

# Utjecaj koncentriranja membranskim procesom reverzne osmoze na tvari arome konvencijalnog i ekološkog vina Cabernet Sauvignon

---

Trbljanić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:766335>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International / Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-05**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Martina Trbljanić**

**UTJECAJ KONCENTRIRANJA MEMBRANSKIM PROCESOM REVERZNE  
OSMOZE NA TVARI AROME KONVENCIJALNOG I EKOLOŠKOG VINA  
CABERNET SAUVIGNON**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2021.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za Prehrambeno inženjerstvo  
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija vina

**Tema rada** je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2020./2021. održanoj 29. travnja 2021.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Anita Pichler*

**Pomoć pri izradi:** *Ivana Ivić*, mag. ing.

### Utjecaj koncentriranja membranskim procesom reverzne osmoze na tvari arome konvencijalnog i ekološkog vina Cabernet Sauvignon

*Martina Trbljanić, 0113140497*

**Sažetak:** Membranskim procesom reverzne osmoze pri različitim procesnim parametrima (tlak i temperatura) dobiveni su koncentracije s različitim sadržajem aromatičnih tvari u uzorcima ekološkog i konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon. Proces koncentriranja proveo se pri tlakovima od 25, 35, 45 i 55 bara s primjenom i bez primjene hlađenja, na laboratorijskom uređaju LabUnit M20 s pločama i okvirima, primjenom kompozitnih membrana tipa Alfa Laval RO98pHt. Kvantitativni udio aromatičnih sastojaka odredio se primjenom instrumentalne plinske kromatografije i mikroekstrakcije na čvrstoj fazi (SPME). Dobiveni rezultati ukazuju na to da je veće zadržavanje aromatičnih sastojaka pri višim procesnim tlakovima (55 bara) i to s primjenom hlađenja. Način proizvodnje vina također utječe na količinu aromatičnih sastojaka zadržanih u koncentratu te je dokazano da je veća koncentracija aromatskih nota karakterističnih za ovu sortu grožđa u koncentratima dobivenim iz ekološki proizvedenog vina u odnosu na koncentrate iz konvencijalno proizvedenog vina.

**Ključne riječi:** reverzna osmoza, aroma, Cabernet Sauvignon, ekološko vino, konvencijalno vino

**Rad sadrži:** 41 stranica  
9 slika  
15 tablica  
0 priloga  
32 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. prof. dr. sc. Mirela Kopjar      | predsjednik   |
| 2. izv. prof. dr. sc. Anita Pichler | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban   | član          |
| 4. doc. dr. sc. Ante Lončarić       | zamjena člana |

**Datum obrane:** 28. rujna 2021.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food Technology Osijek**  
**Subdepartment of Food Engineering**  
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Wine Technology

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII held on April 29, 2021.

**Mentor:** *Anita Pichler*, PhD, associate prof.

**Technical assistance:** *Ivana Ivić*, mag. ing.

### **The Influence of Concentration by a Membrane Process of Reverse Osmosis on the Aroma Compounds of Conventional and Organic Cabernet Sauvignon Wine**

*Martina Trbljanić, 0113140497*

**Summary:** Membrane process of reverse osmosis at different processing parameters (pressure and temperature) was used in order to obtain concentrates with different content of aroma compounds in samples of organic and conventional Cabernet Sauvignon wine. The concentration process was carried out at pressures of 25, 35, 45 and 55 bar with and without cooling, on a laboratory filter LabUnit M20 with plates and frames, equipped with Alfa Laval RO98pHt composite membranes. The quantitative content of aroma compounds was determined using instrumental gas chromatography and solid-phase microextraction (SPME). The obtained results indicated that the retention of aroma compounds was higher at higher working pressures (55 bar) with the application of cooling. The wine production method also affected the concentration of aroma compounds retained in the concentrate and it has been proved that the concentration of aromatic notes characteristic of this grape variety in concentrates obtained from organically produced wine was higher than in the concentrates from conventionally produced wine.

**Keywords:** reverse osmosis, Cabernet Sauvignon, ecological wine, conventional wine

**Thesis contains:** 41 pages  
9 figures  
15 tables  
0 supplements  
32 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Mirela Kopjar</i> , PhD, prof.           | chair person |
| 2. <i>Anita Pichler</i> , PhD, associate prof  | supervisor   |
| 3. <i>Nela Nedić Tiban</i> , PhD, prof.        | member       |
| 4. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, assistant prof. | stand-in     |

**Defense date:** September 28, 2021

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

*Prvenstveno, želim se zahvaliti svojim roditeljima, Zdenku i Željki, koji su mi omogućili ovo školovanje te isto tako bili ogromna podrška u svim trenucima ovog studentskog putovanja. Također, želim se zahvaliti svome jedinom bratu Mariu koji je uvijek bio tu za mene kad sam nešto trebala. Hvala svim prijateljima, kolegicama i kolegama koji su učinili studentske dane nezaboravnim dijelom mog života.*

*Na kraju, najveće hvala mentorici izv. prof. dr. sc. Aniti Pichler kao i asistentici Ivani Ivić na svakoj pruženoj pomoći i podršci prilikom izrade diplomskog rada.*

## Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>                                     | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>                            | <b>3</b>  |
| <b>2.1. GROŽĐE .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| 2.1.1. Podrijetlo i botanička svojstva vinove loze ..... | 4         |
| 2.1.2. Mehanička i kemijska svojstva .....               | 4         |
| <b>2.2. VINO .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>2.3. KEMIJSKI SASTAV VINA .....</b>                   | <b>8</b>  |
| 2.3.1. Alkoholi .....                                    | 8         |
| 2.3.2. Šećeri.....                                       | 9         |
| 2.3.3. Kiseline.....                                     | 10        |
| 2.3.4. Esteri .....                                      | 11        |
| 2.3.5. Aldehidi i ketoni .....                           | 11        |
| 2.3.6. Fenolni spojevi .....                             | 11        |
| 2.3.7. Tvari arome .....                                 | 12        |
| 2.3.8. Mineralne tvari (pepeo).....                      | 13        |
| <b>2.4. EKOLOŠKA PROIZVODNJA VINA .....</b>              | <b>13</b> |
| <b>2.5. MEMBRANSKI PROCESI .....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>3.1. ZADATAK .....</b>                                | <b>18</b> |
| <b>3.2. MATERIJALI I METODE .....</b>                    | <b>18</b> |
| 3.2.1. Materijali.....                                   | 18        |
| 3.2.2. Metode .....                                      | 19        |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>4.1. TABLIČNI PRIKAZI REZULTATA .....</b>             | <b>23</b> |
| <b>4.2. GRAFIČKI PRIKAZI REZULTATA.....</b>              | <b>31</b> |
| <b>4.3. RASPRAVA.....</b>                                | <b>34</b> |
| <b>5. ZAKLJUČCI.....</b>                                 | <b>37</b> |
| <b>6. LITERATURA.....</b>                                | <b>39</b> |

### **Popis oznaka, kratica i simbola**

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| MF   | mikrofiltracija                  |
| UF   | ultrafiltracija                  |
| NF   | nanofiltracija                   |
| RO   | reverzna osmoza                  |
| SPME | mikroekstrakcija na čvrstoj fazi |
| GC   | plinski kromatograf              |
| MS   | maseni spektrometar              |
| KV   | konvencijalno vino               |
| EV   | ekološko vino                    |

## **1. UVOD**



Vinogradarstvo se na prostorima Republike Hrvatske njegovalo i prije dolaska Rimljana, ali su oni unaprijedili vinogradarstvo te posadili vinovu lozu na određenim lokalitetima Fruške gore, Slavonije i Baranje, a Slaveni su prihvatili i nastavili uzgajati i širiti ovu kulturu. U ranom srednjem vijeku vinogradarstvo i vinarstvo se brzo širilo, a najznačajniji promotori vina bili su samostani. Ubrzo se vinarstvo proširilo na sve slojeve društva, a jedno vrijeme vinom se plaćao i porez (Sokolić, 1976).

*Vitis vinifera*, odnosno vinova loza ubraja se u porodicu *Ampelideae*, odnosno *Vitaceae* te se grožđe koje raste na čokotu koristi kao sirovina za proizvodnju vina, a može se konzumirati i u svježem stanju ili se koristiti za proizvodnju drugih prehrambenih proizvoda. Osnovni dijelovi grozda su peteljka i bobice. Bobice se sastoje od mesa, kože i sjemenke u kojima su smještene tvari boje, kiseline, šećeri, voda te tanini. Na prinos grožđa kao i na sadržaj šećera te kiselina utječe sorta, što se posljedično odražava na fizikalno-kemijska svojstva vina kao i na aromu, boju i okus vina. Sorta grožđa cabernet sauvignon ima bobice bogate aromatičnim tvarima te je stoga odlična sirovina za preradu u različita vina, a križanac je cabernet franca i sauvignona bijelog koji je 1880. godine iz Francuske donesen u Hrvatsku (Molnar, 2017). Preradom ovog grožđa, osim primarnih aroma sadržanih u bobicama, fermentacijom i starenjem vina nastaju sekundarne i tercijarne arome koje utječu na kakvoću vina, a intenzitet pojedinih aromatičnih spojeva ovisi o koncentraciji organskih spojeva identificiranih u vinu kao što su kiseline, alkoholi, esteri, aldehidi i ketoni, terpeni i fenoli. Na količinu ovih spojeva utječe i način uzgoja, odnosno prerade grožđa te način proizvodnje, ekološki ili konvencijalni (Ivić i sur., 2021a). Danas se primjenjuju različiti membranski procesi (reverzna osmoza, nanofiltracija) za koncentriranje vina, jer klasično koncentriranje uparavanjem rezultira gubitkom aromatičnih spojeva. Reverzna osmoza je membranski proces kojim na membrani ostaju zadržane anorganske i organske molekule, a otapalo prolazi kroz membranu. Kako molekule zadržane na membrani stvaraju značajan osmotski tlak, za koncentriranje membranskim procesom reverzne osmoze potrebno je koristiti veće radne tlakove kako bi se nadvladao osmotski tlak zadržanih molekula. Upravo je cilj ovog diplomskog rada ispitati utjecaj različitih procesnih parametara (tlaka i temperature) membranskog procesa reverzne osmoze na tvari arome ekološkog i konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. GROŽĐE

### 2.1.1. Podrijetlo i botanička svojstva vinove loze

*Vitis vinifera* (vinova loza) jedini je predstavnik roda *Vitis* u današnjoj Europi i zapadnoj Aziji te samo pripadnici ove vrste mogu nositi naziv vinova loza (Maletić i sur., 2008). Predak *Vitis vinifere* je *Vitis sylvestris* koja danas egzistira u sredozemnim šumskim područjima koja se u davnim vremenima na rubovima šuma penjala po stablima te ju karakterizira naziv penjačice. Vinova loza se ubraja u porodicu *Vitaceae*, odnosno *Ampelideae* čiji cvjetovi mogu biti jednospolni ili dvospolni skupljeni u cvat ili grozd. S obzirom kako europske vinske sorte nisu otporne na različite štetnike i bolesti (Filoksera, Peronospora, Pepelnica) kao podloge za europske vinske vrste koriste se američke vrste od kojih su najvažnije *Vitis riparia* (otporna na Filokseru), *Vitis rupestris* (otporna na karbonate u tlu), *Vitis barlandieri* (otporna na Filokseru). Tako nastaju hibridi američko-američki, europsko-američki te kompleksni hibridi (Zoričić, 1996). Sorte koje se koriste za proizvodnju vina isključivo moraju pripadati rodu *Vitis vinifera* ili križancima drugih vrsta roda *Vitis* (NN 32/19). Sorta utječe na prinos grožđa, sadržaj šećera i kiselina te posljedično na fizikalno-kemijska svojstva vina kao i na aromu, boju i okus vina.

### 2.1.2. Mehanička i kemijska svojstva

Čokot ili trs sastoji se od podzemnog dijela (korijen) i nadzemnog (stablo, krakovi, ogranci, rozgva, pupovi, izdanci, listovi, zaperci, vitice, cvijet, grozd, bobica). Za svaku sortu vinove loze različit je sadržaj pojedinih dijelova što uvelike ovisi o klimatskim faktorima, vrsti tla, podneblju, oplemenjivanju vinove loze, zdravstvenoj ispravnosti loze i grožđa kao i stupnju zrelosti (Paunović i Daničić, 1976). Podzemni dio se može podijeliti na brandus (plitki korijen), srednje i duboko korijenje te je od velike važnosti zbog skladištenja rezervnih hranjivih tvari. Stablo služi za transport asimilata od listova do korijena kao i za transport minerala i vode od korijena do listova. Krakovi imaju na sebi koljenca u kojima se nalaze zametci pupova, listova i rozgvi, a pupovi sadrže zametak buduće mladice i grozda. List je presvučen dlačicama što služi kao zaštita od smrzavanja, a vitice nasuprot lista služe za hvatanje na žice pa vinova loza ne leži na podu. Grozdovi mogu biti različitih veličina, od malenih, srednje velikih, velikih i vrlo velikih gdje uglavnom srednje mali i srednje veliki služe za dobivanje vrhunskih vina dok vrlo veliki grozdovi imaju tendenciju korištenja za preradu u sokove ili kao stolno grožđe. Kod

grozda razlikujemo bobicu i peteljku. Bobica se sastoji od kožice (epikarp) u kojoj su smještene tvari boje, mesa (mezokarp) u kojem se nalaze kiseline, šećeri i voda te sjemenke koje su izvor tanina (Maletić i sur., 2008).

Epikarp daje vinu karakteristični bouquet, odnosno okus vina, jer osim tvari boje sadrži i tvari arome koje imaju veliki utjecaj na kvalitetu vina. Kožica se sastoji od šest do deset slojeva te na svojoj površini sadrži kvasce i bakterije koji su potrebni u fermentaciji. Epikarp crnih sorti grožđa bogatiji je polifenolima u odnosu na epikarp bijelih sorti (Mirošević, 1996). Bobica je prekrivena voskom koji ju štiti od evaporacije i sprječava prodiranje vode gdje dozrijevanjem ta propusnost opada (Paunović i Daničić, 1976).

Sjemenku sačinjava masna jezgra oko koje se nalazi drvenasta ljuska obavijena taninskom kutikulom u kojoj se nalaze tanini koji procesom maceracije kod proizvodnje vina mogu završiti u krajnjem proizvodu te je vrlo važno voditi računa o intenzitetu gnječenja prilikom prešanja kako se ne bi oštetila taninska kutikula sjemenke grozda jer su tanini, smješteni upravo u sjemenci, glavni razlog trpkosti, odnosno oporosti vina (Zoričić, 1996).

