 d
mentol	S	62,96 ± 3,86 a*	41,79 ± 2,11 b*	8,37 ± 0,73 c	10,68 ± 1,73 c*
	Z	11,55 ± 1,28 b	8,65 ± 1,06 b	23,89 ± 3,05 a*	2,2 ± 1,63 c
<i>trans</i> -ruža oksid	S	4,05 ± 0,7 a*	3,98 ± 0,76 a*	0,57 ± 0,07 b	0,87 ± 0,14 b*
	Z	2,28 ± 0,11 a	0,81 ± 0,07 c	1,04 ± 0,07 b*	0,19 ± 0,12 d
$\Sigma$ monoterpena	S	159,05 ± 9,34 a*	128,15 ± 6,37 b*	31,68 ± 2,7 c	33,01 ± 4,24 c
	Z	59,8 ± 1,6 b	34 ± 2,29 c	83,89 ± 7,96 a*	33,43 ± 3,08 c

Nastavak tablice 9.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>C<sub>13</sub>-norizoprenoidi</i>					
vitispiran I	S	8,43 ± 0,42 a*	6,12 ± 0,45 b*	1,96 ± 0,15 d	2,59 ± 0,16 c*
	Z	2,3 ± 0,23 b	0,96 ± 0,07 c	3,74 ± 1,12 a	0,39 ± 0,25 c
vitispiran II	S	2,98 ± 0,58 b*	4,32 ± 0,18 a*	1,25 ± 0,19 c	1,49 ± 0,12 c*
	Z	0,05 ± 0,01 b	0,09 ± 0,07 b	1,86 ± 1,46 a	0,24 ± 0,17 b
aktinidol etil eter I	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	80,49 ± 0,96 a	77,05 ± 4,35 ab	68,8 ± 5,68 b	55,32 ± 7,51 c
aktinidol etil eter II	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	47,56 ± 0,33 a	45,68 ± 2,36 a	41,78 ± 4,05 a	31,9 ± 5,16 b
TDN	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,42 ± 0,03 b	1,41 ± 0,08 b	1,85 ± 0,29 a	1,15 ± 0,21 b
$\beta$ -damaskenon	S	8,33 ± 0,86 b*	8,31 ± 0,81 b*	10,27 ± 0,12 a*	1,65 ± 0,35 c*
	Z	1,66 ± 0,13 b	1,41 ± 0,15 b	3,73 ± 0,48 a	0,45 ± 0,33 c
$\beta$ -ionon	S	4,69 ± 1,08 a*	3 ± 0,6 b*	0,47 ± 0,13 c	0,63 ± 0,07 c
	Z	0,84 ± 0,07 b	0,58 ± 0,11 bc	1,72 ± 0,24 a*	0,31 ± 0,22 c
TPB	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,27 ± 0,08 b	2,39 ± 0,13 a	2,83 ± 0,41 a	1,69 ± 0,22 b
aktinidol I	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	14,21 ± 0,25 n.s.	16,7 ± 1,42 n.s.	18,65 ± 2,68 n.s.	16,72 ± 3,71 n.s.
aktinidol Z	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	27 ± 0,46 n.s.	25,1 ± 1,78 n.s.	27,99 ± 4,06 n.s.	24,29 ± 4,85 n.s.
$\Sigma$	S	24,43 ± 1,93 a	21,75 ± 0,91 b	13,95 ± 0,47 c	6,35 ± 0,61 d
<i>C<sub>13</sub>-norizoprenoida</i>	Z	176,8 ± 1,39 a*	171,39 ± 9,98 a*	172,94 ± 18,25 a*	132,45 ± 22,41 b*
<i>Alkoholi</i>					
1-heksanol	S	4245,2 ± 148,85 b*	4592,87 ± 291,55 a*	1372,31 ± 86,85 c	1472,67 ± 79,61 c
	Z	1577,26 ± 37,82 b	1617,43 ± 18,26 b	2211,05 ± 100,48 a*	1236,32 ± 43,24 c
<i>trans</i> -3-heksenol	S	43,67 ± 2,89 b*	52,16 ± 2,05 a*	17,55 ± 1,83 c	16,29 ± 1,13 c
	Z	11,29 ± 4,71 c	19,18 ± 0,61 b	24,69 ± 2,43 a	16,9 ± 0,33 b

Nastavak tablice 9.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>cis</i> -3-heksenol	S	97,88 ± 3,45 b	102,71 ± 1,82 a*	25,09 ± 2,38 c	26,26 ± 1,18 c
	Z	14,98 ± 0,37 b	23,59 ± 2,21 b	45,23 ± 8,06 a	24,99 ± 5,83 b
benzil-alkohol	S	2,03 ± 0,49 a	1,53 ± 0,15 b	1,34 ± 0,03 bc	1,02 ± 0,04 c
	Z	2,05 ± 0,07 a	2,01 ± 0,09 ab*	1,8 ± 0,12 bc*	1,69 ± 0,19 c*
2-feniletanol	S	152349,43 ± 5115,08 a*	131289,94 ± 6406,25 b*	70524,33 ± 5296,63 c	67290,76 ± 2106,75 c
	Z	122741,46 ± 2219,47 a	60919,26 ± 2600,2 c	122662,85 ± 8255,99 a*	73310,49 ± 1367,98 b*
Σ alkohola	S	156739,23 ± 5051,62 a*	136039,21 ± 6350,58 b*	71940,61 ± 5385,91 c	68807 ± 2119,28 c
	Z	124347,04 ± 2222,91 a	62581,47 ± 2607,7 c	124945,63 ± 8161,14 a*	74590,38 ± 1326,48 b*
<i>Masne kiseline</i>					
butanska kiselina	S	1544,42 ± 77,71 a	1642,05 ± 97,71 a	702,7 ± 86,4 b	741,85 ± 46,58 b
	Z	1663,94 ± 25,23 a	1655,36 ± 57,63 a	1072,59 ± 54,53 b*	655,27 ± 50,98 c
heksanska kiselina	S	1022,68 ± 96,49 ab	1100,79 ± 147,3 a	862,18 ± 46,85 bc	746,18 ± 62,05 c
	Z	1200,12 ± 11,66 b*	1092,29 ± 17,97 b	1399,62 ± 72,37 a*	940,96 ± 95,61 c*
oktanska kiselina	S	385,57 ± 53,24 a	272,48 ± 60,03 b	386,7 ± 35,14 a	402,84 ± 29,23 a*
	Z	329,44 ± 18,71 b	260,22 ± 22,37 b	471,44 ± 71,69 a*	257,29 ± 19,35 b
nonanska kiselina	S	281,25 ± 70,6 ab	311,36 ± 57,25 a*	197,89 ± 16,29 b	61,93 ± 13,46 c
	Z	264,52 ± 19,54 a	175,89 ± 18,67 b	199,49 ± 2,81 b	71,76 ± 21,78 c
dekanska kiselina	S	177,27 ± 20,32 a*	149,86 ± 18,28 a*	146,71 ± 17,19 ab	111,85 ± 22,55 b*
	Z	84,45 ± 4,5 b	84,49 ± 9,22 b	185,29 ± 13,32 a*	36,42 ± 0,58 c
Σ masnih kiselina	S	3411,18 ± 147,34 a	3476,54 ± 242,77 a	2296,17 ± 150,8 b	2064,66 ± 78,59 b
	Z	3542,47 ± 24,68 a	3268,26 ± 105 b	3328,42 ± 82,38 b*	1961,7 ± 88,13 c
<i>Etil-esteri</i>					
etil-butirat	S	147,37 ± 1,94 b*	192,14 ± 3,84 a*	83,17 ± 4,58 d	94,78 ± 3,38 c*
	Z	73,6 ± 1,49 b	72,71 ± 2,1 b	117,38 ± 6,42 a*	73,81 ± 6,25 b
etil-2-metilbutirat	S	26,11 ± 2,3 b	36,06 ± 0,79 a*	17,62 ± 1,27 c	23,62 ± 1,26 b
	Z	25,13 ± 0,81 c	25,85 ± 1,28 bc	35,3 ± 3,27 a*	30,38 ± 3,69 b*
etil-3-metilbutirat	S	59,73 ± 4,62 b	77,26 ± 4,54 a*	29,53 ± 1,92 d	43,31 ± 1,01 c
	Z	48,43 ± 1,09 b	50,97 ± 2,24 ab	56,74 ± 1,97 a*	52,65 ± 7,96 ab

Nastavak tablice 9.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
etil-pentanoat	S	13,38 ± 1,22 a*	14,86 ± 1,58 a*	6,46 ± 1,14 c	3,65 ± 0,2 b
	Z	7,72 ± 0,42 a	3,83 ± 1,45 b	7,02 ± 0,58 a	6,26 ± 0,44 a*
etil-heksanoat	S	156,92 ± 6,22 b*	177,1 ± 1,92 a*	120,05 ± 4,48 c	181,03 ± 8,35 a*
	Z	114,46 ± 1,67 b	105,19 ± 1,19 c	137,15 ± 1,31 a*	70,45 ± 3,54 d
etil-heptanoat	S	2189,45 ± 195,46 n.s.	2353,58 ± 350,14 n.s.	2191,75 ± 108,88 n.s.*	2393,09 ± 331,69 n.s.*
	Z	2130,78 ± 45,89 a	2069,14 ± 26,82 a	1391,88 ± 158,1 b	368,29 ± 7,17 c
etil-oktanoat	S	492,38 ± 26,61 a*	201,67 ± 44,62 b*	199,83 ± 21,73 b*	151,57 ± 24,88 b*
	Z	11,92 ± 2,09 b	13,69 ± 1,85 b	32,01 ± 3,04 a	12,09 ± 0,71 b
Σ etilnih estera	S	3081,3 ± 203,85 n.s.*	3053,02 ± 333,32 n.s.*	2644,62 ± 83,57 n.s.*	2892,6 ± 304,07 n.s.*
	Z	2412,03 ± 43,02 a	2341,39 ± 31,69 a	1777,49 ± 148,38 b	613,93 ± 20,21 c
<i>Acetatni esteri</i>					
butil-acetat	S	0,59 ± 0,05 a	0,38 ± 0,22 a	0,09 ± 0,02 b	0,11 ± 0,01 b
	Z	0,53 ± 0,07 a	0,1 ± 0 c	0,13 ± 0,02 c	0,21 ± 0,02 b
izoamil-acetat	S	1217,33 ± 263,64 a	1178,26 ± 98,2 a	613,87 ± 69,94 b	262,27 ± 17,84 b
	Z	1316,67 ± 83,27 a	849,93 ± 31,12 c	1031,05 ± 117,58 b	751,47 ± 51,69 c
heksil-acetat	S	6,36 ± 0,46 a	2,44 ± 0,31 b	0,88 ± 0,08 c	2,36 ± 0,09 b
	Z	6,34 ± 0,21 a	5,7 ± 0,52 b	3,5 ± 0,12 c	2,54 ± 0,11 d
2-fenetil-acetat	S	123,18 ± 8,11 a	42,81 ± 1,79 b	30,31 ± 3,27 c	36,59 ± 5,62 bc
	Z	126,06 ± 4,86 a	46,57 ± 3,12 c	72,56 ± 3,43 b	50,8 ± 0,21 c
Σ acetatnih estera	S	1347,46 ± 259,04 a	1223,88 ± 98,79 a	645,15 ± 73,19 b	301,33 ± 19,48 c
	Z	1449,6 ± 87,82 a	902,31 ± 28,64 c	1107,24 ± 115,98 b	805,02 ± 51,96 c
<i>Ostali esteri</i>					
etil-laktat	S	142057 ± 2847,44 b	137924,86 ± 6528,99 b	162549,35 ± 10897,63 a	55353,54 ± 6695,38 c
	Z	153190,9 ± 2941,95 bc*	171137,8 ± 5785,9 b*	235716,1 ± 26846,46 a*	131283,9 ± 6124,21 c*
dietil-sukcinat	S	8079,24 ± 396,57 a	7363,15 ± 237,98 b	2265,41 ± 186,47 d	2773,01 ± 150,9 c
	Z	11982,43 ± 536,09 b*	9059,91 ± 592,75 c*	17668,27 ± 1157,41 a*	6882,18 ± 461,29 d*



Nastavak tablice 9.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Σ ostalih estera	S	150136,24 ± 2574,1 b	145288,01 ± 6433,89 b	164814,75 ± 11082,89 a	58126,55 ± 6646,31 c
	Z	165173,33 ± 3472,69 b*	180197,71 ± 5297,83 b*	253384,4 ± 26411,52 a*	138166,2 ± 5687,42 c*
<i>Hlapljivi fenoli</i>					
Gvajakol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	2,28 ± 0,34 bc	2,2 ± 0,25 c	3,82 ± 0,58 a	3,03 ± 0,36 b
eugenol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	3,66 ± 0,21 b	6,47 ± 2,42 b	19,73 ± 8,04 a	2,03 ± 1,09 b
4-etilgvajakol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	531,39 ± 34,22 a	345,81 ± 29,29 b	233,29 ± 29,5 c	326,66 ± 56,31 b
4-etilfenol	S	17,77 ± 1,54 a	7,79 ± 0,23 b	1,78 ± 0,32 c	2,93 ± 0,64 c
	Z	352,71 ± 6,04 a*	376,64 ± 27,79 a*	75,55 ± 8,16 b*	356,23 ± 49,6 a*
4-vinilgvajakol	S	24,82 ± 0,96 b	19,91 ± 1,13 c	28,25 ± 1,95 a	23,59 ± 1,67 b
	Z	25,44 ± 0,98 b	23,32 ± 1,24 b*	41,29 ± 4,88 a*	21,3 ± 3,7 b
Σ hlapljivih fenola	S	42,59 ± 2,4 a	27,7 ± 1,25 b	30,02 ± 2,12 b	26,52 ± 2,07 b
	Z	915,49 ± 29,05 a*	754,43 ± 59,85 b*	373,68 ± 49,31 c*	709,24 ± 110,07 b*
<i>Benzenoidi</i>					
benzaldehyd	S	2,58 ± 0,3 n.s.	2,49 ± 0,19 n.s.	2,18 ± 0,05 n.s.	2,97 ± 0,1 n.s.
	Z	2,32 ± 0,24 b	2,23 ± 0,14 b	2,89 ± 0,36 b*	7,02 ± 0,65 a*
<i>Furani</i>					
furfuril eter	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	104,22 ± 2,65 c	104,81 ± 3 c	126,37 ± 5,66 b	166,59 ± 11,05 a
furfural	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	16,88 ± 0,33 b	17,81 ± 0,77 b	17,91 ± 0,37 b	20,08 ± 2,17 a
5-metilfurfural	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	5,7 ± 0,23 b	9,88 ± 0,48 a	5,99 ± 0,78 b	4,71 ± 0,23 c
etil-3-furoat	S	153 ± 4,7 a*	139,28 ± 2,54 b*	34,62 ± 1,57 d	44,94 ± 4,42 c
	Z	83,84 ± 4,21 a	81,83 ± 7,07 a	91,05 ± 8,03 a*	59,03 ± 6,58 b*

Nastavak tablice 9.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Σ furana	S	153 ± 4,7 a	139,28 ± 2,54 b	34,62 ± 1,57 d	44,94 ± 4,42 c
	Z	210,64 ± 6,08 c*	214,33 ± 4,54 c*	241,31 ± 3,55 b*	250,4 ± 2,32 a*
<i>Laktoni</i> <i>trans</i> -hrastov lakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	88,74 ± 1,08 b	88 ± 6,78 b	146,4 ± 14,68 a	109,26 ± 18,83 b
<i>cis</i> -hrastov lakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	108,88 ± 1,25 c	152,27 ± 4,97 b	197,37 ± 16,48 a	173,39 ± 22,68 b
γ-nonalakton	S	31,08 ± 1,68 n.s.	31,75 ± 2,61 n.s.	28,58 ± 0,92 n.s.	28,21 ± 2,08 n.s.
	Z	33,23 ± 0,31 n.s.	33,04 ± 1,45 n.s.	32,84 ± 2,99 n.s.	29,82 ± 3,5 n.s.
γ-dekalakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	14,49 ± 0,24 b	16,41 ± 1,15 b	38,56 ± 3,18 a	16,33 ± 2,93 b
Σ laktona	S	31,08 ± 1,68 n.s.	31,75 ± 2,61 n.s.	28,58 ± 0,92 n.s.	28,21 ± 2,08 n.s.
	Z	245,33 ± 0,58 c*	289,71 ± 14 bc*	415,17 ± 36,02 a*	328,8 ± 47,8 b*

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija – maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.d. - nije detektirano; n.s. - nije značajno.

Tablica 10. Koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome ( $\mu\text{g/L}$ ) u vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Monoterpeni</i>					
limonen	S	1,43 $\pm$ 0,08 a*	0,12 $\pm$ 0,1 c	0,7 $\pm$ 0,01 b*	1,08 $\pm$ 0,46 ab
	Z	1,05 $\pm$ 0,09 a	0,89 $\pm$ 0,03 b*	0,39 $\pm$ 0,04 c	1,06 $\pm$ 0,01 a
$\beta$ -pinen	S	2,13 $\pm$ 0,16 a*	1,06 $\pm$ 0,27 b	0,7 $\pm$ 0,1 b	0,97 $\pm$ 0,31 b
	Z	0,75 $\pm$ 0,15 n.s.	0,73 $\pm$ 0,06 n.s.	0,75 $\pm$ 0,64 n.s.	0,94 $\pm$ 0,02 n.s.
linalol	S	22,63 $\pm$ 0,3 a*	14,63 $\pm$ 2,12 b	6,6 $\pm$ 0,63 c	6,67 $\pm$ 0,66 c
	Z	17,19 $\pm$ 0,46 a	15,38 $\pm$ 0,2 b	15,14 $\pm$ 0,89 b*	14,23 $\pm$ 0,68 b*
4-terpineol	S	3 $\pm$ 0,17 a	2,18 $\pm$ 0,86 a	1,06 $\pm$ 0,16 b	0,96 $\pm$ 0,13 b
	Z	2,67 $\pm$ 0,27 ab	2,7 $\pm$ 0,26 ab	3,09 $\pm$ 0,22 a*	2,49 $\pm$ 0,18 b*
$\alpha$ -terpineol	S	25,62 $\pm$ 0,11 a	20,34 $\pm$ 0,7 b	7,34 $\pm$ 0,19 d	9,13 $\pm$ 0,37 c
	Z	32,06 $\pm$ 0,45 a*	27,86 $\pm$ 0,95 bc*	28,94 $\pm$ 1,35 b*	26,56 $\pm$ 1,53 c*
citronelol	S	10,22 $\pm$ 0,63 a	11,14 $\pm$ 1,08 a	6,83 $\pm$ 0,07 b	5,58 $\pm$ 0,28 c
	Z	9,86 $\pm$ 0,33 b	10,9 $\pm$ 0,39 ab	12,28 $\pm$ 1,53 a*	8,16 $\pm$ 0,57 c*
geraniol	S	13,58 $\pm$ 4 a*	7,52 $\pm$ 2,14 b*	14,03 $\pm$ 1,27 a*	16,95 $\pm$ 2,99 a*
	Z	4,27 $\pm$ 0,28 a	3,74 $\pm$ 0,22 b	3,82 $\pm$ 0,28 ab	2,02 $\pm$ 0,23 c
geranil aceton	S	1,35 $\pm$ 0,19 a*	0,75 $\pm$ 0,04 b*	0,63 $\pm$ 0,03 b*	0,76 $\pm$ 0,22 b*
	Z	0,51 $\pm$ 0,06 c	0,68 $\pm$ 0,05 b	0,56 $\pm$ 0,05 c	1,14 $\pm$ 0,07 a
<i>trans</i> -nerolidol	S	2,92 $\pm$ 0,65 a*	1,55 $\pm$ 0,4 b*	0,88 $\pm$ 0,06 bc*	0,68 $\pm$ 0,07 c*
	Z	0,65 $\pm$ 0,02 a	0,43 $\pm$ 0,03 b	0,5 $\pm$ 0,03 b	0,48 $\pm$ 0,08 b
eukaliptol	S	0,2 $\pm$ 0,04 b	0,87 $\pm$ 0,02 a	0,19 $\pm$ 0,14 b	0,15 $\pm$ 0,04 b
	Z	1 $\pm$ 0,11 n.s.*	1,03 $\pm$ 0,05 n.s.*	1,1 $\pm$ 0,13 n.s.*	1,16 $\pm$ 0,03 n.s.*
mentol	S	9,84 $\pm$ 1,26 a	6,96 $\pm$ 2,2 b	3,05 $\pm$ 0,77 c	2,83 $\pm$ 0,69 c
	Z	7,38 $\pm$ 0,35 n.s.	7,97 $\pm$ 0,33 n.s.	7,27 $\pm$ 0,19 n.s.*	7,92 $\pm$ 0,6 n.s.*
<i>trans</i> -ruža oksid	S	0,94 $\pm$ 0,05 a	0,86 $\pm$ 0,12 a	0,55 $\pm$ 0,02 b	0,43 $\pm$ 0,07 b
	Z	0,69 $\pm$ 0,06 bc	0,84 $\pm$ 0 a	0,77 $\pm$ 0,07 ab*	0,68 $\pm$ 0,02 c*
$\Sigma$ monoterpena	S	93,86 $\pm$ 5,58 a*	67,99 $\pm$ 8,9 b	42,54 $\pm$ 0,84 c	46,2 $\pm$ 5,33 c
	Z	78,08 $\pm$ 0,62 a	73,13 $\pm$ 0,15 b	74,61 $\pm$ 3,17 ab*	66,84 $\pm$ 2,07 c*

Nastavak tablice 10.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>C<sub>13</sub>-norizoprenoidi</i>					
vitispiran I	S	12,78 ± 1,01 a*	9,24 ± 1,3 b*	4,84 ± 0,3 c*	6,47 ± 0,92 c
	Z	5,77 ± 0,81 a	2,55 ± 0,27 c	4,26 ± 0,12 b	3,81 ± 0,32 b
vitispiran II	S	8,11 ± 0,41 a*	6,07 ± 1,01 b*	3,15 ± 0,17 c	3,96 ± 0,51 c*
	Z	0,14 ± 0,02 c	2,49 ± 0,17 b	2,89 ± 0,07 a	2,69 ± 0,12 ab
aktinidol etil eter I	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	62,59 ± 3,37 a	49,33 ± 5,42 b	47,62 ± 3,96 b	48,16 ± 3,07 b
aktinidol etil eter II	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	30,96 ± 0,49 a	27,54 ± 1,89 b	28,26 ± 1,71 ab	28,94 ± 1,48 ab
TDN	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,35 ± 0,08 a	1,03 ± 0,18 b	1,25 ± 0,23 ab	1,17 ± 0,16 ab
$\beta$ -damaskenon	S	10,99 ± 1 b*	9,35 ± 0,55 b*	12,51 ± 0,32 a*	2,97 ± 0,59 c
	Z	8,6 ± 0,28 a	7,29 ± 0,49 b	8,2 ± 0,32 a	5,13 ± 0,19 c*
$\beta$ -ionon	S	4,49 ± 0,53 a*	4,04 ± 1,38 a*	1,3 ± 0,33 b	1,26 ± 0,3 b
	Z	1,08 ± 0,27 n.s.	1,41 ± 0,01 n.s.	1,45 ± 0,17 n.s.	2,29 ± 1,33 n.s.
TPB	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,52 ± 0,05 c	1 ± 0,04 b	1,45 ± 0,1 a	1,39 ± 0 a
aktinidol I	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	23,2 ± 2,55 b	26,47 ± 2,45 ab	29,52 ± 0,25 a	29,91 ± 1,65 a
aktinidol II	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	36,09 ± 1,16 a	28,52 ± 1,8 b	29,67 ± 0,39 b	29,2 ± 1,75 b
$\Sigma$	S	36,37 ± 2,47 a	28,7 ± 4,05 b	21,8 ± 0,7 c	14,66 ± 2,27 d
<i>C<sub>13</sub>-norizoprenoida</i>	Z	170,29 ± 6,8 a*	147,64 ± 11,06 b*	154,58 ± 4,55 b*	152,69 ± 3,23 b*
<i>Alkoholi</i>					
1-heksanol	S	2688,53 ± 255,4 a	2709,78 ± 327,37 a	1452,84 ± 26,91 b	1439,38 ± 50,94 b
	Z	3542,6 ± 106,85 n.s.*	3732,37 ± 95,33 n.s.*	3509,44 ± 340,79 n.s.*	3454,66 ± 263,08 n.s.*
<i>trans</i> -3-heksenol	S	36,67 ± 2,83 a	36 ± 4,67 a	20,56 ± 1,1 c	26,24 ± 0,26 b
	Z	47,17 ± 3,19 b*	48,7 ± 1,77 b*	48,13 ± 1,81 b*	61,06 ± 2,32 a*

Nastavak tablice 10.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>cis</i> -3-heksenol	S	132,12 ± 9,45 a	123,76 ± 28,66 a	89,94 ± 4,53 b	81,08 ± 4,78 b
	Z	196,4 ± 7,04 a*	179,3 ± 3,13 b*	194,36 ± 7,09 a*	179,64 ± 3,88 b*
benzil-alkohol	S	2,02 ± 0,25 a	1,2 ± 0,32 b	1,41 ± 0,2 b	1,13 ± 0,15 b
	Z	2,08 ± 0,13 a	1,65 ± 0,09 b	1,98 ± 0,11 a*	1,57 ± 0,13 b*
2-feniletanol	S	124065,96 ± 8031,23 b	140695,6 ± 13697,3 a	64698,26 ± 793,66 d	85289 ± 4138,23 c
	Z	159549,44 ± 4240,01 c*	198463,27 ± 1596,4 a*	174980,91 ± 629,17 b*	172759,78 ± 3551,87 b*
Σ alkohola	S	126925,29 ± 8273,07 b	143566,35 ± 13369,09 a	66263,01 ± 815,02 d	86836,83 ± 4186,72 c
	Z	163337,69 ± 4343,09 c*	202425,3 ± 1525,53 a*	178734,82 ± 967,58 b*	176456,72 ± 3476,34 b*
<i>Masne kiseline</i>					
butanska kiselina	S	927,14 ± 112,34 a	829,66 ± 117,5 a	525,08 ± 48,42 b	651,19 ± 66,76 b
	Z	1115,11 ± 25,61 n.s.*	1179,14 ± 46,16 n.s.*	1066,85 ± 77,22 n.s.*	1129,1 ± 111,29 n.s.*
heksanska kiselina	S	1152,84 ± 123,6 b	694,01 ± 161,47 c	1440,67 ± 139,01 a	1631,51 ± 35,68 a
	Z	2230,99 ± 71,08 a*	2004,78 ± 36,12 b*	1808,86 ± 101,07 c*	1827,34 ± 47,01 c*
oktanska kiselina	S	1377,67 ± 134,85 a*	1082,37 ± 79,39 b*	654,41 ± 12,02 d	823,15 ± 16,55 c
	Z	980,83 ± 39,55 a	908,34 ± 53,55 ab	793,36 ± 29,61 c*	870,81 ± 60,78 bc
nonanska kiselina	S	130,7 ± 23,29 b	367,89 ± 40,39 a*	181,6 ± 21,53 b*	162,27 ± 24,54 b*
	Z	142,39 ± 19,71 a	92,9 ± 10,76 b	91,72 ± 8,03 b	63,08 ± 7,45 c
dekanska kiselina	S	693,81 ± 67,9 a*	666,39 ± 43,43 a*	284,7 ± 26,58 b*	287,55 ± 51,9 b
	Z	306,29 ± 34,76 a	260,67 ± 38,05 ab	233,85 ± 6,55 ab	207,05 ± 23,56 b
Σ masnih kiselina	S	4282,17 ± 429,5 a	3640,32 ± 209,31 b	3086,46 ± 179,14 c	3555,67 ± 95,59 bc
	Z	4775,61 ± 82,8 a	4445,83 ± 92,22 b*	3994,64 ± 170,9 c*	4097,37 ± 156,91 c*
<i>Etil-esteri</i>					
etil-butirat	S	109,34 ± 0,44 b*	117,01 ± 1,16 a	77,76 ± 3,35 d	100,55 ± 3,27 c
	Z	102,07 ± 2,82 d	120,65 ± 1,38 b*	112,71 ± 2,1 c*	147,54 ± 0,58 a*
etil-2-metilbutirat	S	24,04 ± 4,53 c	44,17 ± 3,5 a	31,65 ± 1,05 b	31,88 ± 1,19 b
	Z	23,07 ± 1,86 b	37,71 ± 2,05 a	35,54 ± 0,77 a*	36,58 ± 2,1 a*
etil-3-metilbutirat	S	44,03 ± 4,12 b	72,79 ± 7,14 a	49,07 ± 3,07 b	49,79 ± 3,06 b
	Z	43,61 ± 1,1 c	63,95 ± 0,72 a	52,55 ± 1,61 b	54,82 ± 1,78 b

Nastavak tablice 10.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
etil-pentanoat	S	3,25 ± 0,54 n.s.	4,21 ± 0,96 n.s.	3,55 ± 0,08 n.s.	3,92 ± 0,29 n.s.
	Z	2,71 ± 0,14 c	4,82 ± 0,29 b	5,07 ± 0,04 b*	5,48 ± 0,25 a*
etil-heksanoat	S	259,8 ± 35,99 b*	303,61 ± 57,59 a*	222,29 ± 10,99 b*	298,29 ± 7,29 a*
	Z	150,18 ± 3,54 d	165,74 ± 2,44 b	158,07 ± 3,59 c	173,01 ± 0,97 a
etil-heptanoat	S	2382,45 ± 53,71 a*	2150,52 ± 44,49 b*	1907,65 ± 62,74 c*	1507,52 ± 23,34 d*
	Z	392,07 ± 5,33 a	335,44 ± 58,14 ab	243,01 ± 25,19 c	319,58 ± 14,9 b
etil-oktanoat	S	435,08 ± 16,01 bc*	511,92 ± 47,14 a*	371,7 ± 44,13 c*	470,05 ± 21,75 ab*
	Z	72,92 ± 4,28 b	81,38 ± 5,61 b	118,78 ± 0,71 a	121,59 ± 13,11 a
Σ etilnih estera	S	3258,93 ± 85,56 a*	3165,22 ± 218,88 a*	2663,68 ± 103,37 b*	2462 ± 50,54 c*
	Z	786,63 ± 9,78 n.s.	809,7 ± 62,61 n.s.	725,73 ± 21,8 n.s.	778,25 ± 131,49 n.s.
<i>Acetatni esteri</i>					
butil-acetat	S	0,2 ± 0,04 a*	0,07 ± 0,02 b	0,07 ± 0,02 b	0,05 ± 0,01 b
	Z	0,12 ± 0,01 a	0,08 ± 0,01 b	0,09 ± 0,01 b	0,08 ± 0,01 b*
izoamil-acetat	S	808,29 ± 105,32 a	557,77 ± 181,66 b	225,82 ± 30,74 c	376,34 ± 51,16 bc
	Z	671,77 ± 71,07 a	554,06 ± 70,76 a	414,91 ± 44,69 b*	602,04 ± 81,58 a*
heksil-acetat	S	4,1 ± 0,53 a*	2,99 ± 0,29 b*	2,72 ± 0,61 b	2,91 ± 0,3 b*
	Z	2,5 ± 0,21 a	2 ± 0,06 b	1,87 ± 0,16 b	1,91 ± 0,12 b
2-fenetil-acetat	S	90,09 ± 0,95 a	53,91 ± 4,36 b	27,23 ± 1,4 d	33,29 ± 1,72 c
	Z	84,52 ± 3,77 a	68,04 ± 1,72 b*	52,81 ± 2,37 d*	62,09 ± 4,14 c*
Σ acetatnih estera	S	902,67 ± 105,11 a	614,75 ± 177,62 b	255,84 ± 31,97 c	412,6 ± 53,03 bc
	Z	758,9 ± 67,56 a	624,19 ± 71,44 b	469,68 ± 46,8 c*	666,12 ± 77,68 ab*
<i>Ostali esteri</i>					
etil-laktat	S	215656,24 ± 19677,47 a	239409,75 ± 20061,92 a	147294,3 ± 10719,06 b	144036,4 ± 4828,17 b
	Z	272135,06 ± 3895,41 c*	343197,14 ± 2468,99 a*	290196,53 ± 5906,98 b*	272313,91 ± 3844,73 c*
dietil-sukcinat	S	6655,24 ± 151,47 b	12127,67 ± 1256,53 a	7303,02 ± 270,68 b	3473,09 ± 211,9 c
	Z	13550,14 ± 1043,04 c*	19255,39 ± 480,81 b*	25185,04 ± 1884,98 a*	10790,44 ± 1174,48 c*
Σ ostalih estera	S	222311,49 ± 19601,13 b	251537,41 ± 18839,04 a	154597,32 ± 10840,42 c	147509,49 ± 4787 c
	Z	285685,2 ± 4005,35 c*	362452,54 ± 2835,99 a*	315381,58 ± 4458,23 b*	283104,34 ± 3385,89 c*

Nastavak tablice 10.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Hlapljivi fenoli</i>					
gvajakol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	2,4 ± 0,16 b	2,34 ± 0,09 b	3,11 ± 0,11 a	2,3 ± 0,04 a
eugenol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,5 ± 0,01 c	2,98 ± 0,04 a	3,17 ± 0,18 a	2,12 ± 0,11 b
4-etilgvajakol	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	503,58 ± 5,34 a	393,85 ± 9,56 b	376,35 ± 5,14 c	202,65 ± 6,86 d
4-etilfenol	S	352,42 ± 43,16 a	264,97 ± 13,61 b	160,59 ± 20,25 b	141,76 ± 21,98 c
	Z	473,26 ± 22,18 a*	365,8 ± 3,91 b*	348,67 ± 8,49 b*	151,8 ± 7,96 c
4-vinilgvajakol	S	8,82 ± 1,8 a	4,3 ± 0,22 b	6,35 ± 0,84 ab	6,54 ± 1,83 ab
	Z	9,22 ± 0,33 a	8,19 ± 0,44 b*	8,91 ± 0,49 ab*	8,99 ± 0,61 ab*
Σ hlapljivih fenola	S	361,23 ± 43,11 a	269,27 ± 13,5 b	166,94 ± 20,85 c	148,3 ± 21,49 c
	Z	989,95 ± 27,56 a*	773,16 ± 12,74 b*	740,2 ± 3,62 c*	367,87 ± 14,19 d*
<i>Benzenoidi</i>					
benzaldehyd	S	2,49 ± 0,38 n.s.	1,92 ± 0,55 n.s.	1,87 ± 0,44 n.s.	1,87 ± 0,4 n.s.
	Z	9,08 ± 0,48 n.s.*	9,03 ± 0,5 n.s.*	9,45 ± 0,45 n.s.*	9,88 ± 0,71 n.s.*
<i>Furani</i>					
furfuril eter	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	39,95 ± 1,16 c	39,85 ± 0,69 c	51,34 ± 0,33 a	44,07 ± 0,85 b
furfural	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	40,51 ± 0,73 a	39,03 ± 0,64 b	39,4 ± 0,88 ab	36,38 ± 0,72 c
5-metilfurfural	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	5,88 ± 0,03 a	3,34 ± 0,07 c	5,81 ± 0,03 a	4,31 ± 0,04 b
etil-3-furoat	S	60,9 ± 3,7 b	92,76 ± 8,4 a	47,24 ± 6,39 c	35,65 ± 5,26 c
	Z	104,35 ± 2,8 b*	133,68 ± 15,09 a*	117,02 ± 2,98 ab*	82,35 ± 12,84 c*
Σ furana	S	60,9 ± 3,7 b	92,76 ± 8,4 a	47,24 ± 6,39 c	35,65 ± 5,26 c
	Z	190,68 ± 4,19 b*	215,9 ± 15,52 a*	213,56 ± 2,72 a*	167,1 ± 11,43 c*

Nastavak tablice 10.

Slobodni hlapljivi spojevi arome	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Laktoni</i>					
<i>trans</i> -hrastov lakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	59,17 ± 2,82 c	74,23 ± 2,92 b	95,38 ± 3,63 a	61,61 ± 0,52 c
<i>cis</i> -hrastov lakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	67,86 ± 1,41 d	121,03 ± 9,8 c	145,52 ± 1,04 a	134,08 ± 4,33 b
$\gamma$ -nonalakton	S	10,17 ± 2,22 n.s.	10,15 ± 0,96 n.s.	9,14 ± 1,31 n.s.	10,61 ± 1,58 n.s.
	Z	16,68 ± 0,04 n.s.*	16,27 ± 0,34 n.s.*	16,42 ± 0,48 n.s.*	16,14 ± 0,29 n.s.*
$\gamma$ -dekalakton	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	17,05 ± 1,82 bc	23,03 ± 1,82 a	19,36 ± 0,49 b	16,14 ± 0,92 c
$\Sigma$ laktona	S	10,17 ± 2,22 a	10,15 ± 0,96 b	9,14 ± 1,31 c	10,61 ± 1,58 a
	Z	160,77 ± 4,78 c*	234,55 ± 10,88 b*	276,68 ± 3,64 a*	227,97 ± 3,71 b*

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produjena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produjena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  ( $t$ -test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.d. - nije detektirano; n.s. - nije značajn

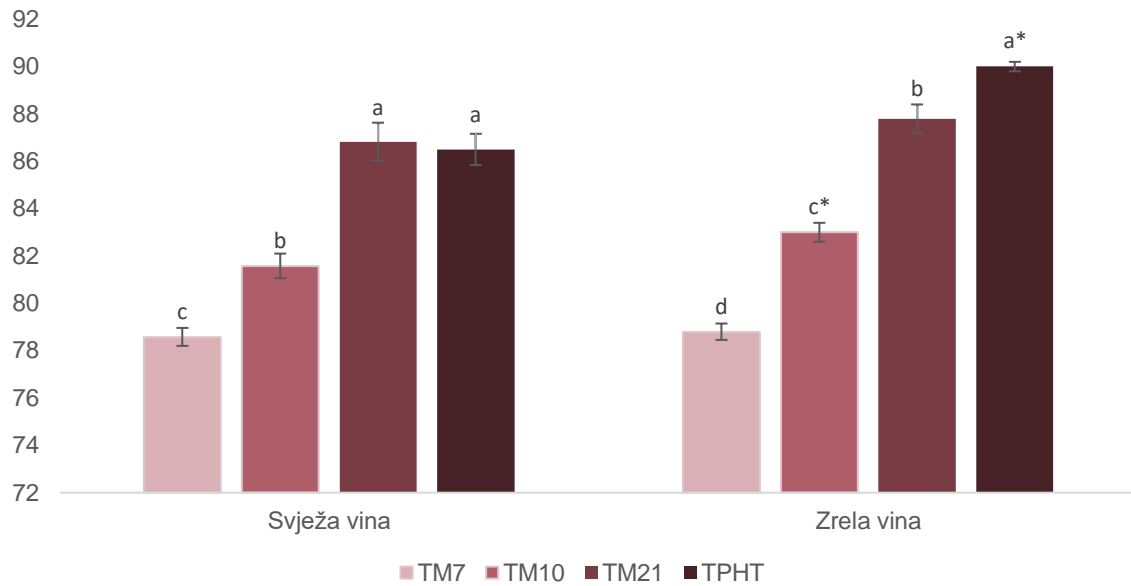


## 4.9. Senzorna svojstva vina

### 4.9.1. O.I.V. metoda 100 bodova

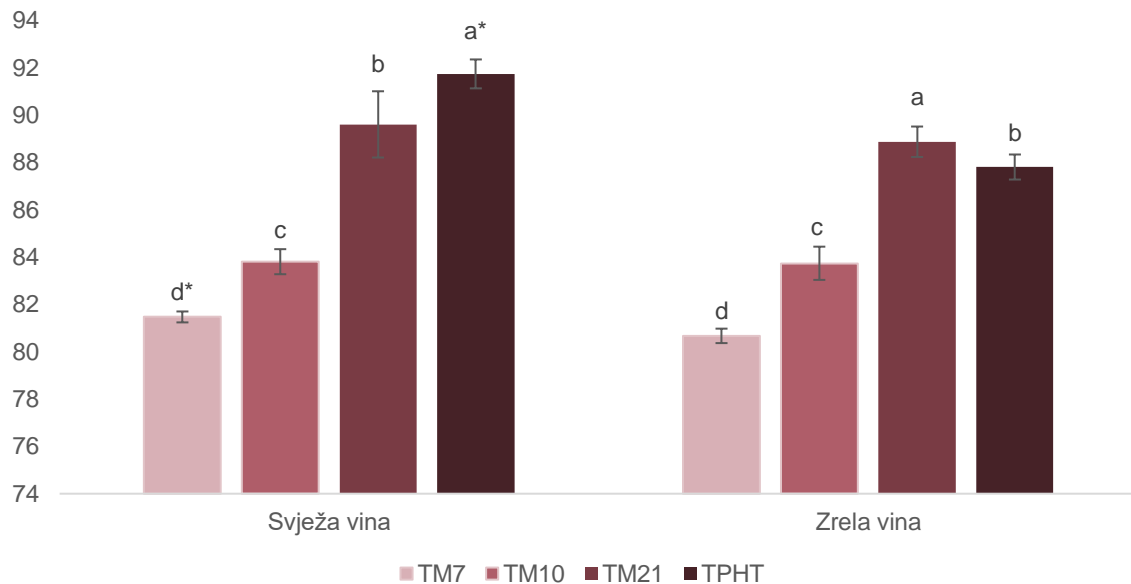
Rezultati senzorne analize vina sorte 'Teran' OIV metodom od 100 bodova prikazani su u grafikonu 11 za berbu 2018. i grafikonu 12 za berbu 2019. Dobiveni rezultati senzornog ocjenjivanja ukazuju na značajne razlike u kakvoći dobivenih vina sorte 'Teran' zavisno od primijenjene vinifikacijske tehnologije. Iz rezultata senzornog ocjenjivanja vidljivo je da su sva vina ocijenjena visokim ocjenama. U svježim vinima iz berbe 2018. su značajno najbolje ocijenjena vina tretmana TM21 (S) (86,83 bodova) i TPHT (S) (86,5 bodova) te su prema Pravilniku o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina (NN 106/04) svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom (od 82 do 100 bodova). Vina tretmana TM10 (S) (81,58 bodova) i TM7 (S) (78,58 bodova) su značajno niže ocijenjena te su prema navedenom Pravilniku svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom (od 72 do 82 boda). Nakon dozrijevanja najbolje ocijenjeno bilo je vino TPHT (Z) tretmana (90 bodova), a zatim vino TM21 (Z) tretmana (87,8 bodova), dok su značajno niže ocijenjena vina TM10 (Z) tretmana (83 boda) te TM7 (Z) tretmana (78,8 bodova). Vina tretmana TPHT (Z), TM21 (Z) i TM10 (Z) su prema Pravilniku o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom, dok su vina tretmana TM7 (Z) svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom. Važno je naglasiti da su u vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2018. odnosi među tretmanima ostali slični odnosima već prethodno utvrđenim u svježim vinima.

U svježim vinima iz berbe 2019. značajno su najbolje ocijenjena vina tretmana TPHT (S) (97,73 bodova), a zatim tretmana TM21 (S) (89,60 bodova). Vina tretmana TM10 (S) (83,80 bodova) značajno su niže ocijenjena u usporedbi s TM21 (S) i TPHT (S) dok je vino tretmana TM7 (S) (81,47 bodova) značajno najniže ocijenjeno. Vina tretmana TPHT (S), TM21 (S) i TM10 (S) su prema Pravilniku svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom, dok su vina TM7 (S) tretmana svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom. Nakon dozrijevanja najbolje ocijenjena bila su vina TM21 (Z) tretmana (88,87 bodova), a zatim vino TPHT (Z) tretmana (87,80 bodova). Vino tretmana TM10 (Z) (83,73 bodova) bilo je značajno niže ocijenjeno u odnosu na TPHT (Z) i TM21 (Z) tretmane dok je vino tretmana TM7 (Z) značajno najniže ocijenjeno (80,67 bodova). Vina tretmana TPHT (Z), TM21 (Z) i TM10 (Z) su prema Pravilniku o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom, dok su vina TM7 (Z) tretmana svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom.



**Grafikon 11.** Senzorna analiza vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.



**Grafikon 12.** Senzorna analiza vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija. Različita slova predstavljaju statistički značajne razlike između vrijednosti unutar skupine uzoraka svježeg/zrelog vina pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između svježeg i zrelog uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test). Oznaka je navedena uz višu vrijednost.

#### 4.9.2. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza

Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava mirisa prikazani su u tablici 11 i grafikonima 13 i 14 za berbu 2018. te u tablici 12 i grafikonima 15 i 16 za berbu 2019. Od mirisnih svojstava u svježim vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018. i 2019. senzorno su detektirane sljedeće skupine mirisa: *voćni, suho/prosušeno voće, biljni, začinski/aromatično bilje i likerski*. U vinima nakon dozrijevanja u obje berbe, uz prethodno navedene skupine u svježim vinima, detektirane su i dodatne skupine mirisa: *pekmez/džem, metokspirazinski i aroma drva*. U skupini *voćnih* mirisa pronađeni su sljedeći mirisi: malina, kupina, jagoda, crni ribiz, crveni ribiz, trešnja, višnja, ogrozd, šljiva i borovnica. Intenziteti *voćnih* mirisa u svježim vinima iz obje berbe bili su podjednako intenzivni u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima te značajno viši u odnosu na preostala dva tretmana. U svježim vinima iz berbe 2018. prevladavale su arome maline, kupine, crnog ribiza i višnje, dok su u svježim vinima iz berbe 2019. prevladavale arome maline, kupine i višnje. Nakon dozrijevanja intenziteti *voćnih* svojstava su se snizili u gotovo svim tretmanima u vinima iz obje berbe. Najveći intenzitet *voćnih* svojstava u vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2018. imao je tretman TPHT (Z), dok je u vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2019. najveći intenzitet zabilježen u TM21 (Z) tretmanu. U zrelih vinima iz berbe 2018. prevladavale su arome višnje, dok su u vinima iz berbe 2019. prevladavale arome kupine, crnog ribiza i višnje.

U skupini mirisa *suho/prosušeno voće* detektirani su sljedeći mirisi: grožđice, višnje, trešnje i šljive. Najveći intenzitet mirisa *suho/prosušeno voće* u svježim vinima iz obje berbe utvrđen je u TPHT (S) tretmanu. Nakon dozrijevanja u vinima iz berbe 2018. su se intenziteti mirisa za skupinu *suho/prosušeno voće* snizili, dok je u berbi 2019. utvrđeno neznatno povećanje. U skupini mirisa *pekmez/džem* detektirani su sljedeći mirisi: višnje, trešnje i šljive. U svježim vinima iz berbe 2018. skupina mirisa *pekmez/džem* nije detektirana, dok je u berbi 2019. navedeno svojstvo utvrđeno samo u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima. U vinima iz obje berbe nakon dozrijevanja skupina mirisa *pekmez/džem* utvrđena je u svim tretmanima izuzev TM7 (Z) te su značajno višim intenziteti utvrđeni u TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmanima. U skupini mirisa *orašasto voće* detektiran je samo goraki badem (marcipan). U svježim vinima iz berbe 2018. svojstvo *orašasto voće* nije detektirano, dok je u berbi 2019. najveći intenzitet zabilježen kod TM21 (S) i TPHT (S) tretmana. Nakon dozrijevanja u vinima iz berbe 2018. nisu utvrđene značajne razlike između tretmana, dok su se u vinima iz berbe 2019. tretmani TM21 (Z) i TPHT (Z) značajno razlikovali na osnovi viših intenziteta mirisa *orašasto voće* u odnosu na intenzitete zabilježene u preostala dva tretmana. U skupini mirisa *biljni* detektirani su sljedeći mirisi: trava, sijeno, čaj, duhan i suho lišće. U svježim vinima iz obje berbe najviši intenzitet svojstva *biljni* imali su tretmani TM21 (S) i TPHT (S). Nakon dozrijevanja, u berbi 2018. je najmanji intenzitet mirisa *biljni* imao TM7 (Z) tretman,

dok između ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. U berbi 2019. u vinima nakon dozrijevanja svojstvo *biljni* nije detektirano. U skupini mirisa *začinski/aromatično bilje* detektirani su sljedeći mirisi: klinčić, menta, papar, anis, komorač, pelin. U svježim vinima iz berbe 2018. intenzitet mirisa *začinski/aromatično bilje* bio je podjednako intenzivan u TM10 (S), TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima, dok je u tretmanu TM7 (S) bio značajno niži u odnosu na TM21 (S) i TPHT (S). U svježim vinima iz berbe 2019. nisu pronađene značajne razlike na osnovi mirisa *začinski/aromatično bilje*. U svježim vinima iz berbe 2018. iz skupine mirisa *začinski/aromatično bilje* prevladavale su note papra, dok je u vinima iz berbe 2019. uz aromu papra, prevladavala i aroma klinčića. U zrelim vinima iz berbe 2018. su odnosi među tretmanima ostali vrlo slični onima prethodno utvrđenim kod svježih vina, a isto je uočeno i u vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2019. gdje su u tretmanima TM10 (Z), TM21 (Z) i TPHT (Z) intenziteti mirisa *začinski/aromatično bilje* bili podjednaki, dok je u tretmanu TM7 (Z) intenzitet mirisa bio značajno manje intenzivan. U skupini mirisa *metokspirazinski* detektiran je samo miris lista rajčice. U svježim vinima iz berbe 2018. navedeno svojstvo nije detektirano, dok se u svježim vinima iz berbe 2019. tretman TM21 (S) razlikovao na osnovi značajno višeg intenziteta mirisa *metokspirazinski*, dok između preostala tri tretmana nisu pronađene značajne razlike. U zrelim vinima iz berbe 2018. je miris *metokspirazinski* utvrđen samo u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z) u gotovo podjednakom intenzitetu, dok je u vinima iz berbe 2019. detektiran u svim tretmanima, međutim razlike u intenzitetima između tretmana nisu bile značajne.

U skupini mirisa *aroma drva* detektirani su sljedeći mirisi: čokolada, drvo, tostirani kruh, tostirani bademi, tostirani lješnjaci, kava i dimljeno. U svježim vinima iz obje berbe navedeno svojstvo u većini tretmana nije detektirano ili je detektirano u vrlo niskim intenzitetima, odnosno u značajnijem intenzitetu detektirana je samo aroma čokolade u svježim vinima iz berbe 2019. U vinima nakon dozrijevanja u berbi 2018. miris *aroma drva* utvrđen je sa značajno najvišim intenzitetom u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z), dok u vinima iz berbe 2019. razlike među tretmanima nisu bile značajne. U vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2018. iz skupine mirisa *aroma drva* prevladavale su note drva, tostiranih badema i kave dok su u vinima iz berbe 2019. prevladavale arome tostiranog kruha i kave. U skupini mirisa *likerski* detektirani su sljedeći mirisi: višnja, trešnja i čokolada. Intenziteti mirisa *likerski* u svježim vinima iz berbe 2018. bili su podjednako intenzivni u TM21 i TPHT tretmanima te značajno viši u odnosu na preostala dva tretmana. U svježim vinima iz berbe 2019. skupina mirisa *likerski* nije detektirana. U vinima nakon dozrijevanja u berbi 2018. su odnosi među tretmanima ostali isti u usporedbi s odnosima utvrđenim kod svježih vina, dok u vinima iz berbe 2019. nisu utvrđene značajne razlike. Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje prikazani su u tablici 11 za berbu

2018. te tablici 12 za berbu 2019. Boja svježih vina iz berbe 2018. je opisana kao rubin crvena, a značajno najveći intenzitet rubin crvene boje utvrđen je u TPHT (S) tretmanu dok između ostalih tretmana nisu pronađene značajne razlike. Boja svježih vina iz berbe 2019. je opisana kao tamno crvena, a tretmani TM21 (S) i TPHT (S) su se značajno razlikovali na osnovi značajno višeg intenziteta tamno crvene boje u odnosu na preostala dva tretmana. U vinima iz obje berbe je boja vina nakon dozrijevanja opisana kao tamno crvena. Značajno najveći intenzitet boje u vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2018. utvrđen je u TPHT (Z) tretmanu, između TM21 (Z) i TM10 (Z) tretmana nije bilo značajnih razlika, dok je u TM7 (Z) tretmanu utvrđen značajno najmanji intenzitet tamno crvene boje. U zrelim vinima iz berbe 2019. tretmani TM21 (Z) i TPHT (Z) su imali značajno najveći intenzitet tamno crvene boje.

Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava okusa prikazani su u tablici 11 i grafikonu 17 i 18 za berbu 2018. te tablici 12 i grafikonu 19 i 20 za berbu 2019. U svježim vinima iz berbe 2018. se tretmani nisu razlikovali na osnovi intenziteta *svježine*, dok je u vinima iz berbe 2019. najniži intenzitet *svježine* utvrđen u TPHT (S) tretmanu. U zrelim vinima iz berbe 2018. je najveći intenzitet *svježine* utvrđen u TM7 (Z) tretmanu dok između preostala tri tretmana nisu pronađene značajne razlike, a u vinima iz berbe 2019. je najveći intenzitet *svježine* utvrđen u TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmanima. U svježim vinima iz obje berbe su se tretmani TM21 (S) i TPHT (S) odlikovali sa značajno manje izraženom *kiselosti* u odnosu na preostala dva tretmana. Nakon dozrijevanja došlo je do neznatnog povećanja intenziteta *kiselosti* u vinima gotovo svih tretmana, međutim odnosi među njima ostali su isti u usporedbi s onima već prethodno utvrđenim u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2018. tretman TM21 (S) značajno se isticao na osnovi viših intenziteta za svojstvo okusa *tijelo/punoća*, dok su u vinima iz berbe 2019. značajno najveći intenzitet za navedeno svojstvo imali tretmani TM21 (S) i TPHT (S). U zrelim vinima iz obje berbe su se tretmani TM21 (Z) i TPHT (Z) odlikovali značajno višim intenzitetima svojstva *tijelo/punoća* te između njih nisu utvrđene značajne razlike. U vinima iz obje berbe tretmani TM21 (S) i TPHT (S) su opisani višim intenzitetima svojstva okusa *slatkoća*, dok između preostala dva tretmana nisu uočene značajne razlike. U zrelim vinima iz berbe 2018. se ponovno tretmani TM21 (Z) i TPHT (Z) odlikuju s većim intenzitetom za svojstvo okusa *slatkoća*, dok je u tretmanu TM7 (Z) utvrđen značajno najmanji intenzitet za navedeno svojstvo. U vinima nakon dozrijevanja iz berbe 2019. u tretmanu TM21 (Z) utvrđen je značajno najveći intenzitet svojstva *slatkoća* u odnosu na sve ostale tretmane. U svježim vinima iz obje berbe svojstvo okusa *viskozitet* je ocijenjeno kao najintenzivnije u tretmanima TM21 (S) i TPHT (S). U zrelim vinima iz obje berbe su odnosi među tretmanima za intenzitet svojstva *viskozitet* ostali vrlo slični onima već prethodno utvrđenim u svježim vinima. U svježim vinima iz obje berbe tretmani TM21 (S) i TPHT (S) imali su niži intenzitet svojstva okusa *gorčina*. U zrelim vinima iz berbe 2018.

nije bilo značajnih razlika između tretmana na osnovi intenziteta svojstva okusa *gorčina*, dok se u vinima iz berbe 2019. tretman TM21 (Z) odlikovao nižim intenzitetom gorčine. U svježim vinima iz berbe 2018. su se tretmani TM21 (S) i TPHT (S) odlikovali značajno nižim intenzitetom *astringentnosti*, dok je u vinima iz berbe 2019. značajno najniži intenzitet *astringentnosti* utvrđen u TPHT (S) tretmanu. U zrelim vinima iz berbe 2018. su intenziteti *astringentnosti* u TM7 (Z) i TM10 (Z) tretmanima bili niži u odnosu na svježina vina, dok su s druge strane u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z) bili viši, međutim razlike među tretmanima nakon dozrijevanja nisu bile značajne. U zrelim vinima iz berbe 2019. intenziteti *astringentnosti* su u tretmanima TM10 (Z), TM21 (Z) i TPHT (Z) bili viši u odnosu na svježina vina, dok su u tretmanu TM7 (Z) bili niži, međutim kao što je već uočeno u vinima iz berbe 2018. i u berbi 2019. na osnovi intenziteta *astringentnosti* nije bilo značajnih razlika između tretmana nakon dozrijevanja.

U svježim vinima iz obje berbe su se tretmani TM21 (S) i TPHT (S) značajno razlikovali na osnovi višeg intenziteta svojstva okusa *zastupljenost tanina* u odnosu na preostala dva tretmana. U zrelim vinima iz obje berbe se intenzitet svojstva okusa *zastupljenost tanina* u većini tretmana povećao, međutim odnosi među tretmanima su ostali isti kao oni već utvrđeni u svježim vinima. Isti obrazac kretanja intenziteta okusa kako za svježina tako i za zrelna vina je zabilježen i za svojstvo *zastupljenost tanina*. U svježim vinima iz obje berbe svojstva okusa *aftertaste kakvoća* i *aftertaste intenzitet* su utvrđeni kao značajno najintenzivniji u tretmanima TM21 (S) i TPHT (S), dok je značajno najniži intenzitet za oba svojstva u obje berbe zabilježen u TM7 (S) tretmanu. Dozrijevanjem nije došlo do bitnijih promjena u intenzitetima za svojstva okusa *aftertaste kakvoća* i *aftertaste intenzitet*. U svježim vinima iz obje berbe su viši intenziteti za senzorna svojstva okusa *tipičnost mirisa*, *tipičnost okusa* i *opći dojam tipičnosti* utvrđeni u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima. U zrelim vinima su odnosi među tretmanima za navedena senzorna svojstva okusa ostali isti onima već prethodno utvrđenim u svježim vinima. U svježim vinima iz berbe 2018. tretmani TM21 (S) i TPHT (S) su se odlikovali značajno većim brojem bodova za ukupan dojam vina, dok je u zrelim vinima najviše preferirani tretman bio TPHT (Z). U svježim vinima iz berbe 2019. kao tretman s najvećim brojem bodova se istaknuo TPHT (S), dok je u vinima nakon dozrijevanja najveći broj bodova za ukupan dojam vina imao tretman TM21 (Z).

Tablica 11. Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Svojstva mirisa</i>					
VOĆNI	S	7,25 ± 0,22 c*	7,88 ± 0,13 b*	8,42 ± 0,19 a*	8,54 ± 0,19 a*
	Z	4,17 ± 0,21 d	5,17 ± 0,21 c	6,07 ± 0,21 b	6,77 ± 0,12 a
malina	S	6,96 ± 0,26 b*	7 ± 0,38 b*	7,71 ± 0,26 a*	7,67 ± 0,14 a*
	Z	2,67 ± 0,23 b	3,33 ± 0,5 ab	4,2 ± 1,25 ab	4,27 ± 0,9 a
kupina	S	6,42 ± 0,47 b*	7,04 ± 0,31 ab*	7,79 ± 0,38 ab*	7,88 ± 0,94 a
	Z	3,87 ± 0,23 b	4,4 ± 0,35 b	5,8 ± 0,6 a	6,33 ± 0,31 a
jagoda	S	0,83 ± 0,72 n.s.	1 ± 0,87 n.s.	0,33 ± 0,58 n.s.	1,58 ± 1,77 n.s.
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
crni ribiz	S	6,67 ± 0,29 n.s.*	7,54 ± 0,31 n.s.*	7,54 ± 1,68 n.s.*	8,08 ± 0,29 n.s.*
	Z	2,13 ± 1,01 c	2,8 ± 1,51 bc	4,33 ± 0,5 ab	5,47 ± 0,31 a
crveni ribiz	S	3,5 ± 0,9 b	4,5 ± 1,32 b	4,25 ± 1,25 b*	6,5 ± 1,21 a*
	Z	1,8 ± 0,6 n.s.	2,13 ± 1,14 n.s.	1,6 ± 0,69 n.s.	2,73 ± 0,12 n.s.
trešnja	S	4,92 ± 0,38 n.s.*	6,33 ± 0,69 n.s.*	6,04 ± 1,77 n.s.*	6,42 ± 0,72 n.s.*
	Z	1,27 ± 0,31 b	1,6 ± 0,6 ab	2,93 ± 1,62 ab	3,2 ± 0,53 a
višnja	S	6,42 ± 0,52 b*	7,04 ± 0,38 ab*	7,63 ± 0,5 a*	7,58 ± 0,63 a*
	Z	4,83 ± 0,32 c	5,07 ± 0,31 bc	5,53 ± 0,42 b	6,47 ± 0,12 a
ogrozd	S	2,17 ± 1,89 n.s.	1,83 ± 1,71 n.s.	3,58 ± 0,14 n.s.	3,67 ± 0,38 n.s.*
	Z	n.d.	n.d.	2,8 ± 0,72 n.s.	2,07 ± 0,81 n.s.
šljiva	S	4,58 ± 0,38 n.s.*	3,71 ± 1,7 n.s.	4,67 ± 1,01 n.s.	3,92 ± 1,18 n.s.
	Z	1,2 ± 0,2 c	2,2 ± 0,2 b	2,8 ± 0,72 ab	3,4 ± 0,35 a
borovnica	S	4,71 ± 0,85 b*	5,58 ± 0,29 ab*	5,04 ± 0,26 b	6,46 ± 0,64 a*
	Z	1,53 ± 0,83 c	2,6 ± 0,92 bc	4,13 ± 0,64 a	4 ± 0,53 ab
SUHO/PROSUŠENO VOĆE	S	2,58 ± 0,31 d	3,67 ± 0,07 c*	4,42 ± 0,19 b*	5,25 ± 0,45 a*
	Z	n.d.	1,4 ± 0,35 c	2,8 ± 0,2 b	3,97 ± 0,25 a
grožđice	S	1,88 ± 0,82 n.s.	1,88 ± 1,72 n.s.	2,17 ± 1,61 n.s.	4,17 ± 0,63 n.s.*
	Z	n.d.	0,67 ± 0,46 b	0,8 ± 0,2 ab	1,4 ± 0,53 a

Nastavak tablice 11.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
višnje	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	1 ± 0,2 c	2,27 ± 0,42 b	3,47 ± 0,64 a
trešnje	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,87 ± 0,12 c	1,47 ± 0,23 b	2,13 ± 0,5 a
šljive	S	2,67 ± 0,19 d	3,83 ± 0,26 c	4,42 ± 0,31 b*	5,29 ± 0,36 a*
	Z	n.d.	n.d.	1,6 ± 0,4 b	2,33 ± 0,31 a
PEKMEZ/DŽEM	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,87 ± 0,12 c	2 ± 0,53 b	3,07 ± 0,15 a
višnje	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,67 ± 0,23 c	1,8 ± 0,4 b	2,67 ± 0,5 a
trešnje	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	1 ± 0,35 b	1,67 ± 0,46 a
šljive	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	0,47 ± 0,42 b	1,93 ± 0,58 a
ORAŠASTO VOĆE	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,53 ± 0,5 n.s.	0,6 ± 0,6 n.s.	0,6 ± 0 n.s.	0,87 ± 0,46 n.s.
gorki badem (marcipan)	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,53 ± 0,5 n.s.	0,6 ± 0,6 n.s.	0,6 ± 0 n.s.	0,87 ± 0,46 n.s.
BILJNI	S	3,33 ± 0,59 c	4,25 ± 0,13 b	5,25 ± 0,22 a*	5,29 ± 0,36 a*
	Z	3,53 ± 0,49 b	4,56 ± 0,48 a	4,56 ± 0,48 a	4,56 ± 0,48 a
trava	S	0,25 ± 0,43 n.s.	0,25 ± 0,43 n.s.	0,33 ± 0,58 n.s.	0,5 ± 0,43 n.s.
	Z	1,38 ± 0,56 n.s.*	1,72 ± 0,93 n.s.	1,2 ± 1,13 n.s.	1,27 ± 0,61 n.s.
sijeno	S	3,08 ± 0,75 Bc	3,79 ± 0,26 bc	4,58 ± 0,14 a*	4,33 ± 0,14 ab*
	Z	2 ± 0,53 n.s.	2,63 ± 1,1 n.s.	2,6 ± 0,35 n.s.	2,6 ± 0,72 n.s.
čaj	S	2,42 ± 0,58 b	3,17 ± 0,29 ab	4 ± 0,87 ab	3,92 ± 0,72 a
	Z	2,87 ± 0,42 b	3,33 ± 0,31 ab	3,4 ± 0,6 ab	3,87 ± 0,61 a
duhan	S	3 ± 0,66 c	4,38 ± 0,22 b	4,92 ± 0,38 ab	5,42 ± 0,36 a*
	Z	4,33 ± 0,12 n.s.*	4,81 ± 0,72 n.s.	4 ± 0,53 n.s.	4 ± 0,53 n.s.
suho lišće	S	2,42 ± 0,72 c	3 ± 1,39 bc	4,5 ± 0,66 ab*	4,83 ± 0,29 a*
	Z	3,33 ± 0,81 n.s.	3,43 ± 0,97 n.s.	2,87 ± 0,64 n.s.	2,8 ± 0,69 n.s.



Nastavak tablice 11.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
ZAČINSKI/AROMATIČNO BILJE	S	2,75 ± 0,38 b	3,29 ± 0,47 ab	3,96 ± 0,19 a	4,33 ± 0,52 a
	Z	2,17 ± 0,29 b	3,23 ± 0,25 a	3,5 ± 0,26 a	3,7 ± 0,26 a
klinčić	S	0,33 ± 0,29 b	0,79 ± 0,75 b	2,04 ± 1,82 ab	3,17 ± 0,63 a
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
menta	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,27 ± 0,46 b	0,53 ± 0,12 b	1,4 ± 0,35 a
papar	S	2,83 ± 0,29 b*	3,25 ± 0,38 b*	4,13 ± 0,45 a*	4,54 ± 0,47 a*
	Z	1,2 ± 0,2 c	2,2 ± 0,2 b	2,87 ± 0,46 a	3,13 ± 0,42 a
anis	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,4 ± 0,35 b	1,67 ± 0,31 a	1,4 ± 0 a
komorač	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	3,4 ± 0 a	2,6 ± 0,35 b
pelin	S	1,21 ± 0,19 c	1,71 ± 0,4 bc	2,25 ± 0,25 ab	2,67 ± 0,38 a
	Z	1,6 ± 0,35 b	2,93 ± 0,58 a*	3,4 ± 0,35 a*	2,93 ± 0,31 a
METOKSIPIRAZINSKI	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	0,47 ± 0,23 n.s.	0,33 ± 0,42 n.s.
rajčica list	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	0,47 ± 0,23 n.s.	0,33 ± 0,42 n.s.
AROMA DRVA	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	3,63 ± 0,25 c	4,07 ± 0,31 bc	4,3 ± 0,4 ab	4,73 ± 0,15 a
čokolada	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,2 ± 0,35 b	0,73 ± 0,42 ab	1,53 ± 0,7 a
drvo	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	3,8 ± 0,35 n.s.	4,13 ± 0,23 n.s.	4,07 ± 0,31 n.s.	4,4 ± 0,69 n.s.
tostirani kruh	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,8 ± 0,2 b	1,93 ± 0,42 b	2,07 ± 0,46 ab	2,67 ± 0,12 a
tostirani bademi	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	2,13 ± 0,7 n.s.	2,47 ± 0,95 n.s.	3,07 ± 0,42 n.s.	3,13 ± 0,12 n.s.
tostirani lješnjaci	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,53 ± 0,23 b	0,6 ± 0,2 b	1 ± 0,2 a	1,27 ± 0,12 a

Nastavak tablice 11.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
kava	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	2,13 ± 0,23 b	2,6 ± 0,72 ab	3,33 ± 0,5 ab	3,2 ± 0,4 a
dimljeno	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	2,53 ± 0,46 n.s.	2,73 ± 0,12 n.s.	2,73 ± 0,61 n.s.	3,27 ± 0,31 n.s.
LIKERSKI	S	2,58 ± 0,26 b*	2,63 ± 0,13 b	4 ± 0,38 a	4,25 ± 0,5 a
	Z	1,27 ± 0,31 b	2,2 ± 0,87 b	3,43 ± 0,35 a	3,23 ± 0,4 a
višnja	S	2,58 ± 0,38 b*	2,63 ± 0,13 b	4,13 ± 0,54 a	4,38 ± 0,38 a*
	Z	1,47 ± 0,42 b	2,2 ± 0,87 b	3,53 ± 0,23 a	3,27 ± 0,46 a
trešnja	S	2,08 ± 0,76 b	1,79 ± 0,64 b	3,75 ± 0,5 a*	4,29 ± 0,51 a*
	Z	1,3 ± 0,17 b	1,33 ± 0,23 b	1,87 ± 0,12 a	2 ± 0,2 a
čokolada	S	0,33 ± 0,29 b	0,33 ± 0,38 b	2,83 ± 1,01 a*	2,88 ± 0,7 a*
	Z	n.d.	n.d.	0,33 ± 0,31 n.s.	0,33 ± 0,31 n.s.
<i>Svojstva boje</i>					
rubin crvena	S	8,13 ± 0 b	8,17 ± 0,07 b	8,21 ± 0,07 b	8,42 ± 0,19 a
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
tamno crvena	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	7,2 ± 0,1 c	9,2 ± 0,1 b	9,37 ± 0,12 b	9,73 ± 0,12 a
crveni refleksi	S	7,96 ± 0,07 b*	7,96 ± 0,07 b*	8,08 ± 0,07 b*	8,33 ± 0,07 a*
	Z	4,4 ± 0,1 c	5,4 ± 0,1 b	5,5 ± 0,17 b	6,07 ± 0,23 a
ljubičasti refleksi	S	6,92 ± 0,19 c	7,63 ± 0,13 b	7,83 ± 0,29 b	8,38 ± 0,33 a
	Z	6,87 ± 0,81 b	7,73 ± 1,03 ab	8,57 ± 0,15 a*	8,87 ± 0,15 a
svježina	S	7,83 ± 0,14 n.s.	7,88 ± 0,13 n.s.	7,63 ± 0,13 n.s.	7,67 ± 0,29 n.s.
	Z	8,37 ± 0,32 a	7,73 ± 0,23 b	7,83 ± 0,06 b	7,77 ± 0,06 b
kiselost	S	7,63 ± 0,01 a	7,67 ± 0,4 a	6,46 ± 0,07 b	6,71 ± 0,29 b
	Z	8,47 ± 0,15 a*	7,83 ± 0,15 b	7,07 ± 0,12 c	6,87 ± 0,23 c
tijelo/punoća	S	6,92 ± 0,14 d*	7,5 ± 0,22 c	8,83 ± 0,07 a	8,33 ± 0,31 b
	Z	6,57 ± 0,06 c	7,67 ± 0,12 b	8,57 ± 0,15 a	8,73 ± 0,12 a

Nastavak tablice 11.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
slatkoća	S	3,25 ± 0,33 b	3,17 ± 0,44 b	4,17 ± 0,63 a	4 ± 0,33 ab
	Z	2,83 ± 0,29 c	3,9 ± 0,1 b*	5,47 ± 0,12 a*	5,57 ± 0,32 a*
viskozitet	S	4,96 ± 0,4 c	5,46 ± 0,64 bc	6,96 ± 0,59 a	6,33 ± 0,29 ab
	Z	5,33 ± 0,31 c	6,47 ± 0,12 b	7,63 ± 0,15 a	7,47 ± 0,12 a*
gorčina	S	5,04 ± 0,4 ab	5,21 ± 0,64 a	4,29 ± 0,14 b	4,38 ± 0,25 b
	Z	5,2 ± 0,3 n.s.	5,13 ± 0,31 n.s.	4,97 ± 0,29 n.s.*	5,13 ± 0,25 n.s.*
astringentnost	S	6,29 ± 0,14 a*	6,46 ± 0,71 a*	5 ± 0,25 b	5,08 ± 0,07 b
	Z	5,07 ± 0,12 n.s.	5,3 ± 0,1 n.s.	5,3 ± 0,2 n.s.	5,53 ± 0,32 n.s.*
zastupljenost tanina	S	6,83 ± 0,26 c	7,54 ± 0,19 b	8,63 ± 0,13 a	8,5 ± 0,13 a
	Z	7,17 ± 0,21 c	8,23 ± 0,15 b*	8,47 ± 0,06 ab	8,6 ± 0,17 a
kvaliteta (zreli/meki) tanina	S	6,79 ± 0,31 b*	7,33 ± 0,62 b	8,83 ± 0,26 a	8,58 ± 0,14 a
	Z	6,17 ± 0,15 c	7,17 ± 0,15 b	8,7 ± 0,2 a	8,87 ± 0,12 a
aftertaste kakvoća	S	6,83 ± 0,26 c	7,46 ± 0,4 b	8,83 ± 0,26 a	8,67 ± 0,14 a
	Z	7 ± 0,2 c	7,7 ± 0,1 b	8,73 ± 0,23 a	9,03 ± 0,15 a*
aftertaste intezitet	S	7 ± 0,13 c	7,5 ± 0,33 b	8,79 ± 0,19 a	8,71 ± 0,19 a
	Z	7,23 ± 0,25 c	7,7 ± 0,1 b	8,73 ± 0,23 a	9,07 ± 0,12 a*
<i>Svojstva tipičnosti</i>					
tipičnost mirisa	S	7,92 ± 0,07 c	8,17 ± 0,14 b	8,63 ± 0,13 a	8,71 ± 0,07 a
	Z	8,01 ± 0,02 c	8,03 ± 0,06 c	8,7 ± 0,36 b	9,07 ± 0,12 a*
tipičnost okusa	S	7,67 ± 0,07 c	7,92 ± 0,07 b	8,63 ± 0,15 a	8,5 ± 0,13 a
	Z	8,05 ± 0,03 c*	8,1 ± 0,01 c*	8,83 ± 0,29 b	9,33 ± 0,12 a*
opći dojam tipičnosti	S	7,79 ± 0,19 b	7,96 ± 0,07 b	8,71 ± 0,07 a	8,5 ± 0,13 a
	Z	8 ± 0 c*	8,13 ± 0,06 c*	8,87 ± 0,32 b	9,33 ± 0,12 a*
UKUPAN DOJAM VINA	S	7,38 ± 0,13 c*	8 ± 0,25 b	9,04 ± 0,07 a	8,88 ± 0,22 a
	Z	7 ± 0,2 d	8 ± 0,2 c	9,07 ± 0,23 b	9,67 ± 0,06 a

Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.d. - nije detektirano; n.s. - nije značajno.

Tablica 12. Rezultati kvantitativne deskriptivne senzorne analize vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
<i>Svojstva mirisa</i>					
VOĆNI	S	6,1 ± 0,17 c	6,77 ± 0,15 b	7,8 ± 0,1 a	8 ± 0,1 a*
	Z	5,87 ± 0,25 d	6,87 ± 0,25 c	8 ± 0,1 a*	7,6 ± 0,1 b
Malina	S	4,23 ± 0,91 a*	3,83 ± 0,06 ab	2,73 ± 0,83 b	3,33 ± 0,95 ab
	Z	2,27 ± 0,42 b	3,2 ± 0,87 ab	3,33 ± 0,23 a	4 ± 0,53 a
Kupina	S	4,9 ± 0,2 b	5,5 ± 0,4 b	7,77 ± 0,15 a	7,57 ± 0,76 a
	Z	4,6 ± 0,35 c	6,3 ± 0,3 b	7,87 ± 0,21 a	7,13 ± 0,91 ab
Jagoda	S	1,47 ± 0,61 n.s.	1,07 ± 0,23 n.s.	n.d.	1,33 ± 0,58 n.s.
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
crni ribiz	S	3,5 ± 0,26 d	5,87 ± 0,23 c	7,3 ± 0,3 b	7,77 ± 0,12 a
	Z	5,47 ± 0,72 b*	6,1 ± 1,21 b	7,97 ± 0,31 a	6,8 ± 0,96 ab
crveni ribiz	S	3,2 ± 0,72 n.s.	2 ± 0,72 n.s.	2,8 ± 0,69 n.s.	2,2 ± 0,6 n.s.
	Z	1,97 ± 0,4 n.s.	2,47 ± 1,01 n.s.	2,4 ± 0,69 n.s.	2,47 ± 1,5 n.s.
Trešnja	S	4,2 ± 0,95 ab	3,6 ± 0,4 b	4 ± 0,62 ab	5,1 ± 0,72 a
	Z	2,6 ± 0,7 b	3,37 ± 0,71 ab	3,1 ± 0,96 ab	4,03 ± 0,15 a
Višnja	S	5 ± 0,56 b	5,73 ± 0,83 ab	6,9 ± 0,05 a	6,13 ± 0,86 ab
	Z	5,47 ± 0,32 n.s.	5,77 ± 1,21 n.s.	6,1 ± 0,89 n.s.	6,4 ± 1,05 n.s.
Ogrozd	S	0,6 ± 0,53 b	0,7 ± 0,14 b	1,4 ± 0 a	1,47 ± 0,12 a
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Šljiva	S	2,6 ± 1,11 ab	2,2 ± 0,2 ab	2,07 ± 0,58 b	3,53 ± 0,42 a
	Z	1,6 ± 0,2 n.s.	2,73 ± 0,5 n.s.	3 ± 1,31 n.s.	2,73 ± 0,64 n.s.
borovnica	S	2,73 ± 1,42 n.s.	2,2 ± 0,72 n.s.	3 ± 0,8 n.s.	2,8 ± 0,8 n.s.
	Z	1,13 ± 0,42 n.s.	1,27 ± 0,46 n.s.	1,53 ± 0,64 n.s.	2,27 ± 1,1 n.s.
SUHO/PROSUŠENO VOĆE	S	n.d.	n.d.	2,83 ± 0,45 a	4,57 ± 0,15 b
	Z	0,13 ± 0,23 c	1,17 ± 0,06 b	3,53 ± 0,64 a	4,2 ± 0,26 a
grožđice	S	n.d.	n.d.	1,95 ± 0,26 n.s.	2,2 ± 0,35 n.s.
	Z	0,13 ± 0,23 b	0,27 ± 0,23 b	1,87 ± 0,23 a	1,87 ± 0,42 a
Višnje	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	1,33 ± 0,12 n.s.	1,73 ± 0,42 n.s.

Nastavak tablice 12.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
trešnje	S	n.d.	n.d.	1,47 ± 1,27 b	3,8 ± 0,35 a
	Z	n.d.	0,9 ± 0,26 b	2,6 ± 0,53 a	3,43 ± 0,76 a
Šljive	S	n.d.	n.d.	1,13 ± 1,03 b	2,6 ± 0,01 a
	Z	n.d.	0,77 ± 0,06 b	2,33 ± 0,58 a	3,1 ± 0,61 a
PEKMEZ/DŽEM	S	n.d.	n.d.	2,53 ± 0,12 b	3,6 ± 0,2 a
	Z	n.d.	0,5 ± 0,17 b	3,27 ± 0,31 a*	2,9 ± 0,89 a
Višnje	S	n.d.	n.d.	3,03 ± 0,38 b	3,87 ± 0,21 a
	Z	n.d.	0,27 ± 0,31 b	3,13 ± 0,42 a	3,47 ± 0,31 a
trešnje	S	n.d.	n.d.	1,47 ± 1,27 b	3,23 ± 0,35 a
	Z	n.d.	0,13 ± 0,23 c	2,07 ± 0,42 b	3,13 ± 0,58 a
Šljive	S	n.d.	n.d.	1,37 ± 0,29 b	2,57 ± 0,29 a
	Z	n.d.	0,13 ± 0,23 c	1,8 ± 0,2 b	2,8 ± 0,72 a
ORAŠASTO VOĆE	S	n.d.	n.d.	2,5 ± 0,1 b	3,7 ± 0,17 a*
	Z	n.d.	0,2 ± 0,35 b	2,53 ± 0,31 a	2,4 ± 0,2 a
gorki badem (marcipan)	S	1,53 ± 0,12 b	1,73 ± 0,58 b	2,37 ± 0,12 a	2,73 ± 0,12 a
	Z	2,3 ± 0,46 b*	2,3 ± 0,53 b	2,87 ± 0,5 ab	3,27 ± 0,5 a
BILJNI	S	0,4 ± 0,05 b	0,4 ± 0,01 b	0,67 ± 0,12 a	0,67 ± 0,23 a
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trava	S	1,13 ± 0,12 c	1,53 ± 0,23 b	1,87 ± 0,06 a	2,07 ± 0,12 a
	Z	1,57 ± 0,4 n.s.	1,97 ± 0,45 n.s.	2,2 ± 0,53 n.s.	2 ± 0,2 n.s.
Sijeno	S	0,8 ± 0 d	1,47 ± 0,31 c	2,4 ± 0,17 b	2,8 ± 0,2 a
	Z	1,43 ± 0,6 b	1,6 ± 0,7 b	2,47 ± 0,31 ab	3,2 ± 0,6 a
Čaj	S	3,43 ± 0,06 c	3,9 ± 0,17 b	4,33 ± 0,12 a	4,1 ± 0,1 b
	Z	3,73 ± 0,35 b	4,5 ± 0,3 a*	4,2 ± 0,35 ab	4,7 ± 0,2 a*
Duhan	S	0,87 ± 0,12 ab	0,67 ± 0,58 b	1,68 ± 0,63 a	0,93 ± 0,12 ab
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
suho lišće	S	1,4 ± 0,6 b	2,47 ± 0,61 a	2,48 ± 0,28 a	2,87 ± 0,31 a
	Z	1,47 ± 0,46 n.s.	1,53 ± 1,1 n.s.	1,4 ± 0,69 n.s.	2,4 ± 0,53 n.s.
ZAČINSKI/AROMATIČNO BILJE	S	2,87 ± 0,61 n.s.	3,13 ± 0,61 n.s.	3,27 ± 0,31 n.s.	3,67 ± 0,46 n.s.
	Z	3,33 ± 0,46 b	4,37 ± 0,06 a*	4,13 ± 0,31 a*	4,6 ± 0,2 a*

Nastavak tablice 12.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Klinčić	S	2,47 ± 0,23 b	3,1 ± 0,46 ab	3,07 ± 0,46 ab	3,53 ± 0,12 a
	Z	2,93 ± 0,42 n.s.	2,9 ± 0,17 n.s.	3,47 ± 0,81 n.s.	3,4 ± 0,2 n.s.
Menta	S	1,67 ± 0,42 b	2,4 ± 0,4 a	2,53 ± 0,23 a	2,8 ± 0,2 a
	Z	2,87 ± 0,12 b*	2,97 ± 0,06 a	3,13 ± 0,64 a	3,53 ± 0,12 ab*
Papar	S	2,6 ± 0,44 c	3,1 ± 0,17 bc	4,23 ± 0,38 a	3,67 ± 0,21 ab
	Z	2,8 ± 0,1 b	3,53 ± 0,12 a*	3,87 ± 0,23 a	3,93 ± 0,4 a
Anis	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	1,4 ± 0,35 n.s.	1,73 ± 0,23 n.s.
Komorač	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,47 ± 0,5 b	1,13 ± 0,23 a	n.d.
Pelin	S	2,6 ± 0,44 b	2,53 ± 0,23 b	3,97 ± 0,25 a	3,37 ± 0,72 ab
	Z	2,33 ± 0,42 c	3,1 ± 0,2 b*	3,3 ± 0,44 ab	3,8 ± 0,3 a
METOKSIPIRAZINSKI	S	0,67 ± 0,12 b	0,6 ± 0,1 b	1,07 ± 0,12 a*	0,6 ± 0,1 b
	Z	0,53 ± 0,46 n.s.	0,53 ± 0,23 n.s.	0,6 ± 0,2 n.s.	0,73 ± 0,23 n.s.
rajčica list	S	1,57 ± 0,29 b	2,1 ± 0,26 b	2,87 ± 0,5 a	3,2 ± 0,35 a
	Z	2 ± 0,53 b	2,33 ± 0,25 ab	2,67 ± 0,23 a	2,53 ± 0,31 ab
AROMA DRVA	S	2,2 ± 0,89 n.s.	2,73 ± 0,31 n.s.*	2,27 ± 0,47 n.s.*	2,37 ± 0,21 n.s.
	Z	n.d.	0,4 ± 0,4 n.s.	0,2 ± 0,35 n.s.	n.d.
Čokolada	S	2,2 ± 0,89 n.s.	2,73 ± 0,31 n.s.	2,27 ± 0,47 n.s.	2,37 ± 0,21 n.s.
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Drvo	S	0,13 ± 0,12 n.s.	0,4 ± 0,35 n.s.	0,27 ± 0,46 n.s.	n.d.
	Z	n.d.	0,4 ± 0,4 n.s.	0,2 ± 0,35 n.s.	n.d.
tostirani kruh	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	3,03 ± 0,25 c	3,47 ± 0,15 b	4,2 ± 0,1 a	4 ± 0,17 a
tostirani bademi	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,47 ± 0,42 c	1,37 ± 0,35 b	2,67 ± 0,23 a	2,33 ± 0,12 a
tostirani lješnjaci	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	0,87 ± 0,5 b	1,53 ± 0,42 a	1,2 ± 0,03 ab
Kava	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	3,13 ± 0,31 b	3,5 ± 0,35 b	4,27 ± 0,06 a	4,13 ± 0,23 a

Nastavak tablice 12.

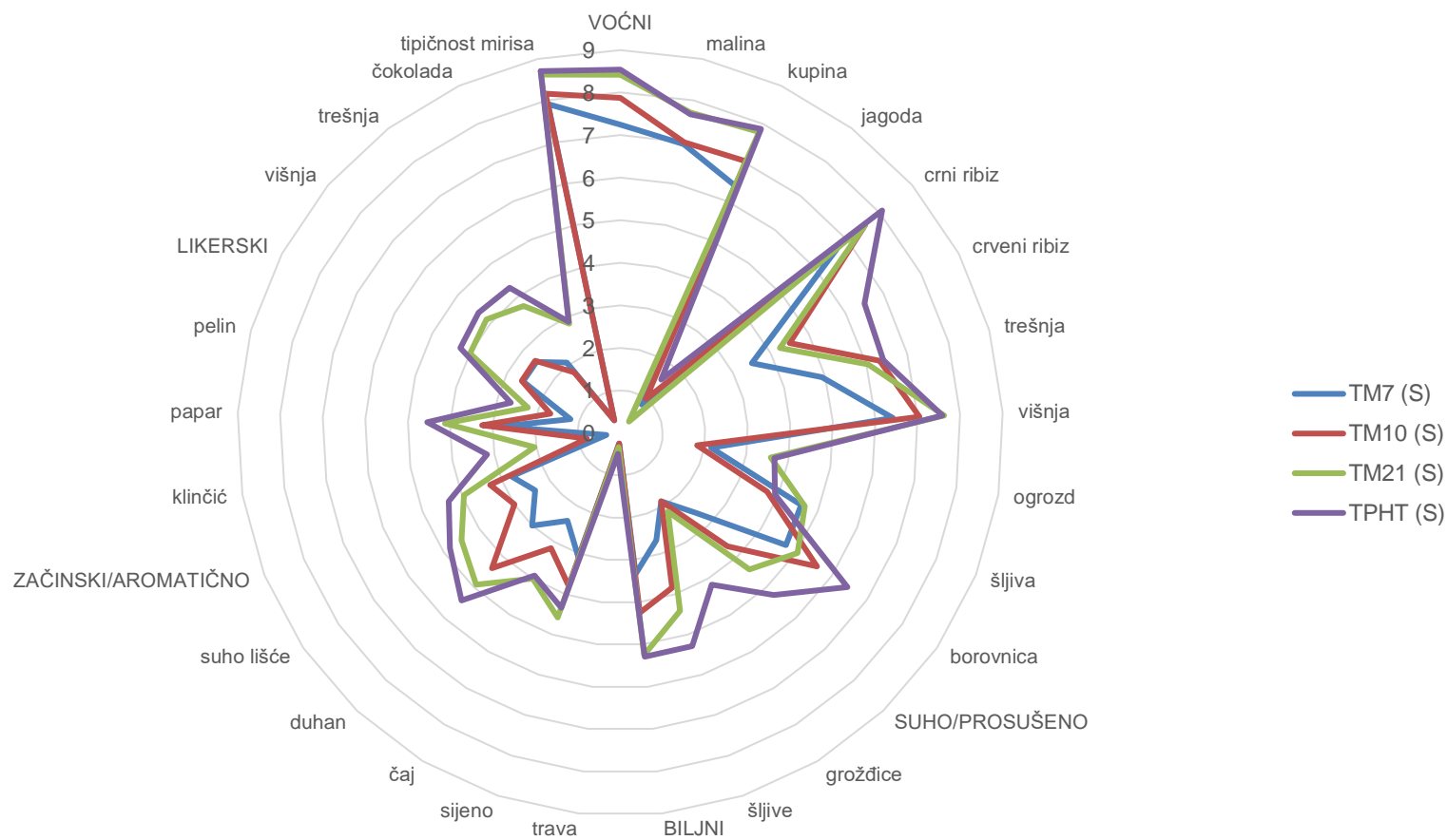
Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
Dimljeno	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	0,98 ± 0,36 c	1,27 ± 0,46 bc	2,67 ± 0,12 a	2,07 ± 0,7 ab
LIKERSKI	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	1,13 ± 0,12 n.s.	0,73 ± 0,35 n.s.	1,57 ± 0,21 n.s.	1,53 ± 0,81 n.s.
Višnja	S	n.d.	n.d.	2,9 ± 0,56 n.s.	3,5 ± 0,36 n.s.
	Z	n.d.	0,53 ± 0,61 b	3,17 ± 0,06 a	3,5 ± 0,26 a
Trešnja	S	n.d.	n.d.	2,93 ± 0,61 n.s.	3,5 ± 0,36 n.s.
	Z	n.d.	0,53 ± 0,61 b	2,6 ± 0,4 a	3,27 ± 0,23 a
Čokolada	S	n.d.	n.d.	1,73 ± 0,61 b	3,1 ± 0,17 a
	Z	n.d.	n.d.	2,47 ± 0,81 n.s.	2,73 ± 0,92 n.s.
<i>Svojstva boje</i>					
rubin crvena	S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Z	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
tamno crvena	S	8,33 ± 0,06 b	8,33 ± 0,06 b	9,37 ± 0,15 a	9,43 ± 0,06 a*
	Z	8,6 ± 0,1 c	8,83 ± 0,12 bc*	9,07 ± 0,21 ab	9,1 ± 0,1 a
crveni refleksi	S	4,93 ± 0,76 a	3,8 ± 0,6 b	3,03 ± 0,55 b	3,2 ± 0,2 b
	Z	8,2 ± 0,2 b*	8,6 ± 0,1 a*	8,8 ± 0,1 a*	8,67 ± 0,23 a*
ljubičasti refleksi	S	7,97 ± 0,15 b*	8,1 ± 0,17 b*	9 ± 0,3 a*	9,13 ± 0,23 a*
	Z	4,67 ± 0,31 n.s.	5,03 ± 0,49 n.s.	4,53 ± 0,12 n.s.	4,47 ± 0,64 n.s.
<i>Svojstva okusa</i>					
svježina	S	7,7 ± 0,1 ab*	7,8 ± 0,1 a*	7,73 ± 0,12 ab	7,6 ± 0,1 b
	Z	7,33 ± 0,12 b	7,33 ± 0,06 b	7,63 ± 0,15 a	7,5 ± 0,1 ab
kiselost	S	7,5 ± 0,1 a	7,13 ± 0,15 b	6,43 ± 0,15 c	6,3 ± 0,1 c
	Z	7,73 ± 0,12 a	7,33 ± 0,25 b	6,47 ± 0,12 c	6,7 ± 0,17 c*
tijelo/punoća	S	6,63 ± 0,25 c	7,43 ± 0,25 b	8,57 ± 0,15 a	8,7 ± 0,1 a*
	Z	6,6 ± 0,26 c	7,27 ± 0,12 b	8,43 ± 0,12 a	8,13 ± 0,15 a
slatkoća	S	4,87 ± 0,31 b*	4,97 ± 0,38 b	6,5 ± 0,17 a*	6,53 ± 0,38 a*
	Z	3,9 ± 0,1 d	4,43 ± 0,32 c	5,87 ± 0,23 a	5,23 ± 0,29 b

Nastavak tablice 12.

Senzorno svojstvo	Stil vina	Tretman			
		TM7	TM10	TM21	TPHT
viskozitet	S	5,97 ± 0,35 b	6,27 ± 0,31 b	7,67 ± 0,35 a	7,47 ± 0,12 a
	Z	6,23 ± 0,25 b	6,47 ± 0,31 b	7,33 ± 0,4 a	7,33 ± 0,06 a
gorčina	S	4,53 ± 0,31 a	4,33 ± 0,49 ab	3,93 ± 0,12 bc	3,63 ± 0,15 c
	Z	5,7 ± 0,1 a*	5,17 ± 0,51 ab	4,83 ± 0,42 b*	5 ± 0,2 ab*
astringentnost	S	5,43 ± 0,25 a*	5,1 ± 0,1 ab	4,93 ± 0,25 b	4,33 ± 0,29 c
	Z	5 ± 0,26 n.s.	5,2 ± 0,36 n.s.	5,2 ± 0,4 n.s.*	5,1 ± 0,1 n.s.*
zastupljenost tanina	S	6,97 ± 0,35 b	7,43 ± 0,31 b	8,4 ± 0,26 a	8,4 ± 0,2 a
	Z	7,5 ± 0,1 b	7,5 ± 0,1 b	8,43 ± 0,06 a	8,5 ± 0,17 a
kvaliteta (zreli/meki) tanina	S	6,9 ± 0,1 c	7,43 ± 0,31 b	8,73 ± 0,29 a	8,87 ± 0,15 a*
	Z	6,73 ± 0,15 c	7,57 ± 0,25 b	8,47 ± 0,15 a	8,13 ± 0,15 a
aftertaste kakvoća	S	7,3 ± 0,1 c	7,83 ± 0,12 b	8,8 ± 0,2 a	8,83 ± 0,06 a
	Z	7,13 ± 0,21 c	7,97 ± 0,12 b	8,83 ± 0,23 a	8,5 ± 0,36 a
aftertaste intezitet	S	7,37 ± 0,21 c	7,93 ± 0,06 b	8,8 ± 0,2 a	8,83 ± 0,06 a
	Z	7,4 ± 0,3 c	7,97 ± 0,12 b	8,8 ± 0,26 a	8,6 ± 0,2 a
<i>Svojstva tipičnosti</i>					
tipičnost mirisa	S	8,47 ± 0,06 c	8,67 ± 0,06 b	9,03 ± 0,06 a	9,07 ± 0,15 a
	Z	8,2 ± 0,2 b	8,4 ± 0,17 b	8,93 ± 0,12 a	8,9 ± 0,1 a
tipičnost okusa	S	8,37 ± 0,15 d	8,63 ± 0,06 c	8,9 ± 0,1 b	9,13 ± 0,06 a
	Z	8,23 ± 0,15 b	8,4 ± 0,17 b	8,97 ± 0,15 a	8,93 ± 0,12 a
opći dojam tipičnosti	S	8,4 ± 0,1 c	8,63 ± 0,06 b	8,97 ± 0,06 a	9,1 ± 0,1 a
	Z	8,2 ± 0,2 b	8,4 ± 0,17 b	8,87 ± 0,23 a	8,9 ± 0,1 a
UKUPAN DOJAM VINA	S	7,93 ± 0,12 d	8,37 ± 0,06 c	9,2 ± 0,17 b	9,47 ± 0,06 a*
	Z	7,73 ± 0,12 d	8,13 ± 0,23 c	9,17 ± 0,21 a	8,83 ± 0,06 b

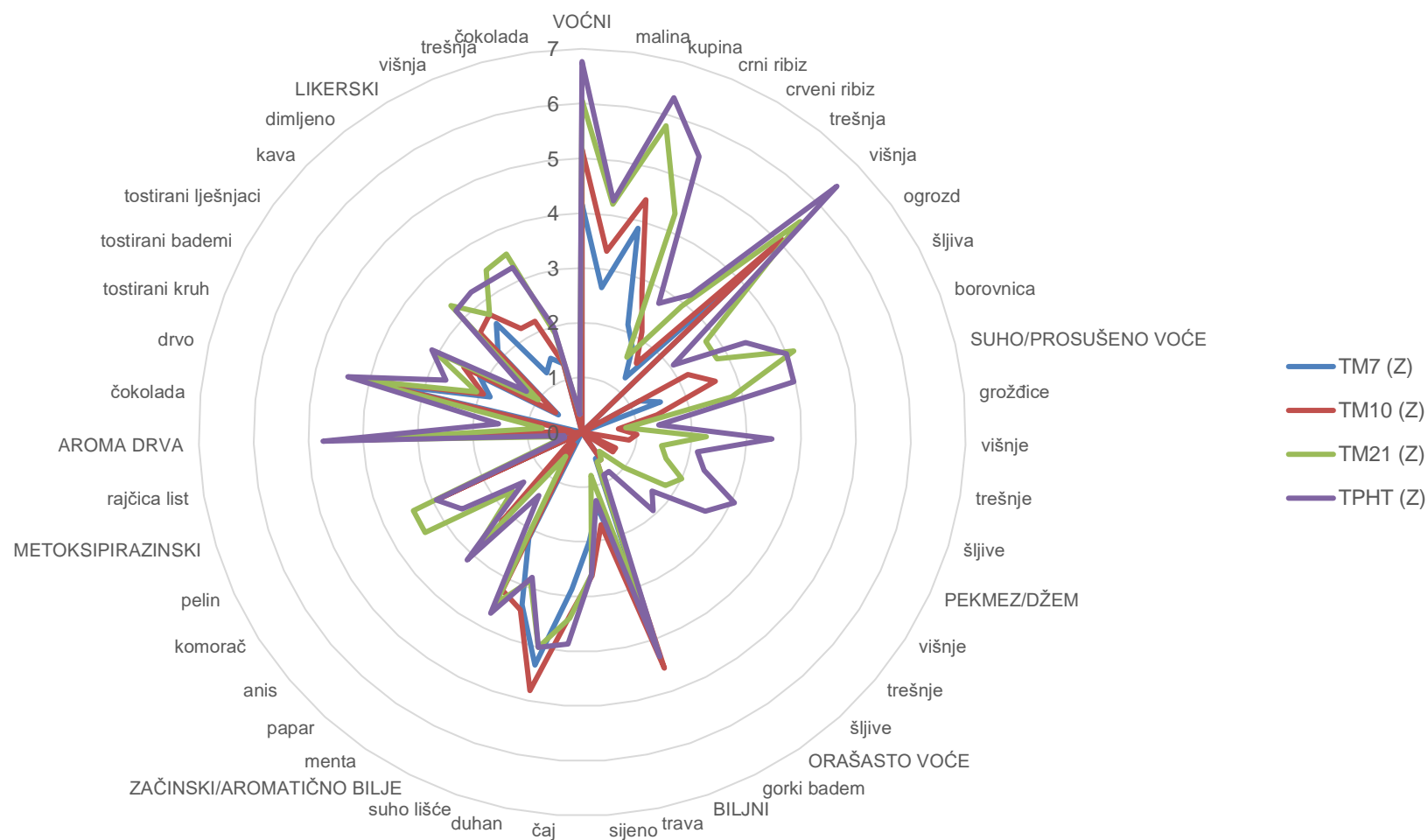
Skraćenice: TM7 - kontrolni tretman, maceracija masulja 7 dana, TM10 - produljena maceracija masulja 10 dana, TM21 - postfermentacijska produljena maceracija masulja 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja masulja 48 h/45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana). S = svježa vina; Z = zrela vina (nakon dozrijevanja u drvenim bačvama). Različita slova uz vrijednosti u retku predstavljaju statistički značajne razlike između tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  zasebno za S i Z uzorke (univarijantna ANOVA i LSD test). Oznakom \* označene su statistički značajne razlike između S i Z uzorka istog tretmana pri razini značajnosti  $p < 0,05$  (t-test), a oznaka je navedena uz višu vrijednost. n.d. - nije detektirano; n.s. - nije značajno.