Meso bobice ispunjeno je sokom, odnosno moštom, čija gustoća ovisi o sadržaju šećera. Izvana je obavijeno celuloznom pektinskom kutikulom, a unutarnji dio se može podijeliti na tri zone, odnosno periferna, središnja i međuzona u kojoj ima najviše šećera i vinske kiseline, a jabučna kiselina raste od rubova prema sredini bobice (Zoričić, 1996).

Peteljka služi za dopremanje asimilata u bobice, a isto tako utječe na vino, odnosno njegov kemijski sastav. Vrlo važni sastojak koji se nalazi u peteljci su tanini koji mogu završiti u vinu ukoliko se koriste neadekvatni strojevi za preradu grožđa koji lome peteljku. Takva vina su zelena i trpka (Sokolić, 1976).

## 2.2. VINO

### Definicija i podjela vina

Vino je poljoprivredni prehrambeni proizvod koji je dobiven potpunim ili djelomičnim alkoholnim vrenjem masulja ili mošta od svježeg i za preradu u vino pogodnog grožđa (NN 32/19). Osnovna sirovina za proizvodnju vina je grožđe te kvaliteta krajnjeg proizvoda uvelike će ovisiti o kvaliteti same sirovine. Međutim, i sam proces proizvodnje, odnosno tehnologija

doprinosi krajnjoj kvaliteti kao i proces dozrijevanja vina u kojem nastaje bouquet vina (Alpeza, 2008).

Prema Zakonu o vinu (NN 32/19) groždem se podrazumijeva zdrav, zreo, prezreo, prosušen ili prirodno smrznut plod vinove loze priznatih kultivara namijenjen za proizvodnju vina ili proizvoda od grožđa gdje pritom sok, odnosno mošt mora sadržavati minimalnu količinu šećera od 64 °Oechsle.

Prema Zakonu o vinu, vina možemo podijeliti u sljedeće skupine:

1) Vina u užem smislu riječi:

- mirna,
- pjenušava,
- gazirana i
- biser.

2) Specijalna vina:

- desertna,
- aromatizirana i
- likerska.

3) Po boji:

- bijela,
- ružičasta i
- crvena.

Po sadržaju neprevrelog šećera mirna vina se mogu podijeliti na suha, polusuha, poluslatka i slatka, dok pjenušava, gazirana i biser vina osim navedenih kategorija mogu biti i vrlo suha.

4) Prema kakvoći:

- stolno,
- kvalitetno,
- vrhunsko,
- arhivsko i
- predikatno.

Kojoj kategoriji će određeno vino pripasti ovisi o nizu čimbenika kao što su kakvoća grožđa, prinos, stupanj zrelosti, prerada, njega, randman, količina prirodnog alkohola te senzorskim svojstvima vina i drugom.

### **Sorte grožđa za proizvodnju vina**

Najvažnije sorte grožđa u Kontinentalnoj Hrvatskoj:

- Za proizvodnju BIJELIH VINA:

- graševina bijela,
- rajnski rizling bijeli,
- chardonnay bijeli,
- traminac crveni,
- traminac mirisavi,
- pinot bijeli,
- pinot sivi,
- sauvignon bijeli i
- plemenka bijela.

- Za proizvodnju CRNIH VINA:

- frankovka crna,
- cabernet sauvignon crni,
- pinot crni,
- portugizac crni,
- zweigelt,
- merlot crni.

Najvažnije sorte grožđa u Primorskoj Hrvatskoj:

- za proizvodnju BIJELIH VINA:

- malvazija Istarska bijela,
- pošip bijeli,
- maraština bijela,
- grk bijeli,
- žilavka bijela,

- kujundūša bijela,
- Źlahtina bijela.
- Za proizvodnju CRNIH VINA:
  - plavac mali,
  - babić crni,
  - teran crni,
  - cabernet sauvignon crni,
  - merlot crni,
  - plavina crna,
  - crljenak.

### 2.3. KEMIJSKI SASTAV VINA

Na kemijski sastav vina utječu brojni čimbenici, od sastava groŹđa, njegovog zdravstvenog stanja, klimatskih uvjeta, ali i naćin prerade. Sorta i naćin uzgoja su uglavnom stalni čimbenici, dok se dozrelost, kao i klimatski uvjeti te zdravstveno stanje mogu mijenjati iz godine u godinu te se na ove varijable ne moŹe utjecati (Pozderović, 2010).

#### 2.3.1. Alkoholi

Dvije su osnovne skupine alkohola koji se mogu pronaći u vinu, a to su alifatski i aromatski alkoholi. Najzastupljeniji su svakako etanol i metanol te minimalni udio alkohola u vinu mora biti 8,5 vol.% (stolna vina) pa do maksimalnih 15 vol.%. NajvaŹniji alkohol jeste etilni alkohol koji nastaje procesom fermentacije te njegov udio mijenja fizikalna svojstva vode, Źto znaći da povećanjem udjela alkohola smanjuje se viskoznost, ali se povećava topivost (Alpeza, 2008). S druge strane, metanol nastaje kao nusprodukt hidrolizom pektinskih tvari djelovanjem pektinesteraze. Proizvodnja crnih vina rezultirat će većom koncentracijom metanola jer se u ovoj tehnologiji primjenjuje fermentacija masulja, a peteljke i sjemenke sadrŹe pektinske tvari (Herjavec, 1990). Udio metanola u vinu kreće se od 0,18 do 0,44% u odnosu na kolićinu ekstrakta (Planinić, 1998).

Poslije etanola, u vinu najviše ima trovalentnog alkohola glicerola koji daje harmonićnost vinu, a proizvode ga kvasci tijekom procesa alkoholne fermentacije. Kolićina ovog alkohola koja će

nastati ovisi o sumporenju mošta, što znači ukoliko je mošt tretiran s većom količinom sumporova dioksida nastat će i više glicerola. Glicerol ima sladak okus te može pojačati slatkoću etanola u suhim vinima, a isto tako može poslužiti kao hrana raznim mikroorganizmima kod proizvodnje specijalnih vina (Prce, 2014).

Viši alkoholi bitni su za fermentacijsku aromu vina, a nastaju za vrijeme alkoholnog vrenja uz pomoć kvasca *Saccharomyces cerevisiae*. U koncentraciji do 300 mg/L doprinose razvoju željene arome, a koncentracije preko 400 mg/L daju neželjeni učinak. Najznačajniji predstavnici viših alkohola su feniletanol, izobutilni, izoamilni te amilni alkohol. Nastajanje pojedinih alkohola ovisi o sastavu mošta te samom vrenju (Ribereau i-Gayon i sur., 2006).

Prirodnim alkoholom u vinu smatra se stvarna količina alkohola koja je nastala fermentacijom, a ukupni alkohol predstavlja zbroj stvarnog i potencijalnog alkohola, gdje stvarni alkohol predstavlja stvarnu količinu alkohola, a potencijalni alkohol odnosi se na onu količinu alkohola koji može nastati iz neprevrelog šećera.

### 2.3.2. Šećeri

Udio šećera u grožđu iznosi 15 – 20%. Na udio šećera utječu sorta, klima, vremenske prilike, agrotehničke mjere, stupanj zrelosti, bolesti i štetočine te se u fazi šare, odnosno dozrijevanja bobice povećava količina šećera (Pozderović, 2010). Bobice koje se nalaze bliže peteljci kako prve dobivaju hranjive tvari samim time imaju i više šećera (Possner i Kliewer, 1985). Najzastupljeniji šećeri su monosaharidi (D-fruktoza i D-glukoza), dozrijevanjem raste sadržaj voćnog šećera, dok je omjer glukoze i fruktoze kod dozrelog grožđa izjednačen (Zagorščak, 2011). Upravo ovi šećeri služe kao hrana kvascima koji provode alkoholno vrenje te po sadržaju neprevrelog šećera nakon završenog vrenja, vina možemo podijeliti na suha (manje od 4 g/L neprevrelog šećera), polusuha (4 – 12 g/L neprevrelog šećera), poluslatka (12 – 50 g/L neprevrelog šećera) i slatka (više od 50 g/L neprevrelog šećera). Šećer u vinu reducira trpkost, gorčinu i kiselost, a namjerno dodavanje šećera u vino je zabranjeno izuzimajući pritom proizvodnju nekih specijalnih vina (Alpeza, 2008). Osim monosaharida važno je istaknuti pektine, škrob, glikogen te sluzave tvari kao predstavnike polisaharida koji se mogu pronaći u grožđu, a u vinu mogu predstavljati problem prilikom taloženja i bistrenja (Vrdoljak, 2009).



### 2.3.3. Kiseline

Kiseline u vinu uglavnom potječu iz grožđa koje preko mošta prelaze u vino. Kiselost mošta značajnija je u odnosu na krajnji proizvod, vino, jer se sastav kiselina tijekom vrenja i dozrijevanja mijenja, odnosno pada sadržaj pojedinih kiselina kako raste sadržaj šećera (Andabak, 2017). Prema Pravilniku o vinu (NN 02/05), vino mora sadržavati najmanje 4,5 g/L kiselina izraženih kao vinska kiselina, a najviše 14 g/L.

Kiseline koje se mogu pronaći u vinu:

- organske kiseline iz grožđa: vinska, jabučna, limunska, askorbinska, oksalna, glikolna, glukonska kiselina;
- organske kiseline nastale alkoholnom fermentacijom: piruvična, mliječna, octena, sukcininska, oksalna, fumarna kiselina (Horvat, 2010).

Upravo sadržaj i koncentracija pojedinih kiselina može utjecati na okus vina, jer doprinose svježini okusa pa niski sadržaj kiselina u vinu može rezultirati tupim okusom (Horvat, 2010), ali isto tako njihove koncentracije mogu biti pokazatelji kvarenja vina. Na primjer, veće količine glukonske kiseline imat će grožđe zaraženo sivom plijesni, a veće koncentracije mliječne kiseline mogu se pronaći nakon malolaktičke fermentacije kao sekundarni produkt u pokvarenim vinima (Zagorščak, 2011).

Osim nehlapivih organskih kiselina (vinska, jabučna, limunska, jantarna, mliječna, oksalna, pirogroždana i dr.) u vinu se mogu pronaći i hlapive organske kiseline koje nastaju kao sekundarni metaboliti alkoholnog vrenja ili kao produkti kvarenja, a pri određenim uvjetima mogu ispariti. Izražavaju se u g/L octene kiseline kao najznačajnijeg predstavnika ove grupe kiselina u vinu. Veće količine pokazuju kako je došlo do kvarenja vina kojeg su izazvali različiti mikroorganizmi (bakterije). Normalna koncentracija ove kiseline u vinu je od 0,3 do 0,6 g/L (Pichler, 2019).

Kako na senzorsku kakvoću vina, kao i na stabilnost, posebno utječe sastav kiselina u vinu, dopušteno je dodavanje vinske kiseline (Alpeza, 2008).

### 2.3.4. Esteri

Esteri su organski spojevi koji nastaju reakcijom alkohola i kiselina uz izdvajanje vode te predstavljaju najznačajniju i najveću skupinu organskih spojeva važnih za aromu i okus vina kojih u grožđu ima malo te ih najviše nastaje za vrijeme čuvanja, odnosno dozrijevanja vina. U vinu postoje dvije skupine estera, esteri koji nastaju vrenjem (voćni esteri) te esteri koji nastaju za vrijeme starenja vina. Kako su esteri hlapivi spojevi od velike je važnosti osigurati adekvatno skladištenje gdje se misli prije svega na temperaturu kako bi se očuvali svi visoko vrijedni esteri zaslužni za voćnu aromu. Najviše ima estera octene kiseline (etil-acetat, propil-acetat, izopropil-acetat, izobutil-acetat i izoamil-acetat), a od estera masnih kiselina možemo izdvojiti etil-propionat, etil-valerijat, etil-oktanoat i etil-dekanoat (Alpeza, 2008; Vrdoljak, 2009).

### 2.3.5. Aldehidi i ketoni

Aldehidi nastaju procesom alkoholnog vrenja, a jedan dio nastaje za vrijeme dozrijevanja vina oksidacijom etanola. Najzastupljeniji aldehid u vinu je acetaldehid. Koliko će ga biti u vinu jako ovisi o sumporenju mošta. U crnim vinima ih općenito ima u znatno manjim koncentracijama nego u bijelim vinima, a u čistom obliku u većim količinama daju okus i miris jabuke odstajale na zraku. Ovi spojevi su vrlo reaktivni, a inaktiviraju se sumporenjem bačvi u kojima se skladišti vino (Prce, 2014).

U odnosu na aldehide ketoni su prisutni u znatno manjim koncentracijama te vinu daju miris po maslacu, a u koncentracijama od 1 mg/L mogu dovesti do neugodnog mirisa po užeglosti. Najzastupljeniji ketoni su aceton, acetonid i diacetil (Vrdoljak, 2009).

### 2.3.6. Fenolni spojevi

Fenolni spojevi su odgovorni za boju i miris crnih vina te čine glavnu razliku između bijelih i crnih vina. Ekstrakcijom prelaze u vino te imaju antioksidativno, vitaminsko i baktericidno djelovanje (Maletić, Karoglan Kontić i Pejić, 2008).

Fenolni se spojevi dijele u dvije grupe:

- flavonoidi i
- neflavonoidi.

Flavonoidi prevladavaju u crnim vinima, a neflavonoidi u bijelim (Jakobek i sur., 2009). Flavonoidi uključuju antocijane, tanine, flavonole te flavan-3-ole koji crnom vinu daju karakterističnu boju, okus i trpkost. Koliko će fenolnih spojeva biti ekstrahirano iz kože, sjemenke i nekada peteljke ovisi o samom postupku vinifikacije, odnosno uvjetima maceracije te trajanju muljanja. Ekstrakcija antocijana i tanina započinje odmah nakon muljanja grožđa te se maceracijom masulja koje sadrži i kožicu i sjemenke dobiva izbalansirano vino gdje su sjemenke značajan izvor proantocijanidina. Antocijani su vrlo nestabilni te na njih utječu temperatura, pH, svjetlost, kisik, struktura, koncentracija, enzimi, a sastav i intenzitet boje ovisi o okolišnim uvjetima i sortimentu (Pozderović, 2010).

Najvažniji predstavnici neflavonoida su fenolne kiseline i stilbeni gdje su fenolne kiseline, odnosno derivati hidroksicimetne kiseline najznačajniji fenolni spojevi u bijelim vinima, dok stilbeni, osim što zajedno s flavonoidima sudjeluju u stvaranju karakteristične boje crnih vina, imaju pozitivno djelovanje na kardiovaskularni sustav čovjeka (Karalić, 2014).

### 2.3.7. Tvari arome

Arome u vinu mogu biti primarne, sekundarne i tercijarne. Primarne arome su tzv. sorte arome koje su prisutne u grožđu ili nastaju u predfermentativnoj fazi, a predstavnici ove skupine su uglavnom terpeni te alkoholi sa šest ugljikovih atoma. Među najmirisnijima identificirani su monoterpenski alkoholi: linalol, terpineol, geraniol, citronelol (Riberau-Gayon i sur., 2000).