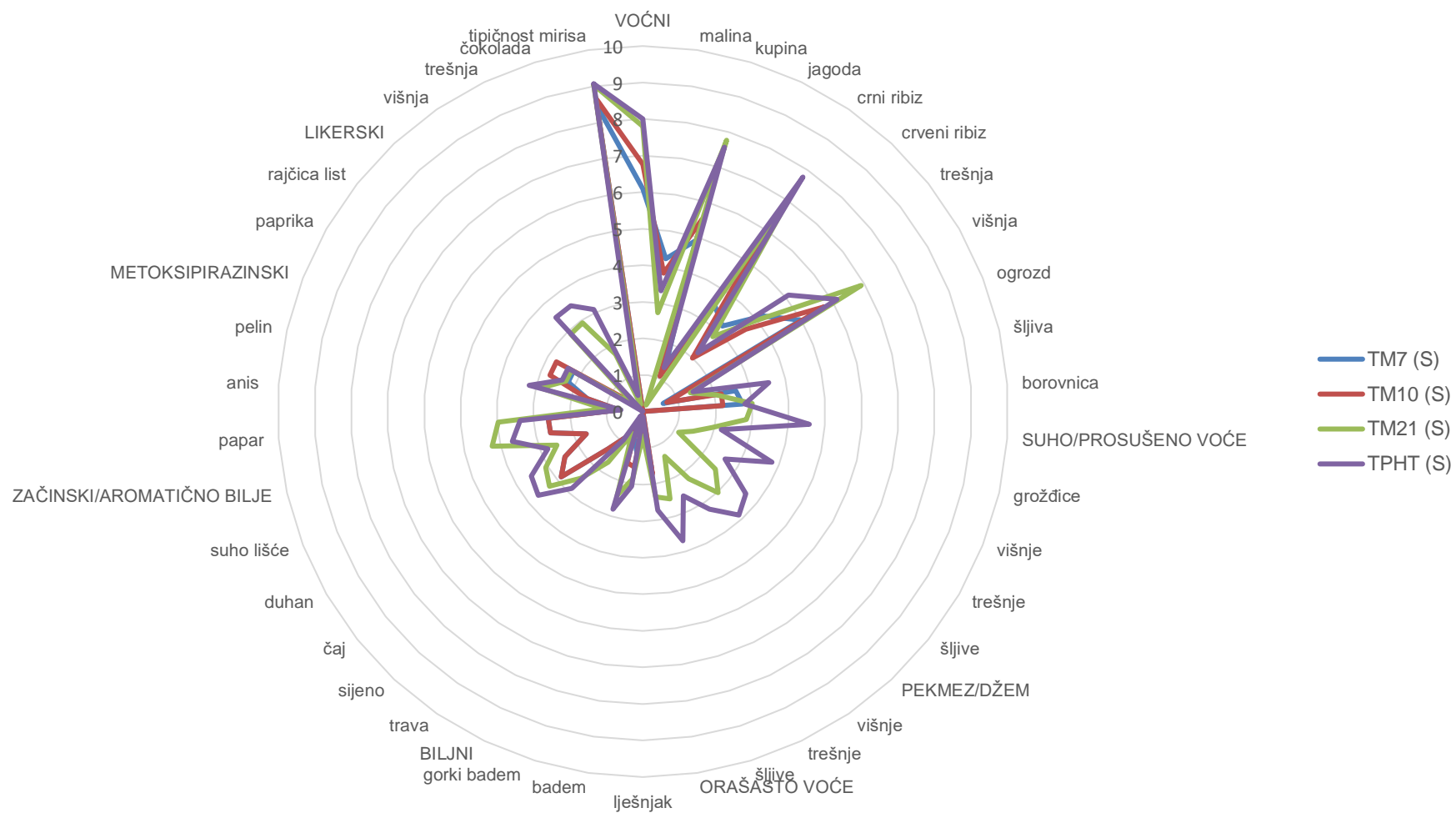
**Grafikon 13.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Oznake: TM7 (S) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana, TM10 (S) - produljena maceracija 10 dana, TM21 (S) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan, TPHT (S) - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana)



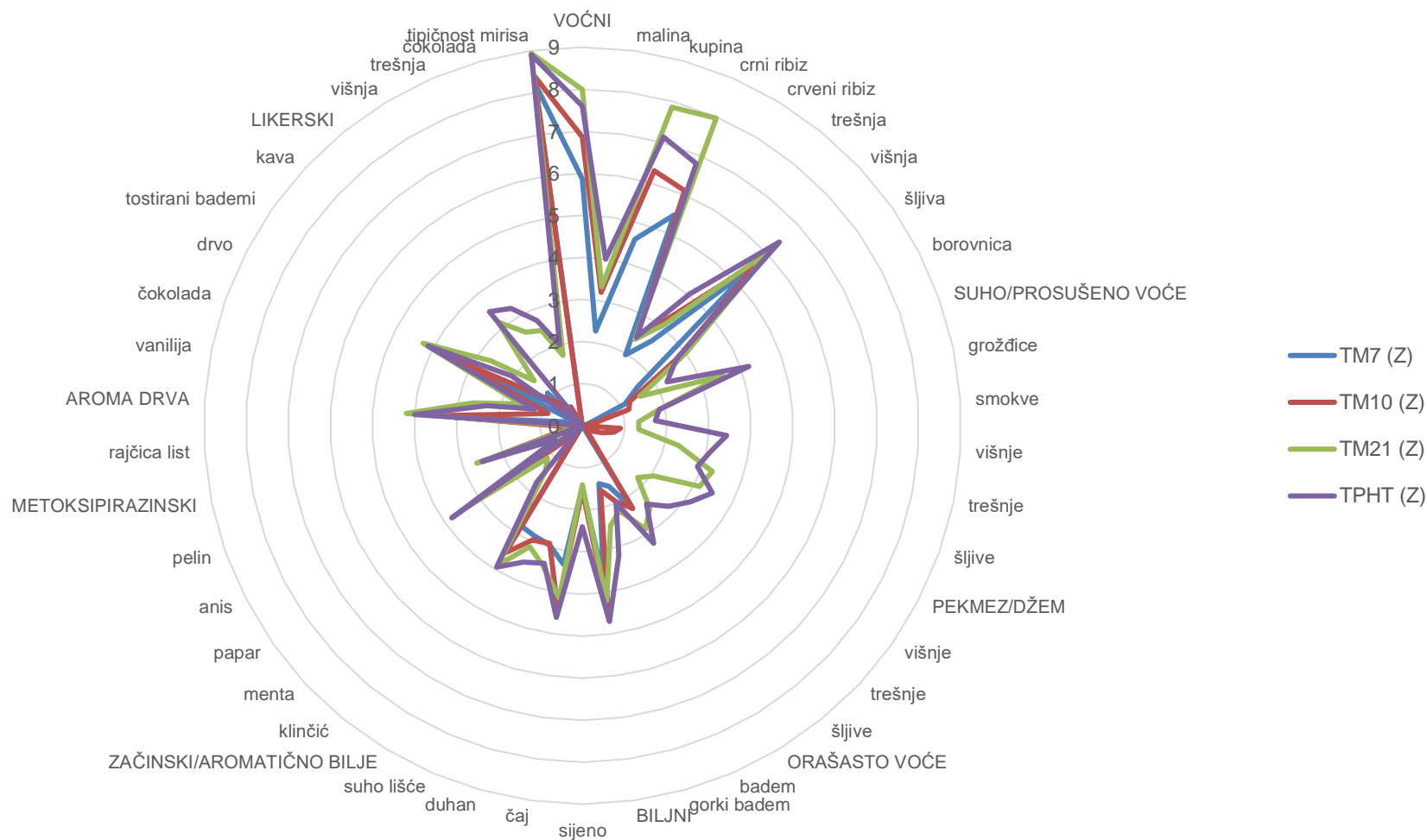
**Grafikon 14.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Oznake: TM7 (Z) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana + dozrijevanje u drvu, TM10 (Z) - produljena maceracija 10 dana + dozrijevanje u drvu, TM21 (Z) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan + dozrijevanje u drvu, TPHT (Z) - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana) + dozrijevanje u drvu



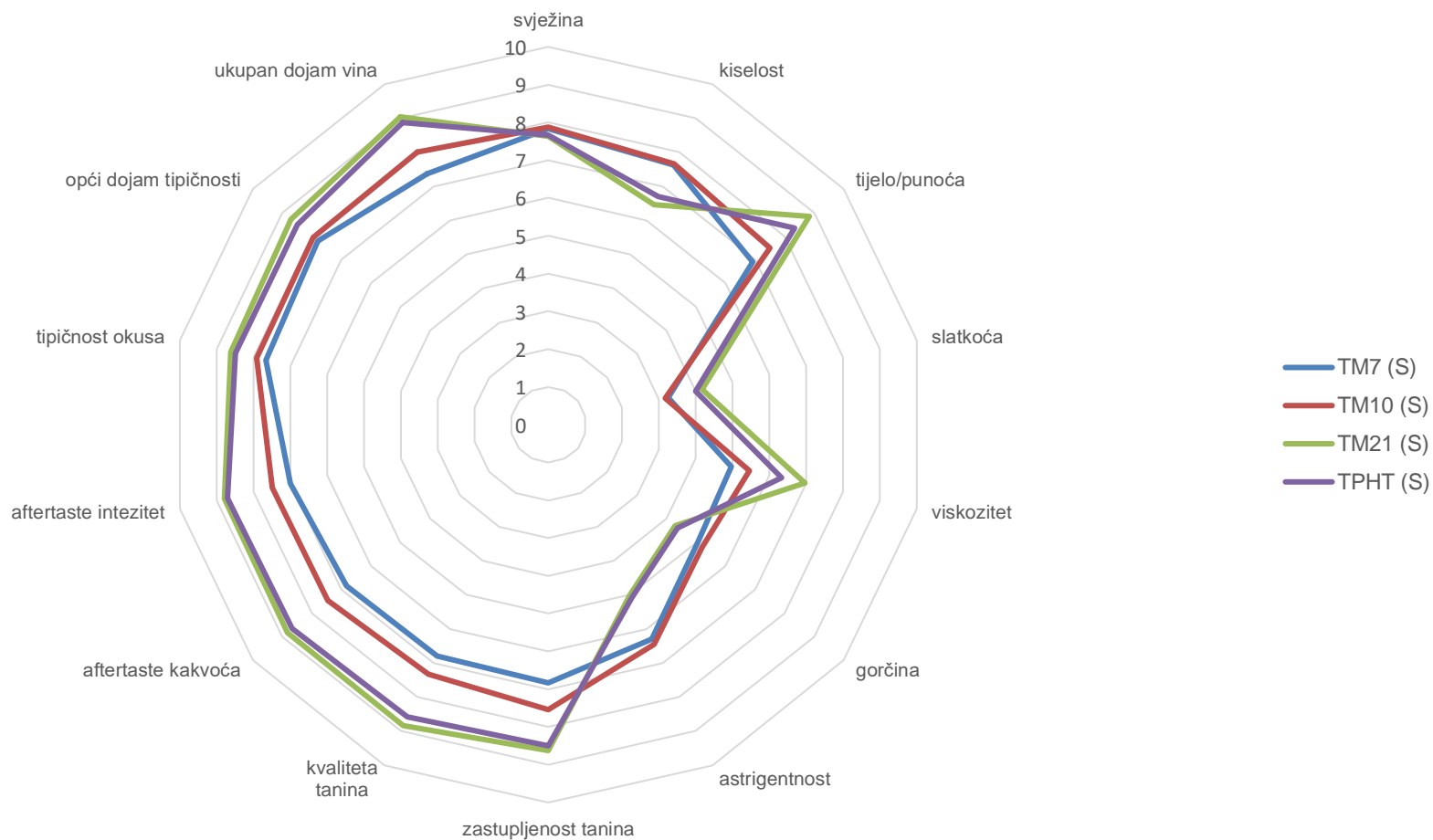
**Grafikon 15.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Oznake: TM7 (S) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana, TM10 (S) - produljena maceracija 10 dana, TM21 (S) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana)



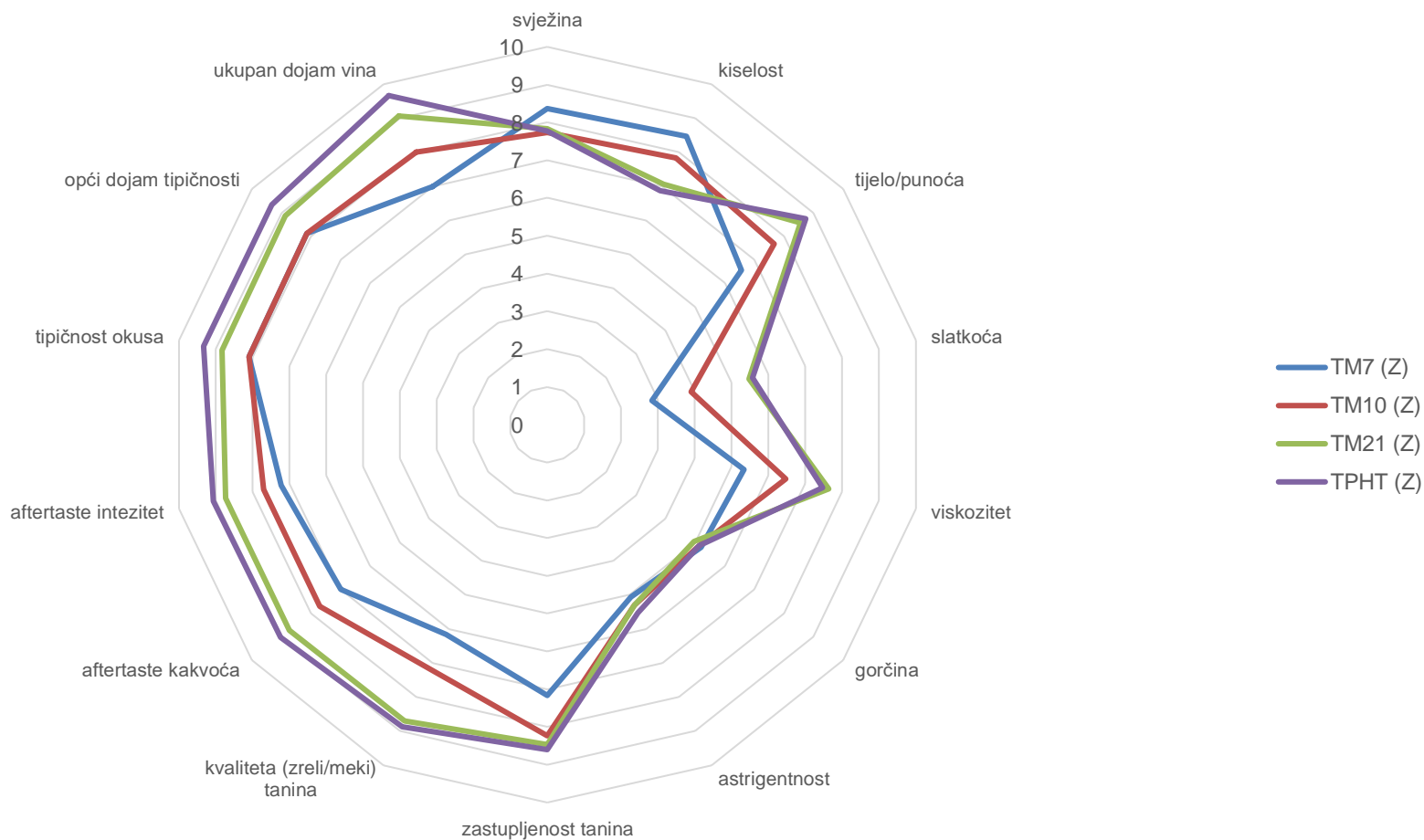
**Grafikon 16.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava mirisa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Oznake: TM7 (Z) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana + dozrijevanje u drvu, TM10 (Z) - produljena maceracija 10 dana + dozrijevanje u drvu, TM21 (Z) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan + dozrijevanje u drvu, TPHT (Z) - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana) + dozrijevanje u drvu



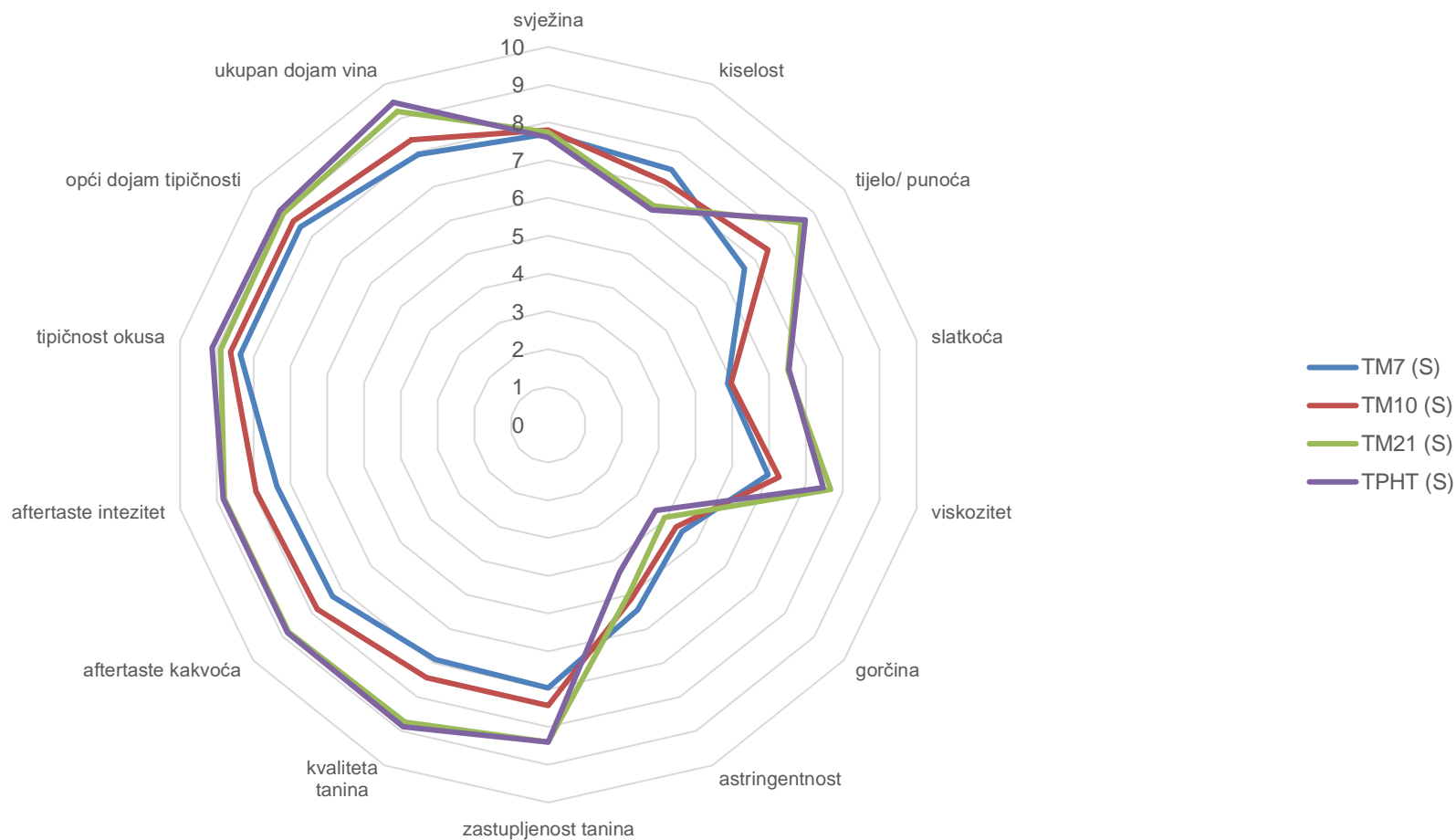
**Grafikon 17.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Oznake: TM7 (S) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana, TM10 (S) - produljena maceracija 10 dana, TM21 (S) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana)



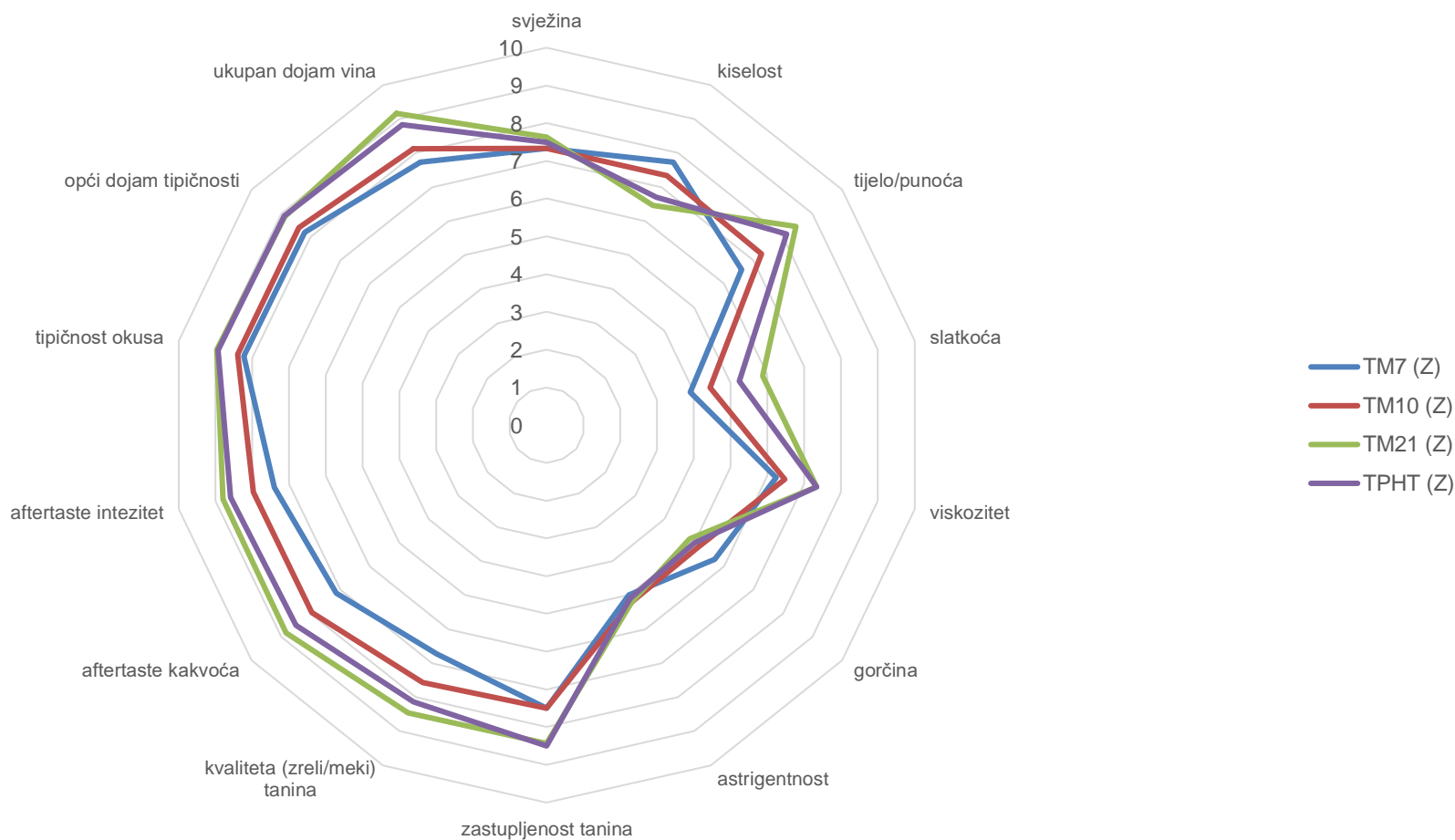
**Grafikon 18.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018.

Oznake: TM7 (Z) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana + dozrijevanje u drvu, TM10 (Z) - produljena maceracija 10 dana + dozrijevanje u drvu, TM21 (Z) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan + dozrijevanje u drvu, TPHT (Z) - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana) + dozrijevanje u drvu



**Grafikon 19.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Oznake: TM7 (S) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana, TM10 (S) - produljena maceracija 10 dana, TM21 (S) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan, TPHT - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana)



**Grafikon 20.** Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza svojstava okusa zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019.

Oznake: TM7 (Z) - kontrolni tretman, maceracija 7 dana + dozrijevanje u drvu, TM10 (Z) - produljena maceracija 10 dana + dozrijevanje u drvu, TM21 (Z) - postfermentacijska produljena maceracija 21 dan + dozrijevanje u drvu, TPHT (Z) - predfermentacijski tretman zagrijavanja 48 sati na 45 °C, fermentacija - maceracija (ukupno trajanje maceracije 10 dana) + dozrijevanje u drvu



U tablicama 13, 14, 15 i 16 prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije ( $r$ ) za povezanost senzornih svojstava boje (rubin crvena boja ili tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u svježim i zrelim vinima sorte 'Teran' iz berbi 2018. i 2019. s granicom značajnosti  $p < 0,05$ . Vrijednosti  $r$  od 0 do  $\pm 0,25$  upućuju kako nema povezanosti, vrijednosti  $r$  od  $\pm 0,25$  do  $\pm 0,50$  na slabu povezanost, vrijednosti  $r$  od  $\pm 0,50$  do  $\pm 0,75$  na umjerenu do dobru povezanost, a vrijednosti  $r$  od  $\pm 0,75$  do  $\pm 1$  na vrlo dobru do izvrsnu povezanost. Vrijednosti  $r = \pm 1$  predstavljaju potpunu ili matematičku povezanost.

U svježim vinima iz berbe 2018. (tablica 13) uočena je vrlo dobra do izvrsna pozitivna korelacija između crvenih refleksa i rubin crvene boje ( $r = 0,85$ ), između ljubičastih i crvenih refleksa ( $r = 0,77$ ), između slobodnih i ukupnih antocijana ( $r = 0,79$ ) te između ukupnih fenola i ljubičastih refleksa ( $r = 0,87$ ). Umjerena do dobra pozitivna korelacija utvrđena je između ljubičastih refleksa i tamno crvene boje ( $r = 0,63$ ) te između ukupnih fenola i crvenih refleksa ( $r = 0,65$ ), dok je umjerena do dobra negativna korelacija zabilježena između ukupnih antocijana i crvenih refleksa ( $r = -0,64$ ). U zrelim iz berbe 2018. (tablica 14) uočena je vrlo dobra do izvrsna pozitivna korelacija između crvenih refleksa i tamno crvene boje ( $r = 0,93$ ) te između ukupnih fenola i tamno crvene boje ( $r = 0,96$ ), zatim između ukupnih fenola i crvenih refleksa ( $r = 0,96$ ) te ukupnih fenola i ljubičastih refleksa ( $r = 0,81$ ). Umjerena do dobra pozitivna korelacija uočena je između ljubičastih refleksa i tamno crvene boje ( $r = 0,74$ ), između ljubičastih i crvenih refleksa ( $r = 0,74$ ) te između slobodnih i ukupnih antocijana ( $r = 0,67$ ).

U svježim vinima iz berbe 2019. (tablica 15) uočena je vrlo dobra do izvrsna pozitivna korelacija između ljubičastih refleksa i rubin crvene boje ( $r = 0,96$ ), zatim između slobodnih i ukupnih antocijana ( $r = 0,97$ ), između ukupnih fenola i rubin crvene boje ( $r = 0,94$ ) te naposljetku između ukupnih fenola i ljubičastih refleksa ( $r = 0,87$ ). Između slobodnih antocijana i crvenih refleksa utvrđena je umjerena do dobra pozitivna korelacija ( $r = 0,69$ ), dok je između crvenih refleksa i rubin crvene boje ( $r = -0,70$ ) te ljubičastih i crvenih refleksa ( $r = -0,78$ ) uočena umjerena do dobra negativna korelacija. U zrelim vinima iz berbe 2019. (tablica 16) primjetna je vrlo dobra do izvrsna pozitivna korelacija između slobodnih i ukupnih antocijana ( $r = 0,90$ ). Između crvenih refleksa i rubin crvene boje ( $r = 0,59$ ) te između ukupnih fenola i rubin crvene boje ( $r = 0,75$ ) pronađena je umjerena do dobra pozitivna korelacija. Umjerena do dobra negativna korelacija zabilježena je između ukupnih antocijana i crvenih refleksa ( $r = -0,66$ ).

Tablica 13. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u svježim vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

$p < 0,05$	rubin crvena boja	crveni refleksi	ljubičasti refleksi	ukupni antocijani	slobodni antocijani	ukupni fenoli
rubin crvena boja	1					
crveni refleksi	<b>0,85*</b>	1				
ljubičasti refleksi	<b>0,63*</b>	<b>0,77*</b>	1			
ukupni antocijani	-0,56	<b>-0,64*</b>	-0,49	1		
slobodni antocijani	-0,36	-0,28	-0,36	<b>0,79*</b>	1	
ukupni fenoli	0,44	<b>0,65*</b>	<b>0,87*</b>	-0,52	-0,38	1

Oznakom \* označene su statistički značajne razlike pri razini značajnosti  $p < 0,05$

Tablica 14. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u zrelih vinima sorte 'Teran' iz berbe 2018.

$p < 0,05$	tamno crvena boja	crveni refleksi	ljubičasti refleksi	ukupni antocijani	slobodni antocijani	ukupni fenoli
tamno crvena boja	1					
crveni refleksi	<b>0,93*</b>	1				
ljubičasti refleksi	<b>0,74*</b>	<b>0,74*</b>	1			
ukupni antocijani	0,34	0,27	0,52	1		
slobodni antocijani	-0,42	-0,50	-0,17	<b>0,67*</b>	1	
ukupni fenoli	<b>0,96*</b>	<b>0,96*</b>	<b>0,81*</b>	0,46	-0,33	1

Oznakom \* označene su statistički značajne razlike pri razini značajnosti  $p < 0,05$

Tablica 15. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (rubin crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u svježim vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

$p < 0,05$	rubin crvena boja	crveni refleksi	ljubičasti refleksi	ukupni antocijani	slobodni antocijani	ukupni fenoli
rubin crvena boja	1					
crveni refleksi	<b>-0,70*</b>	1				
ljubičasti refleksi	<b>0,96*</b>	<b>-0,78*</b>	1			
ukupni antocijani	-0,20	0,56	-0,23	1		
slobodni antocijani	-0,39	<b>0,69*</b>	-0,42	<b>0,97*</b>	1	
ukupni fenoli	<b>0,94*</b>	-0,53	<b>0,87*</b>	0,09	-0,11	1

Oznakom \* označene su statistički značajne razlike pri razini značajnosti  $p < 0,05$

Tablica 16. Korelacije kvantitativne deskriptivne senzorne analize svojstava boje (tamno crvena boja, crveni refleksi i ljubičasti refleksi), ukupnih antocijana, slobodnih antocijana i ukupnih fenola u zrelih vinima sorte 'Teran' iz berbe 2019.

$p < 0,05$	rubin crvena boja	crveni refleksi	ljubičasti refleksi	ukupni antocijani	slobodni antocijani	ukupni fenoli
rubin crvena boja	1					
crveni refleksi	<b>0,59*</b>	1				
ljubičasti refleksi	-0,10	-0,26	1			
ukupni antocijani	-0,38	<b>-0,66*</b>	-0,25	1		
slobodni antocijani	-0,17	-0,50	-0,21	<b>0,90*</b>	1	
ukupni fenoli	<b>0,75*</b>	0,56	-0,46	0,02	0,13	1

Oznakom \* označene su statistički značajne razlike pri razini značajnosti  $p < 0,05$

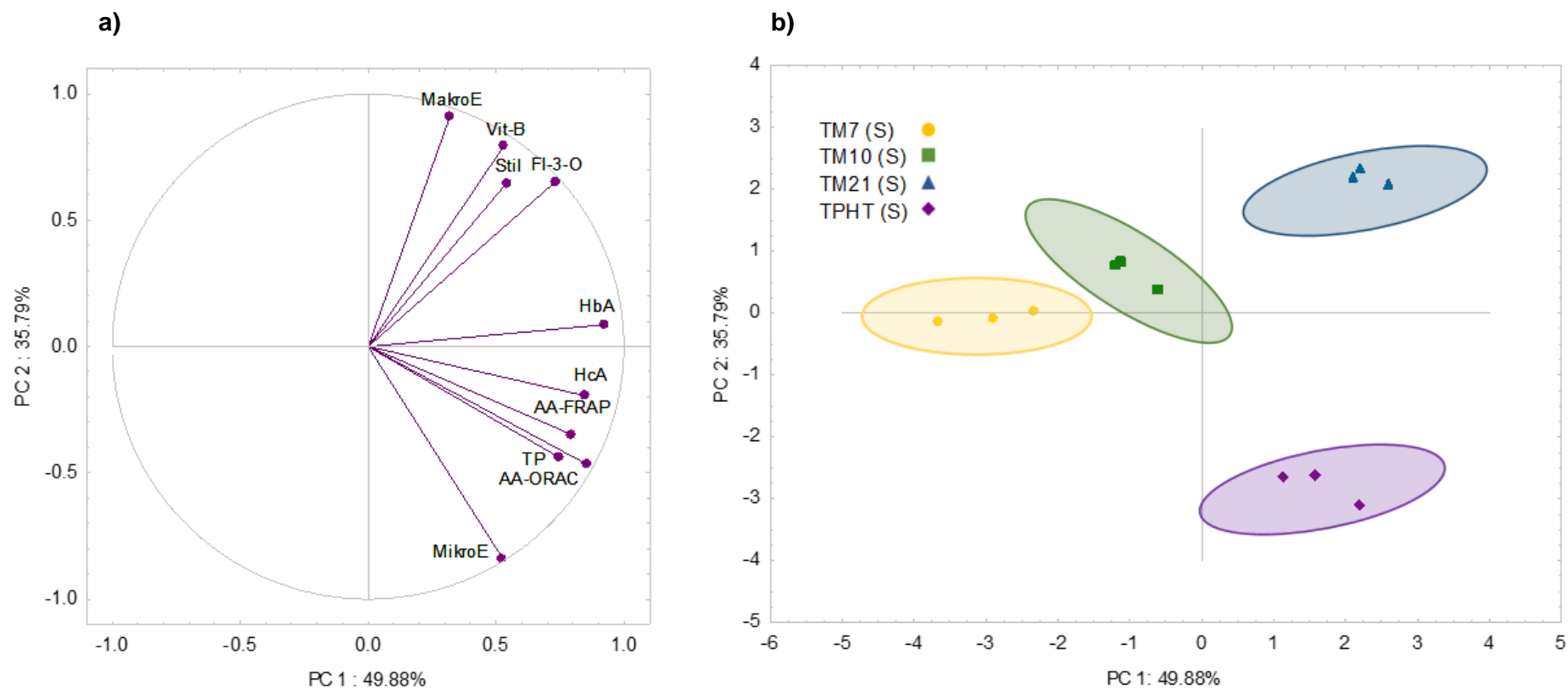
#### 4.10. Multivarijatna analiza (PCA) za razlikovanje vina proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama na osnovi sastava bioaktivnih spojeva

Analiza varijance pokazala je da između koncentracija bioaktivnih spojeva (stilbeni, flavan-3-oli, hidrosicimetne i hidrosibenzojeve kiseline, vitamini B skupine, makro- i mikroelementi), koncentracije ukupnih fenola i antioksidacijske aktivnosti postoje značajne razlike s obzirom na primijenjenu vinifikacijsku tehnologiju. S ciljem utvrđivanja vinifikacijske tehnologije koja ima najveći utjecaj na bioaktivne spojeve vina provedena je analiza glavnih komponenata (PCA). Na grafikonu 21 a) vidljivo je razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. na osnovi primijenjenih vinifikacijskih tehnologija u dvodimenzionalnom prostoru definiranom s glavnim komponentama PC1 i PC2 na osnovi suma koncentracija stilbena (Stil), flavan-3-ola (FL-3-O), hidrosicimetnih (HcA) i hidrosibenzojevih kiselina (HbA), vitamina B skupine (Vit-B), makro- (MakroE) i mikroelemenata (MikroE), koncentracije ukupnih fenola (TP) i antioksidacijske aktivnosti (AA-ORAC i AA-FRAP), dok su na grafikonu 21 b) prikazane projekcije faktorskih opterećenja odabranih varijabli (skupina spojeva i elemenata) uzduž smjerova PC1 i PC2. Prve dvije glavne komponente zajedno su obuhvaćale 86,67 % ukupne varijance. Prva komponenta PC1 sadržavala je 49,88 % ukupne varijance te su se tretmani uglavnom razdvojili uzduž njenog smjera, osim međusobnog razdvajanja tretmana TM21 (S) i TPHT (S) koje je postignuto uzduž PC2. Tretman TPHT (S) koji je bio lociran u četvrtom kvadrantu Kartezijevog sustava, s pozitivnim faktorskim opterećenjem (*engl. Factor Loading*) uzduž sastavnice PC1 i negativnim uzduž sastavnice PC2, korelirao je s višim koncentracijama ukupnih fenola, hidrosicimetnih kiselina, antioksidacijske aktivnosti i mikroelemenata. Tretman TM21 (S) čiji su uzorci bili smješteni u prvom kvadrantu, s pozitivnim faktorskim opterećenjem uzduž komponenti PC1 i PC2, korelirao je s višim koncentracijama stilbena, flavan-3-ola, makroelemenata i vitamina B skupine. Vina tretmana TM10 (S), a posebno TM7 (S) s negativnim vrijednostima PC1 uglavnom su bila obilježena nižim koncentracijama svih uključenih varijabli.

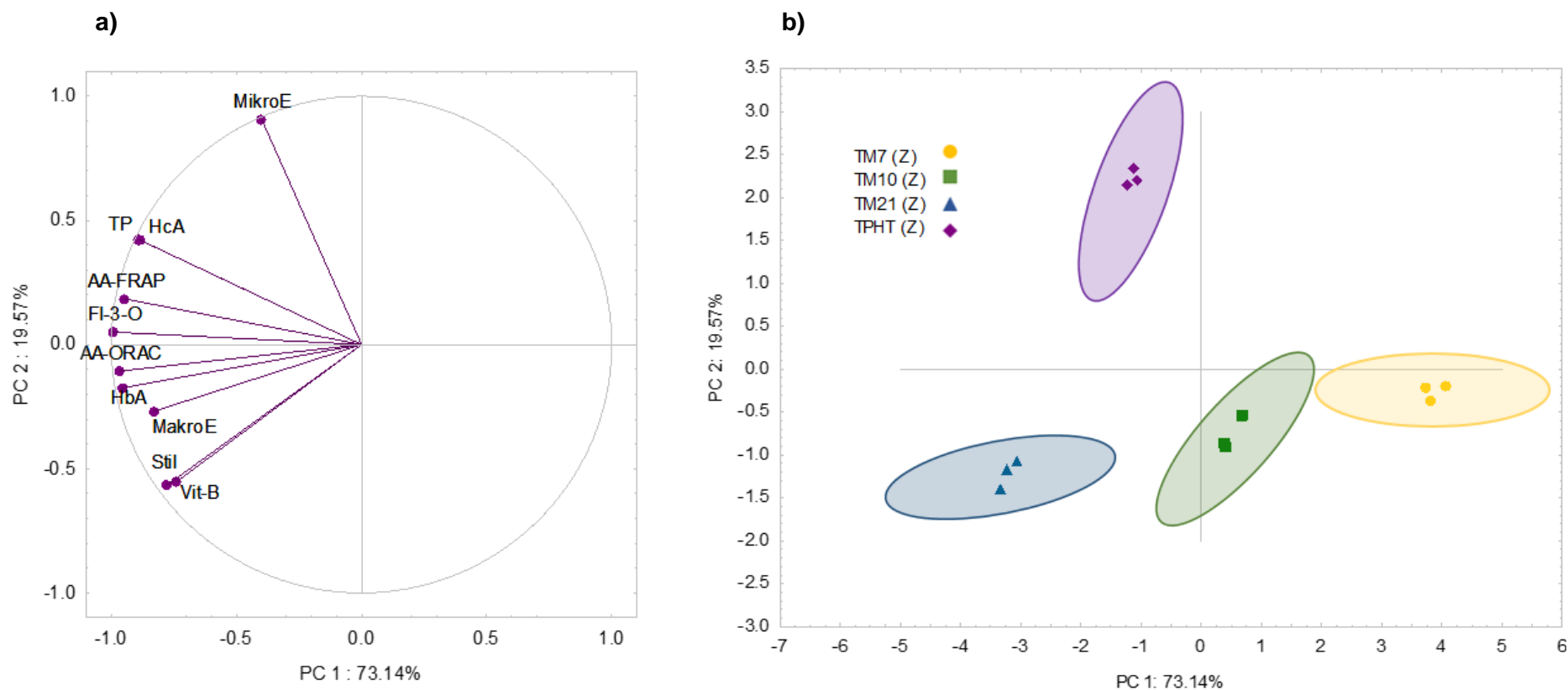
Na grafikonu 22 a) vidljivo je razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. u dvodimenzionalnom prostoru definiranom s glavnim komponentama PC1 i PC2, dok su na grafikonu 22 b) prikazane projekcije faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2. Prve dvije glavne komponente zajedno su obuhvaćale 92,71 % ukupne varijance. Prva komponenta PC1 sadržavala je 73,14 % te su se tretmani uglavnom razdvojili uzduž njenog smjera, dok je dodatno razdvajanje tretmana TPHT (Z) postignuto uzduž PC2. Uzorci tretmana TPHT (Z) bili su locirani u drugom kvadrantu Kartezijevog sustava, s negativnim faktorskim opterećenjem uzduž komponente PC1 i pozitivnim uzduž komponente PC2 te su korelirali s višim koncentracijama ukupnih fenola, flavan-3-ola,

hidroksicimetnih kiselina i mikroelemenata te višim antioksidacijskim kapacitetom. Tretman TM21 (Z) bio je lociran u trećem kvadrantu, s negativnim faktorskim opterećenjem uzduž obje komponente, korelirao je s višim koncentracijama stilbena, hidroksibenzojevih kiselina, antioksidacijskog kapaciteta, makroelemenata i vitamina B skupine. Vina tretmana TM10 (Z), a posebno TM7 (Z) uglavnom su negativno korelirala sa svim uključenim varijablama.

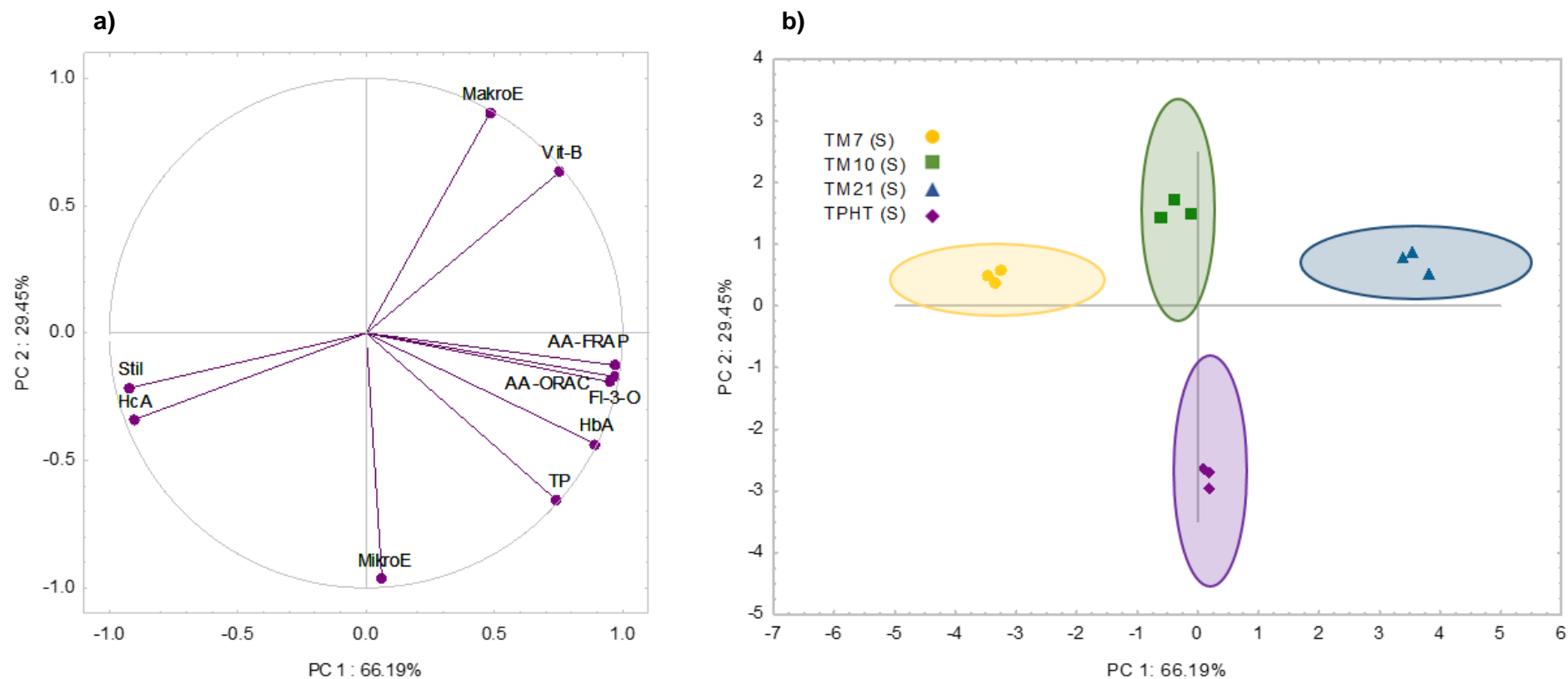
Na grafikonu 23 a) vidljivo je razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. na osnovi primijenjenih vinifikacijskih tehnologija u dvodimenzionalnom prostoru definiranom s glavnim komponentama PC1 i PC2, dok su na grafikonu 23 b) prikazane projekcije faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2. Prve dvije glavne komponente zajedno su obuhvaćale 95,64 % ukupne varijance. Prva komponenta PC1 sadržavala je 66,19 % ukupne varijance te su se tretmani uglavnom razdvojili uzduž njenog smjera, osim međusobnog razdvajanja tretmana TM10 (S) i TPHT (S) koje je postignuto uzduž PC2. Tretman TPHT (S) čiji je položaj bio određen faktorskim opterećenjem uzduž komponente PC2 korelirao je s višim koncentracijama mikroelemenata ali i ukupnih fenola, flavan-3-ola, hidroksibenzojevih kiselina te višim antioksidacijskim kapacitetom. Tretman TM21 (S) čiji su uzorci bili smješteni u prvom kvadrantu korelirao je s višim koncentracijama makroelemenata i vitamina B skupine ali i flavan-3-ola i hidroksibenzojevih kiselina te višim antioksidacijskim kapacitetom. Vina tretmana TM7 (S) s negativnim vrijednostima PC1 uglavnom su korelirala s višim koncentracijama stilbena i hidroksicimetnih kiselina. Na grafikonu 24 a) vidljivo je razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. u dvodimenzionalnom prostoru definiranom s glavnim sastavnicama PC1 i PC2, dok su na grafikonu 24 b) prikazane projekcije faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2. Prve dvije glavne komponente zajedno su obuhvaćale 91,68 % ukupne varijance. Prva komponenta PC1 sadržavala je 58,20 % ukupne varijance te su se tretmani razdvojili uzduž njenog smjera, osim međusobnog razdvajanja vina tretmana TM7 (Z) i TM10 (Z), odnosno TM21 (Z) i TPHT (Z) koje je postignuto uzduž PC2. Tretman TM10 (Z) koji je bio lociran u četvrtom kvadrantu, korelirao je s višim koncentracijama makroelemenata. Tretman TM7 (Z) čiji su uzorci bili smješteni u prvom kvadrantu, korelirao je s višim koncentracijama stilbena i hidroksicimetnih kiselina. Tretman TPHT (Z) korelirao je s višim koncentracijama ukupnih fenola i mikroelemenata te višim antioksidacijskim kapacitetom, a tretman TM21 (Z) s višim koncentracijama hidroksibenzojevih kiselina, flavan-3-ola i vitamina B skupine.



**Grafikon 21. a)** Razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2 na osnovi suma koncentracija stilbena (Stil), flavan-3-ola (FL-3-O), hidroksicimetnih kiselina (HcA), hidroksibenzojevih kiselina (HbA), vitamina B skupine (Vit-B), makroelemenata (MakroE) i mikroelemenata (MikroE) te koncentracije ukupnih fenola (TP) i antioksidacijske aktivnosti (AA-ORAC i AA-FRAP); **b)** Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2

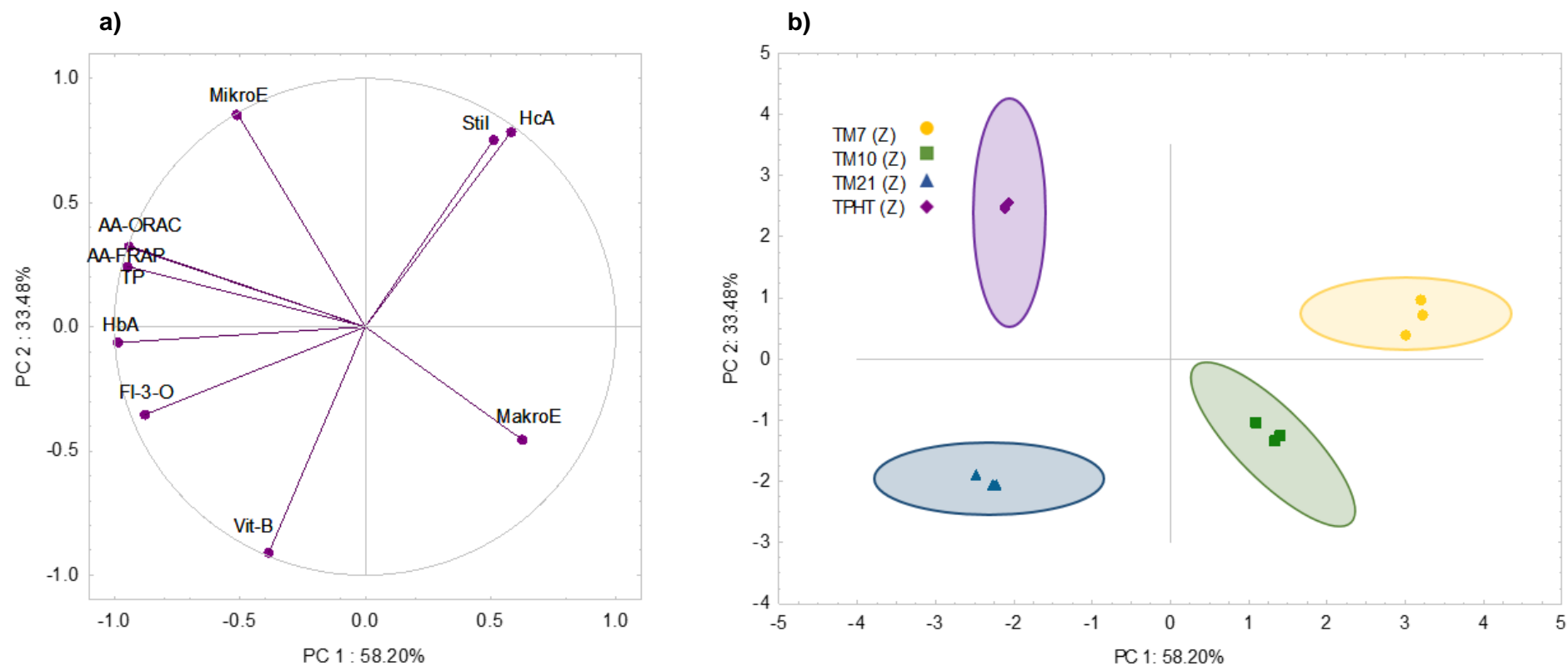


**Grafikon 22. a)** Razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2018. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2 na osnovi suma koncentracija stilbena (Stil), flavan-3-ola (FL-3-O), hidroksicimetnih kiselina (HcA), hidroksibenzojevih kiselina (HbA), vitamina B skupine (Vit-B), makroelemenata (MakroE) i mikroelemenata (MikroE) te koncentracije ukupnih fenola (TP) i antioksidacijske aktivnosti (AA-ORAC i AA-FRAP); **b)** Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2



**Grafikon 23. a)** Razdvajanje svježih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2 na osnovi suma koncentracija stilbena (Stil), flavan-3-ola (FL-3-O), hidroksicimetnih kiselina (HcA), hidroksibenzojevih kiselina (HbA), vitamina B skupine (Vit-B), makroelemenata (MakroE) i mikroelemenata (MikroE) te koncentracije ukupnih fenola (TP) i antioksidacijske aktivnosti (AA-ORAC i AA-FRAP); **b)** Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2





**Grafikon 24. a)** Razdvajanje zrelih vina sorte 'Teran' iz berbe 2019. proizvedenih različitim vinifikacijskim tehnologijama u dvodimenzionalnom prostoru definiranom glavnim komponentama PC1 i PC2 na osnovi suma koncentracija stilbena (Stil), flavan-3-ola (FL-3-O), hidroksicimetnih kiselina (HcA), hidroksibenzojevih kiselina (HbA), vitamina B skupine (Vit-B), makroelemenata (MakroE) i mikroelemenata (MikroE) te koncentracije ukupnih fenola (TP) i antioksidacijske aktivnosti (AA-ORAC i AA-FRAP); **b)** Projekcija faktorskih opterećenja odabranih varijabli uzduž smjerova PC1 i PC2

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na osnovne fizikalno-kemijske parametre vina 'Teran'

Istraživanjem utjecaja primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na fizikalno-kemijske parametre vina sorte 'Teran' utvrđene su značajne razlike među tretmanima. U ovom istraživanju su ustanovljene određene razlike u volumnom udjelu alkohola pri čemu je značajno najnižu jakost u svježim vinima iz berbe 2018. imao tretman TM10 (S), dok između ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. Moguće objašnjenje niže alkoholne jakosti u TM10 (S) tretmanu iz ovog istraživanja je da je etanol formirao estere s vinskom, jabučnom i mliječnom kiselinom (Ribéreau-Gayon i sur., 2006) te je u ovom radu rezultatima analize estera (tablice 9 i 10) navedeno i potvrđeno. Također, moguće da je niža alkoholna jakost u navedenom tretmanu i posljedica oksidacije etanola (Giriboni i sur., 2016). Bestulić i sur. (2022) uočavaju smanjenje alkoholne jakosti u vinima gdje su primijenjeni tretmani duljih maceracija, a slično uočavaju i Giriboni i sur. (2016). U svježim vinima ovog istraživanja su značajno više koncentracije ukupnog suhog ekstrakta utvrđene u TPHT (S) tretmanu, dok duljina maceracije nije imala značajan utjecaj na povećanje koncentracije ukupnog suhog ekstrakta u odnosu na kontrolni tretman. Međutim, u literaturnim podacima utvrđen je rast koncentracije ukupnog suhog ekstrakta s primjenom duljih maceracija. Tako Ribéreau-Gayon i sur. (2006) navode da ukupni suhi ekstrakt ovisi o vinifikacijskim tehnologijama te da dulji kontakt kožice i sjemenke sa sokom potiče veću ekstrakciju minerala i organske tvari koje imaju utjecaj na koncentraciju ukupnog suhog ekstrakta, a Yilmaztekin i sur. (2015) su najvišu koncentraciju suhog ekstrakta detektirali u vinu gdje je maceracija trajala 15 dana.

Značajne razlike uočene su i u koncentracijama reducirajućih šećera te je najviša koncentracija u svježim vinima iz berbe 2018. ustanovljena u tretmanima TM10 (S) i TM7 (S), dok je svježim vinima iz berbe 2019. najviša koncentracija reducirajućih šećera uočena je u TPHT (S) tretmanu. Budić-Leto i sur. (2008) navode kako duljina maceracije ne utječe značajno na reducirajuće šećere što odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja gdje su tretmani kraćih maceracija imali višu koncentraciju reducirajućih šećera. Kocabey i sur. (2016) također utvrđuju smanjenje koncentracije reducirajućih šećera s produljenjem trajanja maceracije. Primjenom predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja Borazan i Bozan (2013) ne uočavaju značajne promjene u koncentraciji reducirajućih šećera u odnosu na kontrolu što djelomično odgovara i rezultatima ovog istraživanja. Ferreras i sur. (2002) uočavaju smanjenje koncentracije reducirajućih šećera nakon dozrijevanja u drvenim bačvama što odgovara i rezultatima ovog istraživanja gdje su se u većini tretmana

koncentracije reducirajućih šećera smanjile dozrijevanjem. Vina u ovom istraživanju su se značajno razlikovala i u koncentracijama pepela, a najviša koncentracija pepela u svježim vinima iz obje berbe zabilježena je u TM21 (S) tretmanu. S produljenjem maceracije Herjavec i sur. (2012) također uočavaju povećanje koncentracije pepela. Prema istraživanjima koja su proveli Ribéreau-Gayon i sur. (2006) te Rizzon i Miele (2009) navedeno povećanje koncentracije pepela s produljenjem trajanja maceracije je moguća posljedica povećane ekstrakcije anorganskih tvari u procesu maceracije, s obzirom da su one većinom locirane u kožici i sjemenkama.

Općenito je poznato da vina sorte 'Teran' karakterizira visoka do vrlo visoka ukupna kiselost, što umanjuje harmoničnost okusa, stoga se može zaključiti da su niže koncentracije ukupne kiselosti u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima iz ovog istraživanja pozitivno utjecale na senzorno svojstvo okusa vina. Herjavec i sur. (2012) su uočili da produljena maceracija dovodi do smanjenja ukupne kiselosti, odnosno do povećanja pH vrijednosti, a isto je uočeno i u vinima iz ovog istraživanja gdje su tretmani TM21 (S) i TPHT (S) imali značajno viši pH. Smatra se da je do tih promjena vjerojatno došlo zbog oslobađanja kalija iz kožice grožđa te stvaranja soli vinske kiseline (Ribéreau-Gayon i sur., 2006; Palomo i sur., 2007). Slično navode i Baiano i sur. (2016) koji također bilježe nižu ukupnu kiselost u vinima proizvedenim duljom maceracijom te zaključuju da je to rezultat oksidacijsko-redukcijskih reakcija, a smanjenje vrijednosti ukupne kiselosti i povećanje pH vrijednosti s produljenjem maceracije uočavaju i Yilmaztekin i sur. (2015) i Francesca i sur. (2014). Predfermentacijski tretman zagrijavanja općenito ne utječe značajno na ukupnu kiselost vina iako je uočena povećana ekstrakcija kationa i aniona kao posljedica zagrijavanja (Maza i sur., 2019). Međutim, oni se talože kao soli vinske kiseline pa se vina proizvedena predfermentacijskim tretmanom zagrijavanja ne razlikuju značajno prema koncentraciji ukupne kiselosti u odnosu na kontrolu, što je uočeno i u vinima iz ovog istraživanja. Laqui-Estaña i sur. (2019) ne uočavaju značajne razlike s obzirom na ukupnu kiselost i pH vrijednost prije i nakon dozrijevanja vina sorti 'Cabernet Sauvignon' i 'Carménère' u drvenim bačvama, što odgovara i rezultatima berbe 2019. u ovom istraživanju. Vrijedi naglasiti i značajne učinke primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hlapljive kiselosti. Tako je koncentracija hlapljive kiselosti u ovom istraživanju bila najviša u kontrolnom tretmanu. Budić-Leto i sur. (2008) navode kako nema značajnih razlika u hlapljivoj kiselosti između vina proizvedenih s različitim duljinama trajanja maceracije, a s druge strane Francesca i sur. (2014) navode da je koncentracija hlapljive kiselosti porasla produljenjem trajanja maceracije, što je suprotno rezultatima ovog istraživanja. Maza i sur. (2019) zaključuju da prilikom predfermentacijskog termalnog tretmana dolazi do inaktivacije octenih bakterija što je vjerojatno posljedica niže

koncentracije hlapljive kiselosti u vinu TPHT (S) tretmana iz ovog istraživanja. Ribéreau-Gayon i sur. (2006) utvrđuju da tijekom dozrijevanja vina u drvenim bačvama u trajanju duljem od jedne godine dolazi do rasta koncentracije hlapljive kiselosti, a isto je uočeno i u berbi 2018. iz ovog istraživanja što je najvjerojatnije posljedica prisustva i rada octenih bakterija.

## 5.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju fenolnih spojeva

### 5.2.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hidroksibenzojevih i hidroksicimetnih kiselina

U svježim vinima iz obje berbe u ovom istraživanju galna kiselina bila je jedna od najzastupljenijih hidroksibenzojevih kiselina i prisutna u najvišim koncentracijama, a isto uočavaju i Porgali i Büyüktuncel (2012) te Alencar i sur. (2018). U svježim vinima iz berbe 2018. najnižu koncentraciju galne kiseline u odnosu na sve ostale tretmane imao je kontrolni TM7 (S) tretman, a između preostala tri tretmana nisu utvrđene značajne razlike. U vinima iz berbe 2019. najvišu koncentraciju galne kiseline imao je tretman TM21 (S) koji se značajno razlikovao od ostalih tretmana. Koyama i sur. (2007) te Lukić i sur. (2017) navode da se galna kiselina uglavnom nalazi u sjemenkama grožđa u slobodnom, ali i u esterificiranom obliku te kao takva za ekstrakciju zahtijeva dulje maceracije i više temperature što odgovara i rezultatima ovog istraživanja. Koyama i sur. (2007) navode i da je galna kiselina jedina od istraživanih spojeva čija se koncentracija ne smanjuje nakon tretmana zagrijavanja, a isto je uočeno i u TPHT (Z) tretmanu u ovom istraživanju. U zrelim vinima iz ovog istraživanja je najviša koncentracija galne kiseline utvrđena u tretmanu TM21 (Z). Dozrijevanjem je u pojedinim tretmanima došlo do rasta koncentracije galne kiseline te su posljedično tome u zrelim vinima iz berbe 2019. značajno najviše koncentracije utvrđene u TM10 (Z) i TM21 (Z) tretmanima. Galna kiselina se oslobađa ekstrakcijom iz hrastovine tijekom dozrijevanja ili hidrolizom hrastovih hidrolizabilnih tanina ili proantocijanidina iz grožđa (Waterhouse i sur., 2016), a navodi se i da je kod dužih odležavanja stabilna, što odgovara rezultatima dobivenim u ovom istraživanju gdje je koncentracija galne kiseline nakon dozrijevanja ili porasla ili ostala nepromijenjena. U svježim vinima iz berbe 2018. je protokatehinska kiselina pronađena u značajno najvišim koncentracijama u tretmanu TM21 (S), a s obzirom da se protokatehinska kiselina oslobađa tijekom duljih razdoblja maceracije (Gutiérrez-Escobar i sur., 2021) postfermentacijska maceracija se sve više primjenjuje. U svježim vinima iz berbe 2019. je koncentracija protokatehinske kiseline u statistički značajno najvišoj koncentraciji detektirana u TPHT (S) tretmanu, a Lukić i sur. (2017) također uočavaju da vina nakon primjene nekih od tretmana zagrijavanja imaju značajno više koncentracije protokatehinske kiseline u odnosu na tretman klasične vinifikacije.

Suprotno navedenom, Borazan i Bozan (2013) uočavaju smanjenje koncentracije protokatehinske kiseline nakon primijenjenog tretmana zagrijavanja.

U obje godine iz ovog istraživanja najviše koncentracije *p*-hidroksi-benzojeve kiseline utvrđene su u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima, a Lukić i sur. (2017) uočavaju da nakon primjene tretmana zagrijavanja slijedi blagi rast koncentracija *p*-hidroksi-benzojeve kiseline u odnosu na kontrolni tretman. Stavridou i sur. (2016) navode značajan rast *p*-hidroksi-benzojeve kiseline tijekom dozrijevanja što je suprotno rezultatima ovog istraživanja gdje su koncentracije nakon dozrijevanja ostale iste kao i u svježim vinima. Podataka u znanstvenoj literaturi o utjecaju duljine maceracije na koncentraciju *p*-hidroksi-benzojeve kiseline nema, međutim slijedeći karakterističan obrazac promjena koncentracija ostalih hidroksibenzojevih kiselina u vinima iz ovog istraživanja može se pretpostaviti da se najviše koncentracije navedenog spoja nalaze u čvrstim dijelovima bobice te da dulja maceracija i tretman zagrijavanja masulja dovode do povećane ekstrakcije.

U ovom je istraživanju utvrđen i značajan rast siringinske kiseline u TM21 (S) tretmanu, a prema istraživanju koje su proveli Radeka i sur. (2022) značajno više koncentracije siringinske kiseline detektirane su u crnim vinima u odnosu na bijela na temelju čega se može pretpostaviti da se najviše koncentracije ovog spoja nalaze u čvrstim dijelovima bobice te da dulja maceracija pojačava ekstrakciju. Bestulić i sur. (2022) u istraživanju provedenom na sorti 'Malvazija istarska' navode četverostruko povećanje koncentracije siringinske kiseline u tretmanu maceracije od 21 dan u odnosu na kontrolni tretman, a Plavša i sur. (2012) također navode značajan rast koncentracije siringinske kiseline u tretmanu maceracije u trajanju od 20 dana. U istraživanju Lukić i sur. (2017) nakon tretmana zagrijavanja nema značajnih razlika u koncentracijama siringinske kiseline u usporedbi s kontrolnim tretmanom što je suprotno od rezultata dobivenih u ovom istraživanju gdje je TPHT (S) tretman rezultirao značajnim povećanjem koncentracije siringinske kiseline. Rubio-Bretón i sur. (2018) uočavaju rast koncentracije siringinske kiseline tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama što djelomično odgovara i rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Na temelju rezultata dobivenih u ovom istraživanju može se zaključiti da produljena postfermentacijska maceracija i predfermentacijski tretman zagrijavanja dovode do povećanja ekstrakcije hidroksibenzojevih kiselina što je u skladu i s prethodno objavljenim rezultatima (Francesca i sur., 2014; Kocabey i sur., 2016). Osim navedenog, razlike u koncentracijama hidroksibenzojevih kiselina u vinima vjerojatno su posljedica i drugih mehanizama, odnosno nisu samo rezultat procesa ekstrakcije tijekom produljene maceracije ili tretmana zagrijavanja. Razgradnja kompleksa s antocijanima tijekom duljih maceracija te hidroliza galoiliranih flavan-3-ola tijekom vinifikacije, također mogu dovesti do povećanja koncentracije hidroksibenzojevih kiselina (Monagas i sur., 2005).

*Trans*-kaftarinska kiselina najzastupljenija je hidroksicimetna kiselina utvrđena u vinima sorte iz ovog istraživanja, a slično uočavaju i Lukić i sur. (2019). U vinima iz ovog istraživanja su najviše koncentracije *trans*-kaftarinske kiseline utvrđene u kontrolnom tretmanu, odnosno koncentracije su se s produljenjem maceracije smanjile, a primijećeno smanjenje koncentracije *trans*-kaftarinske kiseline kada se vrijeme maceracije povećalo na 21 dan, može biti povezano s enzimatskom oksidacijom polifenol oksidaze nakon pretvorbe u odgovarajući o-kinon (Pati i sur., 2014; Corona i sur., 2021). Prema istraživanju koje su proveli Lukić i sur. (2017) *trans*-kaftarinska kiselina se u grožđu većinom nalazi u mesu te je detektirano povećanje koncentracije nakon tretmana zagrijavanja što djelomično odgovara i rezultatima ovog istraživanja gdje je u vinima berbe 2018. također utvrđen rast koncentracije *trans*-kaftarinske kiseline u TPHT (S) tretmanu u odnosu na kontrolni tretman. Gómez-Plaza i sur. (2000) navode da se koncentracije *trans*-kaftarinske kiseline značajno smanjuju nakon 12 mjeseci odležavanja, a slično je uočeno i u ovom istraživanju gdje su se koncentracije *trans*-kaftarinske kiseline u zrelih vinima ili smanjile ili ostale iste u odnosu na koncentracije detektirane u svježim vinima. Navedeno smanjenje se može objasniti činjenicom da se tartaratni esteri hidroksicimetnih kiselina sporo hidroliziraju tijekom dozrijevanja (Schwarz i sur., 2004).

Smanjenje koncentracije kafeinske kiseline koje je primijećeno kod tretmana TM21 (S) u ovom istraživanju moguće je zbog oksidacije kao što navode Carbone i Fiordiponti (2016), a slično uočavaju i Bestulić i sur. (2022). Do smanjenja koncentracije kafeinske kiseline s produljenjem maceracije došlo je i u istraživanju Alencar i sur. (2018), a promjenu objašnjavaju reakcijom kafeinske kiseline s kininskom, šikimiskom ili vinskou kiselinom čime dolazi do formiranja estera fenolne kiseline, poput klorogenske kiseline (Kosseva i sur., 2016). Suprotno tome Francesca i sur. (2014) te Plavša i sur. (2012) uočavaju značajno povećanje kafeinske kiseline primjenom duljih maceracija. Lukić i sur. (2017) ne uočavaju značajne promjene primjenom tretmana zagrijavanja dok je u vinima iz ovog istraživanja uočena značajno najniža koncentracija kafeinske kiseline u vinima gdje je primijenjen TPHT (S) tretman. Koncentracije kafeinske kiseline tijekom dozrijevanja vina u istraživanju Schwarz i sur. (2004) su stabilne što djelomično odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja. Primjena TPHT (S) tretmana u ovom istraživanju značajno je utjecala i na smanjenje koncentracije *p*-kumarinske kiseline, a slično su utvrdili i Lukić i sur. (2017). Koncentracije *p*-kumarinske kiseline povećale su se nakon dozrijevanja vina u drvenim bačvama u vinima iz berbe 2018. vjerojatno kao rezultat hidrolize tartaratnih estera te hidrolize *p*-kumaroil-aciliranih antocijana (Monagas i sur., 2005), a Moreno-Arribas i Polo (2009) navode da se manje koncentracije *p*-kumarinske kiseline mogu ekstrahirati i iz drvenih bačvi. U ovom je istraživanju u vinima iz berbe 2018. utvrđen značajan rast

koncentracije ferulinske kiseline s produljenjem trajanja maceracije, a slično su utvrdili i Bestulić i sur. (2022). Međutim, u vinima iz berbe 2019. nisu utvrđene značajne promjene u koncentracijama ferulinske kiseline primjenom dužih maceracija, što odgovara rezultatima koje su dobili Plavša i sur. (2012) te Kocabey i sur. (2016). U većini vina u ovom istraživanju je došlo do smanjenja koncentracije ferulinske kiseline tijekom dozrijevanja vina, a slično utvrđuju i Rubio-Bretón i sur. (2018). Smanjenjem ferulinske kiseline dolazi do značajnog povećanja 4-etilfenola i 4-etilgvajakola, odnosno do procesa enzimatske dekarboksilacije uz prisustvo enzima vinilfenol reduktaze (Gury i sur., 2004).

Na temelju rezultata dobivenih u ovom istraživanju može se zaključiti da je ekstrakcija hidroksicimetnih kiselina imala različite obrasce ponašanja kroz dvije istraživačke godine, međutim u obje godine je produljena postfermentacijska maceracija pokazala lošije rezultate. Hidroksicimetne kiseline su većinom smještene u mesu u hipodermalnim stanicama i stanicama placente te u vakuolama mezokarpa (Waterhouse i sur., 2016) stoga dulje maceracije ne utječu na povećanje njihove ekstrakcije. Međutim, razlog zbog kojeg dolazi do značajnih promjena u koncentracijama hidroksicimetnih kiselina je i u brojnim reakcijama koje se odvijaju tijekom vinifikacije i dozrijevanja vina. One su važni spojevi u oksidacijskim procesima vina (Moreno-Arribas i Polo, 2009), imaju značajan utjecaj na boju crnog vina, vežu se s antocijanima i sudjeluju u procesu kopigmentacije (Hornedo-Ortega i sur., 2020), a utječu i na stvaranje piroantocijana, odnosno pigmenata koji nastaju izravnom reakcijom hidroksicimetnih kiselina i vinilfenola s antocijanima prisutnim u crnom vinu (Rentzsch i sur., 2007).

### 5.2.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju flavan-3-ola

Kao najzastupljeniji flavan-3-ol u vinima iz ovog istraživanja utvrđen je (+)-katehin, a isto su uočili i Jagatić Korenika i sur. (2021), Lingua i sur. (2016) te Alencar i sur. (2018). Povećanje koncentracije (+)-katehina s produljenjem trajanja maceracije uočeno je u ovom istraživanju te su značajno najviše koncentracije (+)-katehina u obje godine istraživanja detektirane u TM21 (S) tretmanu. Gomez-Plaza i sur. (2001) i Lecce i sur. (2013) također uočavaju značajan rast koncentracije (+)-katehina s produljenjem maceracije, što se može povezati s hidrolizom njegovog prekursora (-)-epikatehin galata (Alencar i sur., 2018). U ovom istraživanju drugi tretman koji je imao značajan utjecaj na povećanje koncentracije (+)-katehina bio je TPHT (S), a Lukić i sur. (2017) također uočavaju povećanje koncentracije (+)-katehina primjenom tretmana zagrijavanja. Uočena značajna smanjenja koncentracija (+)-katehina kao posljedica dozrijevanja vina u drvu u skladu su s rezultatima koje su dobili Monagas i sur. (2005) te Borazan i Bozan (2013), a smanjenje bi moglo biti posljedica

pretvorbe monomernih flavan-3-ola u stabilnije polimere ili rezultat reakcije s antocijanima ili drugim molekulama.

Kao što je već prethodno navedeno za (+)-katehin i njegov prekursor (-)-epikatehin imao je sličan obrazac kretanja koncentracija u vinima iz ovog istraživanja. Navodi se da je (-)-epikatehin prisutan i u kožici i u sjemenki bobice (Li i Duan, 2019), a Gambuti i sur. (2004) i Francesca i sur. (2014) također utvrđuju značajan rast njegove koncentracije s produljenjem trajanja maceracije. U ovom istraživanju TPHT (S) tretman ovisno o godini berbe ili nije utjecao na promjenu koncentracije (-)-epikatehina ili je utjecao na rast njegove koncentracije, dok suprotno tome Lukić i sur. (2017) navode značajno smanjenje koncentracije (-)-epikatehina nakon primijenjenog tretmana zagrijavanja. Dozrijevanje vina u drvu u ovom istraživanju je utjecalo na značajno smanjenje koncentracije (-)-epikatehina, a slično utvrđuju i Gambuti i sur. (2007). Navedeno smanjenje koncentracije (-)-epikatehina nakon dozrijevanja vina u drvenim bačvama moglo bi biti rezultat oksidativne degradacije, taloženja i apsorpcije te sudjelovanja u reakcijama kondenzacije i polimerizacije s drugim fenolima koji se oslobađaju iz drva.

Procijanidin B1 potvrđen je kao često prevladavajući procijanidin u crnom vinu (Ricardo-da-Silva i sur., 1993; Sun i sur., 2001; Kelebek i sur., 2010), a isto je utvrđeno i u ovom istraživanju u vinima iz obje berbe. Značajno više koncentracije procijanidina B1 utvrđene su u TM21 (S) tretmanu, a povećanje njegove koncentracije s produljenjem trajanja maceracije uočavaju i Kovač i sur. (1992). Moguće da je na povećanje koncentracije procijanidina B1 s primjenom TM21 (S) tretmana utjecao i veći postotak alkohola tijekom maceracije, s obzirom na činjenicu da se procijanidin B1 bolje ekstrahira pri većim postocima alkohola što su već prethodno utvrdili González-Manzano i sur. (2004). Borazan i Bozan (2013) primjenom predfermentacijskog tretmana zagrijavanja uočavaju slične ili manje koncentracije procijanidina B1 u odnosu na kontrolno vino, što je u skladu i s rezultatima ovog istraživanja, a slično navode i Netzel i sur. (2003). Dozrijevanje vina u drvenim bačvama je u ovom istraživanju utjecalo na značajno smanjenje koncentracija procijanidina B1, a Borazan i Bozan (2013) također navode da se koncentracije procijanidina B1 tijekom dozrijevanja u bocama u trajanju u šest mjeseci značajno smanjuju, a smanjenje povezuju sudjelovanjem u nekoliko kemijskih reakcija.

Uz procijanidin B1 i procijanidin B2 je također među zastupljenijim procijanidinima u ovom istraživanju, a slično utvrđuju i Alencar i sur. (2018). U ovom su istraživanju najviše koncentracije procijanidina B2 utvrđene u TM21 (S) tretmanu, a González-Manzano i sur. (2004) navode da je procijanidin B2 najzastupljeniji u sjemenkama bobice, iako se male koncentracije pronalaze i u kožici te također uočavaju proporcionalan rast koncentracije s



produljenjem maceracije. Povećanje koncentracije procijanidina B2 kod duljih maceracija uočavaju i Ivanova i sur. (2011). Primjena TPHT (S) tretmana rezultirala je istom koncentracijom procijanidina B2 u vinima iz berbe 2018. kao u kontrolnom tretmanu, dok je u berbi 2019. koncentracija procijanidina B2 u TPHT (S) tretmanu bila značajno viša u odnosu na kontrolni tretman. Suprotno tome Borazan i Bozan (2013) primjenom predfermentacijskog tretmana zagrijavanja uočavaju smanjenje koncentracije procijanidina B2, dok Lukić i sur. (2017) ne uočavaju značajno povećanje. Značajno smanjenje koncentracije procijanidina B2 koje je utvrđeno u svim tretmanima u vinima nakon dozrijevanja utvrđuju i Sanz i sur. (2012).

Procijanidin B3 je u odnosu na procijanidin B1 i B2 detektiran u nešto nižim koncentracijama u vinima iz ovog istraživanja, a slično je uočeno i u istraživanju Dallas i sur. (1995). González-Manzano i sur. (2004) navode da se procijanidin B3 većinom nalazi u sjemenkama bobice stoga se može zaključiti da dulje maceracije pogoduju ekstrakciji kao što je slučaj i u ovom istraživanju. Hornedo-Ortega i sur. (2020) navode da se procijanidin C1 većinom nalazi u kožici bobice dok se manje količine mogu pronaći i u sjemenkama. Podataka o utjecaju duljine maceracije, predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja i dozrijevanja u drvenim bačvama na koncentraciju procijanidina C1 u znanstvenoj literaturi nema, međutim s obzirom na karakterističan obrazac kretanja koncentracija ostalih procijanidina u ovom istraživanju te značajno više koncentracije u vinima gdje je primijenjen TM21 (S) tretman, može se zaključiti da dulje trajanje maceracije favorizira ekstrakciju procijanidina C1.

Flavan-3-oli se mogu pronaći i u sjemenkama i u kožici bobice, a s obzirom na njihovu topivost u vodi, značajna ekstrakcija flavan-3-ola koji se nalaze u unutarnjim stanicama hipoderme događa se u prva dva ili tri dana maceracije (Koyama i sur., 2007; Casassa i Harbertson, 2014). Međutim, na propusnost stanične stjenke i membrane utječu i čimbenici poput prisutnosti etanola, ugljikovog dioksida i koncentracije sumporovog dioksida. Također je uočeno da više temperature povećavaju ekstrakciju flavan-3-ola (Aleixandre i Toit, 2018). U usporedbi s ekstrakcijom flavan-3-ola iz kožice, njihovo oslobađanje iz sjemenki zahtjeva dulje maceracije zbog lipidnog omotača sjemenke (Busse-Valverde i sur., 2012; Soto-Hernández i sur., 2017) te dostiže maksimalnu ekstrakciju nakon dva do tri tjedna maceracije (González-Manzano i sur., 2004). Kemijska svojstva (hidrofobnost) i sastav (broj hidroksilnih skupina) također mogu utjecati na kinetiku ekstrakcije procijanidina (Koyama i sur., 2007; Aleixandre i Toit, 2018). Aktivnost enzima ima značajnu ulogu u interakciji procijanidina sa staničnom stjenkom kroz dekonstrukciju polisaharidnih mreža stanične stjenke te na taj način utječe na ekstrakciju procijanidina tijekom kontakta s kožicom bobice (Aleixandre i Toit, 2018). Na brzinu prijenosa flavan-3-ola tijekom procesa vinifikacije utječu

i drugi fizikalno-kemijski procesi koji moduliraju prijenos. Rast koncentracije monomernih i dimernih procijanidina može se pripisati i hidrolizi njihovih galoiliranih prekursora (Lingua i sur., 2016). Kocabey i sur. (2016) uočavaju smanjenje koncentracije flavan-3-ola nakon postizanja maksimuma što bi mogla biti posljedica adsorpcije talogom kvasaca, razgradnje, oksidacije ili kondenzacije.

### 5.2.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju stilbena

Koncentracije *trans*- i *cis*-piceida u svježim vinima iz berbe 2018. bile su značajno najviše u TM21 (S) tretmanu, dok značajnije razlike među preostala tri tretmana nisu utvrđene. Kostadinović i sur. (2012) također utvrđuju značajan utjecaj duljine maceracije na koncentraciju *trans*-piceida te najnižu koncentraciju bilježe u tretmanu trodnevne maceracije, dok značajno višu koncentraciju uočavaju u tretmanu maceracije u trajanju od deset dana. Povećanje koncentracije piceida s produljenjem trajanja maceracije može se objasniti činjenicom da je topljivost piceida veća u etanolu pa je stoga i ekstrakcija učinkovitija u posljednjoj fazi fermentacije i maceracije kad je koncentracija etanola viša. Suprotno od navedenih rezultata utvrđenih u vinima iz berbe 2018., u vinima iz berbe 2019. je značajno najviša koncentracija *trans*- i *cis*-piceida detektirana u kontrolnom TM7 (S) tretmanu, a više koncentracije u kontrolnom tretmanu odnosno razlog padu koncentracije s produljenjem trajanja maceracije moglo bi biti enzimatsko cijepanje glikozidne veze (Pezet i Cuenat 1996; Vrhovšek i sur., 1997). Lukić i sur. (2017) uočavaju značajno više koncentracije *trans*- i *cis*-piceida nakon primjene tretmana zagrijavanja, dok u ovom istraživanju povećanje primjenom TPHT (S) tretmana nije utvrđeno. U ovom istraživanju u zrelim vinima je utvrđeno smanjenje koncentracija *trans*-piceida, a povećanje koncentracija *cis*-izomera, međutim odnosi među tretmanima kod oba izomera ostali su isti kao i u svježim vinima, a koncentracije nakon dozrijevanja ostale su gotovo podjednake kao i u svježim vinima. Sun i sur. (2006) ne uočavaju značajne promjene tijekom šest mjeseci dozrijevanja vina te zaključuju da je piceid relativno stabilan u crnom vinu što djelomično odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja. Primjena TM21 (S) tretmana u vinima iz berbe 2018. utjecala je i na značajno povećanje koncentracije piceatanola, a De Carvalho i sur. (2021) također utvrđuju rast koncentracije piceatanola u tretmanima maceracije u trajanju od četiri do 16 dana. Suprotno tome, u vinima iz berbe 2019. su koncentracije piceatanola bile značajno najviše u kontrolnom tretmanu u odnosu na tretmane duljih maceracija, a Cantos i sur. (2003) utvrđuju slično, odnosno najviše koncentracije piceatanola bilježe nakon petodnevne maceracije.

Najviše koncentracije *trans*-resveratrola u svježim vinima u berbe 2018. zabilježene su u kontrolnom i TM21 (S) tretmanu, a Cvejić i Atanacković (2015) navode da se najviše

koncentracije *trans*-resveratrola nalaze u kožici bobice te da produljena maceracija u trajanju od deset dana i više koncentracije etanola povoljno utječu na njegovu topljivost i ekstrakciju. Pezet i Cuenat (1996) također utvrđuju više koncentracije *trans*-resveratrola nakon šestog dana maceracije pri povećanim koncentracijama etanola. S druge strane u vinima iz berbe 2019. značajno najviše koncentracije detektirane su u kontrolnom tretmanu, a smanjenje koncentracije *trans*-resveratrola s produljenjem trajanja maceracije odgovara i rezultatima istraživanja kojeg su proveli Mattivi i sur. (1995) nakon 14 dana maceracije, Gambuti i sur. (2004) nakon 10 dana maceracije te Poussier i sur. (2003) nakon osam dana maceracije. Navedeno smanjenje koncentracije *trans*-resveratrola može biti posljedica fiksacije od strane kvasaca, oksidacije, taloženja ili izomeracije u *cis*-resveratrol. Smanjenje koncentracije *trans*-resveratrola utvrđeno je primjenom TPHT (S) tretmana u obje godine u ovom istraživanju dok s druge strane Cvejić i Atanacković (2015) zaključuju da primjena tretmana zagrijavanja kod nekih sorti dovodi do povećanja koncentracije *trans*-resveratrola, dok se kod drugih sorti koncentracija ne mijenja. Smanjenje koncentracije *trans*-resveratrola koje je uočeno u ovom istraživanju u vinima iz berbe 2018. tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama utvrđuju i Castellari i sur. (2001), a oksidativna razgradnja, taloženje i apsorpcija te sudjelovanje u reakcijama kondenzacije i polimerizacije s drugim fenolima koji se oslobađaju iz drva (elagitanini), čimbenici su koji mogu utjecati na smanjenje koncentracije *trans*-resveratrola tijekom dozrijevanja.

Stilbeni se u grožđu većinom nalaze u kožici bobice (Babazadeh i sur., 2017), a u sjemenkama su pronađeni u tragovima (Németh i sur., 2017). De Carvalho i sur. (2021) ne navode značajne promjene u koncentracijama stilbena nakon osmog dana maceracije. Također, navodi se i da je difuzija stilbena u vino vrlo brza (Pezet i Cuenat, 1996) te da dostiže svoj maksimum od 10. do 12. dana maceracije (Roggero i Garcia Parrilla, 1995). Vrijedi naglasiti da se suma stilbena u vinima iz ovog istraživanja u berbi 2018. kreće od 28,98 do 35,74 mg/L u svježim vinima te od 27,35 do 34,86 mg/L u vinima nakon dozrijevanja te je prema proučenoj znanstvenoj literaturi među najvišim koncentracijama stilbena pronađenih u crnim vinima (Baptista i sur., 2001; Lamuela-Raventos i sur., 2002; Netzel i sur., 2003; Benbouguerra i sur., 2021).

### 5.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju ukupnih fenola

Pozitivan utjecaj TM21 (S) tretmana na koncentraciju ukupnih fenola utvrđen je u ovom istraživanju u vinima iz obje berbe, a povećanje koncentracije ukupnih fenola s produljenjem trajanja maceracije već prethodno utvrđuju Budić-Leto i sur. (2008), Gambuti i sur. (2009) te Joscelyne (2009). Kantz i Singleton (1991) navode povećanje ekstrakcije monomernih i

polimernih fenolnih spojeva s produljenjem maceracije, a De Carvalho i sur. (2021) također uočavaju povećanje koncentracije ukupnih fenola za čak 40 do 85 % u tretmanu produljene maceracije u odnosu na kontrolni tretman. U svježim vinima iz ovog istraživanja uočeno je povećanje od 20 % između kontrolnog tretmana i TPHT (S) u berbi 2018. te povećanje od 18 % za isti tretman u berbi 2019. Slično je uočeno i u istraživanju koje su proveli Wang i sur. (2016) koji u vinima gdje je primijenjen tretman zagrijavanja uočavaju značajno povećanje koncentracije fenolnih spojeva u odnosu na kontrolni tretman. Maza i sur. (2019) također uočavaju da primjena tretmana zagrijavanja između ostalog utječe na značajno povećanje koncentracije ukupnih fenola u vinu, a Atanacković i sur. (2012) navode da toplina uništava membrane stanica kože te tako utječe na olakšano otpuštanje različitih fenolnih spojeva iz kože u mošt. Posljednjih godina brojna istraživanja su usmjerena na pronalazak tehnologija koje bi mogle dovesti do slabljenja stanične stijenke i na taj način olakšati difuziju fenolnih spojeva tijekom vinifikacije. Tako je za tretman zagrijavanja uočeno da dovodi do bolje ekstrakcije i difuzije staničnih komponenti, međutim neki autori navode da visoka temperatura može uzrokovati i degradaciju fenolnih spojeva (Palma i Taylor, 1999).

Gambuti (2007) utvrđuje da dozrijevanje vina u drvu utječe na značajno povećanje koncentracije ukupnih fenola, što je bio slučaj i u ovom istraživanju u berbi 2019. kod TPHT (Z) tretmana čija je koncentracija ukupnih fenola nakon dozrijevanja značajno porasla. Rast koncentracije ukupnih fenola uočavaju Castellari i sur. (2001) te Kadim i Mannheim (1999), a moguće da je rast povezan s prijenosom hidrolizirajućih i nehidrolizirajućih tanina iz drva u vino (Puech i sur., 1999). Brojne druge studije također dokazuju da dozrijevanje u drvenim bačvama utječe na povećanje koncentracije ukupnih fenola u vinu (Rodrigues i sur., 2013; Bimpilas i sur., 2015; Gambuti i sur., 2017). S druge strane Aleixandre-Tudo i du Toit (2020) u istraživanju na 82 različite crne sorte vina uočavaju značajno smanjenje ukupnih fenola nakon 12 mjeseci dozrijevanja vina u drvenim bačvama, a isto uočavaju i Revilla i sur. (2005) na sorti 'Tempranillo'. Slično je uočeno i u ovom istraživanju, a rezultati bi mogli ukazivati na to da je koncentracija ukupnih fenola u svježim vinima u početku povišena zbog doticaja s kisikom tijekom određenog razdoblja, a nakon nekog vremena ukupni fenolni postaju manje uključeni u reakcije oksidacije i degradacije.

#### 5.4. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju slobodnih i ukupnih antocijana

Antocijani se uglavnom ekstrahiraju u prvim fazama fermentacije (Gao i sur., 1997), a njihova ekstrakcija ne ovisi samo o njihovoj koncentraciji nego i o sposobnosti kože da ih oslobodi, a navedeno je posljedica degradacije stanične stijenke od strane pektolitičkih

enzima. Uzimajući u obzir činjenicu da se antocijani ekstrahiraju u vino tijekom procesa maceracije/fermentacije, znanje o njihovoj ekstraktibilnosti može doprinijeti kvaliteti upravljanja u ovoj fazi vinifikacije i predviđanju boje vina (Jagatić Korenika i sur., 2015). U ranijim istraživanjima je dokazano da se najviše razine antocijana u vinu postižu maceracijom u trajanju između tri i šest dana (Reynolds i sur., 2001; Kelebek i sur., 2006; Şener i Yildirim, 2013) te da se koncentracije antocijana smanjuju tijekom produljene maceracije što se može objasniti apsorpcijom antocijana od strane sjemenki grožđa, peteljki, kožice, tanina te kvasca tijekom proizvodnje vina, a slično je uočeno i u drugoj godini ovog istraživanja gdje su značajno najviše koncentracije slobodnih i ukupnih antocijana detektirane u kontrolnom tretmanu gdje je maceracija trajala sedam dana. Budić-Leto i sur. (2005) zaključuju da duža maceracija ne utječe značajno na koncentraciju malvidin-3-O-glukozida, peonidin-3-O-glukozida, petunidin-3-O-glukozida i delphinidin-3-O-glukozida, što povezuju s povećanom ekstrakcijom flavan-3-ola, a posebice katehina i procijanidina tijekom produljene maceracije, a ranije je utvrđeno da u vinu dolazi do interakcije između antocijana i flavan-3-ola odnosno tvorbe antocijan-tanin polimera (Bakker i sur., 1993).

Jordão i sur. (2012) navode da razine pojedinih antocijana značajno variraju tijekom razdoblja ekstrakcije, međutim također se slažu s prethodnim istraživanjima te potvrđuju da je za antocijane karakteristična povećana ekstrakcija između drugog i šestog dana maceracije nakon čega slijedi smanjenje i oscilacija u njihovoj koncentraciji. Joscelyne (2009) također navodi značajno smanjenje koncentracije antocijana primjenom produljene postfermentacijske maceracije. Suprotno tome, Gomez-Plaza i sur. (2001) utvrđuju da dulja maceracija u trajanju od deset dana utječe na povećanje koncentracije antocijana kao i Plavša i sur. (2012). Tijekom tradicionalne maceracije iz grožđa u vino se ekstrahira samo oko 40 % antocijana (Cerpa-Calderón i Kennedy, 2008; El Darra i sur., 2016), a ograničena ekstrakcija uglavnom je posljedica nedovoljne propusnosti staničnih stijenki i membrane citoplazme (Monagas i sur., 2005). Stoga su posljednjih godina brojna istraživanja usmjerena prema pronalasku tehnologija koje će utjecati na slabljenje stanične stijenke i time povećati ekstrakciju antocijana (Sacchi i sur., 2005; López i sur., 2008), a kao rezultat primjene jedne od takvih tehnologija, odnosno termovinifikacije došlo je do povećanja ekstrakcije antocijana (Auw i sur., 1996; Fretté i sur., 2012; de Andrade Neves i sur., 2014). Gao i sur. (1997) navode čak dvostruko povećanje koncentracije antocijana primjenom tretmana zagrijavanja, a Piccardo i González-Neves (2013) uočavaju gotovo trenutno povećanje koncentracije antocijana nakon primjene tretmana zagrijavanja. Chiaramonti i sur. (1999) utvrđuju da vina dobivena klasičnom maceracijom te termovinifikacijom imaju sličnu koncentraciju antocijana, ali se njihova struktura razlikuje. Tretman zagrijavanja

rezultira vinima bogatim antocijanima u obliku kinonske baze (plava), karbinol pseudo baze (bezbojna) i halkona (blijedo žuta), dok klasična maceracija rezultira vinom koje je bogatije antocijanima u obliku flavilijeovog kationa (crvena). Međutim, suprotno navedenom, uočeno je da tretman zagrijavanja može i negativno utjecati na antocijane (Geffroy i sur., 2015a), a kao posljedica njihove degradacije može doći do brzog i nepovratnog gubitka boje vina (Bordignon-Luiz i sur., 2007). Geffroy i sur. (2017) utvrđuju značajno više koncentracije antocijana u kontrolnom tretmanu u odnosu na primijenjeni tretman zagrijavanja, što sugerira ili modifikaciju strukture antocijana ili razgradnju tijekom tretmana zagrijavanja prije fermentacije, a rezultati su u skladu i s rezultatima ovog istraživanja gdje je koncentracija slobodnih i ukupnih antocijana u svježim vinima iz obje godine istraživanja bila manja u TPHT (S) tretmanu u odnosu na kontrolni tretman. Navodi se i da degradaciju antocijana može potaknuti dodatno povećanje temperature (Sarni-Manchado i sur., 1997), a Ribéreau-Gayon i sur. (2006) utvrđuju da bi navedeno smanjenje koncentracije moglo biti i rezultat pomaka u ravnoteži prema bezbojnom obliku kalkona te naknadnog raspadanja ugljikovog lanca molekule kalkona. Hidroliza glikozida bi mogla biti još jedno objašnjenje navedenog pada koncentracije antocijana (Tseng i sur., 2006).