Sekundarne arome rezultat su alkoholne i malolaktičke fermentacije pa se još nazivaju i fermentativnim aromama, a to su acetatni i etilni esteri te viši alkoholi, a nositelji su voćno-cvjetne fermentativne arome. Tijekom alkoholne fermentacije na formiranje sekundarnih aroma i nastanka hlapivih estera veliki utjecaj ima temperatura jer pri visokim temperaturama dolazi do pojačane hidrolize i gubitka hlapivih estera (Ivić i sur., 2021b).

Tercijarne arome, odnosno bouquet vina formira se za vrijeme odležavanja, odnosno dozrijevanja vina. Bouquet vina nastaje oksidacijom primarnih i sekundarnih aroma te ekstrakcijom sastojaka iz drveta bačve u kojoj se skladišti vino. Oksidacija rezultira povećanjem aldehida u vinu te doprinosi nastanku mirisa na dunju, jabuku, orašasto voće i med. Aromu drveta daju ekstrahirani spojevi aldehida, ketona, laktona i hlapivih fenola (Pozderović, 2010).

### 2.3.8. Mineralne tvari (pepeo)

U ovisnosti od sorte, kvaliteti i stupnju zrelosti grožđa kao i klimatskim uvjetima količina pepela kreće se od 1,1 do 4,6 g/L. U vinu minerali mogu biti vezani za određene spojeve ili slobodni, ali se najčešće mogu pronaći u obliku kalijevih, kalcijevih i magnezijevih soli sumporne, ugljične i fosforne kiseline te u tragovima vezani na bakar i željezo. Crna vina sadrže više mineralnih tvari jer se ekstrahiraju tijekom fermentacije masulja iz čvrstih dijelova grožđa (Prce, 2014).

## 2.4. EKOLOŠKA PROIZVODNJA VINA

Nakon donesenog Pravilnika o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 12/01) počinju se bilježiti i prva ekološka vina.

Kako se današnja poljoprivredna proizvodnja sve više okreće ekologiji i očuvanju okoliša potrošači postaju educirani o prednostima ekoloških proizvoda i o njihovim kvalitetama te kako današnje doba inicira zdrav način života sve je veća potražnja za eko proizvodima, a samim time i ekološki proizvedenim vinima.

Ekološki proizvedeno vino je vino proizvedeno od ekološki uzgojenog grožđa te je broj enoloških sredstava također ograničen na ona sredstva neškodljiva za ljudski organizam, a ovakvo vino upravo rezultira čistim, prirodnijim okusom i mirisom vina od konvencionalno proizvedenog. Ekološki uzgoj vinove loze izbjegava pretjeranu obradu tla i upotrebu herbicida i pesticida te je dopuštena jedino primjena organskih gnojiva (Ivić i sur., 2021a) koja pomažu povećanju biološke raznolikosti, a samim time je smanjena potreba za sredstvima za zaštitu bilja, što posljedično smanjuje bolesti i napade potencijalnih štetnika. Zabranjena je upotreba sintetičkih pesticida i mineralnih gnojiva u ekološkom vinogradarstvu te takav vinograd mora biti udaljen od konvencionalnih poljoprivrednih površina, prometnica i svih potencijalnih zagađivača. Ekološka proizvodnja razlikuje se od konvencionalne, jer iziskuje puno toga što se mora mehanički odraditi, uklanjanje korova, dok se loza tretira isključivo bakrom i sumporom. Sredstva za zaštitu vinove loze trebaju biti neškodljiva za ljudski organizam, odnosno ne smiju sadržavati otrovne supstance što dovodi do toga da je trajanje karence izuzetno kratko ili je uopće nema (Keser, 2019).

## 2.5. MEMBRANSKI PROCESI

Membranski procesi služe za razdvajanje dvije tekuće faze uz pomoć polupropusnih membrana koje s obzirom na veličinu pora i svojstvima propusnosti određene molekule zadržavaju na membrani, a određene propuštaju. Molekule koje prođu kroz membranu pod određenim tlakom zovu se permeat i sadrže manju koncentraciju tvari u odnosu na retentat (dio koji se zadržao na membrani). Membranski procesi su relativno novi postupci u filtraciji vina. Na ovaj način se dobije sterilno vino jer se uklanjaju različiti mikroorganizmi, ali i razni nestabilni spojevi koji mogu uzrokovati nepoželjne organoleptičke i kemijske promjene u vinu što uvelike utječe na stabilnost vina tijekom čuvanja (Derimšek, 2010).

Vrste membranskih procesa u prehrambenoj industriji:

- reverzna osmoza,
- nanofiltracija,
- ultrafiltracija i
- mikrofiltracija.

Osnovna razlika među navedenim membranskim procesima jeste permeabilnost membrana, odnosno svojstvo zadržavanja različitih dimenzija čestica.

### REVERZNA OSMOZA I NANOFILTRACIJA

Tvari koje membrane RO i NF zadržavaju imaju manju topivost od vode i tvari membrane pa sporije prolaze kroz membranu, odnosno ostaju zadržani u retentatu. Molekule koje ostaju zadržane na membrani su dovoljno male da stvaraju veliki osmotski tlak pa je potrebna primjena visokih tlakova kod ovih membranskih procesa kako bi se nadvladao osmotski tlak (Ivić i sur., 2021b).

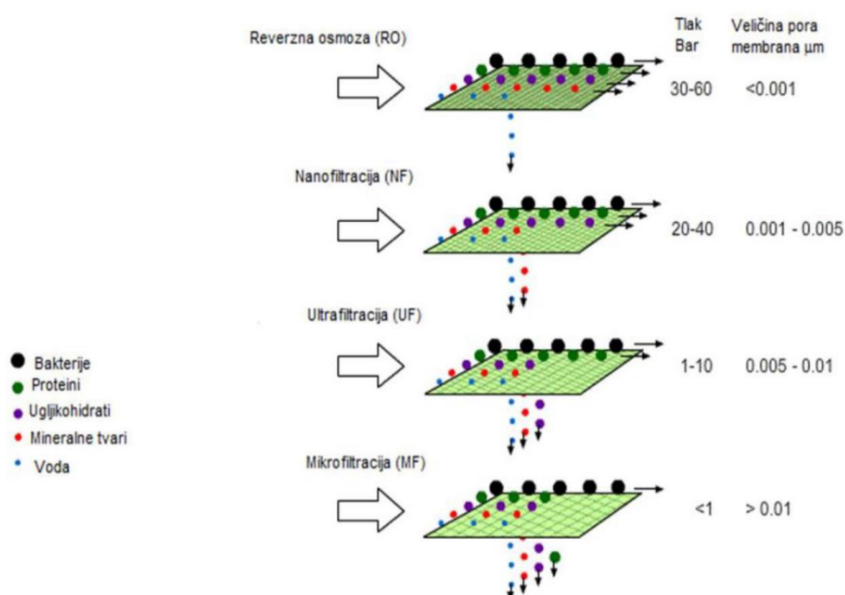
Reverzna osmoza se još naziva hiperfiltracijom jer služi za odvajanje molekula istog reda veličine kao i voda te je dobiveni permeat čista voda, dok membrane za nanofiltraciju imaju nešto veće pore i veću propusnost u odnosu na reverznu osmozu što rezultira primjenom manjeg procesnog tlaka (Popović, 2019).

## ULTRAFILTRACIJA I MIKROFILTRACIJA

UF i MF membrane imaju pore manje od dimenzija molekula koje zaostaju na membrani, a zadržavaju relativno velike molekule koje imaju veliku molekularnu masu, a samim time mali osmotski tlak te prilikom korištenja membrana za UF i MF nije potrebna primjena visokih radnih tlakova.

Ultrafiltracija se upotrebljava za separaciju koloida te makromolekula, dok anorganske soli i manje organske molekule završavaju u permeatu zajedno s vodom.

Mikrofiltracija je zapravo najbližnja standardnoj filtraciji, a problem koji se ovdje može javiti jeste začepljenje membrane i smanjenje intenziteta protoka permeata (Popović, 2019).



**Slika 1** Princip rada tlačnih membranskih procesa (Popović, 2019)

### Klasifikacija membrana:

1. Prema mehanizmu separacije (porozne, neporozne i membrane s ionskom izmjenom),
2. Prema fizičkoj strukturi (simetrične i asimetrične membrane te kompozitne),
3. Prema kemijskom sastavu (organske i anorganske membrane) i
4. Prema geometrijskom obliku (ravne, cijevne, kapilarne i membrane u obliku šupljih vlakana).

Materijali od kojih se izrađuju membrane mogu biti organskog porijekla najčešće od celuloze i derivata celuloze ili ostalih organskih polimernih materijala kao što su polisulfoni, poliamidi, vinilni polimeri, polietilen, elastomeri te mogu biti od anorganskih materijala kao što su keramika, oksidi, karbidi, staklo, nehrđajući čelik i dr.

Poliamidi se najčešće koriste za izradu membrana za RO zbog dobrih termičkih, mehaničkih i kemijskih svojstava, dok se polisulfoni koriste kao potpora za kompozitne membrane (Mulder, 1996).

### **Vrste modula**

Moduli se sastoje od kućišta u koji su ugrađene membrane s dovodom ulazne otopine i odvodom retentata i permeata. Moduli se mogu međusobno povezivati u serije, ovisno o potrebama postrojenja. Određenom konstrukcijskom izvedbom modula želi se postići što veća površina u kratkom vremenu, isplativost, otpornost na koroziju i radni tlak, lako čišćenje i zamjena membrana te sprječavanje koncentracijske polarizacije.

S obzirom na konstrukciju moduli mogu biti:

1. Pločasti,
2. Cijevni,
3. Spiralni,
4. Kapilarni i
5. Moduli sa šupljim vlaknima (Moslavac, 2003; Pozderović, 2011).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Zadatak rada je ispitati utjecaj procesnih parametara, tlaka i temperature, na tvari arome konvencijalnog i ekološkog vina Cabernet Sauvignon primjenom koncentriranja reverznom osmozom. Koncentriranje je provedeno na 25, 35, 45 i 55 bara uz hlađenje i bez hlađenja na laboratorijskom uređaju LabUnit M20 s pločama i okvirima primjenom kompozitnih membrana tipa Alfa Laval RO98pHt. Primjenom plinske kromatografije i mikroekstrakcije na čvrstoj fazi određeni su kvantitativni udjeli aromatičnih sastojaka vina.

### 3.2. MATERIJALI I METODE

#### 3.2.1. Materijali

Osnovni materijali koji su korišteni u ovom diplomskom radu su vino sorte Cabernet Sauvignon dobiveno konvencijalnim i ekološkim postupkom proizvodnje. Oba uzorka podvrgnuta su procesu koncentriranja i to postupkom reverzne osmoze nakon čega je analiziran aromatski profil u oba koncentrata.

Laboratorijski uređaj koji je korišten za proces koncentriranja reverznom osmozom LabUnit M20, danske tvrtke Dow Danmark Separation Systems De Danske Sukkerfabrikker, Kopenhagen (**Slika 2**), sastojao se od šest kompozitnih poliamidnih membrana tipa Alfa Laval RO98pHt složenih u pločasti modul, ukupne površine 0,1736 m<sup>2</sup>. Porozni sloj membrana (nosač) je od poliester, a karakteristike membrana dane su u **Tablici 1**.

**Tablica 1** Karakteristike membrana za reverznu osmozu

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| <b>Tip membrane</b>                 | RO98pHt M20       |
| <b>Proizvođač</b>                   | Alfa Laval Danska |
| <b>Materijal</b>                    | poliamid          |
| <b>R<sub>NaCl</sub></b>             | > 0,98            |
| <b>Maksimalna radna temperatura</b> | 60 °C             |
| <b>Maksimalni radni tlak</b>        | 55 bar            |
| <b>Dozvoljeni pH interval</b>       | 2 – 11            |

Početni uzorci vina dobivenih kovencijalnim i ekološkim postupkom proizvodnje, volumena 3 L, propuštali su se kroz uređaj za koncentriranje, a početna temperatura u tanku bila je 15 °C. Koncentriranje se provodilo primjenom četiri različita tlaka (25, 35, 45 i 55 bara) uz hlađenje i bez hlađenja dok se nije postigao najveći mogući volumen koncentrata, 1 L. Kao rashladno sredstvo korištena je voda te se svake četiri minute bilježio volumen permeata kao i temperatura ukoliko se radilo o postupku s primjenom hlađenja.



**Slika 2** Uređaj LabUnit M20 (Smiljanić, 2013)

#### 3.2.2. Metode

##### *Analiza tvari arome*

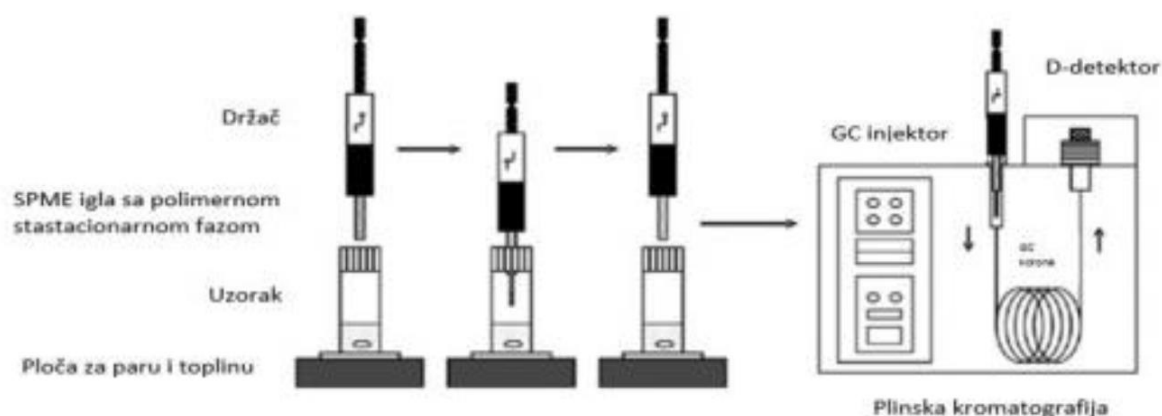
U svrhu uzorkovanja korištena je tehnika mikroekstrakcije na čvrstoj fazi (SPME). Osnova SPME aparature je igla unutar koje se na polimernu stacionarnu fazu adsorbiraju aromatični sastojci. Polimerna stacionarna faza (punilo) je od polidimetilsiloksana/divinilbenzena debljine 65 µm.

Postupak:

U bočicu od 10 ml doda se 5 mL uzorka vina te 1 g NaCl radi bolje adsorpcije aromatičnih tvari, magnet i sve se hermetički zatvori teflonskim čepom. Bočica se postavi u posudu s vodom na magnetsku miješalicu prilikom čega se aromatične tvari adsorbiraju unutar igle na stacionarnoj fazi. Kako bi bila što bolja adsorpcija aromatičnih sastojaka uzorak se najprije miješa pet minuta na vodenoj kupelji pri 40 °C kako bi došlo do zasićenja praznog prostora iznad uzorka te se tek onda igla ispušta u nadprostor. Adsorpcija traje 45 minuta nakon čega

se igla s adsorbiranim sastojcima stavlja u injektor plinskog kromatografa gdje slijedi njihova toplinska desorpcija.

Određivanje kvantitativnih udjela aromatičnih sastojaka vinskih koncentrata dobivenih konvencijalnim i ekološkim postupkom proizvodnje sorte Cabernet Sauvignon provodi se na uređaju za plinsku kromatografiju tvrtke Agilent 7890B s maseno-selektivnim detektorom Agilent 5977A.



**Slika 3** Korištenje SPME igle za uzorkovanje i analizu (Popović, 2019)

### Uvjeti rada plinskog kromatografa

Parametri ekstrakcije:

- Temperatura ekstrakcije: 40 °C;
- Vrijeme ekstrakcije: 45 min;
- Tip mikroekstrakcijske igle: 65 µm polidimetilsiloksan/divinilbenzen;
- Kolona: HP-5MS; 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Agilent, USA;
- Početna temperatura: 40 °C (10 min);
- Temperaturni gradijent: do 120 °C – 3 °C/min, zatim do 250 °C – 10 °C/ min;
- Plin nosač: helij (čistoće 5,0), protok 1 mL/min);
- Konačna temperatura: 250 °C;

- Temperatura injektora: 250 °C;
- Temperatura detektora: 280 °C;
- Desorpcija uzorka u injektor: 7 min.

U izradi kromatografske analize korišten je splitless mod.

### Obrada rezultata

Aromatični spojevi vina identificiraju se na temelju njihovog spektra masa i vremenu zadržavanja, odnosno retencijskih indeksa. Svaka točka na kromatografu sadrži intenzitet, vrijeme zadržavanja i spektar masa. Dobiveni spektri masa na vrhovima kromatografskih pikova uspoređeni su s bazom podataka NIST 2.0 i bazom koja je kreirana na instrumentu prilikom prijašnjih analiza uzoraka vina. Spektri masa komponenata vina međusobno su jako slični i ovise o instrumentu i uvjetima rada, stoga se kao dodatni kriterij za identifikaciju koristi retencijski indeks. Retencijski se indeks izračunava usporedbom vremena zadržavanja komponenata s vremenom zadržavanja ravnolančanih ugljikovodika. Iz tog razloga je analizirana smjesa ravnolančanih ugljikovodika C7 – C30 priređena u laboratoriju pri istim uvjetima analize. Određena su vremena zadržavanja pojedinih ravnolančanih ugljikovodika te su izračunati retencijski indeksi komponenata vina prema jednadžbi:

$$I = 100 \times \left[ n + \frac{\log(t'_{r(\text{unknown})}) - \log(t'_{r(n)})}{\log(t'_{r(N)}) - \log(t'_{r(n)})} \right]$$

gdje je:

I - retencijski indeks zadržavanja,

n - broj ugljikovih atoma u manjem n-alkanu,

N - broj ugljikovih atoma u većem n-alkanu te

$t'_r$  - prilagođeno vrijeme zadržavanja.

Dobiveni retencijski indeksi uspoređeni su s literaturom te je dodatno potvrđena identifikacija komponenata arome vina. Za kvantifikaciju pojedinih spojeva korišten je interni standard, mirtenol.

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

4.1. TABLIČNI PRIKAZI REZULTATA

**Tablica 2** Kemijski sastav i koncentracija pojedinih sastojaka u uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenih postupkom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

|                                 | KV              | KR25H           | KR35H           | KR45H           | KR55H           | KR25BH          | KR35BH          | KR45BH          | KR55BH          |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Etanol (vol.%)                  | 13,74 ± 0,01    | 5,55 ± 0,09     | 6,19 ± 0,10     | 6,77 ± 0,15     | 6,51 ± 0,13     | 5,12 ± 0,02     | 5,81 ± 0,05     | 8,84 ± 0,04     | 6,33 ± 0,02     |
| Glicerol (g/L)                  | 9,70 ± 0,10     | 7,40 ± 0,10     | 7,80 ± 0,10     | 8,30 ± 0,10     | 8,80 ± 0,10     | 6,70 ± 0,10     | 7,30 ± 0,10     | 7,40 ± 0,10     | 7,90 ± 0,10     |
| Gustoća (g/L)                   | 0,9946 ± 0,0003 | 1,0042 ± 0,0002 | 1,0034 ± 0,0003 | 1,0033 ± 0,0003 | 1,0026 ± 0,0002 | 1,0040 ± 0,0002 | 1,0034 ± 0,0001 | 1,0034 ± 0,0001 | 1,0034 ± 0,0001 |
| Slobodni SO <sub>2</sub> (mg/L) | 12,80 ± 0,01    | 12,80 ± 0,02    | 12,80 ± 0,02    | 12,80 ± 0,01    | 11,52 ± 0,02    | 11,50 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    |
| Ukupni SO <sub>2</sub> (mg/L)   | 43,52 ± 0,01    | 30,72 ± 0,02    | 35,84 ± 0,05    | 43,52 ± 0,03    | 43,52 ± 0,02    | 40,96 ± 0,02    | 40,96 ± 0,02    | 40,96 ± 0,02    | 43,52 ± 0,03    |
| Šećeri (g/L)                    | 4,10 ± 0,10     | 3,10 ± 0,20     | 3,30 ± 0,10     | 3,00 ± 0,30     | 3,20 ± 0,10     | 3,10 ± 0,20     | 3,20 ± 0,10     | 3,20 ± 0,10     | 3,10 ± 0,20     |
| CO <sub>2</sub> (g/L)           | 232,61 ± 0,12   | 143,04 ± 0,13   | 143,90 ± 0,23   | 204,560,14      | 211,73 ± 0,20   | 160,92 ± 0,07   | 214,00 ± 0,01   | 217,61 ± 0,11   | 219,57 ± 0,15   |
| Ukupne kiseline (g/L)           | 4,90 ± 0,10     | 3,90 ± 0,10     | 4,10 ± 0,10     | 4,30 ± 0,10     | 4,30 ± 0,10     | 3,70 ± 0,10     | 3,90 ± 0,10     | 3,90 ± 0,10     | 4,10 ± 0,10     |
| Hlapive kiseline (g/L)          | 0,90 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     |
| Jabučna kiselina (g/L)          | 0,80 ± 0,10     | 0,30 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,30 ± 0,10     | 0,30 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     |
| Mliječna kiselina (g/L)         | 2,10 ± 0,10     | 1,50 ± 0,10     | 1,60 ± 0,10     | 1,80 ± 0,20     | 1,60 ± 0,20     | 1,40 ± 0,10     | 1,50 ± 0,10     | 1,50 ± 0,10     | 1,70 ± 0,10     |
| Limunska kiselina (g/L)         | 0,29 ± 0,01     | 0,17 ± 0,01     | 0,18 ± 0,02     | 0,17 ± 0,03     | 0,19 ± 0,01     | 0,16 ± 0,01     | 0,21 ± 0,02     | 0,21 ± 0,02     | 0,18 ± 0,03     |
| Sorbinska kiselina (g/L)        | 132,00 ± 0,10   | 43,00 ± 0,10    | 45,00 ± 0,10    | 50,00 ± 0,10    | 60,00 ± 0,10    | 19,00 ± 0,10    | 40,00 ± 0,10    | 44,00 ± 0,10    | 62,00 ± 0,10    |
| Vinska kiselina (g/L)           | 0,70 ± 0,20     | 0,70 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,80 ± 0,10     | 0,70 ± 0,10     | 0,70 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     |

\*KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 3** Kemijski sastav i koncentracija pojedinih sastojaka u uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenih postupkom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

|                                 | EV              | ER25H           | ER35H           | ER45H           | ER55H           | ER25BH          | ER35BH          | ER45BH          | ER55BH          |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Etanol (vol.%)                  | 13,53 ± 0,02    | 5,34 ± 0,03     | 6,20 ± 0,10     | 6,96 ± 0,05     | 6,98 ± 0,07     | 5,18 ± 0,07     | 5,38 ± 0,05     | 5,99 ± 0,06     | 6,52 ± 0,09     |
| Glicerol (g/L)                  | 9,30 ± 0,20     | 6,40 ± 0,10     | 7,60 ± 0,10     | 8,20 ± 0,10     | 8,20 ± 0,10     | 6,20 ± 0,10     | 6,00 ± 0,10     | 6,90 ± 0,10     | 7,70 ± 0,10     |
| Gustoća (g/L)                   | 0,9946 ± 0,0002 | 1,0035 ± 0,0003 | 1,0036 ± 0,0003 | 1,0030 ± 0,0003 | 1,0026 ± 0,0005 | 1,0037 ± 0,0003 | 1,0030 ± 0,0002 | 1,0030 ± 0,0003 | 1,0032 ± 0,0004 |
| Slobodni SO <sub>2</sub> (mg/L) | 12,80 ± 0,01    | 12,80 ± 0,01    | 11,52 ± 0,01    | 11,52 ± 0,01    | 11,52 ± 0,01    | 11,52 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    | 10,24 ± 0,01    |
| Ukupni SO <sub>2</sub> (mg/L)   | 43,52 ± 0,01    | 35,56 ± 0,02    | 44,80 ± 0,01    | 44,80 ± 0,01    | 44,80 ± 0,01    | 32,00 ± 0,02    | 32,00 ± 0,02    | 32,00 ± 0,02    | 38,40 ± 0,03    |
| Šećeri (g/L)                    | 4,10 ± 0,10     | 4,10 ± 0,20     | 4,00 ± 0,20     | 3,90 ± 0,20     | 3,80 ± 0,30     | 4,20 ± 0,20     | 4,00 ± 0,20     | 4,00 ± 0,20     | 4,00 ± 0,20     |
| CO <sub>2</sub> (g/L)           | 444,64 ± 0,22   | 164,06 ± 0,05   | 164,52 ± 0,13   | 132,39 ± 0,05   | 152,18 ± 0,07   | 158,41 ± 0,23   | 153,45 ± 0,17   | 148,63 ± 0,16   | 145,14 ± 0,09   |
| Ukupne kiseline (g/L)           | 5,10 ± 0,10     | 3,70 ± 0,10     | 4,30 ± 0,10     | 4,50 ± 0,10     | 4,50 ± 0,10     | 3,70 ± 0,10     | 3,60 ± 0,10     | 4,00 ± 0,10     | 4,30 ± 0,10     |
| Hlapive kiseline (g/L)          | 0,90 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,30 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,40 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     |
| Jabučna kiselina (g/L)          | 0,60 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     | 0,20 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     | 0,10 ± 0,10     |
| Mliječna kiselina (g/L)         | 1,80 ± 0,10     | 1,10 ± 0,10     | 1,40 ± 0,10     | 1,60 ± 0,20     | 1,40 ± 0,20     | 1,00 ± 0,10     | 1,00 ± 0,10     | 1,30 ± 0,10     | 1,50 ± 0,10     |
| Limunska kiselina (g/L)         | 0,31 ± 0,01     | 0,26 ± 0,04     | 0,22 ± 0,02     | 0,20 ± 0,04     | 0,20 ± 0,03     | 0,26 ± 0,40     | 0,26 ± 0,40     | 0,22 ± 0,20     | 0,20 ± 0,20     |
| Sorbinska kiselina (g/L)        | 47,00 ± 0,10    |                 |                 |                 | 9,00 ± 0,10     |                 |                 |                 | 6,00 ± 0,10     |
| Vinska kiselina (g/L)           | 0,70 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,70 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,70 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,50 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     | 0,60 ± 0,10     |

\*EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 4** Retencijski indeks i sadržaj kiselina (µg/L) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Kiseline (µg/L)      | RI   | KV          | KR25H       | KR35H       | KR45H       | KR55H       | KR25BH     | KR35BH      | KR45BH      | KR55BH      |
|----------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Octena kiselina      | 622  | 394,1 ± 3,2 |             |             |             | 103,7 ± 2,4 |            |             |             |             |
| Oktanska kiselina    | 1199 | 341,6 ± 5,3 | 68,4 ± 0,1  | 87,7 ± 1,9  | 117,7 ± 4,5 | 156,3 ± 2,3 | 68,0 ± 0,1 | 72,2 ± 0,8  | 82,6 ± 1,1  | 87,9 ± 1,8  |
| Dekanska kiselina    | 1376 | 172,4 ± 1,5 | 112,9 ± 0,8 | 122,0 ± 0,9 | 127,7 ± 0,1 | 143,9 ± 1,0 | 88,1 ± 0,5 | 111,3 ± 1,8 | 123,6 ± 1,6 | 136,0 ± 2,7 |
| Laurinska kiselina   | 1556 | 45,7 ± 0,1  | 35,9 ± 0,1  | 42,7 ± 0,1  | 44,1 ± 0,5  | 45,6 ± 1,2  | 35,5 ± 1,1 | 39,5 ± 1,0  | 41,6 ± 0,9  | 40,2 ± 0,3  |
| Miristinska kiselina | 1749 | 22,0 ± 0,7  | 16,8 ± 0,1  | 18,6 ± 0,4  | 19,6 ± 0,4  | 21,5 ± 0,3  | 16,0 ± 0,1 | 18,5 ± 0,2  | 19,1 ± 0,2  | 20,5 ± 0,4  |
| Palmitinska kiselina | 2004 | 8,3 ± 0,1   | 5,1 ± 0,1   | 5,4 ± 0,1   | 6,1 ± 0,1   | 6,9 ± 0,1   | 4,3 ± 0,2  | 5,2 ± 0,2   | 6,0 ± 0,1   | 6,3 ± 0,2   |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 5** Retencijski indeks i sadržaj alkohola (µg/L) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Alkoholi (µg/L)   | RI   | KV            | KR25H         | KR35H         | KR45H         | KR55H         | KR25BH        | KR35BH        | KR45BH       | KR55BH        |
|-------------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| Izoamilni alkohol | 734  | 7153,2 ± 24,6 | 3479,0 ± 34,2 | 4000,2 ± 46,8 | 4059,2 ± 20,8 | 4218,2 ± 13,5 | 2908,7 ± 48,1 | 3163,1 ± 45,9 | 3549,2 ± 2,8 | 3921,5 ± 35,7 |
| But-2,3-diol      | 804  | 507,2 ± 0,8   | 82,4 ± 1,7    | 95,8 ± 0,4    | 112,8 ± 0,4   | 137,8 ± 0,2   |               | 40,3 ± 0,6    | 40,1 ± 0,4   | 41,6 ± 1,1    |
| Heks-1-ol         | 868  | 868,4 ± 8,0   | 60,6 ± 0,4    | 72,3 ± 0,2    | 75,1 ± 0,8    | 74,6 ± 0,2    | 29,2 ± 0,3    | 42,2 ± 0,6    | 41,2 ± 0,6   | 43,9 ± 0,5    |
| Metionol          | 981  | 45,9 ± 1,2    | 31,6 ± 0,3    | 22,8 ± 0,5    | 20,6 ± 0,3    | 16,8 ± 0,5    |               |               |              |               |
| Benzilni alkohol  | 1037 | 48,6 ± 0,1    | 22,6 ± 0,3    | 23,90,2       | 29,8 ± 1,2    | 36,5 ± 0,7    | 16,6 ± 0,2    | 18,7 ± 0,1    | 19,0 ± 0,2   | 33,0 ± 0,2    |
| Oktan-1-ol        | 1071 | 57,0 ± 0,1    | 45,1 ± 0,4    | 45,0 ± ± 0,1  | 52,3 ± 0,5    | 54,1 ± 0,4    | 42,3 ± 0,5    | 43,5 ± 0,1    | 42,7 ± 0,2   | 47,8 ± 0,7    |
| 2-feniletanol     | 1103 | 4418,3 ± 26,0 | 2120,8 ± 2,0  | 2264,8 ± 37,7 | 2283,1 ± 16,1 | 2609,1 ± 66,6 | 1884,2 ± 22,7 | 1923,9 ± 0,2  | 1946,3 ± 7,8 | 2434,2 ± 56,2 |
| Dodekanol         | 1469 | 113,8 ± 1,7   | 73,9 ± 1,8    | 109,1 ± 2,4   | 112,9 ± 1,6   | 113,3 ± 2,1   | 55,9 ± 0,1    | 69,7 ± 1,3    | 89,7 ± 0,4   | 89,6 ± 0,5    |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja



**Tablica 6** Retencijski indeks i sadržaj karbonilnih spojeva ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Karbonilni spojevi ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | KV         | KR25H      | KR35H      | KR45H      | KR55H      | KR25BH    | KR35BH     | KR45BH     | KR55BH     |
|--|------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| 4-propilbenzaldehyd                    | 1261 | 21,2 ± 0,6 | 12,7 ± 0,5 | 12,5 ± 0,1 | 12,9 ± 0,1 | 12,7 ± 0,1 | 7,2 ± 0,2 | 7,5 ± 0,1  | 8,3 ± 0,1  | 8,0 ± 0,1  |
| Geranil aceton                         | 1448 | 24,4 ± 0,2 | 7,7 ± 0,1  | 10,5 ± 0,3 | 19,4 ± 0,4 | 20,5 ± 0,2 | 7,6 ± 0,1 | 10,5 ± 0,4 | 17,0 ± 0,4 | 17,2 ± 0,3 |
| Lili aldehid                           | 1517 | 19,9 ± 1,1 | 10,2 ± 0,2 | 10,6 ± 0,1 | 10,6 ± 0,1 | 10,5 ± 0,1 | 6,5 ± 0,1 | 7,5 ± 0,3  | 10,7 ± 0,2 | 10,6 ± 0,1 |
| Heksilcinamaldehyd                     | 1738 | 15,8 ± 0,1 | 9,4 ± 0,1  | 9,8 ± 0,2  | 10,0 ± 0,1 | 10,7 ± 0,1 | 7,3 ± 0,1 | 9,4 ± 0,2  | 9,6 ± 0,2  | 10,7 ± 0,1 |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 7** Retencijski indeks i sadržaj terpena ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Terpeni ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | KV         | KR25H      | KR35H      | KR45H      | KR55H      | KR25BH     | KR35BH     | KR45BH     | KR55BH     |
|-----------------------------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\alpha$ -terpinolen        | 1092 | 87,3 ± 2,9 | 36,4 ± 0,1 | 36,8 ± 0,2 | 39,7 ± 0,5 | 45,7 ± 0,3 | 30,5 ± 0,4 | 31,0 ± 0,2 | 34,3 ± 0,2 | 37,9 ± 0,2 |
| $\beta$ -citronelol         | 1223 | 20,6 ± 0,2 | 6,8 ± 0,1  | 7,6 ± 0,2  | 7,5 ± 0,1  | 7,4 ± 0,0  | 6,4 ± 0,1  | 7,2 ± 0,2  | 7,5 ± 0,2  | 7,5 ± 0,3  |
| $\beta$ -damascenon         | 1377 | 48,0 ± 0,8 | 11,7 ± 0,3 | 13,4 ± 0,1 | 17,1 ± 0,6 | 19,8 ± 0,3 | 10,3 ± 0,1 | 11,4 ± 0,3 | 11,7 ± 0,1 | 14,3 ± 0,1 |
| $\beta$ -jonon              | 1476 | 31,7 ± 1,1 | 8,9 ± 0,4  | 9,4 ± 0,4  | 10,6 ± 0,2 | 10,9 ± 0,1 | 5,1 ± 0,2  | 8,1 ± 0,1  | 9,2 ± 0,3  | 10,1 ± 0,3 |
| Fenantren                   | 1772 | 6,8 ± 0,1  | 4,2 ± 0,2  | 5,2 ± 0,1  | 6,4 ± 0,0  | 6,4 ± 0,2  | 3,9 ± 0,2  | 4,4 ± 0,1  | 5,1 ± 0,1  | 6,4 ± 0,1  |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 8** Retencijski indeks i sadržaj hlapivih fenola ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Hlapivi fenoli ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | KV          | KR25H       | KR35H       | KR45H       | KR55H       | KR25BH      | KR35BH      | KR45BH      | KR55BH      |
|------------------------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 4-etilfenol                        | 1166 | 111,0 ± 1,1 | 15,7 ± 0,4  | 17,8 ± 0,7  | 19,2 ± 0,1  | 22,5 ± 0,5  | 14,7 ± 0,4  | 15,1 ± 0,5  | 18,5 ± 0,3  | 21,7 ± 0,4  |
| 4-etilgvajakol                     | 1268 | 139,7 ± 1,5 | 6,8 ± 0,2   | 11,0 ± 0,1  | 12,2 ± 0,1  | 12,9 ± 0,1  | 5,4 ± 0,5   | 7,9 ± 0,1   | 10,2 ± 0,1  | 10,6 ± 0,3  |
| 2,4-Di- <i>tert</i> -butil-fenol   | 1501 | 579,9 ± 8,1 | 382,3 ± 2,3 | 426,2 ± 4,5 | 451,1 ± 1,0 | 429,9 ± 7,1 | 299,7 ± 0,5 | 413,3 ± 2,1 | 435,4 ± 1,8 | 435,0 ± 3,8 |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 9** Retencijski indeks i sadržaj estera ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku konvencijalnog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

|                         | RI   | KV           | KR25H         | KR35H         | KR45H         | KR55H         | KR25BH        | KR35BH        | KR45BH        | KR55BH        |
|-------------------------|------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Etil-heksanoat          | 997  | 156,8 ± 1,5  | 19,6 ± 0,5    | 22,5 ± 0,2    | 43,7 ± 0,6    | 44,6 ± 1,1    |               | 21,7 ± 0,3    | 21,7 ± 0,1    | 31,7 ± 0,4    |
| Etil-4-hidroksibutanoat | 1060 | 53,5 ± 0,1   | 26,5 ± 0,3    | 24,7 ± 0,1    | 22,3 ± 0,4    | 16,4 ± 0,4    | 21,4 ± 0,3    | 21,4 ± 0,5    | 19,8 ± 0,6    | 16,8 ± 0,2    |
| Dietil-sukcinat         | 1179 | 2842,7 ± 4,2 | 2171,5 ± 67,7 | 2208,4 ± 79,3 | 2122,5 ± 35,2 | 2330,1 ± 12,2 | 1904,6 ± 67,6 | 2141,2 ± 79,9 | 2116,2 ± 49,6 | 2365,2 ± 25,8 |
| Etil-oktanoat           | 1191 | 346,7 ± 1,6  | 205,8 ± 0,1   | 264,1 ± 5,5   | 279,4 ± 1,9   | 302,8 ± 5,3   | 125,0 ± 3,2   | 146,2 ± 2,5   | 184,8 ± 3,8   | 210,2 ± 1,8   |
| Etil-sukcinat           | 1198 | 282,3 ± 8,7  | 182,6 ± 0,7   | 174,2 ± 1,1   | 198,8 ± 1,3   | 202,3 ± 2,2   | 138,0 ± 0,1   | 162,6 ± 0,6   | 172,8 ± 2,2   | 186,2 ± 0,8   |
| Fenetil-acetat          | 1248 | 64,2 ± 2,5   | 36,8 ± 0,4    | 56,4 ± 0,7    | 62,7 ± 0,7    | 63,2 ± 0,4    | 26,4 ± 0,2    | 43,8 ± 1,5    | 59,1 ± 0,1    | 59,5 ± 0,4    |
| Etil-dekanoat           | 1391 | 26,1 ± 1,4   | 11,7 ± 0,2    | 13,8 ± 0,3    | 14,9 ± 0,1    | 15,3 ± 0,1    | 7,5 ± 0,3     | 11,9 ± 0,1    | 13,7 ± 0,2    | 14,0 ± 0,3    |
| Etil-vanilat            | 1580 | 10,7 ± 0,3   | 8,4 ± 0,1     | 10,5 ± 0,5    | 11,5 ± 0,1    | 15,2 ± 0,3    | 7,5 ± 0,4     | 8,3 ± 0,1     | 9,5 ± 0,2     | 13,6 ± 0,1    |
| Etil-laurat             | 1584 | 23,3 ± 1,2   | 14,0 ± 0,2    | 18,0 ± 0,1    | 20,0 ± 0,3    | 23,5 ± 0,4    | 13,1 ± 0,1    | 14,1 ± 0,1    | 16,6 ± 0,1    | 20,2 ± 0,1    |
| Heksil-salicilat        | 1667 | 18,5 ± 0,2   | 8,2 ± 0,1     | 10,0 ± 0,1    | 10,3 ± 0,2    | 12,7 ± 0,1    | 6,6 ± 0,1     | 9,6 ± 0,3     | 10,2 ± 0,2    | 12,3 ± 0,1    |
| Etil-miristat           | 1778 | 16,8 ± 0,2   | 7,3 ± 0,2     | 5,6 ± 0,1     | 5,4 ± 0,1     | 5,5 ± 0,1     | 6,7 ± 0,1     | 5,0 ± 0,2     | 4,7 ± 0,1     | 4,0 ± 0,1     |
| Diizobutil-ftalat       | 1859 | 34,4 ± 0,3   | 28,6 ± 0,1    | 31,4 ± 0,2    | 33,4 ± 1,1    | 34,1 ± 1,9    | 25,4 ± 0,1    | 27,0 ± 0,6    | 32,8 ± 1,5    | 30,9 ± 0,2    |
| Etil-pentadekanoat      | 1880 | 15,7 ± 0,1   | 7,9 ± 0,1     | 7,3 ± 0,2     | 7,8 ± 0,3     | 8,7 ± 0,2     | 6,7 ± 0,1     | 7,4 ± 0,1     | 7,6 ± 0,1     | 8,1 ± 0,1     |
| Metil-palmitat          | 1907 | 7,5 ± 0,2    | 5,4 ± 0,1     | 4,4 ± 0,2     | 4,5 ± 0,1     | 4,1 ± 0,1     | 3,8 ± 0,1     | 3,6 ± 0,3     | 3,1 ± 0,1     | 3,3 ± 0,1     |
| Dibutil-ftalat          | 1953 | 33,3 ± 0,4   | 20,0 ± 0,1    | 22,6 ± 0,6    | 28,6 ± 0,3    | 32,5 ± 0,7    | 15,0 ± 0,2    | 20,0 ± 1,0    | 22,4 ± 1,0    | 28,7 ± 0,7    |
| Etil-palmitat           | 1978 | 104,3 ± 1,0  | 13,1 ± 0,7    | 15,4 ± 0,4    | 14,6 ± 0,1    | 17,5 ± 0,3    | 9,6 ± 0,1     | 10,2 ± 0,3    | 11,3 ± 0,3    | 13,8 ± 0,5    |
| Etil-linoleat           | 2146 | 18,6 ± 0,4   |               | 3,3 ± 0,1     | 3,2 ± 0,1     | 5,1 ± 0,1     |               |               |               |               |
| Etil-oleat              | 2152 | 10,0 ± 0,2   |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Etil-stearat            | 2176 | 9,6 ± 0,4    |               |               |               |               |               |               |               |               |

\*RI – retencijski indeks; KV - konvencijalno vino; KR - retentat konvencijalnog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 10** Retencijski indeks i sadržaj kiselina ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Kiseline ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV               | ER25H           | ER35H           | ER45H           | ER55H           | ER25BH         | ER35BH          | ER45BH          | ER55BH          |
|------------------------------|------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Octena kiselina              | 622  | 1043,0 $\pm$ 9,5 |                 |                 |                 | 99,4 $\pm$ 0,3  |                |                 |                 |                 |
| Oktanska kiselina            | 1199 | 311,9 $\pm$ 0,6  | 31,4 $\pm$ 1,0  | 36,7 $\pm$ 0,1  | 48,5 $\pm$ 1,4  | 52,1 $\pm$ 0,5  | 25,0 $\pm$ 1,0 | 34,8 $\pm$ 0,7  | 44,2 $\pm$ 0,2  | 49,4 $\pm$ 0,2  |
| Dekanska kiselina            | 1376 | 165,1 $\pm$ 0,4  | 103,5 $\pm$ 2,3 | 132,2 $\pm$ 2,5 | 158,3 $\pm$ 1,3 | 162,8 $\pm$ 0,7 | 89,5 $\pm$ 1,0 | 116,6 $\pm$ 2,0 | 144,7 $\pm$ 2,6 | 143,7 $\pm$ 2,6 |
| Laurinska kiselina           | 1556 | 83,9 $\pm$ 0,1   | 49,5 $\pm$ 0,5  | 63,6 $\pm$ 0,2  | 71,7 $\pm$ 1,1  | 81,1 $\pm$ 0,4  | 35,4 $\pm$ 1,4 | 40,6 $\pm$ 0,9  | 44,9 $\pm$ 0,6  | 55,6 $\pm$ 1,3  |
| Miristinska kiselina         | 1749 | 22,6 $\pm$ 0,2   | 12,0 $\pm$ 0,3  | 14,5 $\pm$ 0,3  | 15,3 $\pm$ 0,2  | 18,6 $\pm$ 0,1  | 10,2 $\pm$ 0,2 | 12,7 $\pm$ 0,1  | 13,9 $\pm$ 0,3  | 16,6 $\pm$ 0,4  |
| Palmitinska kiselina         | 2004 | 8,0 $\pm$ 0,1    | 2,8 $\pm$ 0,1   | 3,3 $\pm$ 0,1   | 4,9 $\pm$ 0,2   | 5,3 $\pm$ 0,1   | 1,1 $\pm$ 0,1  | 1,2 $\pm$ 0,1   | 1,7 $\pm$ 0,1   | 2,6 $\pm$ 0,1   |