Mlado vino sadrži većinom slobodne antocijane koji nisu osobito stabilni (He i sur., 2012) te se njihova koncentracija značajno smanjuje tijekom dozrijevanja vina (Burns i sur., 2001), dijelom kao rezultat oksidacije antocijana ali i dijelom zbog kondenzacije antocijana s drugim fenolnim spojevima (Budić-Leto i sur., 2005). Gambuti i sur. (2007) uočavaju da vina nakon dozrijevanja u drvenim bačvama imaju značajno niže razine antocijana u odnosu na vina koja dozrijevaju u tankovima od nehrđajućeg čelika i pritom također navode da reakcije poput oksidacije, polimerizacije i kondenzacije pojačane difuzijom kisika kroz dužice bačve te fenomen adsorpcije na površinu drva mogu biti odgovorni za nižu koncentraciju antocijana u vinima koja dozrijevaju u hrastovim bačvama, a slično navode i Carpena i sur. (2020). Progresivno smanjenje koncentracije antocijana tijekom dozrijevanja vina u drvenim bačvama kao rezultat brojnih reakcija antocijana s flavanolima utvrđuju i Budić-Leto i sur. (2008). Prisutnost kisika jako pogoduje polimerizaciji antocijana stoga vina koja dozrijevaju u drvenim bačvama manjeg volumena gdje je veći doticaj vina s kisikom imaju niže koncentracije antocijana, a više koncentracije polimernih antocijana (Perez-Prieto i sur., 2003).

## 5.5. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na antioksidacijski kapacitet

S obzirom da fenolni spojevi značajno doprinose antioksidacijskom kapacitetu vina, tretmani TM21 (S) i TPHT (S) su utjecali na povećanje kako koncentracije fenolnih spojeva

tako i vrijednosti antioksidacijskoga kapaciteta. Kocabey i sur. (2016) također zaključuju da promjene u koncentraciji fenolnih spojeva tijekom maceracije značajno utječu i na promjene u antioksidacijskom kapacitetu vina, a isti autori uočavaju da dulja maceracija u trajanju od 15 dana dovodi do značajno najviše koncentracije fenolnih spojeva te slijedom toga i do najvišeg antioksidacijskog kapaciteta. Brojna istraživanja pokazuju utjecaj koncentracije ukupnih fenola, flavan-3-ola (posebice katehina) i fenolnih kiselina (posebice galne kiseline) na antioksidacijski kapacitet crnog vina (Villano i sur., 2006; Di Majo i sur., 2008; Plavša i sur., 2012). Ortega-Heras i sur. (2012) također navode da promjene u koncentraciji fenolnih spojeva tijekom procesa vinifikacije, uključujući i maceraciju imaju određeni učinak na antioksidacijski kapacitet vina, odnosno da antioksidacijska aktivnost ovisi o koncentraciji nekih flavonoida, uključujući hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline, flavan-3-ole, flavonole, flavanone i stilbene. Navedeni spojevi svojom koncentracijom i svojstvima djeluju kao „hvatači“ slobodnih radikala što im omogućuje da štite stanice od oksidacijskog djelovanja, odnosno da doniraju vodik i elektrone ili djeluju kao hvatači kisika (Paganga i sur., 1999). Izuzev prethodno navedenih fenolnih spojeva, brojne studije navode i antocijane kao spojeve koji značajno pridonose antioksidacijskim svojstvima crnog vina (Beecher, 2003; Wang i sur., 2004; Kallithraka i sur., 2005), a Fernández-Pachón i sur. (2004) navode da flavan-3-oli i antocijani čine 32-40 % od ukupne antioksidacijske aktivnosti crnih vina. Suprotno tome, drugi autori navode da ne postoji korelacija između antioksidacijske aktivnosti i koncentracije antocijana (Burns i sur., 2001; Jordão i sur., 2012).

Atanacković i sur. (2012) navode da tretman zagrijavanja masulja povećava antioksidacijski kapacitet u vinima nekih sorti, dok u vinima drugih sorti dolazi do smanjenja. Također, ista skupina autora navodi da primjenom tretmana zagrijavanja dolazi do povećanja koncentracije ukupnih fenola, što dovodi i do povećanja antioksidacijskog kapaciteta vina, a navedeni rezultati odgovaraju i rezultatima ovog istraživanja. Netzel i sur. (2003) uočavaju da predfermentacijski tretman zagrijavanja nakon kojeg slijedi maceracija značajno utječe na povećanje antioksidacijskog kapaciteta u odnosu na kontrolno vino, štoviše utvrđuju korelaciju između koncentracije flavanoida i stilbena te antioksidacijskog kapaciteta. Ginjom i sur. (2010) uočavaju blago smanjenje antioksidacijske aktivnosti tijekom dozrijevanja vina u drvenim bačvama te navode da su obrasci za antioksidacijsku aktivnost vina vrlo slični onima zabilježenim za koncentraciju ukupnih fenola te koncentraciju tanina, što dodatno potvrđuje i pozitivna korelacija između ovih parametara. Carpena i sur. (2020) navode da tijekom dozrijevanja dolazi do značajnih promjena kao posljedica reakcija poput polimerizacije, oksidacije i kopigmentacije što ima utjecaj na antioksidacijsku aktivnost vina, a Lachman i Sulc (2009) utvrđuju da do smanjenja antioksidacijske aktivnosti tijekom

dozrijevanja vina u drvenim bačvama uzrokuju reakcije kondenzacije flavanola. S druge strane Morata i sur. (2019a) navode elagitanine, spojeve koji se ekstrahiraju iz hrastovih bačvi u vino kao spojeve koji imaju snažna antioksidacijska svojstva.

## 5.6. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju vitamina

Stabilnost vitamina je često ugrožena zbog različitih tehnoloških postupaka tijekom vinifikacije, a posebice uslijed promjena temperature, a navedeno objašnjava i smanjenje koncentracije vitamina C tijekom fermentacije i dozrijevanja u ovom istraživanju. Vazquez i sur. (2009) uočavaju da vitamin C u prisustvu kisika vrlo lako oksidira što također objašnjava smanjenje njegove koncentracije, a Evers i sur. (2021) navode da dva metabolički aktivna oblika vitamina C, askorbinska kiselina i dehidroaskorbinska imaju oksidacijsko-redukcijska svojstva, međutim, unatoč reakciji koja je teoretski reverzibilna dehidroaskorbinska kiselina općenito nestaje jer je u vinu nestabilna. Najniže koncentracije vitamina C u svježim vinima iz ovog istraživanja su zabilježene u TPHT (S) tretmanu, a slično utvrđuju i Nollet i Toldra (2012). Smanjenje koncentracije vitamina C utvrđeno je i u vinima nakon dozrijevanja, a razlog smanjenju koncentracije je činjenica da askorbinska kiselina vrlo brzo oksidira u prisustvu kisika i pri visokim temperaturama.

Koncentracije vitamina B1 su primjenom TM21 (S) tretmana u ovom istraživanju značajno porasle, a pretpostavljeno je da su kožice i sjemenke bogatije ovim spojem od mesa te da se duljinom maceracije proporcionalno povećava i ekstrakcija vitamina B1. Velić i sur. (2018) zaključuju da kvasac koristi vitamin B1 tijekom fermentacije te da su njegove razine u vinu neznatne, a također utvrđuju i da se koncentracija tiamina smanjuje prilikom reakcije sa SO<sub>2</sub> tijekom fermentacije. Radeka i sur. (2022) uočavaju da su koncentracije vitamina B1 općenito niske ali znatno niže u bijelim vinima u usporedbi s crnim vinima, a isto uočavaju i Evers i sur. (2021). Općenito, u fermentiranim proizvodima dolazi do povećanja koncentracije tiamina produljenjem procesa fermentacije, odnosno produljenjem kontakta između taloga kvasca i vina (Barba i sur., 2019), što također korespondira s rezultatima u ovom istraživanju. Navodi se i da je stabilnost tiamina najviše pod utjecajem temperature, odnosno da je tiamin od svih vitamina B skupine najosjetljiviji na visoke temperature (Nollet i Toldra, 2012; Ball, 2013), što također odgovara rezultatima ovog istraživanja gdje je TPHT (S) tretman doveo do značajnog smanjenja koncentracija vitamina B1 u vinima tijekom obje godine istraživanja.

U vinima TM21 (S) tretmana utvrđen je i rast koncentracije vitamina B2, što odgovara i rezultatima istraživanja kojeg su proveli Radeka i sur. (2022) te su zaključili da su



koncentracije vitamina B2 značajno više kod crnih vina u odnosu na bijela na temelju čega se može pretpostaviti da se vitamin B2 pretežno nalazi u kožici i sjemenki. S druge strane Evers i sur. (2021) pretpostavljaju da riboflavin u moštu i vinu vjerojatno nastaje djelovanjem kvasaca, odnosno da se ne ekstrahira iz čvrstih dijelova bobice. Radeka i sur. (2022) uočavaju da su u svim vinima nakon dozrijevanja koncentracije vitamina B2 značajno niže u usporedbi s mladim vinima, što je također u skladu s rezultatima ovog istraživanja, stoga se može zaključiti da je izlaganje vina kisiku utjecalo na smanjenje koncentracije vitamina B2. Razlog smanjenju koncentracije tijekom dozrijevanja je vjerojatno i fotosjetljivost riboflavina (Moreno i Peinado, 2012), a Ball (1998) također zaključuje da vitamin B2 degradira tijekom izlaganja ultraljubičastim i vidljivim spektrima svjetlosti.

Evers i sur. (2021) uočavaju da vina dobivena od crnih sorti grožđa imaju i višu koncentraciju vitamina B3 u odnosu na bijela, a isto zaključuju i Radeka i sur. (2022). Moreno i Peinado (2012) također navode da duži kontakt između kožice, sjemenke i taloga kvasca sa sokom dovodi do povećanja koncentracije vitamina B3, a navedeno odgovara i rezultatima dobivenim u ovom istraživanju gdje je najveća koncentracija vitamina B3 utvrđena u vinima tretmana duljih maceracija. Radeka i sur. (2022) zaključuju da je koncentracija vitamina B6 značajno niža u bijelim vinima u odnosu na crna, kao i Hall i sur. (1956) koji uočavaju značajno smanjenje koncentracije vitamina B6 tijekom procesa fermentacije. Nollet i Toldra (2012) navode da je vitamin B6 jako osjetljiv na visoke temperature, što je razlog smanjenju koncentracije u TPHT (S) tretmanu u ovom istraživanju. Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da produljena postfermentacijska maceracija ima značajan utjecaj na ekstrakciju i povećanje koncentracije vitamina B skupine. Također, može se zaključiti i da su vitamin C kao i vitamini B skupine osjetljivi na visoke temperature te prisustvo kisika i svjetla.

## 5.7. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju makro- i mikroelemenata

Među svim makroelementima detektiranim u vinima iz ovog istraživanja kalij je detektiran kao element s najvišom koncentracijom u vinu sorte 'Teran', a isto uočavaju i Grindlay i sur. (2011). Dokazano je da više čimbenika utječe na koncentraciju kalija u vinu, uključujući sortu grožđa, tlo i klimatske prilike, vrijeme berbe, pH vrijednost, temperaturu fermentacije, trajanje maceracije te uvjete dozrijevanja i skladištenja (Núñez i sur., 2000; Taylor i sur., 2003; Pohl, 2007), a u ovom je istraživanju utvrđeno povećanje koncentracije kalija s produljenjem trajanja maceracije. Prema Ribéreau-Gayonu (2000) kalija ima više u crnim nego u bijelim vinima što objašnjavaju sposobnošću fenola da inhibiraju taloženje kalijeva ditartarata. Kaya i sur. (2017) uočavaju smanjenje koncentracije kalija tijekom dozrijevanja

u drvenim bačvama što se može objasniti kroz proces fizikalno-kemijske stabilizacije vina odnosno kroz taloženje kalijevog bitartarata tijekom starenja vina. Dokazano je da se u pepelu drva nalaze visoke koncentracije kalija (Fengel i Wegener, 2011) te se očekuje da će se koncentracije nakon dozrijevanja povećati prelaskom kalija iz drva u vino, u ovom je istraživanju ipak došlo do pada koncentracije, a pretpostavlja se da je do toga došlo zbog većeg taloženja kalijevog bitartarata u odnosu na količine koje su se ekstrahirale iz drva u vino.

Tretman produljene postfermentacijske maceracije, odnosno TM21 (S) tretman, značajno je utjecao i na povećanje koncentracije kalcija. Curvelo-Garcia (1988) navodi da kalcija ima više u kožici i sjemenkama nego u mesu, a Shimizu i sur. (2020) navode da od svih istraživanih tehnologija, maceracija ima najveći utjecaj na značajnu promjenu koncentracije u čak 17 od istraživanih 18 minerala, među kojima je i koncentracija kalcija značajno porasla. Bica i sur. (2020) navode da su koncentracije kalcija prisutne u mesu daleko ispod onih prisutnih u kožici i sjemenkama bobice te da su više koncentracije kalcija tijekom dužih maceracija posljedica toga. Kaya i sur. (2017) uočavaju smanjenje koncentracije kalcija tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama, što se može objasniti kroz proces taloženja kalijevog tartarata tijekom dozrijevanja vina. Kalcij s kiselinama tvori soli (tartarate, glukonate, oksalate itd.) od kojih nastaju talozi, a samo taloženje se odvija polagano. Također, kao i kod kalija navodi se da se u pepelu drva mogu naći i visoke koncentracije kalcija (Fengel i Wegener, 2011), međutim i u ovom slučaju se može zaključiti da je stupanj taloženja kalijevog tartarta bio veći u odnosu na ekstrakciju kalcija iz drva u vino te je navedeno rezultiralo smanjenjem koncentracije kalcija u svim tretmanima nakon dozrijevanja.

Na koncentraciju magnezija u vinu utječu između ostalog i pH vrijednost, vrijeme i temperatura čuvanja, koncentracija etanola, tartarata i sulfata (Ough i sur., 1989), međutim u ovom istraživanju pretpostavlja se da je najveći utjecaj na povećanje koncentracije magnezija imala duljina maceracije. Curvelo-Garcia (1988) navodi da se više magnezija nalazi u kožici i sjemenkama nego u mesu, a utjecaj maceracije na koncentraciju magnezija u vinu uočavaju i Leder i sur. (2015), Płotka-Wasyłka i sur. (2018) te Radeka i sur. (2022). Kaya i sur. (2017) uočavaju značajan rast koncentracije magnezija nakon dozrijevanja vina u drvenim bačvama. Kao što je prethodno navedeno kod kalija i kalcija navodi se i da je magnezij jedan od glavnih sastojaka pepela drva te se može zaključiti da se tijekom šest mjeseci dozrijevanja vina značajna količina magnezija ekstrahirala iz drva u vino. Ribéreau-Gayon i sur. (2006) navode da koncentracije magnezija ne padaju tijekom fermentacije i starenja jer su sve magnezijeve soli dobro topive. Više koncentracije natrija pronađene u

svim tretmanima u ovom istraživanju posljedica su blizine mora (400 metara) što su već potvrdili Eschnauer i Neeb (1988). Iland i Coombe (1988) uočavaju da se natrij nalazi u kožici bobice što opravdava više koncentracije natrija u vinima duljih maceracija u ovom istraživanju. Također, ista skupina autora navodi da se natrij i fenolni spojevi iz kožice bobice ekstrahiraju na sličan način.

Duljina maceracije imala je značajan utjecaj na ekstrakciju svih makroelemenata, međutim kod mikroelemenata najveći je utjecaj na povećanje koncentracije imao predfermentacijski tretman zagrijavanja, odnosno TPHT (S) tretman. Karaš i sur. (2020) uočavaju da su u bijelim vinima više koncentracije aluminijske u odnosu na crna vina dok Mckinnon i sur. (1992) navode da se više koncentracije aluminijske nalaze u vinima nakon kontakta s metalima poput nehrđajućeg čelika. S obzirom da je TPHT (S) tretman imao najveću koncentraciju aluminijske u obje godine iz ovog istraživanja može se pretpostaviti da je na povećanje koncentracije utjecala i visoka temperatura tijekom tretmana u vinifikatoru od nehrđajućeg čelika. Metalni kationi poput aluminijske mogu tvoriti komplekse s antocijanima što može dovesti do pada koncentracije aluminijske tijekom dozrijevanja vina (Moreno-Arribas i Polo, 2009), što je vjerojatno bio slučaj i u ovom istraživanju. S druge strane Almeida i Vasconcelos (2003) tijekom procesa dozrijevanja uočavaju rast koncentracija aluminijske. Radeka i sur. (2022) navode da crna vina u prosjeku imaju značajno više koncentracije bakra u odnosu na bijela vina, a slično uočavaju Karadjova i sur. (2002), Lara i sur. (2005) te Mirlean i sur. (2005), na temelju čega se može zaključiti da je navedeno rezultat maceracije kod crnih vina, što odgovara i rezultatima dobivenim u ovom istraživanju gdje je primjena tretmana produljene postfermentacijske maceracije, odnosno TM21 (S) tretmana, značajno utjecala na povećanje koncentracije bakra. U istraživanju Kaya i sur. (2017) utjecaj drva i dozrijevanja kao i u prvoj godini iz ovog istraživanja nema značajnog utjecaja na promjene u koncentraciji bakra u vinu. Do promjena, odnosno do pada koncentracije bakra nakon dozrijevanja vina u drugoj godini istraživanja moguće da je došlo uslijed reakcija s fenolima, a slično uočavaju Bimpilas i sur. (2016). Bitno je naglasiti da su koncentracije bakra u svim vinima iz ovog istraživanja iz obje berbe detektirane u tragovima te da su ispod maksimalnih dopuštenih granica od 1 mg/L koje propisuje Međunarodna organizacija za lozu i vino (OIV, 2019) te Pravilnik o proizvodnji vina (NN 2/2005) i Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani (NN 16/2005).

Željezo je prevladavajući mikroelement u vinu, a na njegovu koncentraciju može utjecati njegova koncentracija u tlu, u prašini na bobicama te kontaminacija za vrijeme berbe i vinifikacije (Galani-Nikolakaki i sur., 2002). Radeka i sur. (2022) uočavaju značajno više koncentracije željeza u crnim vinima u odnosu na bijela, čime se može pretpostaviti da se

više koncentracija željeza nalaze u kožici bobice. Curvelo-Garcia (1988) također navodi da je kožica bobice grožđa posebno bogata željezom, pa su tako i crna vina zbog fermentacije uz prisustvo kožice bogatija željezom od bijelih vina, a slično su zaključili i Leder i sur. (2015). Bitno je naglasiti da su koncentracije željeza u svim tretmanima u obje godine istraživanja detektirane ispod maksimalnih dopuštenih granica od 10 mg/L koje propisuje Međunarodna organizacija za lozu i vinu (OIV, 2019) te Pravilnik o proizvodnji vina (NN 2/2005) i Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani (NN 16/2005). Željezni ioni mogu formirati komplekse s antocijanima što može dovesti do smanjenja koncentracije željeza s vremenom, odnosno tijekom procesa dozrijevanja vina (Moreno-Arribas i Polo, 2009), što je utvrđeno i u ovom istraživanju. Prema Ribéreau-Gayonu (2000) sjemenke sadrže tri puta više mangana od kožice i 30 puta više od mesa, što može objasniti više koncentracije mangana u tretmanima duljih maceracija u ovom istraživanju, a Radeka i sur. (2022) također navode da se značajno više koncentracije mangana nalaze u crnim vinima u odnosu na bijela što također insinuiraju utjecaj maceracije na koncentraciju mangana u vinu.

## 5.8. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hlapljivih spojeva arome

### 5.8.1. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju monoterpena

U procesu vinifikacije monoterpenski spojevi prolaze kroz različite vrste reakcija, a njihove transformacije su enzimatski potaknute (Puhelek, 2016). Promjene monoterpena u moštu i vinu uključuju kiselinsku i enzimski kataliziranu hidrolizu, izomeraciju i ciklizaciju (Mateo i Jiménez, 2000). Navedene reakcije uz djelovanje kvasaca se odvijaju tijekom maceracije i alkoholne fermentacije, a na koncentraciju monoterpena utječu i različiti procesi poput ekstrakcije iz kožice (Mihnea i sur., 2015), hidrolize vezanih oblika, pretvorbe inducirane kvascima i gubitka odnosno apsorpcije na čvrste tvari poput kožica i sjemenki (Mahon i sur., 1999). Kožica grožđa sadrži veću koncentraciju slobodnih i glikoliziranih monoterpena u odnosu na meso (Ribéreau-Gayon i sur., 2006) te maceracija općenito pogoduje ekstrakciji monoterpena. U ovom je istraživanju uočeno suprotno prethodno navedenom, odnosno više koncentracije monoterpena su detektirane u kontrolnom tretmanu u odnosu na tretman produljene postfermentacijske maceracije, odnosno TM21 (S), a moguće objašnjenje je da se dio monoterpenskih glikozida smanjio tijekom fermentacije i produljene maceracije zbog taloženja, apsorpcije od strane stanica kvasca i čvrstih tvari, kao i hidrolize.

Tijekom predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja, odnosno TPHT (S) tretmana, u ovom istraživanju je također došlo do značajnog smanjenja koncentracije monoterpena, a slično

uočavaju Geffroy i sur. (2015a) te zaključuju da dolazi do toplinske degradacije nekoliko skupina aromatskih spojeva, a među njima i monoterpene pri zagrijavanju tijekom 3 sata na 70 °C. Premda je u istraživanju koje su proveli Geffroy i sur. (2015a) očekivano da će tretman zagrijavanja dovesti do povećanja koncentracije svih monoterpena, vina dobivena tretmanom zagrijavanja u trajanju od 3 sata na 75 °C imaju nižu koncentraciju geraniola i  $\beta$ -citronelola, a višu koncentraciju  $\alpha$ -terpineola. Više razine  $\alpha$ -terpineola mogle bi biti posljedica toplinske razgradnje geraniola i  $\beta$ -citronelola. Lukić i sur. (2017) u vinu gdje je primijenjen predfermentacijski tretman zagrijavanja uočavaju smanjenje koncentracije monoterpena. I tijekom procesa dozrijevanja dolazi do značajnih promjena u koncentracijama i sastavu monoterpena (Rapp i Mandery, 1986). Može doći do cijepanja i oslobađanja iz glikozidnih veza što dovodi do rasta njihove koncentracije, dok s druge strane može doći i do oksidacije i smanjenja koncentracije. Lukić i sur. (2015) ističu visoke negativne koeficijente korelacije između linalola, nerola, citronelola, geraniola i trajanja dozrijevanja maceriranih vina. Također, ista skupina autora navodi i da dolazi do povećanja koncentracije  $\alpha$ -terpineola tijekom dozrijevanja što je u skladu i s prethodnim istraživanjima gdje autori navode da  $\alpha$ -terpineol nastaje oksidacijom drugih monoterpena (Ferreira i sur., 1997; Oliveira i sur., 2008), a isto je uočeno i u ovom istraživanju. Štoviše, autori navode da se muškatna aroma linalola čiji miris podsjeća na iris dozrijevanjem postupno zamjenjuje  $\alpha$ -terpineolom čiji miris podsjeća na bor. Tijekom dozrijevanja neki od monoterpena mogu se transformirati u laktone i ketone (Kostrz i Satora, 2018). Većina monoterpenskih alkohola se pretvara u okside terpena, a oni imaju senzorni prag detekcije i do 10 puta viši od svojih prekursora, a samim time i veći utjecaj na senzornu kvalitetu vina.

#### 5.8.2. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju C<sub>13</sub>-norizoprenoida

Duljina maceracije u ovom istraživanju nije značajno utjecala na povećanje koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida bez obzira na činjenicu da se najviše koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida kao i monoterpena nalaze u kožici bobice, odnosno čak 79 do 94 % od ukupne koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida prisutnih u bobici (Slegers i sur., 2015). U istraživanju Lukić i sur. (2015) najviša koncentracija C<sub>13</sub>-norizoprenoida utvrđena je u vinima proizvedenim produljenom maceracijom i dozrijevanjem. Lukić i sur. (2017) ne uočavaju značajne promjene primjenom predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja u odnosu na kontrolni tretman, dok Geffroy i sur. (2015a) bilježe značajno smanjenje koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida nakon primijenjenog tretmana zagrijavanja, a navedeno odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja gdje je koncentracija bila značajno manja u tretmanu predfermentacijskoga zagrijavanja u odnosu na kontrolni tretman. U ovom je istraživanju utvrđeno značajno smanjenje koncentracije  $\beta$ -damaskenona i  $\beta$ -ionona u vinima TPHT (S)

tretmana odnosu na kontrolni tretman, a Geffroy i sur. (2015a) uočavaju slično. Smanjenje koncentracije C<sub>13</sub>-norizoprenoida može se objasniti prekidom aktivnosti enzima zbog denaturacije.

Tijekom dozrijevanja vina u ovom istraživanju došlo je do formiranja novih spojeva iz skupine C<sub>13</sub>-norizoprenoida poput aktinidol etil etera I i II, TDN-a, TPB-a te aktinidola I i II. Ferreira i de Pinho (2004) također uočavaju formiranje TDN-a te smatraju da nastaje razgradnjom karotenoidnih molekula tijekom dozrijevanja vina, a Qian i sur. (2022) uočavaju povećanje koncentracije TDN-a u vinu sorte 'Cabernet Sauvignon' tijekom dozrijevanja u drvenim hrastovim bačvama. Čimbenici poput kisika, temperature i pH značajno utječu na oksidativne promjene tijekom dozrijevanja vina u hrastovim bačvama. Drugi autori pronalaze pozitivnu korelaciju između koncentracije vitispirana, TDN-a i aktinidola tijekom dozrijevanja vina (Ferreira i sur., 1997), a pozitivnu korelaciju između vremena dozrijevanja i rasta koncentracije TDN-a i TPB-a utvrđuju i Slaghenaufi i Ugliano (2018). U skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju Pereira i sur. (2014) također bilježe rast koncentracije aktinidola tijekom procesa dozrijevanja. Spomenuti rast vjerojatno je rezultat transformacije određenih norizoprenoidnih prekursora tijekom dozrijevanja, kako pretpostavljaju i Oliveira i sur. (2008). Ista skupina autora navodi i da tijekom dozrijevanja dolazi do pada koncentracije β-damaskenona te navedeno objašnjavaju kao posljedicu njegovog brzog oslobađanja iz prekursora 3,6,9-trihidroksimegastigma-6,7-diena i reakcije sa sumpornim dioksidom. Smanjenje koncentracije β-damaskenona tijekom dozrijevanja uočen je i kod većine tretmana u ovom istraživanju.

### 5.8.3. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju C<sub>6</sub>-alkohola

C<sub>6</sub> spojevi općenito nastaju aktivacijom enzima: lipoksigenaze (LOX), hidroperoksidliaze (HPL), (3Z)-(2E)-enalizomeraze i alkohol dehidrogenaze (ADH) koji se sintetiziraju, aktiviraju i/ili oslobađaju iz grožđa tijekom procesa muljanja (Robinson i sur., 2014; Trdenić, 2020). Pokazano je i da može doći do interakcija fenolnih spojeva i hlapljivih spojeva arome (Pozo-Bayón i Reineccius, 2009) pa je moguće da je to bio slučaj i u ovom istraživanju gdje su značajno najviše koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola utvrđene u kontrolnom, TM7 (S) tretmanu. U istraživanju Ivanova i sur. (2011) uočen je blagi ali ne i statistički značajan rast koncentracije 1-hexanola od 4. do 14. dana maceracije, dok u vinu proizvedenom maceracijom u trajanju od 30 dana bilježe smanjenje koncentracije. Radeka i sur. (2012) zaključuju da je smanjenje koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola posljedica fiksacije na makromolekule, a uz makromolekule Ferreira i sur. (2000) dodatno navode i mogućnost fiksacije na kožice bobice. Smanjenje koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola se u nekim slučajevima može smatrati i pozitivnim jer više

koncentracije C<sub>6</sub> spojeva u vinu mogu negativno utjecati na aromu. U istraživanju Yilmaztekin i sur. (2015) koncentracije 1-heksanola su značajno najviše u vinu gdje je maceracije trajala pet dana u odnosu na vina gdje je maceracija trajala 10 i 15 dana, a slično je uočeno i u ovom istraživanju gdje su koncentracije u TM21 (S) tretmanu bile značajno niže u odnosu na tretmane kraćih maceracija, odnosno kontrolni tretman. U istraživanju Yilmaztekin i sur. (2015) *trans*- i *cis*-3-heksenol u vinima maceracija od pet i 10 dana nisu detektirali, dok je njihova prisutnost uočena u vinu maceracije u trajanju od 15 dana.

Aktivnost enzima hidroperoksid-liaze koji sudjeluje u pretvorbama dugolančanih kiselina u C<sub>6</sub>-spojeve optimalna je pri 15 °C (Clodoveo i sur., 2014) dok je više temperature inhibiraju (Angerosa i sur., 2001; Horvat, 2020). Navedeno saznanje upućuje na mogućnost da je slabija aktivnost spomenutog enzima pri višoj temperaturi u TPHT (S) tretmanu u ovom istraživanju mogla biti uzrokom značajno niže koncentracije 1-heksanola. Geffroy i sur. (2015a) uočavaju smanjenje koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola primjenom tretmana zagrijavanja te smatraju da je tome pridonijela inaktivacija enzima lipoksigenaze, a isto navode i Fischer i sur. (2000). Značajno niže koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola u predfermentacijskom tretmanu zagrijavanja u odnosu na kontrolu uočavaju Lukić i sur. (2017). Qian i sur. (2022) bilježe značajno smanjenje koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola nakon dozrijevanja, što uglavnom odgovara rezultatima ovog istraživanja, a Cejudo-Bastante i sur. (2011) zaključuju i da mikrooksidacija i skladištenje također značajno utječu na smanjenje koncentracije C<sub>6</sub>-alkohola.

#### 5.8.4. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju masnih kiselina

Na osnovi koncentracije masnih kiselina u ovom istraživanju izdvojili su se TM7 (S) i TM10 (S) tretmani sa značajno višim koncentracijama u svježim vinima iz berbe 2018. te tretman TM7 (S) u vinima iz berbe 2019. Značajne razlike između TM21 (S) i TPHT (S) tretmana nisu utvrđene. Tijekom maceracije i alkoholne fermentacije kvasci mogu masne kiseline koristiti kao izvor ugljika te na taj način također utjecati na smanjenje njihovih koncentracija. Nadalje, Aleixandre-Tudo i sur. (2015) također bilježe smanjenje koncentracije masnih kiselina primjenom duljih maceracija. Masne kiseline mogu tvoriti estere što bi mogao biti još jedan od razloga smanjenja njihove koncentracije produljenjem trajanja maceracije. Lukić i sur. (2017b) te Valero i sur. (2001) dokazuju da čvrsti dijelovi grožđa prisutni u moštu inhibiraju biosintezu hlapljivih masnih kiselina u stanicama kvasca, koji zbog toga moraju asimilirati masne kiseline već prisutne u moštu, što posljedično rezultira nižim koncentracijama u vinu (Horvat, 2020). Ipak, s druge strane, uočena je i pozitivna korelacija

između udjela čvrste tvari u moštu i koncentracija hlapljivih masnih kiselina u proizvedenom vinu (Wang i sur., 2016).

Yilmaztekin i sur. (2015) ustanovljuju da dulje maceracije u trajanju od 10 i 15 dana utječu na smanjenje koncentracija heksanske, oktanske i dekanske kiseline, a slično je uočeno i u ovom istraživanju kod TM21 (S) ali i TPHT (S) tretmana. Smanjenje koncentracija navedenih srednjelančanih kiselina može se smatrati pozitivnim jer povećane koncentracije mogu doprinijeti razvoju mirisa nalik mastima, siru, pa čak i užeglosti (Oliveira i sur., 2008). Primjenom TPHT (S) tretmana u ovom istraživanju uočeno je značajno smanjenje koncentracije masnih kiselina u odnosu na kontrolni tretman, a primjenom tretmana zagrijavanja Lukić i sur. (2017) također uočavaju smanjenje koncentracije, međutim u odnosu na kontrolni tretman nema statistički značajnih razlika. Generalno je prihvaćeno da se koncentracije masnih kiselina povećavaju tijekom dozrijevanja što je uočeno i u ovom istraživanju kod pojedinih tretmana. Povećanje koncentracije butanske kiseline tijekom dozrijevanja u skladu je s prethodnim saznanjima (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Međutim, u većini tretmana u ovom istraživanju je došlo do smanjenja dekanske kiseline dok je zapravo očekivano njeno povećanje zbog hidrolize etil estera, a slično zaključuju i Petropulos i sur. (2014). Qian i sur. (2022) koji također uočavaju smanjenje koncentracije dekanske kiseline tijekom dozrijevanja navode da je mogući razlog smanjenja adsorpcija od strane drvenih bačvi.

#### 5.8.5. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju etilnih estera

Koncentracije hlapljivih masnih kiselina neodvojivo su povezane s koncentracijama odgovarajućih etilnih estera jer nastaju iz istih prekursora u fermentaciji (Moreno-Arribas i Polo, 2009; Horvat, 2020). Bez obzira što mirisi za aromu najvažnijih masnih kiselina, heksanske, oktanske i dekanske kiseline, nisu ugodnog karaktera kao mirisi estera, ranije je utvrđeno da koncentracije ove dvije skupine spojeva obično međusobno koreliraju te se podudaraju s višom senzornom kvalitetom vina (Horvat, 2020). U ovom istraživanju su značajno više koncentracije etilnih estera utvrđene u tretmanima gdje je maceracija kraće trajala, a slično uočavaju i Yilmaztekin i sur. (2015). Može se pretpostaviti da je smanjenje koncentracije etilnih estera u TM21 (S) tretmanu posljedica neenzimatske hidrolize (Petropulos i sur., 2014). Wang i sur. (2016) uočavaju značajno niže koncentracije etilnih estera u vinima u kojima je primijenjen tretman zagrijavanja u odnosu na kontrolu, što djelomično odgovara i rezultatima ovog istraživanja s obzirom da je u vinima iz berbe 2019. utvrđeno značajno smanjenje koncentracije etilnih estera primjenom TPHT (S) tretmana. Suprotno tome, u vinima iz berbe 2018. nisu utvrđene značajne promjene u koncentraciji etilnih estera primjenom TPHT (S) tretmana, kao što su već ranije utvrdili Lukić i sur. (2017)



te Geffroy i sur. (2015a). U vinima iz ovog istraživanja utvrđeno je značajno smanjenje koncentracije etilnih estera nakon dozrijevanja vina, a moguće da je jedan od uzroka smanjenja bio i promjena u ravnoteži između reakcija esterifikacije i hidrolize (Ferreira i sur., 1997). Unatoč tome što su vina u ovom istraživanju bila zaštićena sumporovim dioksidom, do hidrolize estera je moglo doći i uslijed oksidacije tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama. Escalona i sur. (2002) uočavaju smanjenje koncentracije etilnih estera s produljenjem trajanja dozrijevanja u drvenim bačvama, a Ferreras i sur. (2002) utvrđuju značajno više koncentracije etilnih estera u vinima koja su skladištena u spremnicima od nehrđajućeg čelika u usporedbi s vinima koja su dozrijevala u drvenim bačvama. Díaz-Maroto i sur. (2005) ističu da se koncentracije etilnih estera nastale iz metabolizma kvasca smanjuju tijekom cijelog procesa vinifikacije.

#### 5.8.6. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju acetatnih estera

Konačna koncentracija acetatnih estera u vinu rezultat je ravnoteže između enzima acil transferaze koji potiču njihovu sintezu i enzima esteraze koji pospješuju njihovu hidrolizu (Fukuda i sur., 1998). Kao i kod etilnih estera, produljenje trajanja maceracije u ovom istraživanju utjecalo je na smanjenje koncentracije acetatnih estera što može biti rezultat neenzimatske hidrolize (Petropulos i sur., 2014). Acetatni esteri nastaju reakcijom acetyl-CoA i viših alkohola (Moreno-Arribas i Polo, 2009), stoga nakupljanje acetyl-CoA (u razdoblju mirovanja Krebsovog ciklusa) može objasniti nakupljanje i oslobađanje acetatnih estera tijekom fermentacije. Alkoholiza (transesterifikacija) acetyl-CoA tijekom esterifikacije oslobađa CoA za druge metaboličke funkcije (Jackson, 2008). Acetatni esteri nastali radom kvasaca lakše se troše te izlaze zajedno s ugljikovim dioksidom, a posebice pri višim temperaturama fermentacije, a dostupnost kisika važan je čimbenik koji utječe na stvaranje estera tijekom vinifikacije.

Toplina ubrzava i aktivira većinu kemijskih reakcija, tako su mirisni acetatni esteri kao što su izoamil- i heksil-acetat stabilni na 0 °C, dok se brzo hidroliziraju na temperaturama većim od 30 °C (Jackson, 2008) što može objasniti značajno smanjenje koncentracije acetatnih estera primjenom TPHT (S) tretmana u ovom istraživanju. Lukić i sur. (2017) utvrđuju da primjena predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja nakon kojeg slijedi tradicionalna maceracija ne utječe značajno na koncentraciju acetatnih estera u usporedbi s kontrolnim tretmanom, međutim predfermentacijski tretman zagrijavanja nakon kojeg slijedi prešanje, odnosno fermentacija bez maceracije, utječe značajno na povećanje koncentracije acetatnih estera. Geffroy i sur. (2015a) uočavaju slično te navedeno objašnjavaju kao posljedicu odsutnosti čvrstih tvari te visoku razinu ekstrakcije YAN-a (engl. *Yeast*

*Assimilable Nitrogen*, ukupni dušik u moštu koji su kvasci sposobni asimilirati) tijekom termalnog tretmana prije alkoholne fermentacije. Fischer i sur. (2000) povećanje koncentracije pripisuju izostanku mehaničkih radnji što smanjuje isparavanje estera, dok Callejon i sur. (2012) uočavaju inhibirajuće djelovanje kožice bobice na stvaranje estera, odnosno pretpostavljaju da kožica ekstrahira inhibitore enzima ili adsorbira acetatne estere. Inaktivacija enzima esteraze i transferaze tijekom termalnog tretmana također je mogla biti uzrok povećanja koncentracije acetatnih estera, a Fischer i sur. (2000) najviše povećanje uočavaju za 2-feniletil-acetat i heksil-acetat. Unatoč tome što je u ranijim istraživanjima utvrđeno da se dozrijevanjem kao posljedica adsorpcije od strane hrasta koncentracija acetatnih estera smanjuje (Fischer, 2007; Oliveira i sur., 2008), u zrelim vinima iz ovog istraživanja su u većini tretmana utvrđene iste ili slične koncentracije acetatnih estera onima prethodno utvrđenim u svježim vinima. Smatra se i da izlaganje vina zraku također može utjecati na značajno smanjenje koncentracije acetatnih estera (Roussis i sur., 2005). Suprotno tome Escalona i sur. (2002) uočavaju povećanje izoamil- i heksil-acetata što povezuju s promjenom ravnoteže i povećanjem koncentracije 1-heksanola tijekom dozrijevanja u drvu, a slično je uočeno u ovom istraživanju kod TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmana u vinima iz berbe 2019.

#### 5.8.7. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju ostalih estera

Produljenje trajanja maceracije u ovom istraživanju utjecalo je na značajno smanjenje koncentracije dietil-sukcinata. Yilmaztekin i sur. (2015) navode da između 5 i 15 dana maceracije nema značajnih razlika u koncentraciji dietil-sukcinata, dok je vinu gdje je maceracija trajala 10 dana koncentracija značajno niža. U istom istraživanju koncentracija etil-laktata proporcionalno pada s produljenjem trajanja maceracije. Značajno povećanje koncentracije etil-laktata i dietil-sukcinata zabilježeno je u ovom istraživanju nakon dozrijevanja vina u drvenim bačvama. Etil laktat, kao jedan od najkarakterističnijih aromatskih spojeva, nastaje tijekom jabučno mliječne fermentacije esterifikacijom etanola te se smatra da povećanje njegove koncentracije tijekom dozrijevanja u drvenim bačvama ukazuje na odvijanje spontane jabučno mliječne fermentacije (Ferrerias i sur., 2002). Dietil sukcinat nastaje neenzimatskom esterifikacijom jantarne kiseline (nusprodukt mikrobiološkog metabolizma  $\alpha$ -ketoglutarata) te se njegova koncentracija povećava s jabučno mliječnom fermentacijom (Plavša, 2020). Lukić i sur. (2015) također navode jaku pozitivnu korelaciju između vina koja su proizvedena produljenom maceracijom te zatim odležavanjem i etil-laktata i dietil-sukcinata, a Pereira i sur. (2010) primjenom kemometrijske analize zaključuju da su etil-laktat i dietil-sukcinat jedni od najznačajnijih estera u odležanim vinima. Povećanje koncentracije etil-laktata i dietil-sukcinata nakon

dozrijevanja uočavaju i brojni drugi autori (Ferreira i sur., 2000; Oliveira i sur., 2008; Qian i sur., 2022), a Herjavec i Majdak (2002) navode i povećanje ovih spojeva tijekom jednogodišnjeg dozrijevanja u bocama. Rast koncentracija etil-laktata i dietil-sukcinata vjerojatno je i rezultat spontanijih reakcija esterifikacije s ciljem postizanja ravnotežnih koncentracija u odnosu na koncentracije prekursora – alkohola i kiselina (Díaz-Maroto i sur., 2005; Ribéreau-Gayon i sur., 2006).

#### 5.8.8. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju hlapljivih fenola

Hlapljivi fenoli u vinu mogu potjecati od grožđa i biti u slobodnom ili vezanom obliku, mogu se tvoriti tijekom alkoholne fermentacije kao rezultat razgradnje fenolnih kiselina (*p*-kumarinska, ferulinska i kafeinska) ili nakon kontaminacije *Brettanomyces cerevisiae* kvascima (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Kvasci *Saccharomyces cerevisiae* tijekom alkoholne fermentacije proizvode jako niske koncentracije hlapljivih fenola, a razlog tomu je njihova vrlo slaba razina dekarboksilacije hidroksicimetnih kiselina (Bakker i Clarke, 2011), štoviše, Fischer (2007) navodi da povećane koncentracije fenola koje se nalaze u crnim vinima također mogu inhibirati dekarboksilaciju hidroksicimetnih kiselina od strane *Saccharomyces cerevisiae* kvasaca što dovodi do nižih koncentracija hlapljivih fenola. Navedeno se slaže i s rezultatima ovog istraživanja gdje hlapljivi fenoli u svježim vinima ili nisu detektirani ili su pronađeni u jako niskim koncentracijama. Yilmaztekin i sur. (2015) su u vinima gdje je maceracija trajala pet dana detektirali hlapljive fenole, dok u vinima gdje je maceracija trajala 10 i 15 dana hlapljivi fenoli nisu detektirani. Navedeno odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja s obzirom da su u tretmanu najdulje maceracije zabilježene najniže koncentracije hlapljivih fenola.

Pereira i sur. (2014) navode da tretman zagrijavanja na 70 °C potiče i ubrzava razvoj gvajakola te smatraju da je to rezultat termalne dekarboksilacije hidroksicimetnih kiselina, dok u ovom istraživanju u svježim vinima gdje je primijenjen tretman predfermentacijskoga zagrijavanja gvajakol nije detektiran. Zoecklein i sur. (1999) uočavaju značajan rast koncentracije pojedinih hlapljivih fenola primjenom tretmana zagrijavanja, a suprotno tome Michałowicz i sur. (2007) uočavaju niže koncentracije 4-etilfenola te zaključuju da je to vjerojatno posljedica termalne degradacije fenola što je moguće da se dogodilo i u ovom istraživanju. Hlapljivi fenoli se mogu ekstrahirati iz hrastovih bačava, međutim njihova povećana koncentracija u vinima koja su dozrijevala vjerojatno je rezultat aktivnosti *Brettanomyces* i *Dekkera* kvasaca kojima pogoduju aerobni uvjeti tijekom dozrijevanja u drvu (Perestrelo i sur., 2011).

### 5.8.9. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju benzenoida

U svježim vinima iz ovog istraživanja nisu utvrđene značajne razlike po pitanju koncentracije benzenoida, odnosno benzaldehida koji je jedini detektirani spoj iz navedene skupine, dok je u zrelim vinima iz berbe 2019. najviša koncentracija benzaldehida utvrđena u TPHT (Z) tretmanu. Suprotno tome, Crespo i sur. (2021) ustanovljuju značajan rast koncentracije benzaldehida u vinima gdje je maceracija trajala 18 dana u odnosu na kontrolu, a Zhang i sur. (2015) također uočavaju povećanje koncentracije s produljenjem trajanja maceracije. Palomo i sur. (2007) navode da kratke maceracije nemaju značajan utjecaj na koncentraciju benzaldehida. Navodi se i da enzimatska hidroliza ima značajan utjecaj na povećanje koncentracije benzenoida, međutim smatra se i da je povećanje djelomično i posljedica stvaranja vinilfenola zbog aktivnosti enzima cinamat esteraze (Waterhouse i sur., 2016). Više razine benzaldehida povezane su i s višim razinama benzil-alkohola, međutim rast koncentracija može biti i posljedica oksidacijskih reakcija kvasaca s aminokiselinama, a izvor mogu biti i prekursori glikozida, fenolni spojevi iz grožđa ili neki sekundarni spojevi poput fenil octene kiseline ili *p*-hidroksibenzojeve kiseline (Genovese i sur., 2007). Lukić i sur. (2017) ne uočavaju značajne razlike u koncentracijama benzaldehida primjenom predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja, a slično je utvrđeno i u ovom istraživanju gdje između TPHT (S) i kontrolnog tretmana nisu zabilježene značajne razlike. S druge strane, Geffroy i sur. (2015a) u vinima gdje je primijenjen predfermentacijski tretman zagrijavanja uočavaju značajno smanjenje koncentracija benzaldehida u odnosu na kontrolna vina. Značajan rast koncentracije benzaldehida koji je utvrđen nakon dozrijevanja u zrelim vinima iz ovog istraživanja je vjerojatno posljedica promjena uslijed oksidacijskih procesa koje podrazumijevaju i povećanje koncentracije spojeva poput benzaldehida (Escudero i sur., 2000). Ferreras i sur. (2002) nakon odležavanja vina u drvenim bačvama primjećuju značajan rast koncentracije bezaldehida u odnosu na vino koje je dozrijevalo u spremnicima od nehrđajućeg čelika, a Perestrelo i sur. (2020) povezuju rast koncentracije benzaldehida nakon dozrijevanja u hrastovim bačvama s razgradnjom lignina iz drva. S druge strane, u istraživanju kojeg su proveli Qian i sur. (2022) nema značajnih promjena u koncentracijama benzaldehida između svježeg vina i vina nakon 12 mjeseci dozrijevanja u drvenim bačvama.

### 5.8.10 Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju furana

Već je ranije uočeno da se koncentracije furfurala povećavaju tijekom izlaganja vina kisiku (Ferreira i sur., 1997), što odgovara i rezultatima iz ovog istraživanja. Drvene bačve sadrže furanske spojeve koji se mogu ekstrahirati u vino (Kanakaki i sur., 2015), a Dumitriu (Gabur) i sur. (2021) uočavaju značajan rast koncentracija furfurala i 5-metilfurfurala tijekom

dozrijevanja vina. Lukić i sur. (2017) navode da tijekom procesa dozrijevanja, a posebice u vinima koja su prethodno proizvedena produljenom maceracijom dolazi do povećanja koncentracije furana, što je u skladu i s ranijim saznanjima gdje je utvrđeno povećanje koncentracije furana, a Liberatore i sur. (2010) navode da povećanju pogoduju prisutnost taloga i kisika. Hlapljive tvari ekstrahirane iz hrasta poput furfurala mogu prolaziti i kroz brojne kemijske reakcije u vinu poput redukcije u alkohol pomoću kvasaca, reakcije s H<sub>2</sub>S pri čemu nastaju tioli ili reakcije s antocijanima i drugim fenolima tijekom dozrijevanja (Waterhouse i sur., 2016). Dumitriu (Gabur) i sur. (2019) zaključuju da se furfural i 5-metilfurfural ekstrahiraju tijekom prvog razdoblja kontakta između vina i drva, dok kasnije dolazi do redukcije u odgovarajuće alkohole.

#### 5.8.11. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na koncentraciju laktona

Laktoni mogu potjecati iz grožđa (Jackson, 2008), mogu ih stvarati kvasci tijekom fermentacije (Pereira i sur., 2014), međutim laktoni koji značajno pridonose senzornoj kvaliteti vina stvaraju se tijekom procesa dozrijevanja u drvenim bačvama što je utvrđeno u ovom istraživanju. Do stvaranja laktona može doći ciklizacijom iako je formiranje enzimskim putem češće. Pretpostavlja se da je glutaminska kiselina prekursor za stvaranje laktona tijekom fermentacije (Moreno-Arribas i Polo, 2009). Količina spojeva koji se ekstrahiraju iz hrastove bačve u drvo ovisi o geografskom podrijetlu i vrsti hrasta, jačini paljenja i načinu sušenja međutim kemijski sastav vina također ima značajan utjecaj na njihovu ekstrakciju (Cerdán i Ancín-Azpilicueta, 2006). Rodríguez-Rodríguez i Gómez-Plaza (2012) zaključuju da između ostalog i ukupna kiselost značajno utječe na ekstrakciju laktona iz hrasta u vino, a sukladno tome vina koja imaju višu ukupnu kiselost imaju niže koncentracije *trans*- i *cis*-laktona, dok vina s nižom ukupnom kiselosti imaju više koncentracije *trans*- i *cis*-laktona. Navedeno odgovara i rezultatima ovog istraživanja s obzirom da su značajno najviše koncentracije *trans*- i *cis*-laktona detektirane u vinima TM21 (S) tretmana koja su imala najnižu ukupnu kiselost. Povećane koncentracije laktona nakon dozrijevanja, a posebice u vinima kod kojih je prethodno primijenjen i tretman produljene maceracije uočavaju i Lukić i sur. (2015), a laktone kao markere dozrijevanja vina u drvenim bačvama opisuju Perestrelo i sur. (2011). U ovom su istraživanju koncentracije *trans*-hrastovog laktona bile niže u odnosu na *cis*-hrastov lakton, a isto zaključuju i Dumitriu (Gabur) i sur. (2019).

## 5.9. Utjecaj primjene različitih vinifikacijskih tehnologija na senzorna svojstva vina

### 5.9.1. O.I.V. metoda od 100 bodova

Dobiveni rezultati senzornog ocjenjivanja u ovom istraživanju ukazuju na značajne razlike u kakvoći dobivenih vina sorte 'Teran' zavisno od primijenjene vinifikacijske tehnologije, a iz rezultata senzornog ocjenjivanja vidljivo je da su sva vina ocijenjena visokim ocjenama. Svježa vina tretmana TM21 (S) i TPHT (S) kao i zrela vina tretmana TM21 (Z) i TPHT (Z) su u obje berbe prema Pravilniku o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina (NN 106/04) svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom. Svježa vina TM10 (S) tretmana su u berbi 2018. prema Pravilniku svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom, dok su zrela vina TM10 (Z) tretmana u berbi 2018. te svježa i zrela vina u berbi 2019. svrstana u kategoriju vrhunskih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom. Bitno je naglasiti da su kako svježa tako i zrela vina kontrolnog tretmana u obje berbe svrstana u kategoriju kvalitetnih vina s kontroliranim zemljopisnim podrijetlom. Herjavec i sur. (2012) također uočavaju da su najbolje ocijenjena vina proizvedena s primjenom duljih maceracija. Yilmaztekin i sur. (2015) na sorti 'Karaođlan' te Plavša i sur. (2012) na sorti 'Teran' na temelju provedene senzorne analize zaključuju da najveći utjecaj na senzorna svojstva vina ima maceracija u trajanju od 10 dana. Francesca i sur. (2014) također utvrđuju pozitivan utjecaj primjene duljih maceracija na senzorne ocjene.

### 5.9.2. Kvantitativna deskriptivna senzorna analiza

Intenziteti *voćnih* mirisa u svježim vinima u ovom istraživanju bili su podjednaki u TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima te značajno viši u odnosu na preostala dva tretmana. U svježim vinima iz berbe 2018. prevladavale su arome maline, kupine, crnog ribiza i višnje, dok su u svježim vinima iz berbe 2019. prevladavale arome maline, kupine i višnje. Značajan utjecaj duljine maceracije na voćni miris vina utvrđuju i Radeka i sur. (2012). Benucci i sur. (2018) navode da su esteri glavni izvor voćnih aroma u vinu, a Ferreira i sur. (2009) također uočavaju da etil-estri masnih kiselina značajno pridonose voćnim notama crnih vina. Viši intenzitet svojstva *voćni* u vinima iz ovog istraživanja podudara se s višim koncentracijama etil-2-metilbutirata čiji miris podsjeća na voćno, a koje su detektirane u vinima TM21 (S) i TPHT (S) tretmana. Značajno više koncentracije etil-oktanoata čiji miris podsjeća na voćno, slatko i bananu detektirane u TPHT (S) tretmanu u ovom istraživanju odgovaraju intenzitetu senzornog svojstva *voćni*, također i više koncentracije etil-heksanoata najvjerojatnije su značajno utjecale na utvrđene razlike u intenzitetima voćnih mirisa, jer su pronađene koncentracije tog estera višestruko premašivale odgovarajući prag osjetljivosti od 0,014

mg/L (Ferreira i sur., 2000). Značajno više koncentracije limonena u TPHT (S) tretmanu također odgovaraju višem intenzitetu svojstava *voćni*, a prethodna istraživanja ističu i pozitivan utjecaj viših koncentracija viših alkohola na voćnu aromu crnih vina (Álvarez i sur., 2006). Utjecaj tretmana zagrijavanja na povećanje intenziteta voćnog mirisa uočavaju i Ruiz-Rodríguez i sur. (2019), Oliver Simancas i sur. (2021) te Raposo i sur. (2016). Piccardo (2019) uočava da predfermentacijski tretman zagrijavanja značajno utječe na povećanje intenziteta voćnosti u odnosu na kontrolni tretman. Već je spomenuto da su među važnijim predstavnicima voćnih mirisa etilni esteri, a utvrđeno smanjenje koncentracije etilnih estera tijekom dozrijevanja vina u ovom istraživanju posljedično je rezultirao i smanjenim intenzitetom voćnih mirisa.

$\beta$ -damaskenon, C<sub>13</sub>-norizoprenoid, čiji se miris obično uspoređuje s mirisima voća, posebno pirjane jabuke i šljive te meda (Ribéreau-Gayon i sur., 2006; Bakker i Clarke, 2011), zatim prosušenog voća (Genovese i sur., 2013) te suhe šljive (Lukić i sur., 2015) pronađen je u svježim vinima TM21 (S) tretmana te u zrelim vinima TM21 (Z), u koncentracijama značajno višim od odgovarajućeg izuzetno niskog praga osjetljivosti od 0,05  $\mu$ g/L (Guth, 1997). Pretpostavljena je mogućnost da je miris koji je potjecao od više koncentracije  $\beta$ -damaskenona u navedenim vinima nadoknadio manjak mirisa podrijetlom od hlapljivih estera. Niži intenzitet mirisa *suho/prosušeno* u kontrolnom tretmanu ali i TM10 (S) tretmanu koji su imali značajno više koncentracije C<sub>13</sub>-norisoprenoida u odnosu na ostale tretmane moguće da je i rezultat maskiranja C<sub>13</sub>-norisoprenoida s većim koncentracijama 4-etilfenola u navedenim tretmanima kako u svježim tako i u zrelim vinima (San-Juan i sur., 2011). Slabiji intenzitet mirisa suhog/prosušenog voća utvrđen u ovom istraživanju u vinima svih tretmana nakon dozrijevanja unatoč značajno višim koncentracijama C<sub>13</sub>-norizoprenoida se također može povezati sa značajnim povećanjem koncentracije 4-etilfenola.

U svježim vinima iz berbe 2018. skupina mirisa pekmez/džem nije detektirana, dok je u berbi 2019. navedeno svojstvo utvrđeno samo u TM21 i TPHT tretmanima. U zrelim vinima iz obje berbe skupina mirisa pekmez/džem utvrđena je u svim tretmanima izuzev TM7 (Z) te su značajno višim intenziteti utvrđeni u TM21 (Z) i TPHT (Z) tretmanima. Falcao i sur. (2012) miris etil-izobutanoata i etil-heksanoata uspoređuju s mirisom džema, što se podudara sa značajno višim koncentracijama etil-heksanoata pronađenim u TPHT (S) tretmanu u ovom istraživanju. Nordestgaard (2017) aromu vina nakon predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja nakon kojega je uslijedila maceracija uspoređuje s prezrelim voćem i džemom. Ferreira i Lopez (2019) te Pons i sur. (2008) također navode da  $\gamma$ -nonalaktan doprinosi pekmezastom/džemastom mirisu vina, a značajno više koncentracije  $\gamma$ -nonalaktana u zrelim vinima u ovom istraživanju potvrđuju navedeno. Glavna skupina hlapljivih spojeva koji se sintetiziraju uslijed kvaščeve aktivnosti

tijekom fermentacije su viši alkoholi te je dokazano da su oni nositelji mirisa koji između ostalog podsjećaju i na *marcipan* (Molina i sur., 2007). Konkretnije, Ruiz i sur. (2019) navode da najveći utjecaj na aromu *marcipana* imaju amilni alkohol ili izoamilni alkohol. Aldehidi se također navode kao skupina mirisa koja doprinosi mirisu po orašastom voću (Molina i sur., 2007), a Perestrelo i sur. (2011) navode da benzaldehid značajno doprinosi aromi vina koja podsjećaju na badem. Rast koncentracije benzaldehida u gotovo svim vinima nakon dozrijevanja u ovom istraživanju te povećane koncentracije benzaldehida pronađene u TPHT (S) tretmanu mogu se povezati sa svojstvom mirisa koje podsjećaju na orašasto voće.

U svježim vinima iz obje berbe najviši intenzitet svojstva *biljni* imali su tretmani TM21 (S) i TPHT (S) dok suprotno navedenom, Nordestgaard (2017) navodi smanjenje percepcije biljnih mirisa u vinu nakon primjene predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja. Reynolds i sur. (2001) su pretpostavili da će povećanje temperature tijekom fermentacije kod sorte 'Semillon' dovesti do gubitka biljnih aroma kroz proces isparavanja te do povećanja voćnih aroma, međutim kao i u ovom istraživanju gdje je primijenjen tretman predfermentacijskoga zagrijavanja, senzorna analiza pokazuje da se biljni mirisi povećavaju, dok u navedenom istraživanju dolazi i do smanjenja voćnih mirisa, što pak u ovom istraživanju nije bio slučaj. Navedeni rezultat sugerira da smanjenje koncentracije monoterpena i C<sub>13</sub>-norizoprenoida uslijed visokih temperatura dovodi do smanjenja percepcije voćnih aroma, dok je popratni gubitak tiola i metokspirazinskih spojeva koji podsjećaju na aromu trave, šimšira i brnistre nedovoljan da bi imao utjecaj na smanjenje biljnog mirisa. Ista skupina autora navodi i da produljena postfermentacijska maceracija na sorti 'Shiraz' dovodi do povećanja percepcije biljnog svojstva, a slično utvrđuju i Casassa i sur. (2013). Barbará i sur. (2019) te Gutiérrez Afonso (2002) uočavaju smanjenje percepcije biljnog mirisa nakon dozrijevanja vina što odgovara i rezultatima ovog istraživanja.

U svježim vinima iz berbe 2018. intenzitet mirisa *začinski/aromatično bilje* bio je podjednako intenzivan u TM10 (S), TM21 (S) i TPHT (S) tretmanima, dok u svježim vinima iz berbe 2019. nisu pronađene značajne razlike na osnovi navedenog svojstva mirisa. U svježim vinima iz berbe 2018. iz skupine mirisa *začinski/aromatično bilje* prevladavale su note papra, dok je u vinima iz berbe 2019. uz aromu papra, prevladavala i aroma klinčića. Roldán i sur. (2021) utvrđuju da produljenje trajanja maceracije utječe i na povećanje intenziteta svojstva *začinski/aromatično bilje*, a Pozzatti i sur. (2020) navode da primjena termovinifikacije također dovodi do povećanja koncentracije spomenutog svojstva. Ruiz i sur. (2019) zaključuju da dozrijevanje vina u drvu ima značajan utjecaj na oslobađanje začinskih aroma iz drva u vino, a slično navode i De Rosso i sur. (2009) te začinske arome u vinu povezuju s koncentracijom eugenola što odgovara i rezultatima ovog istraživanja.



Povećanje koncentracije benzaldehida nakon dozrijevanja te njegove značajno više koncentracije u TPHT (Z) tretmanu također se, osim s mirisom orašastog voća kao što je prethodno spomenuto, mogu povezati i s većim intenzitetom mirisa *začinski/aromatično bilje*.

Jackson (2008) navodi da produljena maceracija dovodi do povećanja ekstrakcije metoksipirazina, ali i da više koncentracije mogu negativno utjecati na kvalitetu vina. S obzirom da su metoksipirazini većinom locirani u kožici bobice (Bakker i Clarke, 2011) moguće da je u ovom istraživanju tretman TM21 (S) utjecao na veću ekstrakciju te na taj način i na veću percepciju metoksipirazinskog mirisa u tom tretmanu. Osim u kožici, visoke koncentracije metoksipirazina mogu se pronaći u peteljka, stoga je važno da se peteljke odvoje prije fermentacije i maceracije jer bi njihova prisutnost mogla dovesti do više koncentracije metoksipirazina koji bi mogli negativno utjecati na senzorna svojstva vina (de Boubée i sur., 2002). Sidhu i sur. (2015) zaključuju da tijekom dozrijevanja vina dolazi do smanjenja koncentracije metoksipirazina uslijed stvaranja kompleksa s fenolnim spojevima te smanjenje koncentracije metoksipirazina uočavaju u crnim vinima koja su bogatija fenolnim spojevima. S obzirom da je intenzitet metoksipirazinskog mirisa u ovom istraživanju bio jako nizak, može se zaključiti da navedeno svojstvo u ovom slučaju nije negativno utjecalo na aromu već je naprotiv doprinijelo složenosti okusa navedenih tretmana.

U zrelih vinima u berbi 2018. mirisno svojstvo *aroma drva* utvrđeno je sa značajno najvišim intenzitetom u tretmanima TM21 (Z) i TPHT (Z), dok u vinima iz berbe 2019. razlike među tretmanima nisu bile značajne. U zrelih vinima iz berbe 2018. iz skupine mirisa *aroma drva* prevladavale su note drva, tostiranih badema i kave dok su u vinima iz berbe 2019. prevladavale arome tostiranog kruha i kave. Carpena i sur. (2020) navode da su sa senzornog gledišta u vinima nakon dozrijevanja u hrastovim bačvama važni laktoni koji daju drvenastu aromu i aromu kokosa, gvajakol i vanilin koji daju aromu drva te furani koji pridonose aromi badema. Chira i Teissedre (2013) također navode da svojstvo *aroma drva* pozitivno korelira s koncentracijama gvajakola, eugenola i laktone, a s produljenjem kontakta drva i vina povećava se i percepcija mirisa po drvu. Pozitivna veza između koncentracije gvajakola, eugenola i laktone te pojedinih mirisa arome drva uočena je i u ovom istraživanju. Fenolni aldehidi poput vanilina također doprinose senzornim karakteristikama vina koji mirisom koji podsjećaju na vaniliju, kavu, tamnu čokoladu i dim, štoviše navodi se da vanilin može imati snažan utjecaj na miris arome drva. S druge strane furfural i 5-metilfurfural nemaju većeg izravnog utjecaja, međutim uočeno je da furfural ima značajan utjecaj na percepciju arome hrastovih laktone, odnosno na miris drva, karamele i vanilije (Reazin, 1981). Kao prag osjetljivosti mirisa *cis*-hrastovog laktone, identificiranog u

vinima tretmana produljene postfermentacijske maceracije u trajanju od 21 dan nakon dozrijevanja u značajno najvišim koncentracijama, u ranijoj je studiji određena koncentracija od 87 µg/L (Bakker i Clarke, 2011), što znači da je taj lakton izravno sudjelovao u stvaranju arome vina u gotovo svim tretmanima nakon dozrijevanja, a posebice u prethodno navedenom tretmanu. Zhang i sur. (2015) *likerski* miris povezuju s etil-oktanoatom, dok ga Nan i sur. (2021) povezuju s oktanskom i nonanskom kiselinom te etilnim esterima. Koncentracija nonanske kiseline u vinima tretmana produljene postfermentacijske maceracije i predfermentacijskog tretmana zagrijavanja odgovara navedenom, odnosno značajno viša koncentracija oktanske kiseline može se povezati s većim intenzitetom likerskog mirisa u tim vinima.

Poznato je da boji crnih vina uvelike doprinose antocijani te da dulje maceracije utječu na povećanje koncentracije antocijana u vinima s obzirom da su oni locirani u kožici bobice (Puertas i sur., 2008). Međutim, neka istraživanja navode i da nema izravne veze između duljine maceracije i konačne koncentracije antocijana s obzirom da dio antocijana može biti fiksiran u čvrstim tvarima ili se može reducirati u bezbojni oblik (Gomez-Plaza i sur., 2001). Antocijani se ekstrahiraju u ranijim fazama alkoholne fermentacije, a njihova koncentracija raste s duljinom maceracije (Kennedy i sur., 2001). Kao što je već prethodno navedeno, TM21 (S) tretman je rezultirao povećanjem koncentracije katehina i procijanidina, a više koncentracije flavan-3-ola mogu reagirati s antocijanima i na taj način osigurati veću stabilnost boje tijekom dozrijevanja, posebice kod varijacija pH i obezbojenja dodatkom SO<sub>2</sub>. Vina svježeg 'Terana' karakterizira rubin crvena boja s ljubičastim nijansama (Lukić i sur., 2019) te se smatra da boja proizlazi iz povećanih koncentracija monomernih antocijana, uključujući i one s metoksiliranim B-prstenom koji su odgovorni za ljubičaste nijanse. Visoki intenzitet i stabilnost boje vina sorte 'Teran' se također može povezati s procesom kopigmentacije flavonola (Castillo-Muñoz i sur., 2009) te visokom sposobnosti malvidin-3-glukozida da sudjeluje u reakcijama samoasocijacije što može imati važnu ulogu u intenziviranju boje vina (González-Manzano i sur., 2008). Piccardo (2019) uočava značajan utjecaj predfermentacijskoga tretmana zagrijavanja na boju vina, odnosno vina navedenog tretmana imaju intenzivniju boju u odnosu na tretman tradicionalne vinifikacije što se podudara i s rezultatima iz ovog istraživanja. Štoviše, ista skupina autora navodi da predfermentacijski tretman zagrijavanja pogoduje reakcijama između antocijana i tanina što rezultira većom stabilnosti boje. Smith i sur. (2015) uočavaju da tanini nakon završene fermentacije podliježu različitim kemijskim promjenama koje dovode do promjene nijanse vina iz ljubičaste u crvenu, a povećanje crvenih i smanjenje ljubičastih refleksa su u ovom istraživanju uočeni tijekom dozrijevanja vina u drvenim bačvama.

Svježina vina složen je pojam koji obuhvaća svojstva okusa, mirisa i boje (Morata i sur., 2019), a na percepciju svježine vina utječu brojni parametri poput ukupne kiselosti, arome, alkohola pa čak i boje vina (Morata i Loira, 2019). Pohl (2007) navodi da koncentracije nekih minerala također utječu na percepciju svježine vina. Svježina je usko povezana i s ukupnom kiselošću, a kiselija vina se u pravilu doživljavaju kao svježija u odnosu na vina s niskom kiselosti i visokim pH koja se više opisuju kao teška vina (Morata i sur., 2020). Jackson (2008) također navodi da ukupna kiselost značajno utječe na percepciju svježine u okusu vina. Busse-Valverde i sur. (2012) zaključuju da je smanjenje percepcije kiselosti s produljenjem trajanja maceracije posljedica povećanja koncentracije kalija koje dovodi do povećanja taloženja tartarata, što je u skladu i s rezultatima iz ovog istraživanja s obzirom da je koncentracija kalija bila značajno najviša u vinu TM21 (S) tretmana.

Značajan utjecaj TM21 (S) tretmana na punoću tijela utvrđen je u ovom istraživanju. Pickering i sur. (1998) na temelju istraživanja kojeg su proveli svojstvo punoće tijela povezuju s alkoholnom jakosti vina, a slično navode i Nurgel i Pickering (2005). Također se navodi da su crna vina punog, intenzivnog i kompleksnog okusa u pravilu proizvedena od grožđa optimalne fenolne zrelosti, optimalne kiselosti te visoke koncentracije šećera (Jordão i sur., 2012). Herjavec i sur. (2012) uočavaju da produljena maceracija u proizvodnji crnih vina ima pozitivan i značajan utjecaj na kvalitetu te rezultira punim i zaokruženim okusom kao rezultat dobro strukturiranih tanina, a pozitivne učinke produljene maceracije potvrđuju i Gil i sur. (2012) koji punoću tijela povezuju s većim koncentracijama polisaharida u vinu. Casassa i sur. (2013) također utvrđuju da produljena maceracija dovodi do pozitivnih promjena u okusu vina najvjerojatnije kao posljedica povećanja koncentracije procijanidina i polimernih pigmenata, a Gawel i sur. (2007) svojstvo punoće tijela povezuju i s višim ocjenama za svojstvo mirisa, a isto je uočeno i u ovom istraživanju. Carpena i sur. (2020) uočavaju da se punoća tijela povećava i s dozrijevanjem vina, dok u ovom istraživanju između svježih i zrelih vina nije bilo značajnih razlika.

Dulje maceracije u ovom istraživanju utjecale su na percepciju slatkoće okusa u vinu što je u skladu i s rezultatima koje su dobili Francesca i sur. (2014). Značajan utjecaj na osjet slatkoće u vinu ima glicerol, najvažniji sekundarni produkt alkoholne fermentacije (de Andrade Neves i sur., 2014), zatim reducirajući šećeri (Cheynier i Sarni-Manchado, 2010) i polisaharidi (Corona i sur., 2021; Bestulić i sur., 2022). Iako se navodi da se uz vina s većom alkoholnom jakosti veže i veći intenzitet slatkoće, Cretin i sur. (2018) utvrđuju da alkohol sam po sebi nema izravan utjecaj na dojam slatkoće već je dojam slatkoće posljedica oslobađanja spojeva iz kvasaca. S obzirom da su razlike u koncentraciji etanola u vinima iz ovog istraživanja male u usporedbi s značajnim razlikama u percipiranoj slatkoći, može se zaključiti da je dojam osjet slatkoće rezultat spojeva koji su nastali autolizom taloga kvasaca

s obzirom da je vino TM21 (S) tretmana bilo duže u kontaktu s talogom kvasca. Marchal i sur. (2013) navode da spojevi koji se oslobađaju iz hrastovog drveta također utječu na povećanje dojma slatkoće u vinu. Ista skupina autora zaključuje da vanilin, hrastov lakton i eugenol koji povećavaju dojam slatkoće mirisa, nemaju utjecaj na dojam slatkoće okusa, štoviše uočavaju da dojam slatkoće okusa povećavaju ne hlapljivi spojevi koji se oslobađaju iz hrastovog drva, odnosno kverkotriterpenozidi.

U ovom je istraživanju utvrđen i značajan utjecaj TM21 (S) i TPHT (S) tretmana na viskozitet vina što se može povezati s povećanom koncentracijom fenolnih spojeva u navedenim tretmanima. Gawel i sur. (2007) navode i da je percepcija osjeta viskoziteta povezana s koncentracijama alkohola, dok Cheynier i Sarni-Manchado (2010) uočavaju i da reducirajući šećeri značajno utječu. U istraživanju koje su proveli Gawel i sur. (2016) povećanje intenziteta viskoziteta je u korelaciji s višim pH vrijednostima te zaključuju da povećanje pH utječe na promjene u naboju polisaharida kiselina što dovodi do povećanja hidratacije, a samim time i povećanja intenziteta viskoziteta. Navedeni rezultati su dijelom u skladu s rezultatima ovog istraživanja s obzirom da je pH bio signifikantno najviši u tretmanu TM21 (S) što je odgovaralo i percepciji viskoziteta. Neto i sur. (2015) utvrđuju visoku i snažnu korelaciju između punoće tijela i viskoziteta, a jaka korelacija postoji i između ukupnog suhog ekstrakta i viskoziteta. Pozitivna veza između punoće tijela i viskoziteta pronađena je i u ovom istraživanju te je i veza između ukupnog suhog ekstrakta i viskoziteta za većinu tretmana korespondirala.

Gawel i sur. (2013) utvrđuju da uz etanol koji ima značajan utjecaj na dojam gorčine u vinu i ostali sastojci poput fenola dovode do povećanog intenziteta gorčine. Značajan utjecaj imaju flavan-3-oli, posebice procijanidini (Hufnagel i Hofmann, 2008), međutim na gorčinu mogu značajno utjecati i flavanoli, hidroksicimetne i hidroksibenzojeve kiseline kao i njihovi derivati (Hornedo-Ortega i sur., 2020). Niži intenzitet gorčine u vinima iz ovog istraživanja u kojima je povećana koncentracija prethodno navedenih fenolnih spojeva, pretpostavlja se da je posljedica povećanja prodelfinidina i polisaharida te pada stupnja galoilacije procijanidina, a slično uočavaju i Gil i sur. (2012). Povećanje molekulske mase fenolnih spojeva također može rezultirati smanjenim osjetom gorčine (Şener, 2018b). Slične rezultate objavili su i Francesca i sur. (2014) koji utvrđuju da dulja maceracija dovodi do nižeg intenziteta gorčine u vinima te Yilmaztekin i sur. (2015) koji uočavaju da produljena maceracija utječe na značajno niži dojam gorčine. Busse-Valverde i sur. (2012) također uočavaju smanjenje intenziteta gorčine primjenom tretmana produljene maceracije u trajanju od 20 dana. Ishida i sur. (1965) navode da vitamini B3, B5 i B6 mogu imati pozitivan učinak na percepciju gorčine djelujući kao njezini inhibitori pa je moguće da je to bio slučaj i u ovom istraživanju. Poznato je i da molekule koje se ekstrahiraju iz hrasta utječu na dojam

gorčine u vinu (Puech i sur. 1999), a Nurgel i Pickering (2006) navode da su gorčina i slatkoća antagonistički okusi te da se usprkos oslobađanju spojeva koji utječu na gorčinu, povećava dojam slatkoće vina. Taj fenomen Gawel i sur. (2013) objašnjavaju ekstrakcijom već prethodno spomenutih spojeva koji imaju značajan utjecaj na slatkoću, odnosno kverkotriterpenozida. Dozrijevanjem vina dolazi i do povećane pretvorbe monomernih antocijana u polimerne oblike koji značajno utječu na okus vina, odnosno između ostalog dovode i do smanjenja gorčine vina (Puertas i sur., 2008).

Ukupna kiselost vina značajno utječe na percepciju svojstva astringentnosti (Cheynier i Sarni-Manchado, 2010) što je uočeno i u ovom istraživanju gdje su većinom tretmani koji su imali višu ukupnu kiselost pokazali i više intenzitete astringentnosti. Fenolni spojevi također imaju utjecaj na astringentnost vina, među kojima značajniji utjecaj imaju hidroksicimete kiseline (Gawel i sur., 2018). Značajno najviša koncentracija hidroksicimete kiselina u TM7 (S) tretmanu u vinima iz berbe 2018. u skladu je sa značajno višom percepcijom astringentnosti u odnosu na vina TM21 (S) i TPHT (S) tretmana. U istraživanju Gomez-Plaza i sur. (2001) dulje maceracije nemaju pozitivan učinak na dojam astringentnosti, odnosno dolazi do značajnog povećanja intenziteta tog svojstva, a smatra se da je to posljedica antocijanskog sastava, odnosno prisutnosti diglukozida antocijana koji ne polimeriziraju dobro kao monoglukozidi. Smith i sur. (2015) uočavaju da tanini nakon fermentacije podliježu raznim kemijskim promjenama te postaju manje astringentni. S druge strane, u istraživanju Busse-Valverde i sur. (2012) na sortama 'Monastrell', 'Cabernet Sauvignon' i 'Syrah' s produljenjem trajanja maceracije dolazi i do povećanja intenziteta astringentnosti. Dozrijevanje vina u hrastovim bačvama također ima značajan utjecaj na astringentnost vina, a Oberholster i sur. (2015) navode da izloženost vina kisiku koji ulazi kroz pore drva dovodi do oksidacije tanina, a kao posljedica toga i do smanjenja astringentnosti vina. Tanini koji se mogu hidrolizirati oksidiraju brže od katehina te proizvode znatno veću koncentraciju peroksida u vinu koji potiču polimerizaciju kondenziranih tanina, a to sugerira da iako tanini koji se mogu hidrolizirati imaju ograničenu izravnu ulogu u astringentnosti vina njihova prisutnost može utjecati neizravno, odnosno potičući promjene u strukturi tanina (Smith i sur., 2015). Celuloza iz hrasta također može adsorbirati tanine što doprinosi smanjenju astringentnosti (Barrera-García i sur., 2007).

Reakcije između antocijana i procijanidina objašnjavaju promjenu percepcije tanina iz „*tvrdog*“ u „*meki*“ tanin (Guaita i sur., 2017). Rinaldi i sur. (2021) navode da tijekom dozrijevanja vina različite kemijske reakcije mijenjaju njegov karakter, a istraživanje pokazuje i da vino postaje mekše zbog stvaranja polimernih pigmenta. Zoecklein (2013) također navodi da se produljenjem trajanja maceracije povećava i ekstrakcija fenola te stupanj polimerizacije i tvorba tanina većih molekulskih masa koji utječu na mekši okus vina

što odgovara i rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. U ovom istraživanju za senzorna svojstva *tipičnost mirisa*, *tipičnost okusa* i *opći dojam tipičnosti* su intenziteti u svježim vinima bili značajno najveći u tretmanima produljene postfermentacijske maceracije u trajanju od 21 dan te u tretmanu predfermentacijskoga zagrijavanja, a senzorni atributi koji se smatraju tipičnim za svježa vina sorte 'Teran' su intenzivna crvena boja s ljubičastim odsjajem, umjerena gorčina i astringencija (Lukić i sur., 2019), puno, bogato i jako tijelo, izražena ugodna aroma na višnju marasku (Maletić i sur., 2014) te povećana koncentracija alkohola te viša ukupna kiselost (Lukić i sur., 2017; Bubola i sur., 2022).

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljem dobivenih rezultata dvogodišnjeg istraživanja može se zaključiti da su tretman predfermentacijskoga zagrijavanja masulja - TPHT (S) te tretman produljene postfermentacijske maceracije masulja - TM21 (S) u vinu 'Teran' značajno povećali koncentracije hidroksibenzojevih kiselina i ukupnih fenola te vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta.

Uz to tretman predfermentacijskoga zagrijavanja masulja - TPHT (S) utjecao je na porast koncentracija hidroksicimetnih kiselina i mikroelemenata dok je tretman produljene postfermentacijske maceracije masulja - TM21 (S) u vinu 'Teran' povećao sadržaj flavan-3-ola, stilbena, slobodnih i ukupnih antocijana, vitamina B kompleksa i makroelemenata.

Tretman TPHT (S) i tretman TM21 (S) utjecali su na smanjenje koncentracije gotovo svih skupina slobodnih hlapljivih spojeva u usporedbi s kontrolnim tretmanom. Međutim, unatoč smanjenju koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva, vina navedenih tretmana ocijenjena su višim ocjenama za senzornu kvalitetu vina, svrstana su u kategoriju vrhunskih vina i opisana višim intenzitetima pozitivnih senzornih svojstava, među kojima se od mirisnih svojstava posebno ističu suho/prosušeno voće te začinski/aromatično bilje, dok se od okusnih svojstava ističu punoća tijela, zastupljenost tanina te *aftertaste*.

U mirisnim svojstvima tretman TM21 (S) dodatno se izdvojio naglašenom voćnošću te viskozitetom i slatkoćom okusa pri čemu intenzitet gorčine i astringencije nije bio prenaglašen unatoč značajno višoj koncentraciji fenolnih spojeva, a posebice flavan-3-ola.

Primjena tretmana produljene maceracije u trajanju od 10 dana - TM10 (S), kao i primjena maceracije u trajanju od sedam dana, koja je bila kontrolni tretman - TM7 (S), nije značajno utjecala na povećanje koncentracije bioaktivnih spojeva vina. Međutim, navedeni tretmani rezultirali su značajno višim koncentracijama gotovo svih skupina slobodnih hlapljivih spojeva arome u usporedbi s preostala dva tretmana. Unatoč navedenom rastu koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome, spomenute tretmane karakterizirao je slabiji intenzitet gotovo svih mirisnih svojstava te naglašena svježina, kiselost, astringencija i gorčina.

Dozrijevanje vina u hrastovim bačvama u trajanju od šest mjeseci imalo je značajan utjecaj na povećanje koncentracije slobodnih hlapljivih spojeva arome, posebice iz skupine C-<sub>13</sub> norizoprenoida, hlapljivih fenola, furana i laktona. Ostali spojevi, a posebice bioaktivni spojevi poput vitamina B skupine, makroelemenata te mikroelemenata, kao i većina fenolnih spojeva, bili su manje stabilni te su se koncentracije dozrijevanjem većinom smanjivale. Tretman dozrijevanja vina značajno je utjecao na senzornu kakvoću vina te su vina svih

tretmana nakon dozrijevanja karakterizirale voćne arome, dok su se tretmani TM21 (Z) i TPHT (Z) posebno izdvojili s izraženijim aromama suhog i prosušenog voća, pekmeza, džema te likera. Sva vina su nakon dozrijevanja bila okusno punija s manje izraženom kiselosti, astringencijom i gorčinom.

Dobiveni rezultati ovog istraživanja pridonijeli su definiranju utjecaja predfermentacijskoga zagrijavanja i duljine maceracije masulja te dozrijevanja vina na kemijski sastav, senzorna svojstva i koncentraciju bioaktivnih spojeva u vinima sorte 'Teran', a sve s ciljem identifikacije ključnih čimbenika relevantnih u proizvodnji visokokvalitetnih vina te razvoju vinifikacijskih tehnologija koje će maksimalno iskoristiti potencijal sorte.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Alcalde-Eon C., García-Estévez I., Ferreras-Charro R., Rivas-Gonzalo J.C., Ferrer-Gallego R., Escribano-Bailón M.T. (2014). Adding oenological tannin vs. overripe grapes: Effect on the phenolic composition of red wines. *J Food Compos Anal* 34 (1): 99-113. doi:10.1016/j.jfca.2014.01.004
2. Aleixandre-Tudo J.L., Toit W. (2018). Cold maceration application in red wine production and its effects on phenolic compounds: A review. *LWT* 95: 200-208. doi:10.1016/j.lwt.2018.04.096
3. Aleixandre-Tudo J.L., du Toit W.J. (2020). Evolution of Phenolic Composition During Barrel and Bottle Aging. *South Afr J Enol Vitic* 41 (2): 233-237. doi:10.21548/41-2-4128
4. Aleixandre-Tudo J.L., Weightman C., Panzeri V., Nieuwoudt H.H., du Toit W.J. (2015). Effect of skin contact before and during alcoholic fermentation on the chemical and sensory profile of South African Chenin blanc white wines. *South Afr J Enol Vitic* 36 (3): 366-377. doi: 10.21548/36-3-969
5. Alencar N.M.M., Cazarin C.B.B., Corrêa L.C., Maróstica Junior M.R., Biasoto A.C.T., Behrens J.H. (2018). Influence of maceration time on phenolic compounds and antioxidant activity of the Syrah must and wine. *J Food Biochem* 42 (2): e12471. doi:10.1111/jfbc.12471
6. Alexandre H., Charpentier C. (1998). Biochemical aspects of stuck and sluggish fermentation in grape must. *J Ind Microbiol Biotechnol* 20 (1): 20-27. doi:10.1038/sj.jim.2900442
7. Almeida C.M.R., Vasconcelos M.T.S.D. (2003). Multielement Composition of Wines and Their Precursors Including Provenance Soil and Their Potentialities As Fingerprints of Wine Origin. *J Agric Food Chem* 51 (16): 4788-4798. doi:10.1021/jf034145b
8. Álvarez I., Aleixandre-Tudo J.L., García M.J., Lizama V. (2006). Impact of prefermentative maceration on the phenolic and volatile compounds in Monastrell red wines. *Anal Chim Acta*, 563 (1): 109-115. doi:10.1016/j.aca.2005.10.068
9. Álvarez M., Moreno I.M., Jos Á., Cameán A.M., Gustavo González A. (2007). Differentiation of 'two Andalusian DO 'fino' wines according to their metal content

- from ICP-OES by using supervised pattern recognition methods. *Microchem J* 87 (1): 72-76. doi:10.1016/j.microc.2007.05.007
10. Álvarez M., Moreno I.M., Pichardo S., Cameán A.M., Gustavo González A. (2012). Mineral profile of “fino” wines using inductively coupled plasma optical emission spectrometry methods. *Food Chem* 135 (1): 309-313. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.113
11. Andrés-Lacueva C., Mattivi F., Tonon D. (1998). Determination of riboflavin, flavin mononucleotide and flavin-adenine dinucleotide in wine and other beverages by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromatogr A* 823 (1-2): 355-363. doi:10.1016/S0021-9673(98)00585-8
12. Angerosa F., Mostallino R., Basti C., Vito R. (2001). Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chem* 72 (1): 19-28. doi:10.1016/S0308-8146(00)00194-1
13. Atanacković M., Petrović A., Jović S., Bukarica L.G., Bursać M., Cvejić J. (2012). Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. *Food Chem* 131 (2): 513-518. doi:10.1016/j.foodchem.2011.09.015
14. Auw J.M., Blanco V., O’Keefe S.F., Sims C.A. (1996). Effect of Processing on the Phenolics and Color of Cabernet Sauvignon, Chambourcin, and Noble Wines and Juices. *Am J Enol Vitic* 47 (3): 279-286
15. Babazadeh A., Taghvimi A., Hamishehkar H., Tabibiazar M. (2017). Development of new ultrasonic–solvent assisted method for determination of trans-resveratrol from red grapes: Optimization, characterization, and antioxidant activity (ORAC assay). *Food Biosci* 20: 36-42. doi:10.1016/j.fbio.2017.08.003
16. Baiano A., Previtali M.A., Viggiani I., De Gianni A. (2016). Maceration procedures alternative to the standard vinification in red: the case of Nero di Troia wine. *Eur Food Res Technol* 242 (6): 825-835. doi:10.1007/s00217-015-2588-6
17. Bakker J., Clarke R.J. (2011). *Wine flavour chemistry*, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, West Sussex, England
18. Bakker J., Picinelli-Lobo A., Bridle P. (1993). Model wine solutions: Colour and composition changes during ageing. *Vitis - J Grapevine Res* 32: 111-118. doi:10.5073/vitis.1993.32.111-118

19. Ball G.F.M. (1998). *Bioavailability and Analysis of Vitamins in Foods*. Taylor and Francis Group, Boca Raton FL, 293-317
20. Baptista J.A.B., Tavares J.F. da P., Carvalho R.C.B. (2001). Comparison of polyphenols and aroma in red wines from Portuguese mainland versus Azores Islands. *Food Res Int* 34 (4): 345-355. doi:10.1016/S0963-9969(00)00174-5
21. Barba F., Saraiva J.M.A., Cravotto G., Lorenzo J.M. (2019). *Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds*, First Edition, Woodhead Publishing, Duxford, England, str. 241-259
22. Barbará J.A., Silva É.A.S., Biasoto A.C.T., Gomes A.A., Correa L.C., Leão P.C.S., Zini C.A. (2019). Maturation and Maceration Effects on Tropical Red Wines Assessed by Chromatography and Analysis of Variance - Principal Component Analysis. *J Braz Chem Soc* 30: 1357-1377. doi:10.21577/0103-5053.20190032
23. Barrera-García V.D., Gougeon R.D., Di Majo D., De Aguirre C., Voilley A., Chassagne D. (2007). Different Sorption Behaviors for Wine Polyphenols in Contact with Oak Wood. *J Agric Food Chem* 55 (17): 7021-7027. doi:10.1021/jf070598v
24. Basli A., Soulet S., Chaher N., Merillon J.-M., Chibane M., Monti J.-P., Richard T. (2012). Wine Polyphenols: Potential Agents in Neuroprotection. *Oxid Med Cell Longev* 2012 (Special Issue): 805762 doi: 10.1155/2012/805762
25. Bautista-Ortín A.B., Martínez-Cutillas A., Ros-García J.M., López-Roca J.M., Gómez-Plaza E. (2005). Improving colour extraction and stability in red wines: the use of maceration enzymes and enological tannins. *Int J Food Sci Technol* 40 (8): 867-878. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.01014.x
26. Bavaresco L., Fregoni C., Cantù E., Trevisan M. (1999). Stilbene compounds: from the grapevine to wine. *Drugs Exp Clin Res* 25 (2-3): 57-63
27. Beecher G.R. (2003). Overview of Dietary Flavonoids: Nomenclature, Occurrence and Intake. *J Nutr* 133 (10): 3248S-3254S. doi:10.1093/jn/133.10.3248S
28. Belda I., Ruiz J., Esteban-Fernández A., Navascués E., Marquina D., Santos A., Moreno-Arribas M.V. (2017). Microbial Contribution to Wine Aroma and Its Intended Use for Wine Quality Improvement. *Mol J Synth Chem Nat Prod Chem* 22 (2): 189. doi:10.3390/molecules22020189
29. Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. (2009). *Food chemistry*, 4th revised and extended edn. Springer, Berlin, Germany

30. Benbouguerra N., Hornedo-Ortega R., Garcia F., El Khawand T., Saucier C., Richard T. (2021). Stilbenes in grape berries and wine and their potential role as anti-obesity agents: A review. *Trends Food Sci Technol* 112: 362-381. doi:10.1016/j.tifs.2021.03.060
31. Benucci I., Luziatelli F., Cerreti M., Liburdi K., Nardi T., Vagnoli P., Ruzzi M., Esti M. (2018). Pre-fermentative cold maceration in the presence of non-*Saccharomyces* strains: effect on fermentation behaviour and volatile composition of a red wine. *Aust J Grape Wine Res* 24 (2): 267-274. doi:10.1111/ajgw.12326
32. Benzie I.F.F., Strain J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Anal Biochem* 239 (1): 70-76. doi:10.1006/abio.1996.0292
33. Berente B., Reichenbacher M., Danzer K. (2001). Improvement of the HPLC analysis of anthocyanins in red wines by use of recently developed columns. *Fresenius J Anal Chem* 371 (1): 68-72. doi:10.1007/s002160100940
34. Berger R.G. (2007). *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany
35. Bestulić E., Rossi S., Plavša T., Horvat I., Lukić I., Bubola M., Ilak Peršurić A.S., Jeromel A., Radeka S. (2022). Comparison of different maceration and non-maceration treatments for enhancement of phenolic composition, colour intensity, and taste attributes of Malvazija istarska (*Vitis vinifera* L.) white wines. *J Food Compos Anal* 109: 104472. doi:10.1016/j.jfca.2022.104472
36. Biagi M., Bertelli A.A.E. (2015). Wine, alcohol and pills: What future for the French paradox? *Life Sci* 131: 19-22. doi:10.1016/j.lfs.2015.02.024
37. Bica A., Sánchez R., Todolí J.-L. (2020). Evolution of the Multielemental Content along the Red Wine Production Process from Tempranillo and Grenache Grape Varieties. *Molecules* 25 (13): 2961. doi:10.3390/molecules25132961
38. Bimpilas A., Panagopoulou M., Tsimogiannis D., Oreopoulou V. (2016). Anthocyanin copigmentation and color of wine: The effect of naturally obtained hydroxycinnamic acids as cofactors. *Food Chem* 197: 39-46. doi:10.1016/j.foodchem.2015.10.095
39. Bimpilas A., Tsimogiannis D., Balta-Brouma K., Lympelopoulou T., Oreopoulou V. (2015). Evolution of phenolic compounds and metal content of wine during alcoholic fermentation and storage. *Food Chem* 178: 164-171. doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.090

40. Black C. A., Parker M., Siebert T. E., Capone D. I., Francis I. I. (2015). Terpenoids and their role in wine flavour: recent advances. *Aust J Grape Wine Res* 21 (S1, Special Issue): 582-600. doi:10.1111/ajgw.12186
41. Bohlscheid J. C., Fellman J. K., Wang X. D., Ansen D., Edwards C. G. (2007). The influence of nitrogen and biotin interactions on the performance of *Saccharomyces* in alcoholic fermentations. *J Appl Microbiol* 102 (2): 390-400. doi:10.1111/j.1365-2672.2006.03180.x
42. Borazan A.A., Bozan B. (2013). The influence of pectolytic enzyme addition and prefermentative mash heating during the winemaking process on the phenolic composition of Okuzgozu red wine. *Food Chem* 138 (1): 389-395. doi:10.1016/j.foodchem.2012.10.099
43. Bordignon-Luiz M.T., Gauche C., Gris E.F., Falcão L.D. (2007). Colour stability of anthocyanins from Isabel grapes (*Vitis labrusca* L.) in model systems. *LWT - Food Sci Technol* 40 (4): 594-599. doi:10.1016/j.lwt.2006.02.022
44. Bubola M., Sivilotti P., Rossi S., Bestulić E., Plavša T., Radeka S. (2022). Impact of canopy management practices on phenolic composition and sensory profile of cv. Teran wine. *BIO Web Conf* 44: 02001. doi:10.1051/bioconf/20224402001
45. Budić-Leto I., Gracin L., Lovrić T., Vrhovšek U. (2008). Effects of maceration conditions on the polyphenolic composition of red wine Plavac mali. *Vitis* 47 (4): 245-250
46. Budić-Leto I., Lovrić T., Kljusurić J.G., Pezo I., Vrhovšek U. (2005). Anthocyanin composition of the red wine Babić affected by maceration treatment. *Eur Food Res Technol* 222 (3): 397. doi:10.1007/s00217-005-0067-1
47. Burns J., Gardner P.T., Matthews D., Duthie G.G., Lean M.E., Crozier A. (2001). Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. *J Agric Food Chem* 49 (12): 5797-5808. doi:10.1021/jf010682p
48. Busse-Valverde N., Bautista-Ortín A.B., Gómez-Plaza E., Fernández-Fernández J.I., Gil-Muñoz R. (2012). Influence of skin maceration time on the proanthocyanidin content of red wines. *Eur Food Res Technol* 235 (6): 1117-1123. doi:10.1007/s00217-012-1842-4
49. Callejon R.M., Margulies B., Hirson G.D., Ebeler S.E. (2012). Dynamic Changes in Volatile Compounds during Fermentation of Cabernet Sauvignon Grapes with and without Skins. *Am J Enol Vitic* 63: 301-312. doi:10.5344/ajev.2012.12009

50. Cantos E., Espín J.C., Fernández M.J., Oliva J., Tomás-Barberán F.A. (2003). Postharvest UV-C-Irradiated Grapes as a Potential Source for Producing Stilbene-Enriched Red Wines. *J Agric Food Chem* 51 (5): 1208-1214. doi:10.1021/jf020939z
51. Cao G., Alessio H.M., Cutler R.G. (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radic Biol Med* 14 (3): 303-311. doi:10.1016/0891-5849(93)90027-R
52. Carbone K., Fiordiponti L. (2016). Colour Evaluation, Bioactive Compound Content, Phenolic Acid Profiles and in Vitro Biological Activity of Passerina del Frusinate White Wines: Influence of Pre-Fermentative Skin Contact Times. *Mol Basel Switz* 21 (7): E960. doi:10.3390/molecules21070960
53. Carpena M., Pereira A.G., Prieto M.A., Simal-Gandara J. (2020). Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. *Foods* 9 (9): 1160. doi:10.3390/foods9091160
54. Carter L.G., D'Orazio J.A., Pearson K.J. (2014). Resveratrol and cancer: focus on in vivo evidence. *Endocr Relat Cancer* 21 (3): R209-R225. doi:10.1530/ERC-13-0171
55. Casassa L.F., Beaver C.W., Mireles M., Larsen R.C., Hopfer H., Heymann H., Harbertson J.F. (2013). Influence of Fruit Maturity, Maceration Length, and Ethanol Amount on Chemical and Sensory Properties of Merlot Wines. *Am J Enol Vitic* 64 (4): 437-449. doi:10.5344/ajev.2013.13059
56. Casassa L.F., Harbertson J.F. (2014). Extraction, Evolution, and Sensory Impact of Phenolic Compounds During Red Wine Maceration. *Annu Rev Food Sci Technol* 5 (1): 83-109. doi:10.1146/annurev-food-030713-092438
57. Castellari M., Piermattei B., Arfelli G., Amati A. (2001). Influence of Aging Conditions on the Quality of Red Sangiovese Wine. *J Agric Food Chem* 49 (8): 3672-3676. doi:10.1021/jf010101w
58. Castillo-Muñoz N., Fernández-González M., Gómez-Alonso S., García-Romero E., Hermosín-Gutiérrez I. (2009). Red-Color Related Phenolic Composition of Garnacha Tintorera (*Vitis vinifera* L.) Grapes and Red Wines. *J Agric Food Chem* 57 (17): 7883-7891. doi:10.1021/jf9002736
59. Cejudo-Bastante M.J., Pérez-Coello M.S., Hermosín-Gutiérrez I. (2011). Effect of wine micro-oxygenation treatment and storage period on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. *LWT - Food Sci Technol* 44 (4): 866. doi:10.1016/j.lwt.2010.10.015