\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 11** Retencijski indeks i sadržaj alkohola ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Alkoholi ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV                 | ER25H             | ER35H             | ER45H             | ER55H              | ER25BH             | ER35BH             | ER45BH            | ER55BH            |
|------------------------------|------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Izoamilni alkohol            | 734  | 31792,8 $\pm$ 47,7 | 3516,3 $\pm$ 80,3 | 4877,0 $\pm$ 45,0 | 6101,1 $\pm$ 69,2 | 7343,6 $\pm$ 100,2 | 2497,6 $\pm$ 151,9 | 2871,5 $\pm$ 140,6 | 3727,6 $\pm$ 78,7 | 4434,5 $\pm$ 52,5 |
| But-2,3-diol                 | 804  | 512,7 $\pm$ 0,8    | 104,5 $\pm$ 1,2   | 172,2 $\pm$ 2,0   | 222,2 $\pm$ 2,1   | 249,3 $\pm$ 0,4    | 51,7 $\pm$ 0,7     | 74,4 $\pm$ 1,0     | 82,7 $\pm$ 1,3    | 100,2 $\pm$ 1,4   |
| Heks-1-ol                    | 868  | 755,2 $\pm$ 6,8    | 86,7 $\pm$ 0,1    | 95,8 $\pm$ 1,0    | 126,1 $\pm$ 3,6   | 154,8 $\pm$ 1,6    | 69,1 $\pm$ 1,7     | 73,5 $\pm$ 1,7     | 90,5 $\pm$ 0,6    | 109,3 $\pm$ 0,8   |
| Metionol                     | 981  | 36,5 $\pm$ 0,5     | 36,4 $\pm$ 0,5    | 31,3 $\pm$ 0,6    | 23,5 $\pm$ 1,3    | 16,7 $\pm$ 0,2     |                    |                    |                   |                   |
| Benzilni alkohol             | 1037 | 43,6 $\pm$ 0,6     | 9,3 $\pm$ 0,2     | 21,5 $\pm$ 0,5    | 22,2 $\pm$ 0,9    | 36,3 $\pm$ 0,1     | 2,2 $\pm$ 0,2      | 4,8 $\pm$ 0,1      | 14,3 $\pm$ 0,3    | 18,1 $\pm$ 0,1    |
| Oktan-1-ol                   | 1071 | 72,3 $\pm$ 0,3     | 23,3 $\pm$ 0,6    | 22,1 $\pm$ 0,5    | 22,2 $\pm$ 1,2    | 22,5 $\pm$ 0,9     | 21,3 $\pm$ 0,6     | 22,2 $\pm$ 1,7     | 21,3 $\pm$ 0,2    | 22,6 $\pm$ 0,7    |
| 2-feniletanol                | 1103 | 4931,3 $\pm$ 20,4  | 1247,3 $\pm$ 23,5 | 1628,6 $\pm$ 8,2  | 1966,6 $\pm$ 18,3 | 2630,0 $\pm$ 79,8  | 1142,3 $\pm$ 34,2  | 1277,5 $\pm$ 74,2  | 1900,2 $\pm$ 28,2 | 2206,0 $\pm$ 9,4  |
| Dodekanol                    | 1469 | 101,3 $\pm$ 0,4    | 68,1 $\pm$ 0,1    | 83,9 $\pm$ 0,7    | 92,2 $\pm$ 2,0    | 100,3 $\pm$ 1,5    | 40,4 $\pm$ 0,1     | 69,4 $\pm$ 1,2     | 80,4 $\pm$ 0,6    | 88,4 $\pm$ 1,4    |

\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 12** Retencijski indeks i sadržaj karbonilnih spojeva ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Karbonilni spojevi ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV             | ER25H          | ER35H          | ER45H          | ER55H          | ER25BH         | ER35BH         | ER45BH         | ER55BH         |
|--|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4-propilbenzaldehyd                    | 1261 | 25,0 $\pm$ 0,3 | 19,3 $\pm$ 0,1 | 18,7 $\pm$ 0,6 | 19,5 $\pm$ 0,3 | 19,0 $\pm$ 0,6 | 12,5 $\pm$ 0,5 | 12,7 $\pm$ 0,3 | 15,2 $\pm$ 0,6 | 15,7 $\pm$ 0,1 |
| Geranil aceton                         | 1448 | 25,8 $\pm$ 0,1 | 15,7 $\pm$ 0,1 | 17,1 $\pm$ 0,2 | 18,4 $\pm$ 0,4 | 23,8 $\pm$ 0,1 | 14,7 $\pm$ 0,1 | 15,1 $\pm$ 0,3 | 17,5 $\pm$ 0,1 | 17,6 $\pm$ 0,1 |
| Lili aldehyd                           | 1517 | 18,3 $\pm$ 0,1 | 12,5 $\pm$ 0,1 | 14,3 $\pm$ 0,3 | 15,0 $\pm$ 0,1 | 14,8 $\pm$ 0,1 | 9,9 $\pm$ 0,4  | 11,5 $\pm$ 0,1 | 13,2 $\pm$ 0,3 | 13,1 $\pm$ 0,5 |
| Heksilcinamaldehyd                     | 1738 | 20,4 $\pm$ 0,1 | 10,4 $\pm$ 0,2 | 12,5 $\pm$ 0,2 | 13,8 $\pm$ 0,1 | 13,9 $\pm$ 0,1 | 8,9 $\pm$ 0,2  | 10,6 $\pm$ 0,3 | 12,6 $\pm$ 0,3 | 13,6 $\pm$ 0,3 |

\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 13** Retencijski indeks i sadržaj terpena ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Terpeni ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV              | ER25H          | ER35H          | ER45H          | ER55H          | ER25BH         | ER35BH         | ER45BH         | ER55BH         |
|-----------------------------|------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\alpha$ -terpinolen        | 1092 | 111,7 $\pm$ 1,8 | 25,5 $\pm$ 0,6 | 26,8 $\pm$ 0,3 | 33,1 $\pm$ 0,1 | 34,7 $\pm$ 0,7 | 17,9 $\pm$ 0,1 | 22,4 $\pm$ 0,3 | 28,1 $\pm$ 0,3 | 30,2 $\pm$ 0,9 |
| $\beta$ -citronelol         | 1223 | 17,7 $\pm$ 0,2  | 7,5 $\pm$ 0,2  | 9,9 $\pm$ 0,2  | 12,6 $\pm$ 0,1 | 12,9 $\pm$ 0,2 | 7,5 $\pm$ 0,4  | 10,4 $\pm$ 0,6 | 12,6 $\pm$ 0,1 | 12,8 $\pm$ 0,3 |
| $\beta$ -damascenon         | 1377 | 31,1 $\pm$ 0,6  | 9,3 $\pm$ 0,4  | 10,8 $\pm$ 0,1 | 12,3 $\pm$ 0,2 | 16,3 $\pm$ 0,1 | 5,9 $\pm$ 0,1  | 8,5 $\pm$ 0,3  | 11,3 $\pm$ 0,1 | 14,8 $\pm$ 0,2 |
| $\beta$ -jonon              | 1476 | 43,4 $\pm$ 1,2  | 9,4 $\pm$ 0,1  | 14,5 $\pm$ 0,1 | 19,0 $\pm$ 0,1 | 21,9 $\pm$ 0,1 | 8,1 $\pm$ 0,1  | 11,5 $\pm$ 0,4 | 15,6 $\pm$ 0,1 | 16,2 $\pm$ 0,1 |
| Fenantren                   | 1772 | 7,0 $\pm$ 0,1   | 4,5 $\pm$ 0,3  | 4,8 $\pm$ 0,1  | 6,1 $\pm$ 0,1  | 6,1 $\pm$ 0,1  | 3,4 $\pm$ 0,1  | 4,5 $\pm$ 0,1  | 4,5 $\pm$ 0,1  | 5,4 $\pm$ 0,3  |

\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 14** Retencijski indeks i sadržaj hlapivih fenola ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

| Hlapivi fenoli ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV              | ER25H           | ER35H           | ER45H           | ER55H           | ER25BH          | ER35BH          | ER45BH          | ER55BH          |
|------------------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4-etilfenol                        | 1166 | 127,7 $\pm$ 0,9 |                 | 9,8 $\pm$ 0,1   | 9,8 $\pm$ 0,1   | 15,2 $\pm$ 0,2  | 5,7 $\pm$ 0,1   | 6,6 $\pm$ 0,1   | 7,7 $\pm$ 0,3   | 8,4 $\pm$ 0,1   |
| 4-etilgvajakol                     | 1268 | 142,1 $\pm$ 0,2 | 6,9 $\pm$ 0,1   | 8,1 $\pm$ 0,2   | 9,6 $\pm$ 0,1   | 11,2 $\pm$ 0,1  | 5,7 $\pm$ 0,1   | 6,3 $\pm$ 0,2   | 7,7 $\pm$ 0,3   | 7,8 $\pm$ 0,1   |
| 2,4-Di- <i>tert</i> -butil-fenol   | 1501 | 542,0 $\pm$ 4,1 | 418,6 $\pm$ 0,1 | 451,8 $\pm$ 4,1 | 498,5 $\pm$ 6,2 | 498,3 $\pm$ 1,1 | 378,8 $\pm$ 7,8 | 434,9 $\pm$ 4,7 | 465,0 $\pm$ 3,2 | 458,8 $\pm$ 9,6 |

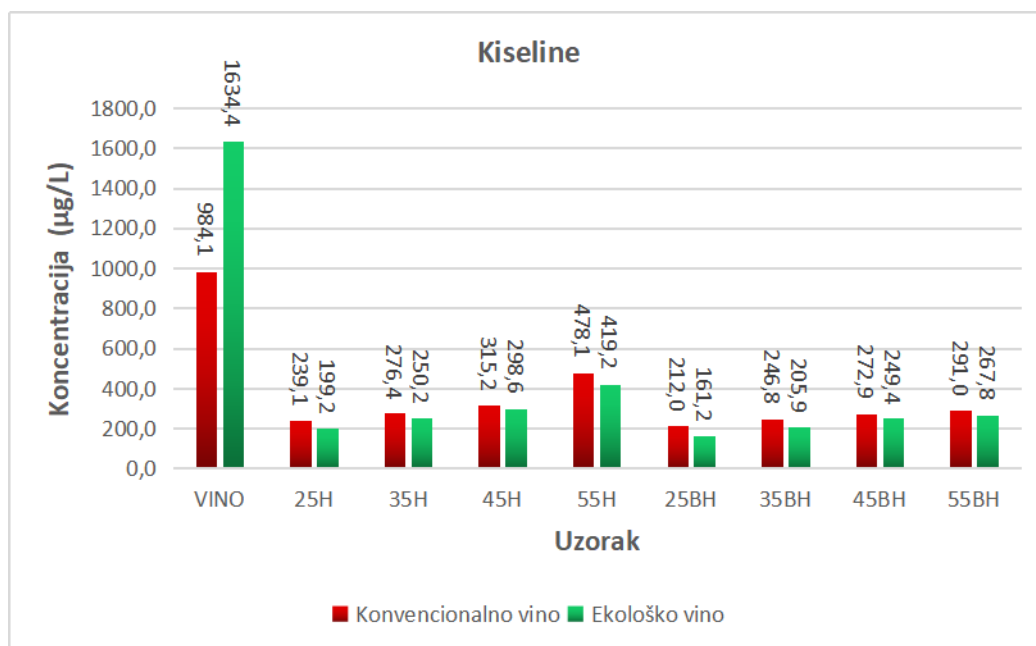
\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

**Tablica 15** Retencijski indeks i sadržaj estera ( $\mu\text{g/L}$ ) identificiranih u početnom uzorku ekološkog vina Cabernet Sauvignon te koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze s hlađenjem i bez hlađenja