60. Celotti E., Rebecca S. (1998). Expériences récentes de thermomacération des raisins rouges. *Rev Oenologues Tech Vitivinic Oenologiques Mag Trimest Inf Prof* 25 (89): 14-18
61. Cerdán T.G., Ancín-Azpilicueta C. (2006). Effect of oak barrel type on the volatile composition of wine: Storage time optimization. *LWT - Food Sci Technol* 39 (3): 199-205. doi:10.1016/j.lwt.2005.01.009
62. Cerpa-Calderón F.K., Kennedy J.A. (2008). Berry Integrity and Extraction of Skin and Seed Proanthocyanidins during Red Wine Fermentation. *J Agric Food Chem* 56 (19): 9006-9014. doi:10.1021/jf801384v
63. Cheynier V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochem Rev* 11 (2–3): 153-177. doi:10.1007/s11101-012-9242-8
64. Cheynier V., Duenas-Paton M., Salas E., Maury C., Souquet J.-M., Sarni-Manchado P., Fulcrand H. (2006). Structure and Properties of Wine Pigments and Tannins. *Am J Enol Vitic* 57: 298-305
65. Cheynier V., Sarni-Manchado P. (2010). Wine taste and mouthfeel. In: *Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality*, 29-72. Woodhead, United Kingdom doi:10.1533/9781845699284.1.30
66. Chiaramonti N., Balbi N., Khoumeri B. (1999). Influence of the vinification mode on the phenolic content of red wines of Niellucciu [Corsica]. *Riv Sci DellAlimentazione Italy*. 28 (4): 399-405.
67. Chira K., Teissedre P. L. (2013). Extraction of oak volatiles and ellagitannins compounds and sensory profile of wine aged with French winewoods subjected to different toasting methods: Behaviour during storage. *Food Chem* 140 (1-2): 168-177. doi:10.1016/j.foodchem.2013.02.049
68. Chiras D., Kitsos G., Petersen M.B., Skalidakis I., Kroupis C. (2015). Oxidative stress in dry age-related macular degeneration and exfoliation syndrome. *Crit Rev Clin Lab Sci* 52 (1): 12-27. doi:10.3109/10408363.2014.968703
69. Clodoveo M.L., Hbaieb R.H., Kotti F., Mugnozza G.S., Gargouri M. (2014). Mechanical Strategies to Increase Nutritional and Sensory Quality of Virgin Olive Oil by Modulating the Endogenous Enzyme Activities. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 13 (2): 135-154. doi:10.1111/1541-4337.12054

70. Combs G.F., McClung J.P. (2017). Chapter 1 - What Is a Vitamin? In: The Vitamins, Fifth Edition, Academic Press, London, United Kingdom 3-6. doi:10.1016/B978-0-12-802965-7.00001-0
71. Corona O., Bambina P., De Filippi D., Cinquanta L. (2021). Influence of pre-fermentative addition of aqueous solution tannins extracted from oak wood (*Quercus petraea*) on the composition of Grillo wines. *Eur Food Res Technol* 247 (7): 1595-1608. doi:10.1007/s00217-020-03668-9
72. Cottureau, P., Desseigne, J. M. (2007). Chauffage de la vendange et arômes fruités. U: Proceedings of the technical seminar Entretiens vitivinicoles Rhône Méditerranée, Narbonne, France, 20-22
73. Crespo J., Romero V., García M., Arroyo T., Cabellos J.M. (2021). Influence of Skin-Contact Treatment on Aroma Profile of Malvasia *Aromatica* Wines in D.O. "Vinos de Madrid", Grapes and Wine. IntechOpen, London, United Kingdom. doi:10.5772/intechopen.99216
74. Cretin B.N., Dubourdieu D., Marchal A. (2018). Influence of ethanol content on sweetness and bitterness perception in dry wines. *LWT* 87: 61-66. doi:10.1016/j.lwt.2017.08.075
75. Crockett S.D., Long M.D., Dellon E.S., Martin C.F., Galanko J.A., Sandler R.S. (2011). Inverse relationship between moderate alcohol intake and rectal cancer: Analysis of the North Carolina Colon Cancer Study. *Dis Colon Rectum* 54 (7): 887-894. doi:10.1007/DCR.0b013e3182125577
76. Curhan G.C. (2007). Epidemiology of Stone Disease. *Urol Clin North Am* 34 (3): 287-293. doi:10.1016/j.ucl.2007.04.003
77. Curvelo-Garcia A.S., Vinho (Portugal) (1988). Controlo de qualidade dos vinhos: química enológica, métodos analíticos. Instituto da Vinha e do Vinho, Lisbon, Portugal, 16-37
78. Cvejić J., Atanacković M. (2015). Effect of Wine Production Techniques on Wine Resveratrol and Total Phenolics, In: Processing and Impact on Active Components in Food 501-508. doi:10.1016/B978-0-12-404699-3.00060-3
79. Ćurko N., Kovačević Ganić K., Gracin L., Đapić M., Jourdes M., Teissedre P.L. (2014). Characterization of seed and skin polyphenolic extracts of two red grape cultivars grown in Croatia and their sensory perception in a wine model medium. *Food Chem* 145: 15-22. doi:10.1016/j.foodchem.2013.07.131



80. da Luz P.L., Coimbra S., Favarato D., Albuquerque C., Mochiduky R.I., Rochitte C.E., Hojaj E., Gonsalves C.R.L., Laurindo F.R. (2014). Coronary artery plaque burden and calcium scores in healthy men adhering to long-term wine drinking or alcohol abstinence. *Braz J Med Biol Res* 47: 697-705. doi:10.1590/1414-431X20143880
81. Dallas C., Laureano O., Ricardo da Silva J. (1995). Degradation of oligomeric procyanidins and anthocyanins in a Tinta Roriz red wine during maturation. *Vitis - Geilweilerhof*- 34: 51-56
82. de Boubée D.R., Cumsille A.M., Pons M., Dubourdiou D. (2002). Location of 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon Grape Bunches and Its Extractability during Vinification. *Am J Enol Vitic* 53 (1): 1-5
83. de Andrade Neves N., de Araújo Pantoja L., dos Santos A.S. (2014). Thermovinification of grapes from the Cabernet Sauvignon and Pinot Noir varieties using immobilized yeasts. *Eur Food Res Technol* 238 (1): 79-84. doi:10.1007/s00217-013-2062-2
84. de Beer D., Joubert E., Gelderblom W.C.A., Manley M. (2002). Phenolic Compounds: A Review of Their Possible Role as In Vivo Antioxidants of Wine. *Afr J Enol Vitic* 23 (2): 14
85. de Carvalho E.S.S., Marques A.T.B., Côrrea L.C., De Lima M.A.C., Danielski R., Druzian J.I. (2021). Extended maceration of must improves phenolic composition and antioxidant potential of Touriga Nacional tropical wine. *J Food Bioact* 13 (2021): 62-73. doi:10.31665/JFB.2020.13260
86. de Rosso M., Cancian D., Panighel A., Dalla Vedova A., Flamini R. (2009). Chemical compounds released from five different woods used to make barrels for aging wines and spirits: volatile compounds and polyphenols. *Wood Sci Technol* 43 (5): 375-385. doi:10.1007/s00226-008-0211-8
87. Di Majo D., Guardia M., Giammanco S., Neve L., Giammanco M. (2008). The antioxidant capacity of red wine in relationship with its phenolic constituents. *Food Chem - Food Chem* 111: 45-49. doi:10.1016/j.foodchem.2008.03.037
88. Di Renzo L., Marsella L.T., Carraro A., Valente R., Gualtieri P., Gratteri S., Tomasi D., Gaiotti F., De Lorenzo A. (2015). Changes in LDL Oxidative Status and Oxidative and Inflammatory Gene Expression after Red Wine Intake in Healthy People: A Randomized Trial. *Mediators Inflamm* 2015 (1): 1-13. doi:10.1155/2015/317348

89. Díaz-Maroto M.C., Schneider R., Baumes R. (2005). Formation Pathways of Ethyl Esters of Branched Short-Chain Fatty Acids during Wine Aging. *J Agric Food Chem* 53 (9): 3503-3509. doi:10.1021/jf048157o
90. Dumitriu (Gabur) G.-D., Teodosiu C., Gabur I., Cotea V.V., Peinado R.A., López de Lerma N. (2021). Alternative Winemaking Techniques to Improve the Content of Phenolic and Aromatic Compounds in Wines. *Agriculture* 11 (3): 233. doi:10.3390/agriculture11030233
91. Dumitriu (Gabur) G.-D., Teodosiu C., Gabur I., Cotea V.V., Peinado R.A., López de Lerma N. (2019). Evaluation of Aroma Compounds in the Process of Wine Ageing with Oak Chips. *Foods* 8 (12): 662. doi:10.3390/foods8120662
92. Ebeler S.E., Thorngate J.H. (2009). Wine Chemistry and Flavor: Looking into the Crystal Glass. *J Agric Food Chem* 57 (18): 8098-8108. doi:10.1021/jf9000555
93. El Darra N., Turk M.F., Ducasse M.-A., Grimi N., Maroun R.G., Louka N., Vorobiev E. (2016). Changes in polyphenol profiles and color composition of freshly fermented model wine due to pulsed electric field, enzymes and thermovinification pretreatments. *Food Chem* 194: 944–950. doi:10.1016/j.foodchem.2015.08.059
94. Escalona H., Birkmyre L., Piggott J.R., Paterson A. (2002). Effect of maturation in small oak casks on the volatility of red wine aroma compounds. *Anal Chim Acta* 458 (1): 45-54. doi:10.1016/S0003-2670(01)01538-0
95. Eschnauer H., Neeb R. (1988). Micro-Element Analysis in Wine and Grapes. U: Wine Analysis, Modern Methods of Plant Analysis (Linskens H.-F., Jackson J.F., eds), Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 67-91. doi:10.1007/978-3-642-83340-3\_4
96. Escudero A., Cacho J., Ferreira V. (2000). Isolation and identification of odorants generated in wine during its oxidation: a gas chromatography–olfactometric study. *Eur Food Res Technol* 211 (2): 105-110. doi:10.1007/s002179900128
97. Escudier, J.L., Mikolajczak, M. and Bes, M. (2008) Chauffage de la vendange: les technologies disponibles et les méthodes de vinification associées. Proceedings for the technical seminar Microorganisme et gestion thermique en œnologie, Toulouse, France, 32-37
98. Evers M.S., Roullier-Gall C., Morge C., Sparrow C., Gobert A., Alexandre H. (2021). Vitamins in wine: Which, what for, and how much? *Compr Rev Food Sci Food Saf* 20 (3): 2991-3035. doi:10.1111/1541-4337.12743

99. Falcao L.D., Lytra G., Darriet P., Barbe J.C. (2012). Identification of ethyl 2-hydroxy-4-methylpentanoate in red wines, a compound involved in blackberry aroma. *Food Chem* 132 (1): 230-236. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.061
100. Fengel D., Wegener G. (2011). *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin, Germany, 28-34.
101. Fernández-Pachón M.S., Villaño D., García-Parrilla M.C., Troncoso A.M. (2004). Antioxidant activity of wines and relation with their polyphenolic composition. *Anal Chim Acta*, 2003 513 (1): 113-118. doi:10.1016/j.aca.2004.02.028
102. Ferreira V., Escudero A., Fernández P., Cacho J.F. (1997). Changes in the profile of volatile compounds in wines stored under oxygen and their relationship with the browning process. *Z Für Leb -Forsch A* 205 (5): 392-396. doi:10.1007/s002170050187
103. Ferreira V., Lopez R. (2019). The Actual and Potential Aroma of Winemaking Grapes. *Biomolecules* 9 (12): 818. doi:10.3390/biom9120818
104. Ferreira V., López R., Cacho J.F. (2000). Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *J Sci Food Agric* 80 (11): 1659–1667. doi:10.1002/1097-0010(20000901)80:11<1659::AID-JSFA693>3.0.CO;2-6
105. Ferreira V., San Juan F., Escudero A., Culleré L., Fernández-Zurbano P., Saenz-Navajas M.P., Cacho J. (2009). Modeling Quality of Premium Spanish Red Wines from Gas Chromatography–Olfactometry Data. *J Agric Food Chem* 57 (16): 7490-7498. doi:10.1021/jf9006483
106. Ferreras D., Fernández E., Falqué E. (2002). Note: Effects of Oak Wood on the Aromatic Composition of *Vitis vinifera* L. var. treixadura Wines. *Food Sci Technol Int* 8 (6): 343–349. doi:10.1106/108201302031655
107. Fiore M., Alaimo L.S., Chkhartishvil N. (2019). The amazing bond among wine consumption, health and hedonistic well-being. *Br Food J* 122 (8): 2707-2723. doi:10.1108/BFJ-05-2019-0344
108. Fischer U. (2007). *Wine Aroma. U: Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability* (Berger R.G., ed), Springer, Berlin, Heidelberg, 241-267. doi:10.1007/978-3-540-49339-6\_11
109. Fischer U., Strasser M., Gutzler K. (2000). Impact of fermentation technology on the phenolic and volatile composition of German red wines. *Int J Food Sci Technol* 35 (1): 81-94. doi:10.1046/j.1365-2621.2000.00365.x

110. Flamini R., Panighel A., De Marchi F. (2021). Mass spectrometry in the study of wood compounds released in the barrel-aged wine and spirits. *Mass Spectrom Rev* e21754. doi:10.1002/mas.21754
111. Fraga C.G., Galleano M., Verstraeten S.V., Oteiza P.I. (2010). Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols. *Mol Aspects Med, Phytochemicals and Cardiovascular Protection* 31 (6): 435-445. doi:10.1016/j.mam.2010.09.006
112. Francesca N., Romano R., Sannino C., Le Grottaglie L., Settanni L., Moschetti G. (2014). Evolution of microbiological and chemical parameters during red wine making with extended post-fermentation maceration. *Int J Food Microbiol* 171: 84-93. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.008
113. Fretté X.C., Hansen J.H., Raasthøj J.C., Broe J., Christensen L.P. (2012). Content of selected phenolic compounds in wine from rondo grapes grown in denmark and effect of heat and cryomaceration. *Planta Med* 78 (11): PJ150. doi:10.1055/s-0032-1321310
114. Frost S.C., Blackman J.W., Ebeler S.E., Heymann H. (2018). Analysis of temporal dominance of sensation data using correspondence analysis on Merlot wine with differing maceration and cap management regimes. *Food Qual Prefer* 64: 245-252. doi:10.1016/j.foodqual.2016.11.011
115. Fukuda K., Yamamoto N., Kiyokawa Y., Yanagiuchi T., Wakai Y., Kitamoto K., Inoue Y., Kimura A. (1998). Balance of Activities of Alcohol Acetyltransferase and Esterase in *Saccharomyces cerevisiae* Is Important for Production of Isoamyl Acetate. *Appl Environ Microbiol* 64 (10): 4076-4078. doi:10.1128/AEM.64.10.4076-4078.1998
116. Galani-Nikolakaki S., Kallithrakas-Kontos N., Katsanos A.A. (2002). Trace element analysis of Cretan wines and wine products. *Sci Total Environ* 285 (1-3): 155-163. doi:10.1016/S0048-9697(01)00912-3
117. Galgano F., Favati F., Caruso M., Scarpa T., Palma A. (2008). Analysis of trace elements in southern Italian wines and their classification according to provenance. *LWT - Food Sci Technol* 41 (10): 1808-1815. doi:10.1016/j.lwt.2008.01.015
118. Gambuti A., Capuano R., Lecce L., Fragasso M., Moio L. (2009). Extraction of phenolic compounds from 'Aglanico' and 'Uva di Troia' grape skins and seeds in

- model solutions: Influence of ethanol and maceration time. *Vitis - J Grapevine Res* 48 (4): 193-200.
119. Gambuti A., Capuano R., Lisanti M.T., Strollo D., Moio L. (2010). Effect of aging in new oak, one-year-used oak, chestnut barrels and bottle on color, phenolics and gustative profile of three monovarietal red wines. *Eur Food Res Technol* 231 (3): 455-465. doi:10.1007/s00217-010-1292-9
120. Gambuti A., Siani T., Picariello L., Rinaldi A., Lisanti M.T., Ugliano M., Dieval J.B., Moio L. (2017). Oxygen exposure of tannins-rich red wines during bottle aging. Influence on phenolics and color, astringency markers and sensory attributes. *Eur Food Res Technol* 243 (4): 669-680. doi:10.1007/s00217-016-2780-3
121. Gambuti A., Strollo D., Erbaggio A., Lecce L., Moio L. (2007). Effect of Winemaking Practices on Color Indexes and Selected Bioactive Phenolics of Aglianico Wine. *J Food Sci* 72 (9): S623-S628. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00536.x
122. Gambuti A., Strollo D., Ugliano M., Lecce L., Moio L. (2004). *trans*-Resveratrol, Quercetin, (+)-Catechin, and (-)-Epicatechin Content in South Italian Monovarietal Wines: Relationship with Maceration Time and Marc Pressing during Winemaking. *J Agric Food Chem* 52 (18): 5747-5751. doi:10.1021/jf0354895
123. Gao L., Girard B., Mazza G., Reynolds A.G. (1997). Changes in Anthocyanins and Color Characteristics of Pinot Noir Wines during Different Vinification Processes. *J Agric Food Chem* 45 (6): 2003-2008. doi:10.1021/jf960836e
124. Gawel R., Sluyter S.C.V., Smith P.A., Waters E.J. (2013). Effect of pH and Alcohol on Perception of Phenolic Character in White Wine. *Am J Enol Vitic* 64 (4): 425-429. doi:10.5344/ajev.2013.13016
125. Gawel R., Sluyter S.V., Waters E.J. (2007). The effects of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines. *Aust J Grape Wine Res* 13 (1): 38-45. doi:10.1111/j.1755-0238.2007.tb00070.x
126. Gawel R., Smith P.A., Cicerale S., Keast R. (2018). The mouthfeel of white wine. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58 (17): 2939-2956. doi:10.1080/10408398.2017.1346584
127. Gawel R., Smith P.A., Waters E.J. (2016). Influence of polysaccharides on the taste and mouthfeel of white wine. *Aust J Grape Wine Res* 22 (3): 350-357. doi:10.1111/ajgw.12222
128. Geffroy O., Lopez R., Serrano E., Dufourcq T., Gracia-Moreno E., Cacho J., Ferreira V. (2015a). Changes in analytical and volatile compositions of red wines

- induced by pre-fermentation heat treatment of grapes. *Food Chem* 187: 243-253. doi:10.1016/j.foodchem.2015.04.105
129. Geffroy O., Lopez R., Violleau F., Kleiber D., Favarel J.-L., Ferreira V. (2015b). Pre-fermentation heat treatment of grapes at 50°C: a promising alternative to produce red wines with fruity varietal character. 10th International Symposium of Enology of Bordeaux, France
130. Geffroy O., Siebert T., Silvano A., Herderich M. (2017). Impact of Winemaking Techniques on Classical Enological Parameters and Rotundone in Red Wine at the Laboratory Scale. *Am J Enol Vitic* 68: 141-146. doi:10.5344/ajev.2016.16060
131. Genovese A., Gambuti A., Piombino P., Moio L. (2007). Sensory properties and aroma compounds of sweet Fiano wine. *Food Chem* 103 (4): 1228-1236. doi:10.1016/j.foodchem.2006.10.027
132. Genovese A., Lamorte S.A., Gambuti A., Moio L. (2013). Aroma of Aglianico and Uva di Troia grapes by aromatic series. *Food Res Int* 53 (1): 15-23. doi:10.1016/j.foodres.2013.03.051
133. Gharibzahedi S.M.T., Jafari S.M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends Food Sci Technol* 62: 119-132. doi:10.1016/j.tifs.2017.02.017
134. Gil M., Kontoudakis N., González E., Esteruelas M., Fort F., Canals J.M., Zamora F. (2012a). Influence of Grape Maturity and Maceration Length on Color, Polyphenolic Composition, and Polysaccharide Content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo Wines. *J Agric Food Chem* 60 (32): 7988-8001. doi:10.1021/jf302064n
135. Gil M., Kontoudakis N., González E., Esteruelas M., Fort F., Canals J.M., Zamora F. (2012b). Influence of Grape Maturity and Maceration Length on Color, Polyphenolic Composition, and Polysaccharide Content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo Wines. *J Agric Food Chem* 60 (32): 7988-8001. doi:10.1021/jf302064n
136. Ginjom I.R., D'Arcy B.R., Caffin N.A., Gidley M.J. (2010). Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Major Australian Red Wines throughout the Winemaking Process. *J Agric Food Chem* 58 (18): 10133-10142. doi:10.1021/jf100822n
137. Girard B., Kopp T.G., Reynolds A.G., Cliff M. (1997). Influence of Vinification Treatments on Aroma Constituents and Sensory Descriptors of Pinot noir Wines. *Am J Enol Vitic* 48 (2): 198-206

138. Giriboni P.P., Xavier A., Roque V., Vargas G., Souza F., Costa V.B. (2016). Physical and chemical analysis of chardonnay wine with different periods of skin contact. *BIO Web Conf* 7: 02021. doi:10.1051/bioconf/20160702021
139. Gómez García-Carpintero E., Gómez Gallego M.A., Sánchez-Palomo E., González Viñas M.A. (2012). Impact of alternative technique to ageing using oak chips in alcoholic or in malolactic fermentation on volatile and sensory composition of red wines. *Food Chem* 134 (2): 851-863. doi:10.1016/j.foodchem.2012.02.194
140. Gómez-Plaza E., Gil R., Lopez-Roca J., Adrian M., Fernández J. (2001). Phenolic Compounds and Color Stability of Red Wines: Effect of Skin Maceration Time. *Am J Enol Vitic* 52: 266-270
141. Gómez-Plaza E., Gil-Muñoz R., López-Roca J.M., Martínez A. (2000). Color and Phenolic Compounds of a Young Red Wine. Influence of Wine-Making Techniques, Storage Temperature, and Length of Storage Time. *J Agric Food Chem* 48 (3): 736-741. doi:10.1021/jf9902548
142. González-Manzano S., Rivas-Gonzalo J.C., Santos-Buelga C. (2004). Extraction of flavan-3-ols from grape seed and skin into wine using simulated maceration. *Anal Chim Acta*, 513 (1): 283-289. doi:10.1016/j.aca.2003.10.019
143. González-Manzano S., Santos-Buelga C., Dueñas M., Rivas-Gonzalo J.C., Escribano-Bailón T. (2008). Colour implications of self-association processes of wine anthocyanins. *Eur Food Res Technol* 226 (3): 483-490. doi:10.1007/s00217-007-0560-9
144. Grindlay G., Mora J., Gras L., de Loos-Vollebregt M.T.C. (2011). Atomic spectrometry methods for wine analysis: A critical evaluation and discussion of recent applications. *Anal Chim Acta* 691 (1): 18-32. doi:10.1016/j.aca.2011.02.050
145. Grosch W. (2001). Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chem Senses* 26 (5): 533-545. doi:10.1093/chemse/26.5.533
146. Guaita M., Petrozziello M., Panero L., Tsolakis C., Motta S., Bosso A. (2017). Influence of early seeds removal on the physicochemical, polyphenolic, aromatic and sensory characteristics of red wines from Gaglioppo cv. *Eur Food Res Technol* 243 (8): 1311-1322. doi:10.1007/s00217-017-2842-1
147. Gury J., Barthelmebs L., Tran N.P., Diviès C., Cavin J.-F. (2004). Cloning, deletion, and characterization of PadR, the transcriptional repressor of the phenolic acid

- decarboxylase-encoding padA gene of *Lactobacillus plantarum*. *Appl Environ Microbiol* 70 (4): 2146-2153. doi:10.1128/AEM.70.4.2146-2153.2004
148. Guth H. (1997). Quantitation and Sensory Studies of Character Impact Odorants of Different White Wine Varieties. *J Agric Food Chem* 45 (8): 3027-3032. doi:10.1021/jf970280a
149. Gutiérrez Afonso V. I. (2002). Sensory Descriptive Analysis Between White Wines Fermented With Oak Chips and In Barrels. *J Food Sci* 67 (6): 2415-2419. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb09563.x
150. Gutiérrez-Escobar R., Aliaño-González M.J., Cantos-Villar E. (2021). Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. *Molecules* 26 (3): 718. doi:10.3390/molecules26030718
151. Hall A.P., Brinner L., Amerine M.A., Morgan A.F. (1956). The B Vitamin Content of Grapes, Musts, and Wines. *J Food Sci* 21 (3): 362-371. doi:10.1111/j.1365-2621.1956.tb16932.x
152. Harbertson J.F., Mireles M.S., Harwood E.D., Weller K.M., Ross C.F. (2009). Chemical and Sensory Effects of Saignée, Water Addition, and Extended Maceration on High Brix Must. *Am J Enol Vitic* 60: 450-460. doi:10.5344/ajev.2009.60.4.450
153. He F., Liang N.-N., Mu L., Pan Q.-H., Wang J., Reeves M.J., Duan C.-Q. (2012). Anthocyanins and Their Variation in Red Wines I. Monomeric Anthocyanins and Their Color Expression. *Molecules* 17 (2): 1571-1601. doi:10.3390/molecules17021571
154. Herjavec S., Jeromel A., Maslov L., Jagatić Korenika A.M., Mihaljević M., Prusina T. (2012). Influence of Different Maceration Times on the Anthocyanin Composition and Sensory Properties of Blatina Wines. *Agric Conspec Sci* 77 (1): 41-44
155. Herjavec S., Majdak A. (2002). The Influence of Maceration on the Composition of Some Volatile Compounds and Sensory Properties of Traminer Wines. *Agric Conspec Sci* 67 (1): 11-17
156. Hornedo-Ortega R., González-Centeno M.R., Chira K., Jourdes M., Teissedre P.-L. (2020). Phenolic Compounds of Grapes and Wines: Key Compounds and Implications in Sensory Perception, Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging. *IntechOpen*. doi:10.5772/intechopen.93127



157. Horvat I. (2020). Utjecaj bistrenja bentonitom tijekom alkoholne fermentacije na proteinsku stabilnost, arome, fenole i senzorsku kvalitetu vina Malvazze istarske. Doktorska disertacija, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
158. Hufnagel J.C., Hofmann T. (2008). Quantitative Reconstruction of the Nonvolatile Sensometabolome of a Red Wine. *J Agric Food Chem* 56 (19): 9190-9199. doi:10.1021/jf801742w
159. Iland P., Dry P., Proffitt T., Tyerman S.D. (2011). The grapevine: from the science to the practice of growing vines for wine. Patrick Iland Wine Promotions, growing vines for wine, Patrick Iland Wine Promotions, Adelaide, Australia
160. Iland P.G., Coombe B.G. (1988). Malate, tartrate, potassium, and sodium in flesh and skin of Shiraz grapes during ripening: concentration and compartmentation. *Am J Enol Vitic* 39: 71-76
161. Ishida K., Yokoo Y., Koyama Y. (1965). The influence of the addition of calcium pantothenate upon the taste of foods. *J Jpn Soc Food Nutr* 17: 423-428
162. Ivanova V., Dörnyei Á., Márk L., Vojnoski B., Stafilov T., Stefova M., Kilár F. (2011). Polyphenolic content of Vranec wines produced by different vinification conditions. *Food Chem* 124 (1): 316-325. doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.039
163. Ivanova V., Stefova M., Vojnoski B. (2009). Assay of the phenolic profile of Merlot wines from Macedonia: effect of maceration time, storage, SO<sub>2</sub> and temperature of storage. *Maced J Chem Chem Eng* 28 (2): 141-149. doi:10.20450/mjcce.2009.203
164. Ivanova V., Vojnoski B., Stefova M. (2012). Effect of winemaking treatment and wine aging on phenolic content in Vranec wines. *J Food Sci Technol* 49 (2): 161-172. doi:10.1007/s13197-011-0279-2
165. Jackson R.S. (2020a). *Wine Science: Principles and Applications*. Forth Edition. Academic Press, Elsevier, Burlington, USA, 951-953
166. Jackson R.S. (2020b). Wine, food, and health. *Wine Sci* 947-978. doi:10.1016/B978-0-12-816118-0.00012-X
167. Jackson R.S. (2008). *Wine science: Principles and applications*. Third edition. Academic press, Elsevier, Burlington, USA, 336-340

168. Jagatić Korenika A.-M., Naletilić I., Mihaljević Žulj M., Puhelek I., Jeromel A. (2015). Utjecaj roka berbe i temperature maceracije na polifenolni sastav grožđa i vina sorte Frankovka (*Vitis vinifera* L.). Glas Zašt Bilja 38 (5): 92-100
169. Jagatić Korenika A.-M., Tomaz I., Preiner D., Plichta V., Jeromel A. (2021). Impact of Commercial Yeasts on Phenolic Profile of Plavac Mali Wines from Croatia. Fermentation 7 (2): 92. doi:10.3390/fermentation7020092
170. Jordão A. M., Simões S., Correia A. C., Gonçalves F. J. (2012). Antioxidant Activity Evolution During Portuguese Red Wine Vinification and Their Relation with the Proanthocyanidin and Anthocyanin Composition. J Food Process Preserv 36 (4): 298–309. doi:10.1111/j.1745-4549.2011.00588.x
171. Joscelyne V.L. (2009). Consequences of extended maceration for red wine colour and phenolics. PhD Thesis, The University of Adelaide, Adelaide, Australia
172. Julien, A.O., Silvano, A., Théodore, D., Raginel, F. and Dumont, A. (2017). New tools to help overcome stuck fermentations in wine. Cell, 10 (10): 1.
173. Kadim D., Mannheim C.H. (1999). Kinetics of Phenolic Extraction During Aging of Model Wine Solution and White Wine in Oak Barrels. Am J Enol Vitic 50 (1): 33-39
174. Kallithraka S., Mohdaly A.A.-A., Makris D.P., Kefalas P. (2005). Determination of major anthocyanin pigments in Hellenic native grape varieties (*Vitis vinifera* sp.): association with antiradical activity. J Food Compos Anal 18 (5): 375-386. doi:10.1016/j.jfca.2004.02.010
175. Kanakaki E., Siderakou D., Kallithraka S., Kotseridis Y., Makris D.P. (2015). Effect of the degree of toasting on the extraction pattern and profile of antioxidant polyphenols leached from oak chips in model wine systems. Eur Food Res Technol 240 (5): 1065-1074. doi:10.1007/s00217-014-2410-x
176. Kantz K., Singleton V.L. (1991). Isolation and Determination of Polymeric Polyphenols in Wines Using Sephadex LH-20. Am J Enol Vitic 42 (4): 309-316
177. Karadjova I., Izgi B., Gucer S. (2002). Fractionation and speciation of Cu, Zn and Fe in wine samples by atomic absorption spectrometry. Spectrochim Acta Part B At Spectrosc, Colloquium spectroscopium internationale XXXZ 57 (3): 581-590. doi:10.1016/S0584-8547(01)00386-X
178. Karaś K., Ziola-Frankowska A., Frankowski M. (2020). Chemical Speciation of Aluminum in Wine by LC–ICP–MS. Molecules 25 (5): 1069. doi:10.3390/molecules25051069

179. Kaya A.D., Bruno de Sousa R., Curvelo-Garcia A.S., Ricardo-da-Silva J.M., Catarino S. (2017). Effect of Wood Aging on Wine Mineral Composition and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Isotopic Ratio. *J Agric Food Chem* 65 (23): 4766-4776. doi:10.1021/acs.jafc.7b01510
180. Keflie T.S., Biesalski H.K. (2021). Micronutrients and bioactive substances: Their potential roles in combating COVID-19. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif* 84: 111103. doi:10.1016/j.nut.2020.111103
181. Kelebek H., Canbas A., Jourdes M., Teissedre P.-L. (2010). Characterization of colored and colorless phenolic compounds in Öküzgözü wines from Denizli and Elazığ regions using HPLC-DAD-MS. *Ind Crops Prod* 31 (3): 499-508. doi:10.1016/j.indcrop.2010.01.012
182. Kelebek H., Canbas A., Selli S., Saucier C., Jourdes M., Glories Y. (2006). Influence of different maceration times on the anthocyanin composition of wines made from *Vitis vinifera* L. cvs. Boğazkere and Öküzgözü. *J Food Eng* 77 (4): 1012-1017. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.08.032
183. Kennedy J.A., Hayasaka Y., Vidal S., Waters E.J., Jones G.P. (2001). Composition of Grape Skin Proanthocyanidins at Different Stages of Berry Development. *J Agric Food Chem* 49 (11): 5348-5355. doi:10.1021/jf010758h
184. Kennedy J.A., Saucier C., Glories Y. (2006). Grape and Wine Phenolics: History and Perspective. *Am J Enol Vitic* 57 (3): 239-248
185. Khalil A., Tazeddinova D. (2020). The upshot of Polyphenolic compounds on immunity amid COVID-19 pandemic and other emerging communicable diseases: An appraisal. *Nat Prod Bioprospecting* 10 (6): 411-429. doi:10.1007/s13659-020-00271-z
186. Kocabey N., Yilmaztekin M., Hayaloglu A.A. (2016). Effect of maceration duration on physicochemical characteristics, organic acid, phenolic compounds and antioxidant activity of red wine from *Vitis vinifera* L. Karaoglan. *J Food Sci Technol* 53 (9): 3557-3565. doi:10.1007/s13197-016-2335-4
187. Kontou N., Psaltopoulou T., Soupos N., Polychronopoulos E., Xinopoulos D., Linos A., Panagiotakos D. (2012). Alcohol Consumption and Colorectal Cancer in a Mediterranean Population: A Case-Control Study. *Dis Colon Rectum* 55 (6): 703-710. doi:10.1097/DCR.0b013e31824e612a

188. Kosseva M., Joshi V.K., Panesar P.S. (2016). Science and Technology of Fruit Wine Production. Academic Press, London, United Kingdom, 182-182
189. Kostadinović S., Wilkens A., Stefova M., Ivanova V., Vojnoski B., Mirhosseini H., Winterhalter P. (2012). Stilbene levels and antioxidant activity of Vranec and Merlot wines from Macedonia: Effect of variety and enological practices. Food Chem 135 (4): 3003-3009. doi:10.1016/j.foodchem.2012.06.118
190. Kostrz M., Satora P., (2018). Formation of terpenes in grapes and wines. Folia Pomeranae Univ Technol Stetin Agric Aliment Piscaria Zootech 340 (45): 31-38. doi:10.21005/AAPZ2018.45.1.03
191. Kotseridis Y., Baumes R.L., Skouroumounis G.K. (1999). Quantitative determination of free and hydrolytically liberated  $\beta$ -damascenone in red grapes and wines using a stable isotope dilution assay. J Chromatogr A 849 (1): 245-254. doi:10.1016/S0021-9673(99)00540-3
192. Koussissi E., Dourtoglou V.G., Ageloussis G., Paraskevopoulos Y., Dourtoglou T., Paterson A., Chatzilazarou A. (2009). Influence of toasting of oak chips on red wine maturation from sensory and gas chromatographic headspace analysis. Food Chem 114 (4): 1503-1509. doi:10.1016/j.foodchem.2008.11.003
193. Kovač V., Alonso E., Bourzeix M., Revilla E. (1992). Effect of several enological practices on the content of catechins and proanthocyanidins of red wines. J Agric Food Chem 40 (10): 1953-1957. doi:10.1021/jf00022a045
194. Koyama K., Goto-Yamamoto N., Hashizume K. (2007). Influence of Maceration Temperature in Red Wine Vinification on Extraction of Phenolics from Berry Skins and Seeds of Grape (*Vitis vinifera* L.). Biosci Biotechnol Biochem 71 (4): 958-965. doi:10.1271/bbb.60628
195. Krenz M., Korthuis R.J. (2012). Moderate Ethanol Ingestion and Cardiovascular Protection. J Mol Cell Cardiol 52 (1): 93-104. doi:10.1016/j.yjmcc.2011.10.011
196. Lachman J., Sulc. (2009). Major factors influencing antioxidant contents and antioxidant activity in grapes and wines. Int J Wine Res 1: 101-121 doi:10.2147/IJWR.S4600
197. Lambrechts M., Pretorius I. (2000). Yeast and its importance to wine aroma. Afr J Enol Vitic 21: 97-129. doi:10.21548/21-1-3560
198. Lamuela-Raventos R.M., Romero-Perez A.I., Waterhouse A.L., de la Torre-Boronat M.C. (2002). Direct HPLC Analysis of *cis*- and *trans*-Resveratrol and Piceid Isomers

- in Spanish Red *Vitis vinifera* Wines. ACS Publ. 43 (2): 281-283. doi:10.1021/jf00050a003
199. Laqui-Estaña J., López-Solís R., Peña-Neira Á., Medel-Marabolí M., Obreque-Slier E. (2019). Wines in contact with oak wood: the impact of the variety (Carménère and Cabernet Sauvignon), format (barrels, chips and staves), and aging time on the phenolic composition. J Sci Food Agric 99 (1): 436-448. doi:10.1002/jsfa.9205
200. Lara R., Cerutti S., Salonia J.A., Olsina R.A., Martinez L.D. (2005). Trace element determination of Argentine wines using ETAAS and USN-ICP-OES. Food Chem Toxicol 43 (2): 293-297. doi:10.1016/j.fct.2004.10.004
201. Larcher R., Nicolini G. (2001). Survey of 22 mineral elements in wines from trentino (Italy) using ICP-OES. Ital J Food Sci
202. Latruffe N., Rifler J.-P. (2013). Bioactive polyphenols from grapes and wine emphasized with resveratrol. Curr Pharm Des 19 (34): 6053-6063. doi:10.2174/1381612811319340002
203. Lattanzio, V., Lattanzio, V. M. T. and Cardinali, A. (2006). Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. U: Phytochem Adv Res 23-67. Imperato, F., Ed., India
204. Le Roy C., Wells P., Si J., Raes J., Bell J., Spector T. (2019). Red Wine Consumption Associated With Increased Gut Microbiota  $\alpha$ -Diversity in 3 Independent Cohorts. Gastroenterology 158 (1): 270-272. doi:10.1053/j.gastro.2019.08.024
205. Lecce G.D., Boselli E., D'ignazi G., Frega N.G. (2013). Evolution of phenolics and glutathione in Verdicchio wine obtained with maceration under reductive conditions. LWT - Food Sci Technol 53 (1): 54-60. doi:10.1016/j.lwt.2013.03.006
206. Leder R., Kubanović V., Petric I.V., Vahčić N., Banović M. (2015). Chemometric prediction of the geographical origin of Croatian wines through their elemental profiles. J Food Nutr Res 54 (3): 229-238
207. Lee E.-S., Shin M.-O., Yoon S., Moon J.-O. (2010). Resveratrol inhibits dimethylnitrosamine-induced hepatic fibrosis in rats. Arch Pharm Res 33 (6): 925-932. doi:10.1007/s12272-010-0616-4
208. Letenneur L. (2004). Risk of Dementia and Alcohol and Wine Consumption: a Review of Recent Results. Biol Res 37 (2): 189-193. doi:10.4067/S0716-97602004000200003

209. Li F., Gong Q., Dong H., Shi J. (2012). Resveratrol, A Neuroprotective Supplement for Alzheimer's Disease. *Curr Pharm Des* 18 (1): 27-33. doi: 10.2174/138161212798919075
210. Li S.-Y., Duan C.-Q. (2019). Astringency, bitterness and color changes in dry red wines before and during oak barrel aging: An updated phenolic perspective review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59 (12): 1840-1867. doi:10.1080/10408398.2018.1431762
211. Liberatore M.T., Pati S., Nobile M.A.D., Notte E.L. (2010). Aroma quality improvement of Chardonnay white wine by fermentation and ageing in barrique on lees. *Food Res Int* 43 (4): 996-1002. doi:10.1016/j.foodres.2010.01.007
212. Lingua M.S., Fabani M.P., Wunderlin D.A., Baroni M.V. (2016). From grape to wine: Changes in phenolic composition and its influence on antioxidant activity. *Food Chem* 208: 228-238. doi:10.1016/j.foodchem.2016.04.009
213. López N., Puértolas E., Condón S., Álvarez I., Raso J. (2008). Effects of pulsed electric fields on the extraction of phenolic compounds during the fermentation of must of Tempranillo grapes. *Innov Food Sci Emerg Technol* 9 (4): 477-482. doi:10.1016/j.ifset.2007.11.001
214. Lukić I., Budić-Leto I., Bubola M., Damijanić K., Staver M. (2017a). Pre-fermentative cold maceration, saignée, and various thermal treatments as options for modulating volatile aroma and phenol profiles of red wine. *Food Chem* 224: 251-261. doi:10.1016/j.foodchem.2016.12.077
215. Lukić I., Jedrejčić N., Ganić K.K., Staver M., Peršurić Đ. (2015). Phenolic and Aroma Composition of White Wines Produced by Prolonged Maceration and Maturation in Wooden Barrels. *Food Technol Biotechnol* 53 (4): 407-418. doi:10.17113/ftb.53.04.15.4144
216. Lukić I., Lotti C., Vrhovšek U. (2017b). Evolution of free and bound volatile aroma compounds and phenols during fermentation of Muscat blanc grape juice with and without skins. *Food Chem* 232: 25-35. doi:10.1016/j.foodchem.2017.03.166
217. Lukić I., Radeka S., Budić-Leto I., Bubola M., Vrhovšek U. (2019). Targeted UPLC-QqQ-MS/MS profiling of phenolic compounds for differentiation of monovarietal wines and corroboration of particular varietal typicality concepts. *Food Chem* 300: 125251. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125251
218. Mahon H.M.M., Zoecklein B.W., Jasinski Y.W. (1999). The Effects of Prefermentation Maceration Temperature and Percent Alcohol (v/v) at Press on the

- Concentration of Cabernet Sauvignon Grape Glycosides and Glycoside Fractions. *Am J Enol Vitic* 50 (4): 385-390
219. Maletić E., Kontić J.K., Preiner D., Šimon S., Staver M., Pejić I. (2014). Ampelographic and genetic studies into 'Teran'/'Refošk' grapes in Istria (Croatia) – one or two varieties? *Mitt* 64 (2): 54-62
220. Maqbool M.A., Aslam M., Akbar W., Iqbal Z. (2018). Biological importance of vitamins for human health: A review. *J Agric Basic Sci* 2 (3): 50-58
221. Marchal A., Pons A., Lavigne V., Dubourdieu D. (2013). Contribution of oak wood ageing to the sweet perception of dry wines. *Aust J Grape Wine Res* 19 (1): 11-19. doi:10.1111/ajgw.12013
222. Mark L., Nikfardjam M.S.P., Avar P., Ohmacht R. (2005). A Validated HPLC Method for the Quantitative Analysis of *Trans*-Resveratrol and *Trans*-Piceid in Hungarian Wines. *J Chromatogr Sci* 43 (9): 445-449. doi:10.1093/chromsci/43.9.445
223. Martínez-Gil A., Del Alamo-Sanza M., Sánchez-Gómez R., Nevares I. (2018). Different Woods in Cooperage for Oenology: A Review. *Beverages* 4 (4): 94. doi:10.3390/beverages4040094
224. Maslov L. (2014). Određivanje polifenola, indol-3-octene kiseline i 2-aminoacetofenona u vinima tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
225. Mateo J.J., Jiménez M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *J Chromatogr A* 881 (1-2): 557-567. doi:10.1016/s0021-9673(99)01342-4
226. Mattivi F., Reniero F., Korhammer S. (1995). Isolation, Characterization, and Evolution in Red Wine Vinification of Resveratrol Monomers. *J Agric Food Chem* 43 (7): 1820-1823. doi:10.1021/jf00055a013
227. Maza M., Álvarez I., Raso J. (2019). Thermal and Non-Thermal Physical Methods for Improving Polyphenol Extraction in Red Winemaking. *Beverages* 5 (3): 47. doi:10.3390/beverages5030047
228. Mazor Jolić S., Radojčić Redovniković I., Marković K., Ivanec Šipušić Đ., Delonga K. (2011). Changes of phenolic compounds and antioxidant capacity in cocoa beans processing. *Int J Food Sci Technol* 46 (9): 1793-1800. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02670.x

229. McCullough M.L., Peterson J.J., Patel R., Jacques P.F., Shah R., Dwyer J.T. (2012). Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort of US adults. *Am J Clin Nutr* 95 (2): 454-464. doi:10.3945/ajcn.111.016634
230. Mckinnon A.J., Cattrall R.W., Scollary G.R. (1992). Aluminum in Wine - Its Measurement and Identification of Major Sources. *Am J Enol Vitic* 43 (2): 16-170
231. Michałowicz J., Duda W. (2007). Phenols transformations in the environment and living organisms. *Curr. Top. Biophys* 30, 24-36
232. Mihnea M., González-SanJosé M.L., Ortega-Heras M., Pérez-Magariño S. (2015). A comparative study of the volatile content of Mencía wines obtained using different pre-fermentative maceration techniques. *LWT - Food Sci Technol* 64 (1): 32-41. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.024
233. Mirlean N., Roisenberg A., Chies J. (2005). Copper-Based Fungicide Contamination and Metal Distribution in Brazilian Grape Products. *Bull Environ Contam Toxicol* 75: 968-74. doi:10.1007/s00128-005-0844-3
234. Molina A.M., Swiegers J.H., Varela C., Pretorius I.S., Agosin E. (2007). Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. *Appl Microbiol Biotechnol* 77 (3): 675-687. doi:10.1007/s00253-007-1194-3
235. Monagas M., Bartolomé B., Gómez-Cordovés C. (2005). Updated Knowledge About the Presence of Phenolic Compounds in Wine. *Crit Rev Food Sci Nutr* 45 (2): 85-118. doi:10.1080/10408690490911710
236. Morata A., Escott C., Bañuelos M.A., Loira I., del Fresno J.M., González C., Suárez-Lepe J.A. (2020). Contribution of Non-Saccharomyces Yeasts to Wine Freshness. A Review. *Biomolecules* 10 (1): 34. doi:10.3390/biom10010034
237. Morata A., González C., Tesfaye W., Loira I., Suárez-Lepe J.A. (2019a). Maceration and Fermentation. U: *Red Wine Technology*, Elsevier, Ltd. : Academic Press, London, 35-49. doi:10.1016/B978-0-12-814399-5.00003-7
238. Morata A., Loira I. (2019). *Advances in Grape and Wine Biotechnology*. U: *Grape and Wine Biotechnology*. InTech, Rijeka, Croatia. doi: 10.5772/61694
239. Morel-Salmi C., Souquet J.-M., Bes M., Cheynier V. (2006). Effect of Flash Release Treatment on Phenolic Extraction and Wine Composition. *J Agric Food Chem* 54 (12): 4270-4276. doi:10.1021/jf053153k



240. Moreno J., Peinado R. (2012). *Enological Chemistry*, 1st Edition. Elsevier Inc. London, United Kingdom
241. Moreno P., Salvadó V. (2000). Determination of eight water- and fat-soluble vitamins in multi-vitamin pharmaceutical formulations by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A* 870 (1): 207-215. doi:10.1016/S0021-9673(99)01021-3
242. Moreno-Arribas M.V., Polo M.C. (2009). *Wine chemistry and biochemistry*. Springer science, Business media, LLC, New York, USA.
243. Nan L., Liu L., Li Y., Huang J., Wang Y., Wang C., Wang Z., Xu C. (2021). Comparison of Aroma Compounds in Cabernet Sauvignon Red Wines from Five Growing Regions in Xinjiang in China. *J Food Qual* 2021: 1-16. doi:10.1155/2021/5562518
244. Narodne Novine br. 16/2005. Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima, te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_02\\_16\\_283.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_02_16_283.html). Pristup: 03.08.2022.
245. Narodne Novine br. 2/2005. Pravilnik o proizvodnji vina. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_01\\_2\\_17.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_01_2_17.html). Pristup: 03.08.2022.
246. Narodne Novine br. 106/04. Pravilnik o organoleptičkom (senzornom) ocjenjivanju vina. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_07\\_106\\_2061.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_07_106_2061.html). Pristup: 03.08.2022.
247. Naugler C., McCallum J.L., Klassen G., Strommer J. (2007). Concentrations of trans-Resveratrol and Related Stilbenes in Nova Scotia Wines. *Am J Enol Vitic* 58 (1): 117-119
248. Németh G., Hegyi O., Dunai A., Kocsis L. (2017). Stilbenes in the different organs of *Vitis vinifera* cv. Merlot grafted on Teleki Kober 5BB rootstock. *OENO One* 51 (3): 323-323. doi:10.20870/oeno-one.2016.50.4.1068
249. Neto F.S., de Castilhos M.B., Telis V.R., Telis-Romero J. (2015). Effect of ethanol, dry extract and reducing sugars on density and viscosity of Brazilian red wines. *J Sci Food Agric* 95 (7): 1421-1427. doi:10.1002/jsfa.6835
250. Netzel M., Strass G., Bitsch I., Könitz R., Christmann M., Bitsch R. (2003). Effect of grape processing on selected antioxidant phenolics in red wine. *J Food Eng* 56 (2): 223-228. doi:10.1016/S0260-8774(02)00256-X

251. Niculaua M., Tudose-Sandu-Ville Ş., Cotea V.V., Luchian C.E., Tudose-Sandu-Ville O.-F. (2017). Phenolic Compounds Content in Merlot Wines Obtained through Different Thermomaceration Techniques. *Not Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca* 45 (2): 548-552. doi:10.15835/nbha45210883
252. Nollet L.M.L., Toldra F. (2012). *Food Analysis by HPLC, Third Edition*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 325-427
253. Nordestgaard S. (2017). Fermentation: Pre-fermentation heating of red grapes: A useful tool to manage compressed vintages? *Aust N Z Grapegrow Winemak* (637): 54
254. Nova E., San Mauro-Martín I., Díaz-Prieto L.E., Marcos A. (2019). Wine and beer within a moderate alcohol intake is associated with higher levels of HDL-c and adiponectin. *Nutr Res* 63: 42-50. doi:10.1016/j.nutres.2018.12.007
255. Núñez M., Peña R.M., Herrero C., García-Martín S. (2000). Analysis of some metals in wine by means of capillary electrophoresis. Application to the differentiation of Ribeira Sacra Spanish red wines. *Analisis* 28 (5): 432-437. doi:10.1051/analisis:2000129
256. Nurgel C., Pickering G. (2006). Modeling of Sweet, Bitter and Irritant Sensations and Their Interactions Elicited by Model Ice Wines. *J Sens Stud* 21 (5): 505-519. doi:10.1111/j.1745-459X.2006.00081.x
257. Oberholster A., Elmendorf B.L., Lerno L.A., King E.S., Heymann H., Breneman C.E., Boulton R.B. (2015). Barrel maturation, oak alternatives and micro-oxygenation: Influence on red wine aging and quality. *Food Chem* 173: 1250-1258. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.043
258. OIV (2009). Resolution 332a/2009. OIV standard for international wine and spirituous beverages of vitivinicultural origin competitions. OIV - International Organisation of Vine and Wine, Paris, France. <<http://www.oiv.int/public/medias/4661/oiv-concours-332a-2009-en.pdf>>. Pristupljeno 06.08.2021.
259. OIV (2019). Compendium of international methods of wine and must analysis, Volume 1. OIV - International Organisation of Vine and Wine, Paris, France. <http://www.oiv.int/public/medias/6619/compendium-2019-en-vol1.pdf>>. Pristup: 06.08.2021.