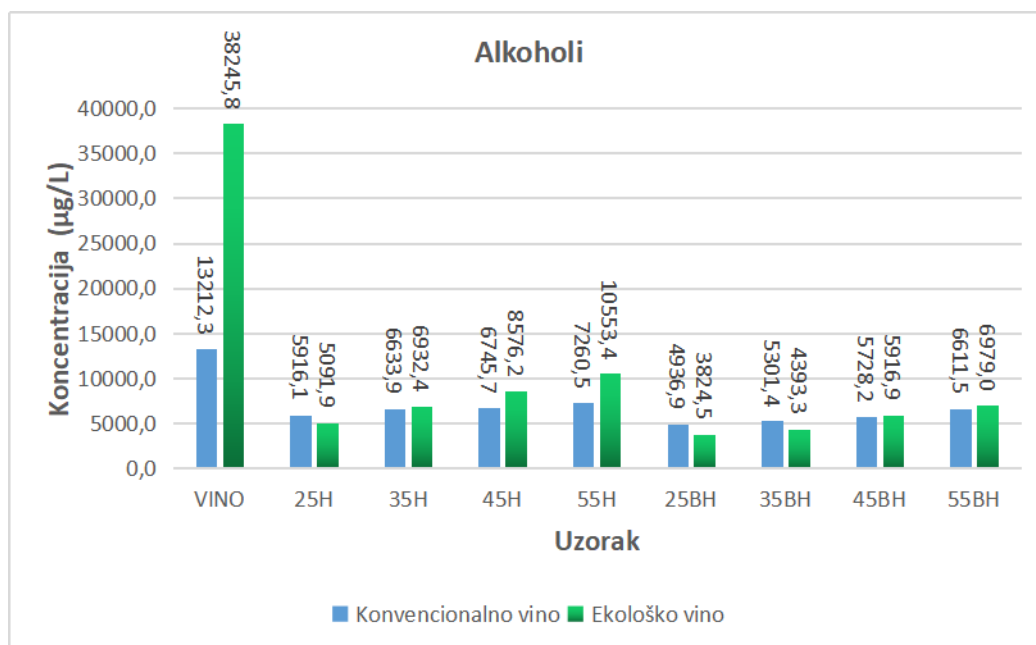
| Esteri ( $\mu\text{g/L}$ ) | RI   | EV               | ER25H             | ER35H             | ER45H             | ER55H             | ER25BH            | ER35BH            | ER45BH            | ER55BH            |
|----------------------------|------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Etil-heksanoat             | 997  | 141,5 $\pm$ 0,9  | 49,9 $\pm$ 1,1    | 53,0 $\pm$ 0,5    | 84,7 $\pm$ 1,0    | 109,1 $\pm$ 0,1   |                   | 31,3 $\pm$ 0,9    | 40,6 $\pm$ 0,2    | 50,0 $\pm$ 0,5    |
| Etil-4-hidroksibutanoat    | 1060 | 33,4 $\pm$ 0,3   | 15,8 $\pm$ 0,1    | 17,7 $\pm$ 0,5    | 18,2 $\pm$ 0,4    | 19,3 $\pm$ 0,5    | 12,6 $\pm$ 0,2    | 14,3 $\pm$ 0,5    | 15,3 $\pm$ 0,5    | 19,0 $\pm$ 0,2    |
| Dietil-sukcinat            | 1179 | 2928,5 $\pm$ 9,6 | 2152,3 $\pm$ 40,5 | 2382,9 $\pm$ 32,0 | 2502,6 $\pm$ 70,5 | 2705,0 $\pm$ 53,5 | 1652,4 $\pm$ 19,7 | 1809,3 $\pm$ 67,8 | 2068,6 $\pm$ 32,9 | 2330,5 $\pm$ 33,8 |
| Etil-oktanoat              | 1191 | 367,8 $\pm$ 0,4  | 64,9 $\pm$ 0,3    | 67,6 $\pm$ 2,1    | 66,4 $\pm$ 0,6    | 78,5 $\pm$ 0,9    | 46,6 $\pm$ 0,8    | 51,3 $\pm$ 0,5    | 61,5 $\pm$ 1,3    | 65,5 $\pm$ 1,3    |
| Etil-sukcinat              | 1198 | 248,6 $\pm$ 0,3  | 145,1 $\pm$ 3,8   | 167,5 $\pm$ 0,5   | 195,6 $\pm$ 0,3   | 240,5 $\pm$ 1,5   | 128,3 $\pm$ 0,9   | 132,5 $\pm$ 0,9   | 191,3 $\pm$ 0,4   | 219,0 $\pm$ 3,6   |
| Fenetil-acetat             | 1248 | 69,6 $\pm$ 0,4   | 31,3 $\pm$ 0,2    | 32,9 $\pm$ 0,2    | 44,5 $\pm$ 0,2    | 44,3 $\pm$ 0,2    | 30,0 $\pm$ 0,4    | 31,1 $\pm$ 0,5    | 32,8 $\pm$ 0,7    | 20,5 $\pm$ 12,7   |
| Etil-dekanoat              | 1391 | 19,5 $\pm$ 0,3   | 11,2 $\pm$ 0,2    | 12,6 $\pm$ 0,1    | 14,7 $\pm$ 0,1    | 19,0 $\pm$ 0,3    | 10,5 $\pm$ 0,4    | 10,2 $\pm$ 0,1    | 12,3 $\pm$ 0,1    | 14,2 $\pm$ 0,1    |
| Etil-vanilat               | 1580 | 30,0 $\pm$ 0,2   | 16,3 $\pm$ 0,2    | 18,2 $\pm$ 0,1    | 24,0 $\pm$ 0,3    | 26,8 $\pm$ 0,3    | 10,5 $\pm$ 0,2    | 11,7 $\pm$ 0,3    | 14,3 $\pm$ 0,3    | 14,0 $\pm$ 0,1    |
| Etil-laurat                | 1584 | 40,3 $\pm$ 0,4   | 24,7 $\pm$ 0,3    | 26,8 $\pm$ 1,0    | 31,4 $\pm$ 0,2    | 36,6 $\pm$ 0,3    | 20,0 $\pm$ 0,5    | 22,1 $\pm$ 0,2    | 25,3 $\pm$ 0,7    | 26,5 $\pm$ 0,3    |
| Heksil-salicilat           | 1667 | 15,4 $\pm$ 0,2   | 12,4 $\pm$ 0,1    | 13,7 $\pm$ 0,2    | 13,8 $\pm$ 0,2    | 14,3 $\pm$ 0,1    | 9,3 $\pm$ 0,1     | 10,1 $\pm$ 0,1    | 14,5 $\pm$ 0,1    | 14,2 $\pm$ 0,5    |
| Etil-miristat              | 1778 | 13,8 $\pm$ 0,2   | 8,5 $\pm$ 0,1     | 6,4 $\pm$ 0,1     | 6,1 $\pm$ 0,1     | 5,6 $\pm$ 0,1     | 5,6 $\pm$ 0,1     | 5,4 $\pm$ 0,1     | 4,7 $\pm$ 0,2     | 4,8 $\pm$ 0,1     |
| Diizobutil-ftalat          | 1859 | 46,5 $\pm$ 0,2   | 33,6 $\pm$ 1,3    | 35,6 $\pm$ 0,2    | 41,7 $\pm$ 1,1    | 44,5 $\pm$ 0,3    | 21,7 $\pm$ 1,2    | 26,4 $\pm$ 1,3    | 29,8 $\pm$ 0,5    | 37,2 $\pm$ 0,4    |
| Etil-pentadekanoat         | 1880 | 13,6 $\pm$ 0,2   | 6,5 $\pm$ 0,2     | 8,5 $\pm$ 0,2     | 11,2 $\pm$ 0,1    | 12,8 $\pm$ 0,2    | 4,7 $\pm$ 0,1     | 7,9 $\pm$ 0,3     | 10,7 $\pm$ 0,3    | 12,2 $\pm$ 0,1    |
| Metil-palmitat             | 1907 | 14,5 $\pm$ 0,1   | 7,9 $\pm$ 0,2     | 6,5 $\pm$ 0,1     | 6,6 $\pm$ 0,4     | 5,6 $\pm$ 0,1     | 6,2 $\pm$ 0,1     | 5,6 $\pm$ 0,1     | 4,2 $\pm$ 0,1     | 3,7 $\pm$ 0,1     |
| Dibutil-ftalat             | 1953 | 33,2 $\pm$ 0,2   | 17,0 $\pm$ 0,5    | 18,4 $\pm$ 0,2    | 21,0 $\pm$ 0,9    | 25,0 $\pm$ 0,3    | 10,4 $\pm$ 0,1    | 14,4 $\pm$ 0,1    | 17,2 $\pm$ 0,1    | 21,4 $\pm$ 0,3    |
| Etil-palmitat              | 1978 | 69,3 $\pm$ 1,1   | 7,0 $\pm$ 0,3     | 11,3 $\pm$ 0,5    | 15,5 $\pm$ 0,2    | 17,2 $\pm$ 0,1    | 6,3 $\pm$ 0,1     | 7,7 $\pm$ 0,3     | 8,6 $\pm$ 0,3     | 10,5 $\pm$ 0,2    |
| Etil-linoleat              | 2146 | 8,9 $\pm$ 0,1    |                   | 3,4 $\pm$ 0,1     | 4,5 $\pm$ 0,2     | 4,6 $\pm$ 0,1     |                   |                   |                   |                   |
| Etil-oleat                 | 2152 | 9,5 $\pm$ 1,2    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Etil-stearat               | 2176 | 9,5 $\pm$ 1,5    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

\*RI – retencijski indeks; EV - ekološko vino; ER - retentat ekološkog vina; 25, 35, 45, 55 - primijenjeni tlakovi (bar); H i BH - hlađenje i bez hlađenja

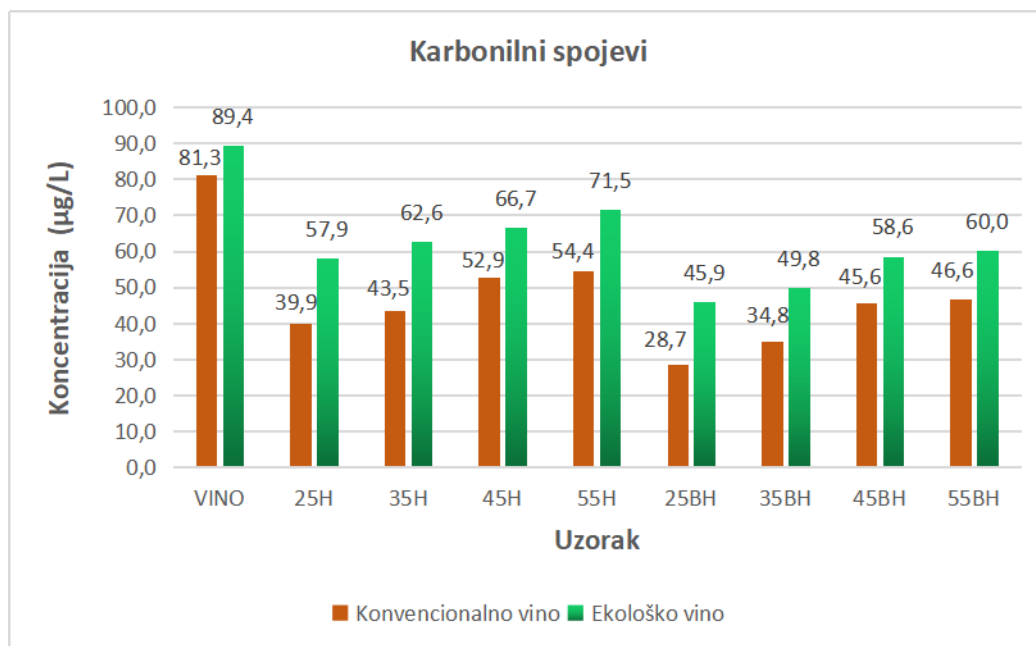
## 4.2. GRAFIČKI PRIKAZI REZULTATA



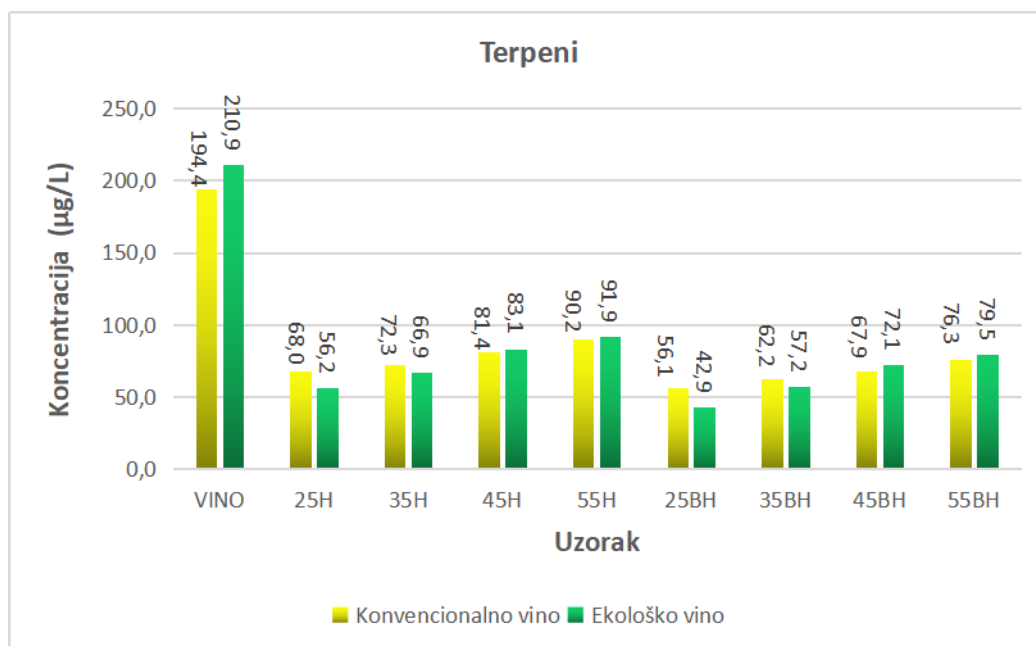
**Slika 4** Zadržavanje ukupnih kiselina u početnom uzorku konvencionalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon te vinskih koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



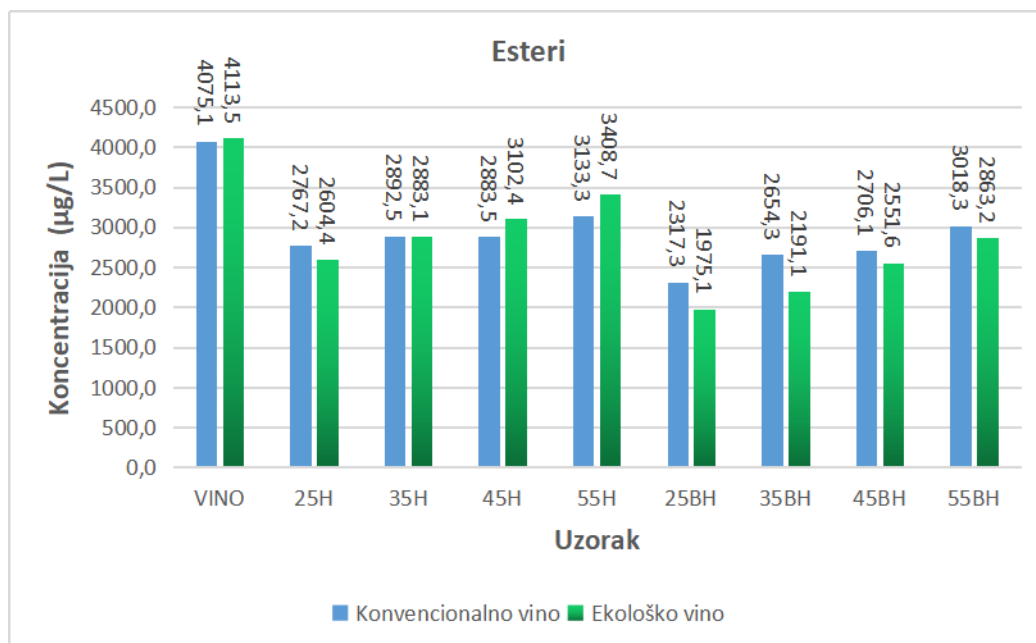
**Slika 5** Zadržavanje ukupnih alkohola u početnom uzorku konvencionalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon, te vinskih koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