260. OIV (2019). Maximum acceptable limits. OIV - International Organization of Vine and Wine Paris, France. <https://www.oiv.int/standards/international-code-of-oenological-practices/annexes/maximum-acceptable-limits/maximum-acceptable-limits>. Pristup: 06.08.2021.
261. Oliveira J.M., Oliveira P., Baumes R.L., Maia O. (2008). Changes in aromatic characteristics of Loureiro and Alvarinho wines during maturation. *J Food Compos Anal, Wine: nutrients, bioactive non-nutrients and more* 21 (8): 695-707. doi:10.1016/j.jfca.2008.08.002
262. Oliver Simancas R., Díaz-Maroto M.C., Alañón Pardo M.E., Pérez Porras P., Bautista-Ortín A.B., Gómez-Plaza E., Pérez-Coello M.S. (2021). Effect of Power Ultrasound Treatment on Free and Glycosidically-Bound Volatile Compounds and the Sensorial Profile of Red Wines. *Molecules* 26 (4): 1193. doi:10.3390/molecules26041193
263. Ortega-Heras M., Pérez-Magariño S., González-SanJosé M.L. (2012). Comparative study of the use of maceration enzymes and cold pre-fermentative maceration on phenolic and anthocyanic composition and colour of a Mencía red wine. *LWT - Food Sci Technol* 48: 1–8. doi:10.1016/j.lwt.2012.03.012
264. Ough C.S., Davenport M., Joseph K. (1989). Effects of Certain Vitamins on Growth and Fermentation Rate of Several Commercial Active Dry Wine Yeasts. *Am J Enol Vitic* 40 (3): 208-213
265. Paganga G., Miller N., Rice-Evans C.A. (1999). The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute? *Free Radic Res* 30 (2): 153-162. doi:10.1080/10715769900300161
266. Palma M., Taylor L.T. (1999). Extraction of polyphenolic compounds from grape seeds with near critical carbon dioxide. *J Chromatogr A* 849 (1): 117-124. doi:10.1016/S0021-9673(99)00569-5
267. Palomo E.S., González-Viñas M.A., Díaz-Maroto M.C., Soriano-Pérez A., Pérez-Coello M.S. (2007). Aroma potential of Albillo wines and effect of skin-contact treatment. *Food Chem* 103 (2): 631-640. doi:10.1016/j.foodchem.2006.08.033
268. Pati S., Crupi P., Benucci I., Antonacci D., Di Luccia A., Esti M. (2014). HPLC-DAD–MS/MS characterization of phenolic compounds in white wine stored without added sulfite. *Food Res Int* 66: 207-215. doi:10.1016/j.foodres.2014.09.017

269. Pereira A., Reis M., Saraiva P., Marques J.C. (2010). Analysis and assessment of Madeira wine ageing over an extended time period through GC-MS and chemometric analysis. *Anal Chim Acta* 660: 8-21. doi:10.1016/j.aca.2009.11.009
270. Pereira V., Cacho J., Marques J.C. (2014). Volatile profile of Madeira wines submitted to traditional accelerated ageing. *Food Chem* 162: 122-134. doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.039
271. Perestrelo R., Barros A.S., Câmara J.S., Rocha S.M. (2011). In-Depth Search Focused on Furans, Lactones, Volatile Phenols, and Acetals As Potential Age Markers of Madeira Wines by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography with Time-of-Flight Mass Spectrometry Combined with Solid Phase Microextraction. *J Agric Food Chem* 59 (7): 3186-3204. doi:10.1021/jf104219t
272. Perestrelo R., Silva C., Gonçalves C., Castillo M., Câmara J.S. (2020). An Approach of the Madeira Wine Chemistry. *Beverages* 6 (1): 12. doi:10.3390/beverages6010012
273. Perez-Prieto L.J., De la Hera-Orts M.L., López-Roca J.M., Fernández-Fernández J.I., Gómez-Plaza E. (2003). Oak-matured wines: influence of the characteristics of the barrel on wine colour and sensory characteristics. *J Sci Food Agric* 83 (14): 1445-1450. doi:10.1002/jsfa.1551
274. Perli T., Wronska A.K., Ortiz-Merino R.A., Pronk J.T., Daran J.-M. (2020). Vitamin requirements and biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 37 (4): 283-304. doi:10.1002/yea.3461
275. Petravić-Tominac V., Mujadžić S., Zechner-Krpan V., August H., Velić D., Velić N. (2017). Odabrani biotehnoški čimbenici koji utječu na alkoholnu fermentaciju pri proizvodnji vina. *Biotechnol Nutr* 12: (3-4) 100-106
276. Petropulos V.I., Bogeva E., Stafilov T., Stefova M., Siegmund B., Pabi N., Lankmayr E. (2014). Study of the influence of maceration time and oenological practices on the aroma profile of Vranec wines. *Food Chem* 165: 506-514. doi:10.1016/j.foodchem.2014.05.144
277. Pezet R., Cuenat P. (1996). Resveratrol in wine: extraction from skin during fermentation and post-fermentation standing of must from Gamay grapes. *Am J Enol Vitic USA* 47: 287-290

278. Pezzi F., Caprara C., Friso D., Ranieri B. (2013). Technical and economic evaluation of maceration of red grapes for production everyday wine. *J Agric Eng* 44 (s2). doi:10.4081/jae.2013.306
279. Piccardo D. (2019). Influence of the use of unripe grapes to reduce ethanol content and pH on the color, polyphenol and polysaccharide composition of conventional and hot macerated Pinot Noir and Tannat wines. *Eur Food Res Technol* 245: 1321-1335. doi: 10.1007/s00217-019-03258-4
280. Piccardo D., González-Neves G. (2013). Extracción de polifenoles y composición de vinos tintos Tannat elaborados por técnicas de maceración prefermentativa. *Agrociencia Urug* 17 (1): 36-44
281. Pickering G.J., Heatherbell D.A., Vanhanen L.P., Barnes M.F. (1998). The Effect of Ethanol Concentration on the Temporal Perception of Viscosity and Density in White Wine. *Am J Enol Vitic* 49 (3): 306-318
282. Plavša T., Jurinjak N., Antunović D., Peršurić Đ., Kovačević Ganić K. (2012). The Influence of Skin Maceration Time on the Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Red Wine Teran (*Vitis vinifera* L.). *Food Technol Biotechnol* 50 (2): 152-158
283. Plavša T. (2020). Utjecaj bakterija mliječne kiseline na aromatske spojeve i senzorska svojstva vina Teran. Doktorska disertacija, Agronomski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
284. Płotka-Wasyłka J., Frankowski M., Simeonov V., Polkowska Ż., Namieśnik J. (2018). Determination of Metals Content in Wine Samples by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. *Molecules* 23 (11): 2886. doi:10.3390/molecules23112886
285. Pohl P. (2007). What do metals tell us about wine? *TrAC Trends Anal Chem* 26 (9): 941-949. doi:10.1016/j.trac.2007.07.005
286. Pons A., Lavigne V., Eric F., Darriet P., Dubourdieu D. (2008). Identification of Volatile Compounds Responsible for Prune Aroma in Prematurely Aged Red Wines. *J Agric Food Chem* 56 (13): 5285-5290. doi:10.1021/jf073513z
287. Porgalı E., Büyüktuncel E. (2012). Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. *Food Res Int* 45 (1): 145-154. doi:10.1016/j.foodres.2011.10.025

288. Poussier M., Guilloux-Benatier M., Torres M., Heras E., Adrian M. (2003). Influence of Different Maceration Techniques and Microbial Enzymatic Activities on Wine Stilbene Content. *Am J Enol Vitic* 54 (4): 261–266
289. Pozo-Bayón M.Á., Reineccius G. (2009). Interactions Between Wine Matrix Macro-Components and Aroma Compounds. U: *Wine Chemistry and Biochemistry* (Moreno-Arribas M.V., Polo M.C., eds), Springer, New York, 417-435. doi:10.1007/978-0-387-74118-5\_19
290. Pozzatti M., Guerra C.C., Martins G., dos Santos I.D., Wagner R., Ferrão M.F., Manfroi V. (2020). Effects of winemaking on 'Marselan' red wines: volatile compounds and sensory aspects. *Ciênc E Téc Vitivinícola* 35 (2): 63-75. doi:10.1051/ctv/20203502063
291. Prusova B., Humaj J., Sochor J., Baron M. (2022). Formation, Losses, Preservation and Recovery of Aroma Compounds in the Winemaking Process. *Fermentation* 8 (3): 93. doi:10.3390/fermentation8030093
292. Puech J.-L., Feuillat F., Mosedale J.R. (1999). The Tannins of Oak Heartwood: Structure, Properties, and Their Influence on Wine Flavor. *Am J Enol Vitic* 50 (4): 469-478
293. Puertas B., Guerrero R., Jurado M., Jimenez M., Cantos-Villar E. (2008). Evaluation of Alternative Winemaking Processes for Red Wine Color Enhancement. *Food Sci Technol Int* 14: 21-27. doi:10.1177/1082013208095686
294. Puhelek I. (2016). Sastav aromatskih spojeva, aminokiselina i organskih kiselina u vinima klonskih kandidata kultura Kraljevina. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
295. Qian X., Jia F., Cai J., Shi Y., Duan C., Lan Y. (2022). Characterization and Evolution of Volatile Compounds of Cabernet Sauvignon Wines from Two Different Clones during Oak Barrel Aging. *Foods* 11 (1): 74. doi:10.3390/foods11010074
296. Quiles J.L., Rivas-García L., Varela-López A., Llopis J., Battino M., Sánchez-González C. (2020). Do nutrients and other bioactive molecules from foods have anything to say in the treatment against COVID-19? *Environ Res* 191: 110053. doi:10.1016/j.envres.2020.110053
297. Radeka S., Lukić I., Peršurić Đ. (2012). Influence of Different Maceration Treatments on the Aroma Profile of Rosé and Red Wines from Croatian Aromatic cv. Muškati Ruža Porečki (*Vitis vinifera* L.). *Food Technol Biotechnol* 50 (4): 442-453

298. Radeka S., Rossi S., Bestulić E., Budić-Leto I., Kovačević Ganić K., Horvat I., Lukić I., Orbanić F., Zaninović Jurjević T., Dvornik Š. (2022). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Red and White Wines Produced from Autochthonous Croatian Varieties: Effect of Moderate Consumption on Human Health. *Foods* 11 (12): 1804. doi:10.3390/foods11121804
299. Raposo R., Ruiz-Moreno M.J., Garde-Cerdán T., Puertas B., Moreno-Rojas J.M., Zafrilla P., Gonzalo-Diago A., Guerrero R.F., Cantos-Villar E. (2016). Replacement of sulfur dioxide by hydroxytyrosol in white wine: Influence on both quality parameters and sensory. *LWT - Food Sci Technol* 65: 214-221. doi:10.1016/j.lwt.2015.08.005
300. Rapp A., Mandery H. (1986). Wine aroma. *Experientia* 42 (8): 873-884. doi:10.1007/BF01941764
301. Reale M., Costantini E., Jagarlapoodi S., Khan H., Belwal T., Cichelli A. (2020). Relationship of Wine Consumption with Alzheimer's Disease. *Nutrients* 12 (1): 206. doi:10.3390/nu12010206
302. Reazin G.H. (1981). Chemical Mechanisms of Whiskey Maturation. *Am J Enol Vitic* 32 (4): 283-289
303. Renaud S., de Lorgeril M. (1992). Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet Lond Engl* 339 (8808): 1523-1526. doi:10.1016/0140-6736(92)91277-f
304. Rentzsch M., Schwarz M., Winterhalter P. (2007). Pyranoanthocyanins – an overview on structures, occurrence, and pathways of formation. *Trends Food Sci Technol*, 4th International Congress on Pigments in Food 18 (10): 526-534. doi:10.1016/j.tifs.2007.04.014
305. Revilla E., López J.F., Ryan J.-M. (2005). Anthocyanin pattern of Tempranillo wines during ageing in oak barrels and storage in stainless-steel tanks. *Eur Food Res Technol* 220 (5): 592-596. doi:10.1007/s00217-005-1148-x
306. Reynolds A., Cliff M., Girard, Kopp T.G. (2001). Influence of fermentation temperature on composition and sensory properties of Semillon and Shiraz wine. *Am J Enol Vitic* 52: 235-240
307. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2000). *Handbook of enology - Volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, United Kingdom

308. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2006): Handbook of enology Volume 2, Second Edition. The chemistry of wine stabilization and treatments. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, West Sussex, United Kingdom
309. Ricardo-da-Silva J.M., Cheynier V., Samsom A., Bourzeix M. (1993). Effect of Pomace Contact, Carbonic Maceration, and Hyperoxidation on the Procyanidin Composition of Grenache blanc Wines. *Am J Enol Vitic* 44 (2): 168-172
310. Rinaldi A., Picariello L., Soares S., Brandão E., de Freitas V., Moio L., Gambuti A. (2021). Effect of oxidation on color parameters, tannins, and sensory characteristics of Sangiovese wines. *Eur Food Res Technol* 247 (12): 2977-2991. doi:10.1007/s00217-021-03851-6
311. Rizzon L.A., Miele A. (2009). Características analíticas de vinhos Merlot da Serra Gaúcha. *Ciênc Rural* 39: 1913-1916. doi:10.1590/S0103-84782009005000109
312. 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. *Am J Enol Vitic* 65 (1): 1-24. doi:10.5344/ajev.2013.12070
313. Rocco D., Cravero M., Nadia G. (1989). Metodi per lo studio dei polifenoli. *L'Enotecnico XXV*: 83-89
314. Rodrigues A., Ricardo-Da-Silva J.M., Lucas C., Laureano O. (2013). Effect of Winery Yeast Lees on Touriga Nacional Red Wine Color and Tannin Evolution. *Am J Enol Vitic* 64 (1): 98-109. doi:10.5344/ajev.2012.11103
315. Rodríguez-Rodríguez P., Gómez-Plaza E. (2012). Dependence of Oak-Related Volatile Compounds on the Physicochemical Characteristics of Barrel-Aged Wines. *Food Technol Biotechnol* 50 (1): 59-65
316. Roggero J.P., Garcia Parrilla C. (1995). Effects of ultraviolet irradiation on resveratrol and changes in resveratrol and various of its derivatives in the skins of ripening grapes. *Sci Aliments Fr* 15 (5): 411-422
317. Roldán A.M., Sánchez-García F., Pérez-Rodríguez L., Palacios V.M. (2021). Influence of Different Vinification Techniques on Volatile Compounds and the Aromatic Profile of Palomino Fino Wines. *Foods* 10 (2): 453. doi:10.3390/foods10020453
318. Roussis I.G., Lambropoulos I., Papadopoulou D. (2005). Inhibition of the decline of volatile esters and terpenols during oxidative storage of Muscat-white and



- Xinomavro-red wine by caffeic acid and N-acetyl-cysteine. *Food Chem* 93 (3): 485-492. doi:10.1016/j.foodchem.2004.10.025
319. Rubio-Bretón P., Garde-Cerdán T., Martínez J. (2018). Use of Oak Fragments during the Aging of Red Wines. Effect on the Phenolic, Aromatic, and Sensory Composition of Wines as a Function of the Contact Time with the Wood. *Beverages* 4 (4): 102. doi:10.3390/beverages4040102
320. Rubio-Bretón P., Salinas M.R., Nevares I., Pérez-Álvarez E.P., Álamo-Sanza M. del, Román S.M.-S., Alonso G.L., Garde-Cerdán T. (2019). Recent Advances in the Study of Grape and Wine Volatile Composition: Varietal, Fermentative, and Aging Aroma Compounds. U: *Food Aroma Evolution*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL
321. Ruiz J., Kiene F., Belda I., Fracassetti D., Marquina D., Navascués E., Calderón F., Benito A., Rauhut D., Santos A., Benito S. (2019). Effects on varietal aromas during wine making: a review of the impact of varietal aromas on the flavor of wine. *Appl Microbiol Biotechnol* 103 (18): 7425-7450. doi:10.1007/s00253-019-10008-9
322. Ruiz-Rodríguez A., Carrer C., Palma Lovillo M., García Barroso C. (2019). Ultrasonic treatments during the alcoholic fermentation of red wines: effects on 'Syrah' wines. *Vitis* 58 (Special Issue): 83-88
323. Rusjan D., Bubola M., Janjanin D., Užila Z., Radeka S., Poljuha D., Pelengić R., Javornik D., Štajner N. (2015). Ampelographic characterisation of grapevine accessions denominated 'Refošk', 'Refosco', 'Teran' and 'Terrano' (*Vitis vinifera* L.) from Slovenia, Croatia and Italy. *VITIS - J Grapevine Res* 54: 77-80. doi:10.5073/vitis.2015.54.special-issue.77-80
324. Sacchi K.L., Bisson L.F., Adams D.O. (2005). A Review of the Effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines 10
325. Sánchez-Gómez R., del Alamo-Sanza M., Nevares I. (2020). Volatile composition of oak wood from different customised oxygenation wine barrels: Effect on red wine. *Food Chem* 329: 127181. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127181 *Res Int* 100: 201-208. doi:10.1016/j.foodres.2017.06.036
326. San-Juan F., Ferreira V., Cacho J., Escudero A. (2011). Quality and Aromatic Sensory Descriptors (Mainly Fresh and Dry Fruit Character) of Spanish Red Wines can be Predicted from their Aroma-Active Chemical Composition. *J Agric Food Chem* 59 (14): 7916-7924. doi:10.1021/jf1048657

327. Sanz M., Fernández de Simón B., Esteruelas E., Muñoz Á.M., Cadahía E., Hernández M.T., Estrella I., Martínez J. (2012). Polyphenols in red wine aged in acacia (*Robinia pseudoacacia*) and oak (*Quercus petraea*) wood barrels. *Anal Chim Acta* 732: 83-90. doi:10.1016/j.aca.2012.01.061
328. Sarni-Manchado P., Cheynier V., Moutounet M. (1997). Reactions of polyphenoloxidase generated caftaric acid o-quinone with malvidin 3-O-glucoside. *Phytochemistry, The International Journal of Plant Biochemistry and Molecular Biology* 45 (7): 1365-1369. doi:10.1016/S0031-9422(97)00190-8
329. Schwarz M., Hofmann G., Winterhalter P. (2004). Investigations on Anthocyanins in Wines from *Vitis vinifera* cv. Pinotage: Factors Influencing the Formation of Pinotin A and Its Correlation with Wine Age. *J Agric Food Chem* 52 (3): 498-504. doi:10.1021/jf035034f
330. Schwarz M., Quast P., von Baer D., Winterhalter P. (2003). Vitisin A Content in Chilean Wines from *Vitis vinifera* Cv. Cabernet Sauvignon and Contribution to the Color of Aged Red Wines. *J Agric Food Chem* 51 (21): 6261-6267. doi:10.1021/jf0346612
331. Şener H. (2018a). Effect of Temperature and Duration of Maceration on Colour and Sensory Properties of Red Wine: A Review. *South Afr J Enol Vitic* 39 (2): 1-8. doi:10.21548/39-2-3160
332. Şener H. (2018b). Effect of Temperature and Duration of Maceration on Colour and Sensory Properties of Red Wine: A Review. *South Afr J Enol Vitic* 32 (2). doi:10.21548/39-2-3160
333. Şener H., Yıldırım H.K. (2013). Influence of different maceration time and temperatures on total phenols, colour and sensory properties of Cabernet Sauvignon wines. *Food Sci Technol Int* 19 (6): 523-533. doi:10.1177/1082013212462229
334. Setford P.C., Jeffery D.W., Grbin P.R., Muhlack R.A. (2017). Factors affecting extraction and evolution of phenolic compounds during red wine maceration and the role of process modelling. *Trends Food Sci Technol* 69: 106-117. doi:10.1016/j.tifs.2017.09.005
335. Shi Y., Qi H. (2021). Effects of Different Seaweed Bioactive Compounds on Neurodegenerative Disorders, Potential Uses on Insomnia: A Mini-review. *Food Rev Int* 1-20. doi:10.1080/87559129.2021.1929301

336. Shimizu H., Akamatsu F., Kamada A., Koyama K., Iwashita K., Goto-Yamamoto N. (2020). Variation in the mineral composition of wine produced using different winemaking techniques. *J Biosci Bioeng* 130 (2): 166-172. doi:10.1016/j.jbiosc.2020.03.012
337. Sidhu D., Lund J., Kotseridis Y., Saucier C. (2015). Methoxypyrazine Analysis and Influence of Viticultural and Enological Procedures on their Levels in Grapes, Musts, and Wines. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55 (4): 485-502. doi:10.1080/10408398.2012.658587
338. Silva Ferreira A.C., Guedes de Pinho P. (2004). Nor-isoprenoids profile during port wine ageing—influence of some technological parameters. *Anal Chim Acta, Papers presented at the 3rd Symposium In Vino Analytica Scientia Aveiro, Portugal, 10-12 July 2003* 513 (1): 169-176. doi:10.1016/j.aca.2003.12.027
339. Singleton, V. i Rossi, J. (1965) Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158
340. Singleton V.L., Salgues M., Zaya J., Trousdale E. (1985). Caftaric Acid Disappearance and Conversion to Products of Enzymic Oxidation in Grape Must and Wine. *Am J Enol Vitic* 36 (1): 50-56
341. Slaghenaufi D., Ugliano M. (2018). Norisoprenoids, Sesquiterpenes and Terpenoids Content of Valpolicella Wines During Aging: Investigating Aroma Potential in Relationship to Evolution of Tobacco and Balsamic Aroma in Aged Wine. *Front Chem* 6: 66. doi:10.3389/fchem.2018.00066
342. Slegers A., Angers P., Ouellet É., Truchon T., Pedneault K. (2015). Volatile Compounds from Grape Skin, Juice and Wine from Five Interspecific Hybrid Grape Cultivars Grown in Québec (Canada) for Wine Production. *Mol Basel Switz* 20 (6): 10980-11016. doi:10.3390/molecules200610980
343. Smith P. A., McRae J. M., Bindon K. A. (2015). Impact of winemaking practices on the concentration and composition of tannins in red wine. *Aust J Grape Wine Res* 21 (S1): 601-614. doi:10.1111/ajgw.12188
344. Soleas G.J., Diamandis E.P., Goldberg D.M. (1997). Wine as a biological fluid: History, production, and role in disease prevention. *J Clin Lab Anal* 11 (5): 287-313. doi:10.1002/(SICI)1098-2825(1997)11:5

345. Soto Vázquez E., Rio Segade S., Fernández Gomez E. (2013). Incidence of the Winemaking Technique on Metal Content and Phenolic Composition of Red Wines. *Int J Food Prop* 16 (3): 622–633. doi:10.1080/10942912.2011.558228
346. Soto-Hernández M., Tenango M.P., García-Mateos R. (2017). Flavonoid Phenolics in Winemaking. U: Phenolic Compounds: Natural Sources, Importance and Applications. InTech, Rijeka, Hrvatska. 153-78
347. Stavridou K., Soufleros E.H., Bouloumpasi E., Dagkli V. (2016). The Phenolic Potential of Wines from French Grape Varieties Cabernet Sauvignon, Merlot and Syrah Cultivated in the Region of Thessaloniki (Northern Greece) and Its Evolution during Aging. *Food Nutr Sci* 7 (2): 122-137. doi:10.4236/fns.2016.72014
348. Styger G., Prior B., Bauer F.F. (2011). Wine flavor and aroma. *J Ind Microbiol Biotechnol* 38 (9): 1145-1159. doi:10.1007/s10295-011-1018-4
349. Sun B., Ribes A.M., Leandro M.C., Belchior A.P., Spranger M.I. (2006). Stilbenes: Quantitative extraction from grape skins, contribution of grape solids to wine and variation during wine maturation. *Anal Chim Acta*, 563 (1): 382-390. doi:10.1016/j.aca.2005.12.002
350. Sun B., Spranger I. (2005). Review: quantitative extraction and analysis of grape and wine proanthocyanidins and stilbenes. *Ciênc E Téc Vitivinícola Port* 20 (2): 59-89
351. Sun B., Spranger I., Roque-do-Vale F., Leandro C., Belchior P. (2001). Effect of Different Winemaking Technologies on Phenolic Composition in Tinta Miúda Red Wines. *J Agric Food Chem* 49 (12): 5809-5816. doi:10.1021/jf010661v
352. Tariba B. (2011). Metals in Wine-Impact on Wine Quality and Health Outcomes. *Biol Trace Elem Res* 144 (1): 143-156. doi:10.1007/s12011-011-9052-7
353. Taylor V.F., Longerich H.P., Greenough J.D. (2003). Multielement analysis of Canadian wines by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and multivariate statistics. *J Agric Food Chem* 51 (4): 856-860. doi:10.1021/jf025761v
354. Test S.L., Noble A.C., Schmidt J.O. (1986). Effect of Pomace Contact on Chardonnay Musts and Wines. *Am J Enol Vitic* 37 (2): 133-136
355. Thomas S. (2017). *Grapes: Polyphenolic Composition, Antioxidant Characteristics and Health Benefits*, Nova Science Publishers, Inc., New York.

356. Tognon G., Lissner L., Sæbye D., Walker K.Z., Heitmann B.L. (2014). The Mediterranean diet in relation to mortality and CVD: a Danish cohort study. *Br J Nutr* 111 (1): 151-159. doi:10.1017/S0007114513001931
357. Tomasino E., Bolman S. (2021). The Potential Effect of  $\beta$ -Ionone and  $\beta$ -Damascenone on Sensory Perception of Pinot Noir Wine Aroma. *Molecules* 26 (5): 1288. doi:10.3390/molecules26051288
358. Trdenić M. (2020). Primarne arome mošta sorte 'Škrlet bijeli' (*Vitis vinifera* L.) pri različitoj gnojdbi 146
359. Tseng K.-C., Chang H.-M., Wu J.S.-B. (2006). Degradation Kinetics of Anthocyanin in Ethanolic Solutions. *J Food Process Preserv* 30 (5): 503-514. doi:10.1111/j.1745-4549.2006.00083.x
360. Valero E., Millán C., Ortega J.M. (2001). Influence of pre-fermentative treatment on the fatty acid content of *Saccharomyces cerevisiae* (M330-9) during alcoholic fermentation of grape must. *J Biosci Bioeng* 91 (2): 117-122. doi:10.1016/S1389-1723(01)80052-9
361. Vazquez R., R R., Calvez S., Hoang M.-D., Graffard H., Guyon F., Bernard D. (2009). Stability Indicating Assay Method on Vitamins: Application to their Stability Study in Parenteral Nutrition Admixtures. *Chromatographia* 69: 629-635. doi:10.1365/s10337-009-0979-1
362. Velić D., Klarić D.A., Velić N., Klarić I., Tominac V.P., Mornar A. (2018). Chemical Constituents of Fruit Wines as Descriptors of their Nutritional, Sensorial and Health-Related Properties, *Descriptive Food Science*. U: *Descriptive Food Science*. IntechOpen, London, United Kingdom, 59-76. doi:10.5772/intechopen.78796
363. Villano D., Fernandezpachon M., Troncoso A., Garciaparrilla M. (2006). Influence of enological practices on the antioxidant activity of wines. *Food Chem* 95 (3): 394-404. doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.005
364. Vrhovšek U., Wendelin S., Eder R. (1997). Effects of Various Vinification Techniques on the Concentration of *cis*- and *trans*-Resveratrol and Resveratrol Glucoside Isomers in Wine. *Am J Enol Vitic* 48 (2): 214-219
365. Wang C.C., Chu C.Y., Chu K.O., Choy K.W., Khaw K.S., Rogers M.S., Pang C.P. (2004). Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity Assay Versus Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay in Plasma. *Clin Chem* 50 (5): 952-954. doi:10.1373/clinchem.2004.031526

366. Wang J., Huo S., Zhang Y., Liu Y., Fan W. (2016). Effect of different pre-fermentation treatments on polyphenols, color, and volatile compounds of three wine varieties. *Food Sci Biotechnol* 25 (3): 735-743. doi:10.1007/s10068-016-0127-2
367. Wang S., Zhang Q., Zhao P., Ma Z., Zhang J., Ma W., Wang X. (2022). Investigating the effect of three phenolic fractions on the volatility of floral, fruity, and aged aromas by HS-SPME-GC-MS and NMR in model wine. *Food Chem X* 13: 100281. doi:10.1016/j.fochx.2022.100281
368. Waterhouse A. L., Sacks G. L., Jeffery, D. W. (2016). *Understanding Wine Chemistry*, 1st Edition. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, United Kingdom
369. Xia E.-Q., Deng G.-F., Guo Y.-J., Li H.-B. (2010). Biological Activities of Polyphenols from Grapes. *Int J Mol Sci* 11 (2): 622-646. doi:10.3390/ijms11020622
370. Xiang L., Xiao L., Wang Y., Li H., Huang Z., He X. (2014). Health benefits of wine: Don't expect resveratrol too much. *Food Chem* 156: 258-263. doi:10.1016/j.foodchem.2014.01.006
371. Xu J., Gao L., Liang H., Chen S. (2021). In silico screening of potential anti-COVID-19 bioactive natural constituents from food sources by molecular docking. *Nutrition* 82: 111049. doi:10.1016/j.nut.2020.111049
372. Yilmaztekin M., Kocabey N., Hayaloglu A.A. (2015). Effect of Maceration Time on Free and Bound Volatiles of Red Wines from cv. Karaoğlan (*Vitis vinifera* L.) Grapes Grown in Arapgir, Turkey. *J Food Sci* 80 (3): C556-C563. doi:10.1111/1750-3841.12767
373. Zhang S., Petersen M.A., Liu J., Toldam-Andersen T.B. (2015). Influence of Pre-Fermentation Treatments on Wine Volatile and Sensory Profile of the New Disease Tolerant Cultivar Solaris. *Molecules* 20 (12): 21609-21625. doi:10.3390/molecules201219791
374. Zhang X.-K., Jeffery D.W., Li D.-M., Lan Y.-B., Zhao X., Duan C.-Q. (2022). Red wine coloration: A review of pigmented molecules, reactions, and applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 21 (5): 3834-3866 doi:10.1111/1541-4337.13010
375. Zhao P., Qian Y., He F., Li H., Qian M. (2017). Comparative Characterization of Aroma Compounds in Merlot Wine by LiChrolut-EN-Based Aroma Extract Dilution Analysis and Odor Activity Value. *Chemosens Percept* 10 (4): 149-160. doi:10.1007/s12078-017-9236-4

376. Zoecklein B.W. (2013). Wine Analysis and Production. Springer Science & Business Media, Chapman & Hall, New York, USA
377. Zoecklein B.W., Hackney C.H., Duncan S.E., Marcy J.E. (1999). Effect of fermentation, aging and thermal storage on total glycosides, phenol-free glycosides and volatile compounds of White Riesling (*Vitis vinifera* L.) wines. J Ind Microbiol Biotechnol 22 (2): 100-107. doi:10.1038/sj.jim.2900613

## 8. ŽIVOTOPIS

Sara Rossi rođena je 7. siječnja 1993. godine u Puli. Srednjoškolsko obrazovanje stekla je u jezičnoj gimnaziji u Poreču. Sveučilišni preddiplomski studij „Ekološka poljoprivreda“ upisuje 2011. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Nakon završenog preddiplomskog studija na istom fakultetu 2014. godine upisuje diplomski studij „Hortikultura – Vinogradarstvo i vinarstvo“. Dobitnica je Dekanove nagrade za marljivost i ostvarenje uzornih rezultata u studiranju s prosjekom 5,0 na diplomskom studiju. Tijekom 2016. godine boravila je u Kaliforniji na stručnoj praksi u vinariji Landmark Winery temeljem stipendije za izvrsnost dodijeljene od strane Zaklade „Miljenko Grgić“. Diplomski studij završava 2017. godine s najvećim pohvalama (*Summa Cum Laude*).

Nakon završenog studija kraće vrijeme radi u tvrtki Vino Artis d.o.o. kao laborantica u Vinarskom laboratoriju. Od siječnja 2019. asistentica je na Zavodu za poljoprivredu i prehranu Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču što joj je omogućeno putem projekta Hrvatske zaklade za znanost „Projekt razvoja karijera mladih istraživača - izobrazba novih doktora znanosti“. U veljači 2019. upisala je sveučilišni poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a u sklopu projekta VINUM SANUM – „Utjecaj različitih vinifikacijskih tehnologija na kvalitativna svojstva vina od autohtonih hrvatskih sorti: uloga vina u ljudskoj prehrani“ provela je istraživanje za doktorski rad.

Kao autorica i koautorica objavila je pet a1 radova u uglednim znanstvenim časopisima (četiri u Q1 kategoriji), pet a3 radova objavljenih u zbornicima radova sa skupova te dvanaest sažetka objavljenih u zbornicama sažetaka sa skupova. Usavršavala se u području instrumentalnih analiza (tekućinska i plinska kromatografija) na seminarima i radionicama (Restek i Waters seminari, predavanja u BIOCentru) te u laboratoriju Prehrambeno–biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Aktivno sudjeluje u radu Povjerenstva za senzorno ocjenjivanje vina Instituta za poljoprivredu i turizam u Poreču. Sudjelovala je na jednoj domaćoj („Održivi razvoj poljoprivrede i turizma u kontekstu klimatskih promjena“ Poreč, 2020.) i tri međunarodne znanstvene konferencije u Hrvatskoj (Simpozij agronoma, Vodice 2020., 2021. i 2022.) te na dvije inozemne konferencije (IVAS - *In Vino Analytica Scientia*, Njemačka 2022. i OIV - *43rd World Congress of Vine and Wine*, Ensenada, Mexico, 2022.)



## POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

### Radovi u časopisima

**Rossi, S.**, Bestulić, E., Horvat, I., Plavša, T., Lukić, I., Bubola, M., Kovačević Ganić, K., Ćurko, N., Jagatić Korenika, AM., Radeka, S. (2022) Comparison of different winemaking processes for improvement of phenolic composition, macro- and microelemental content, and taste sensory attributes of Teran (*Vitis vinifera* L.) red wines. *LWT – Food Sci. Technol*, **154**, 1-10. doi:10.1016/j.lwt.2021.112619

Radeka, S., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Budić- Leto, I., Kovačević Ganić, K., Horvat, I., Lukić, I., Orbanić, F., Zaninović Jurjević, T., Dvornik, Š. (2022) Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Red and White Wines Produced from Autochthonous Croatian Varieties: Effect of Moderate Consumption on Human Health. *Foods*, **11**, 1-23. doi:10.3390/foods11121804

Bestulić, E., **Rossi, S.**, Plavša, T., Horvat, I., Lukić, I., Bubola, M., Ilak Peršurić, AS., Jeromel, A., Radeka, S. (2022) Comparison of different maceration and non-maceration treatments for enhancement of phenolic composition, colour intensity, and taste attributes of Malvazija istarska (*Vitis vinifera* L.) white wines. *J Food Compos Anal*, **109**, 11. doi:10.1016/j.jfca.2022.104472

Bubola M., Persic M., **Rossi S.**, Bestulić E., Zdunić G., Plavša T., Radeka S. (2022). Severe Shoot Trimming and Crop Size as Tools to Modulate Cv. Merlot Berry Composition. *Plants*, **11** (24). doi:10.3390/plants11243571

Bubola M., Sivilotti P., **Rossi S.**, Bestulić E., Plavša T., Radeka S. (2022) Impact of canopy management practices on phenolic composition and sensory profile of cv. Teran wine. *BIO Web Conf* 44: 02001. doi:10.1051/bioconf/20224402001

### Radovi u zbornicima radova sa skupova

Bestulić, E., **Rossi, S.**, Plavša, T., Kovačević Ganić, K. Ćurko, N., Jeromel, A., Radeka, S. (2022) Maceration time effect on the mineral composition of Malvazija istarska (*Vitis vinifera* L.) wines. *57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture*, Vodice, str. 559-563

Orbanić, F., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Plavša, T., Jeromel, A., Radeka, S. (2022) Impact of pre-fermentative mash cooling and heating on anthocyanin concentration and color of Teran wines. *57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture*, Vodice, str. 581-585

**Rossi, S.**, Bestulić, E., Plavša, T., Bubola, M., Ilak Peršurić, AS., Jagatić Korenika, AM., Radeka, S. (2021) Relationship between some sensory attributes and overall impression of Teran wines produced with different vinification techniques. *56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture*, Vodice, str. 723-727

Bestulić, E., **Rossi, S.**, Plavša, T., Bubola, M., Ilak Peršurić, AS., Jeromel, A., Radeka, S. (2021) Relationship between some sensory attributes and overall impression of Malvazija istarska wines produced with different vinification techniques. *56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture*, Vodice, str. 682-686

**Rossi, S.**, Radeka, S., Bubola, M., Plavša, T., Horvat, I., Lukić, I., Jagatić Korenika, AM. (2020) Influence of different vinification techniques on stilbenes and total polyphenolic

content in Teran wines. *55th Croatian and 15th International Symposium on Agriculture*, Vodice, str. 496-500

### Sažeci u zbornicima sažetaka sa skupova

**Rossi, S.**, Dvornik, Š., Bestulić, E., Plavša, T., Lukić, I., Horvat, I., Jagatić Korenika, AM., Radeka, S. (2022) Beneficial effects of moderate consumption of Teran red wine on blood lipid profile: a study on healthy volunteers. *In Vino Analytica Scientia IVAS 2022*, Neustadt an der Weinstraße, Njemačka

Orbanić, F., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Kovačević Ganić, K., Ćurko, N., Tomašević, M., Plavša, T., Jeromel, A., Radeka, S. (2022). Impact of pre-fermentative mash cooling, heating, saignée technique and prolonged macerations on antioxidant capacity and total phenolic content in Teran red wine // Book of abstracts, 10th International Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists, Zagreb, Hrvatska

Orbanić, F., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Lukić, M., Horvat, I., Ćurko, N., Jeromel, A., Radeka, S. (2022) Phenolic profile of cold-pressed grape seed oil from Teran red grape variety (*Vitis vinifera* L.): Impact of pre-fermentative mash cooling, heating, and prolonged macerations. *FOOD INDUSTRY BY-PRODUCTS*, Osijek, Hrvatska

Bestulić, E., **Rossi, S.**, Plavša, T., Horvat, I., Lukić, I., Jeromel, A., Radeka, S. (2022) Influence of maceration time and temperature on some bioactive compounds in Malvazija istarska white wines. *In Vino Analytica Scientia IVAS 2022*, Neustadt an der Weinstraße, Njemačka

Ilak Peršurić, A.S., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Radeka, S. (2022) Perceptions of positive effects of Malvazija istarska moderate wine consumption on human health and psychological functioning - a preliminary study. *European Association of Wine Economists, EuAWE*, Villa Real, Portugal

Bubola, M., Plavša, T., Zdunić, G., **Rossi, S.**, Bestulić, E., Radeka, S. (2022) Modulation of berry composition by different vineyard management practices. *Terclim2022, XIV<sup>th</sup> International Terroir Congress + 2<sup>nd</sup> ClimWine Symposium*, Bordeaux, Francuska

**Rossi, S.**, Bestulić, E., Plavša, T., Kovačević Ganić, K., Ćurko, N., Jagatić Korenika, AM., Radeka, S. (2022) Effect of maceration duration, heat treatment, and barrel aging on water-soluble vitamin content in Teran wines. *57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture*, Vodice, Hrvatska

**Rossi, S.**, Bubola, M., Plavša, T., Ilak Peršurić, AS., Jagatić Korenika, AM., Radeka, S. (2020) Utjecaj temperature i duljine trajanja maceracije na koncentraciju antocijana te parametre boje vina sorte 'Teran'. *Održivi razvoj poljoprivrede i turizma u kontekstu klimatskih promjena*", Poreč, Hrvatska

Bubola, M., Radeka, S., **Rossi, S.**, Plavša, T., Oplanić, M., Hegy, A.I., Lakatos, L., Vaczy, K.Z. (2019) Effects of severe shoot trimming at different phenological stages on the composition of Merlot grapes. *21<sup>st</sup> GiESCO International Meeting*, Thessaloniki, Grčka

## 9. PRILOZI

Prilog 1. Popis kemijskih standarda (s pripadajućim CAS brojem, čistoćom i proizvođačem) korištenih za kvantitativno određivanje fenolnih spojeva, vitamina, makroelemenata i mikroelemenata te hlapljivih spojeva aroma u uzorcima vina

Kemijski standardi	CAS broj	Čistoća	Proizvođač
<b>Fenolni spojevi</b>			
<i>Hidroksibenzojeve kiseline</i>			
galna kiselina	149-91-7	≥ 98 %	Fluka
protokatehinska kiselina	99-50-3	≥ 97 %	Fluka
<i>p</i> -hidroksibenzojeva kiselina	99-96-7	99 + %	Acros Organics
siringinska kiselina	530-57-4	≥ 95 %	Sigma
<i>Hidroksicimetne kiseline</i>			
<i>trans</i> -kaftarinska kiselina	67879-58-7	≥ 97 %	Sigma
kafeinska kiselina	331-39-5	≥ 98 %	Sigma
<i>p</i> -kumarinska kiselina	501-98-4	≥ 98 %	Fluka
ferulinska kiselina	1135-24-6	≥ 99 %	Fluka
<i>Flavan-3-oli</i>			
(+)-katehin	154-23-4	≥ 99 %	Extrasynthese
(-)-epikatehin	490-46-0	≥ 99 %	Extrasynthese
procijanidin B1	20315-25-7	≥ 90 %	Extrasynthese
procijanidin B2	29106-49-8	≥ 90 %	Extrasynthese
procijanidin B3	23567-23-9	≥ 95 %	Extrasynthese
procijanidin C1	37064-30-5	≥ 90 %	Extrasynthese
<i>Stilbeni</i>			
piceid	27208-80-6	≥ 99 %	Extrasynthese
piceatanol	10083-24-6	≥ 95 %	Extrasynthese
resveratrol	501-36-0	≥ 99 %	Extrasynthese
<b>Vitamini</b>			
askorbinska kiselina	50-81-7	≥ 99 %	Merck
tiamin	67-03-8	≥ 99 %	Merck
riboflavin	83-88-5	98%	Merck
niacin	59-67-6	≥ 98 %	Merck
piridoksin	65-23-6	≥ 98 %	Merck
<b>Makroelementi</b>			
kalij	7440-09-7	98%	Merck
kalcij	7440-70-2	≥ 98 %	Merck
magnezij	7439-95-4	≥ 99 %	Merck
natrij	7440-23-5	≥ 99 %	Merck
<b>Mikroelementi</b>			
aluminij	7429-90-5	≥ 91 %	Merck
bakar	7440-50-8	≥ 99.9 %	Merck
željezo	7439-89-6	≥ 99 %	Merck
mangan	7439-96-5	98,7%	Merck

Hlapljivi spojevi arome			
<i>Monoterpeni</i>			
linalol	78-70-6	> 97 %	Merck
$\alpha$ -terpineol	98-55-5	> 98 %	Merck
citronelol	106-22-9	> 98 %	Merck
geraniol	106-24-1	~ 96 %	Fluka
nerol	106-25-2	~ 95 %	Fluka
<i>C13-norizoprenoid</i>			
$\beta$ -damaskenon	23696-85-7	prirodni	SAFC, Aldrich
<i>Alkoholi</i>			
1-heksanol	111-27-3	$\geq$ 98 %	Fluka
<i>trans</i> -3-heksenol	928-97-2	98%	Aldrich
<i>cis</i> -3-heksenol	928-61-1	$\geq$ 98 %	Fluka
2-feniletanol	60-12-8	$\geq$ 99 %	Fluka
<i>Masne kiseline</i>			
butanska kiselina	107-92-6	$\geq$ 99,5 %	Fluka
heksanska kiselina	142-62-1	$\geq$ 98 %	Fluka
oktanska kiselina	124-07-2	$\geq$ 98 %	Fluka
dekanska kiselina	334-48-5	~ 99 %	Fluka
<i>Etil-esteri</i>			
etil-butirat	105-54-4	$\geq$ 98 %	Fluka
etil-2-metilbutirat	7452-79-1	99%	Aldrich
etil-3-metilbutirat	108-64-5	$\geq$ 97 %	Fluka
etil-heksanoat	123-66-0	> 98 %	Merck
etil-oktanoat	106-32-1	> 98 %	Merck
etil-dekanoat	110-38-3	> 99 %	Merck
<i>Acetatni esteri</i>			
izoamil-acetat	123-92-2	$\geq$ 99 %	Merck
heksil-acetat	142-92-7	99%	Fluka
2-feniletil-acetat	103-45-7	$\geq$ 99 %	Fluka
<i>Ostali esteri</i>			
etil-laktat	97-64-3	$\geq$ 98 %	Merck
dietil-sukcinat	123-25-1	$\geq$ 99 %	Fluka

## Prilog 2. OIV obrazac za senzorno ocjenjivanje vina, metoda 100 bodova - mirna vina

		Odlično	Vrlo dobro	Dobro	Prolazno	Loše	Primjedbe
IZGLED	Bistroća	5	4	3	2	1	
	Boja	10	8	6	4	2	
MIRIS	Čistoća	6	5	4	3	2	
	Intenzitet	8	7	6	4	2	
	Kvaliteta	16	14	12	10	8	
OKUS	Čistoća	6	5	4	3	2	
	Intenzitet	8	7	6	4	2	
	Trajnost	8	7	6	5	4	
	Kvaliteta	22	19	16	13	10	
Harmoničnost / Opći dojam		11	10	9	8	7	
Ukupno bodova							

## Prilog 3. Obrazac za ocjenjivanje crnih vina - kvantitativna deskriptivna senzorna analiza vina

karakter mirisa		intenzitet mirisa									
glavna grupa	pojedinačni miris	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
cvjetni 1-10	ljubičice										
	ruža										
	matičnjak										
	jorgovan										
voćni 1-10	malina										
	kupina										
	jagoda										
	crni ribiz										
	crveni ribiz										
	trešnja										
	višnja										
	ogrozd										
	šljiva										
	borovnica										
suho/prosušeno voće 1-10	groždice										
	smokve										
	višnje										
	trešnje										
	šljive										
pekmez/ džem 1-10	višnje										
	trešnje										
	šljive										
	smokve										
orašasto voće 1-10	orah										
	lješnjak										
	badem										
	gorki badem										
biljni 1-10	trava										
	sijeno										
	čaj										
	duhan										
	suho lišće										
začinski/ aromatično bilje 1-10	klinčić										
	lovor										
	menta										

	papar										
	anis										
	komorač										
	origano										
	pelin										
metoksipirazinski 1-10	paprika										
	rajčica list										
	ostalo										
likerski 1-10	višnja										
	trešnja										
	čokolada										
prženi 1-10	karamel										
	čokolada										
	tostirani kruh										
	tostirani orasi										
	tostirani bademi										
	tostirani lješnjaci										
	kava										
ostalo 1-10	med										
	vosak										
	maslac										
	mliječni										
	rogač										
Boja	intenzitet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
rubin crvena											
granitno crvena											
tamno crvena											
odsajj / refleks	intenzitet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Crveni											
ljubičasti											
Ciglasti											
Svojstvo okusa	intenzitet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
svježina											
Kiselost											
tijelo/punoća											
Slatkoća											

viskozitet										
Gorčina										
astringentnost										
zastupljenost tanina										
kvaliteta (zreli/meki) tanina										
<i>aftertaste</i> kakvoća										
<i>aftertaste</i> intenzitet										
sortna tipičnost	intenzitet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tipičnost mirisa										
tipičnost okusa										
opći dojam tipičnosti										
ukupan dojam vina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10