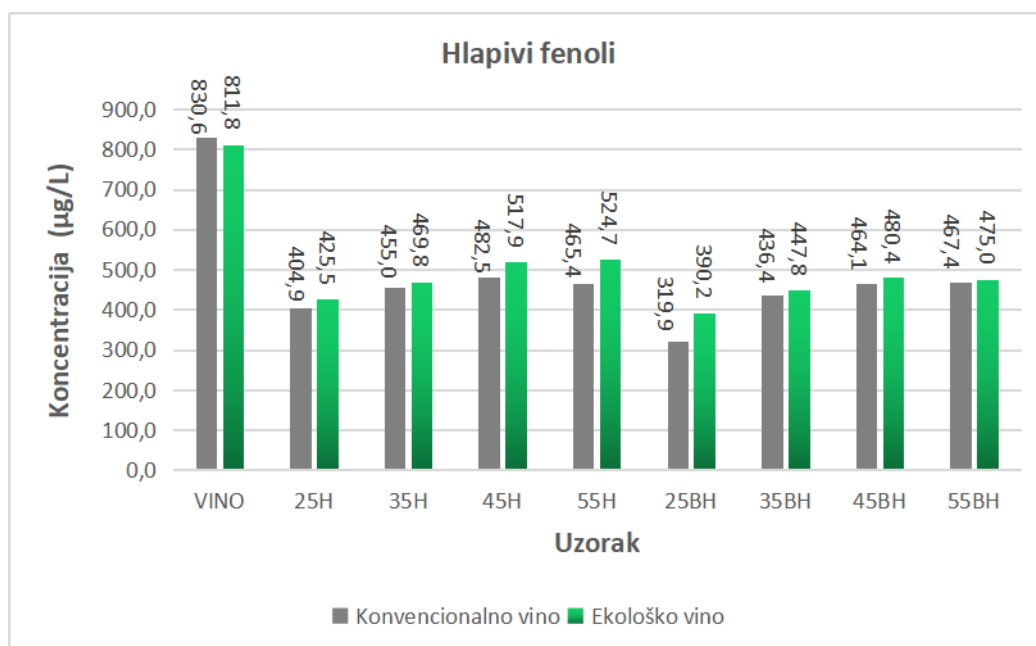
**Slika 6** Zadržavanje ukupnih karbonilnih spojeva u početnom uzorku konvencionalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon, te vinskim koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



**Slika 7** Zadržavanje ukupnih terpena u početnom uzorku konvencionalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon, te vinskim koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



**Slika 8** Zadržavanje ukupnih estera u početnom uzorku konvencijalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon, te vinskih koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



**Slika 9** Zadržavanje ukupnih hlapivih fenola u početnom uzorku konvencijalnog i ekološkog vina sorte Cabernet Sauvignon, te vinskih koncentratima dobivenim procesom reverzne osmoze pri tlaku 25, 35, 45 i 55 bara, s primjenom (H) i bez primjene hlađenja (BH)



### 4.3. RASPRAVA

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj pojedinih procesnih parametara (tlaka i temperature) tijekom koncentriranja membranskim procesom reverzne osmoze na tvari arome ekološkog i konvencijalnog vina sorte Cabernet Sauvignon. Svaka sorta grožđa, odnosno konačni produkt, vino, međusobno se razlikuje po svom kemijskom sastavu na kojeg utječu brojni parametri, od načina uzgoja (ekološki ili konvencijalni) do vremenskih prilika i klime pa do tehnologije proizvodnje. Upravo količine etanola, glicerola, šećera, ukupnog i slobodnog sumpornog dioksida, sadržaj hlapivih kao i ukupnih kiselina te koncentracije pojedinih kiselina (vinska, limunska, mliječna, sorbinska, jabučna) omogućuju identifikaciju i klasifikaciju vina, a prikaz ovih komponenti kemijskog sastava uzoraka konvencijalnog i ekološkog vina te koncentracije u retentatima dobivenih postupkom reverzne osmoze na 25, 35, 45 i 55 bara s primjenom hlađenja i bez hlađenja dane su u **Tablicama 2 i 3**. Iz prikazanih vrijednosti možemo vidjeti da i kod jednog i kod drugog uzorka vina najbolje zadržavanje pojedinih sastojaka vina je kod primijenjenog tlaka od 55 bara s hlađenjem.

Rezultati istraživanja utjecaja reverzne osmoze na tvari arome ekološkog i konvencijalnog vina pri različitim tlakovima i temperaturama dani su u **Tablicama 4 – 15** te **Slikama 4 – 9**. Kako bi bolje prikazali pojedine identificirane sastojke važne za aromu vina podijelili smo ih u skupine: kiseline, alkoholi, karbonilni spojevi, terpeni, esteri te hlapivi fenoli. Svaka skupina spojeva doprinosi različitim aromatskim notama te njihovom međusobnom interakcijom za vrijeme fermentacije i kasnije starenjem, odnosno dozrijevanjem vina nastaju specifične arome koje su važne za kvalitetu vina.

Prva skupina spojeva važna za aromatski profil vina prikazana je u **Tablici 4** i **Tablici 10**, a odnosi se na kiseline koje su identificirane u uzorcima konvencijalnog i ekološkog vina te njihovim koncentratima. Te se kiseline odnose na octenu, oktansku, palmitinsku, laurinsku, miristinsku te dekansku kiselinu. Početni uzorci vina sadrže značajno više koncentracije kiselina u odnosu na njihove koncentrate (**Slika 4**) te je sadržaj kiselina u uzorku ekološkog vina gotovo dvostruko veći u odnosu na uzorak konvencijalnog vina što može biti rezultat rada heterofermentativnih bakterija koje provode mliječno kiselo vrenje ili može ovisiti o kulturama kvasaca koji se koriste za fermentaciju, zdravstvenom stanju grožđa i slično. Međutim, koncentriranjem reverznom osmozom dolazi do gubitka određenog dijela kiselina te se

najbolje zadržavanje pokazalo pri tlaku od 55 bara s primjenom hlađenja. Uspoređujući koncentrate pri ovom tlaku koncentracija kiselina nešto je niža kod ekološkog vina i to je najviše zastupljeno octene kiseline (99,4 µg/L), dok je u koncentratu konvencijalnog vina najviše zastupljeno oktanske kiseline (156,3 µg/L).

Sljedeća skupina identificiranih spojeva u uzorcima i koncentratima odnosi se na alkohole (**Tablica 11 i Tablica 5**) od kojih su najzastupljeniji izoamilni alkohol (voćna aroma) i 2-feniletanol (cvjetna aroma). Osim izoamilnog alkohola but-2,3-diol također doprinosi voćnoj aromatskoj noti. Koncentracija izoamilnog alkohola u koncentratu ekološkog vina pri 55 bara s hlađenjem (najbolje zadržavanje) iznosi 7343,6 µg/L, a u koncentratu konvencijalnog vina pri istim uvjetima 4218 µg/L. Dakle, općenito gledajući pri 55 bara s hlađenjem kao najoptimalnijim procesnim parametrima, bolje zadržavanje alkohola je evidentirano u koncentratu ekološkoga vina, ali se dio alkohola svakako izgubi membranskim procesom reverzne osmoze uspoređujući početne koncentracije u uzorcima i koncentratima oba vina (**Slika 5**).

Nadalje, samo su četiri karbonilna spoja pronađena u uzorcima i koncentratima konvencijalnog i ekološkog vina (**Tablica 6 i Tablica 12**) i to u niskim koncentracijama u odnosu na druge skupine spojeva pa nam stoga oni nisu pretežno značajni za aromatski profil ovih vina. Bez obzira na malu količinu pronađenu u uzorcima vina najznačajnije zadržavanje, općenito gledajući, također je kod primijenjenog tlaka od 55 bara s hlađenjem te je svakako bolje zadržavanje u koncentratu ekološkog vina (71,5 µg/L) u odnosu na koncentrat konvencijalno proizvedenog vina (54,4 µg/L) što možemo vidjeti na **Slici 6**.

Terpeni identificirani u uzorcima ekološko i konvencijalno dobivenog vina prikazani su u **Tablicama 7 i 13**. U najvećoj količini nađen je  $\alpha$ -terpinolen koji zajedno s  $\beta$ -citronelolom doprinosi izgradnji citrusne aromatske note koja ima nešto bolje zadržavanje u koncentratu konvencijalnog vina pri 55 bara s hlađenjem u odnosu na koncentrat ekološkog vina pri istim uvjetima (**Slika 7**).

Osim već spomenutih alkohola, u većoj količini u odnosu na ostale identificirane spojeve možemo primijetiti estere koji su prikazani u **Tablicama 9 i 15** te su ponovno zastupljeni u većoj količini u uzorku kao i u koncentratima ekološkog vina u odnosu na konvencijalno vino (**Slika 8**). Esteri masnih kiselina zajedno s identificiranim kiselinama doprinose masnoj noti vina

dok esteri viših alkohola doprinose voćnoj aromi i to dietil-sukcinat u najvećoj mjeri čija je vrijednost 2705,04  $\mu\text{g/L}$  u koncentratu ekološkog vina (55H), a 2330,07  $\mu\text{g/L}$  u koncentratu konvencijalnog vina (55H). Osim masne i voćne aromatske note neki esteri mogu doprinijeti karakterističnoj aromi na karamelu (etil-4-hidroksibutanoat), a neke estere karakterizira aromatska nota meda (etil-pentadekanoat). Oba estera su pri 55 bara s hlađenjem prisutni u većim koncentracijama u retentatu ekološkog vina nego u retentatu konvencijalnog vina.

Fenolni spojevi utječu na trpkost vina, a u kontaktu sa zrakom oksidiraju te njihova količina u konačnom proizvodu ovisi o njihovoj količini u sirovini te maceraciji. U uzorcima vina pronađena su tri hlapiva fenola (4-etilfenol, 4-etilgvajakol, 2,4-Di-tert-butil-fenol) od kojih najviše ima ovog posljednjeg kako u uzorcima tako i u koncentratima, međutim, ne doprinosi nekoj karakterističnoj aromatskoj noti jer je bez mirisa.

## **5. ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Procesni parametri (tlak i temperatura) utječu na zadržavanje kemijskih spojeva važnih za aromatski profil vina u procesu reverzne osmoze.
- Membranskim procesom reverzne osmoze pri 25, 35, 45 i 55 bara s hlađenjem i bez primjene hlađenja došlo je do gubitka određenog dijela aromatskih spojeva identificiranih u početnim uzorcima konvencijalnog i ekološkog vina.
- Najbolje zadržavanje pojedinih aromatskih spojeva pokazalo se pri višim tlakovima (55 bar) s primjenom hlađenja i za konvencijalno i za ekološko vino.
- Uzorak ekološkog vina bogatiji je aromama u odnosu na uzorak konvencijalnog vina.
- Koncentrat ekološkog vina bogatiji je aromama u odnosu na koncentrat konvencijalnog vina.

Na zastupljenost pojedinih aromatičnih spojeva utječe proces proizvodnje, odnosno način uzgoja vinove loze. Ekološki uzgojena vinova loza, odnosno konačni produkt dobiven od takvog grožđa, vino sorte Cabernet Sauvignon sadrži veće koncentracije aromatskih spojeva koji doprinose karakterističnom mirisu i okusu vina u odnosu na isto vino dobiveno konvencijalnim načinom proizvodnje.

## **6. LITERATURA**

- Alpeza I: Temelji kemijskog sastava vina. *Glasnik zaštite bilja* 31:143-150, 2008.
- Andabak J: Utjecaj fermentacijske posude na aromatski profil i boju vina sorte Plavac mali. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2017.
- Derimšek H: Suvremeni tehnološki postupci u proizvodnji bijelih vina. *Završni rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2010.
- Herjavec S: Način izvođenja berbe grožđa i kretanje metanola u bijelim vinima. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva* 52:21-30, 1990.
- Horvat B: Od berbe do mladog vina. *Gospodarski list; Prilog prema knjizi Zoričić M: Domaće vino*. Novinarsko nakladničko i trgovačko društvo d.d., Zagreb, 2010.
- Ivić I, Kopjar M, Obhodaš J, Vinković A, Pichler D, Mesić J, Pichler A: Concentration with nanofiltration of red wine Cabernet Sauvignon produced from conventionally and ecologically grown grapes: Effect on volatile compounds and chemical composition. *Membranes* 11, 320, 26, 2021a.
- Ivić I, Kopjar M, Jukić V, Bošnjak M, Maglica M, Mesić J, Pichler A: Aroma profile and chemical composition of reverse osmosis and nanofiltration concentrates of red wine Cabernet Sauvignon. *Molecules* 26, 874, 19, 2021b.
- Jakobek L, Šeruga M, Šeruga B, Novak I, Medvidovic-Kosanović M: Phenolic compound composition and antioxidant activity of fruits of Rubus and Prunus species from Croatia. *International Journal of Food Science and Technology* 44:860–868, 2009.
- Karalić H: Polifenolne tvari u vinu. *Završni rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014.
- Keser M: Ekološko vinogradarstvo u Republici Hrvatskoj. *Diplomski rad*. Agronomski fakultet, Zagreb, 2019.
- Maletić E, Karlogan Kontić J, Pejić I: *Vinova loza; ampelografija, ekologija, oplemenjivanje*. Školska knjiga, Zagreb, 2008.
- Molnar J: Utjecaj ranije zaustavljene alkoholne fermentacije na aromatski profil i boju vina sorte Cabernet Sauvignon. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2017.
- Moslavac T: Koncentriranje model otopina alkohola, estera i aldehida reverznom osmozom. *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2003.
- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva: *Zakon o ekološkoj proizvodnji poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda*. Narodne novine 12/01, 2001.
- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva: *Pravilnik o proizvodnji vina*. Narodne novine 02/05, 2005.

- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva: *Zakon o vinu*. Narodne novine 32/19, 2019.
- Milošević N: *Vinogradarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1996.
- Mulder M: *Basic principles of membrane technology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, 1996.
- Paunović R, Dančić M: *Vinarstvo i tehnologija jakih alkoholnih pića*. Zadružna knjiga, Beograd, 1967.
- Pichler A: Tehnologija vina. *Nastavni materijali*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2019.
- Planinić M: Utjecaj procesnih parametara na kvalitetu vina Erdutska graševina kod ultrafiltracije pločastim modulom. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 1998.
- Popović K: Utjecaj koncentriranja membranskim procesima na tvari boje i arome soka od aronije. *Doktorska disertacija*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2019.
- Possner DRE, Kliewer WM: The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. *Vitis* 24:229-240, 1980.
- Pozderović A: Tehnologija vina. *Interna skripta*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2010.
- Pozderović A: Membranski procesi. *Nastavni materijali*. Prehrambeno tehnološki-fakultet, Osijek, 2011.
- Prce V: Sadržaj antocijana, polifenola, flavonoida i antioksidativna aktivnost u crnim vinima slovačkih vinogorja. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014.
- Ribereau Gayon, Glories Y, Maujean A i Dudourdieu D: *Handbook of enology – the microbiology of wine and vinifications, second edition*. John Wiley and sons, Chichester, West Sussex, England, 2006.
- Smiljanić J: Utjecaj temperature i tlaka na protok permeata kod koncentriranja soka aronije nanofiltracijom. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.
- Sokolić I: *Zlatna knjiga o vinu*. Otokar Keršovani, Rijeka, 1976.
- Vrdoljak I: Utjecaj membranske filtracije na aromu i kemijski sastav vina sorte Graševina. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2009.
- Zagorščak M: Utjecaj vinogorja i sorte na sadržaj polifenola i antocijana crnih vina. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2016.
- Zoričić M: *Podrumarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1996.