

# Utjecaj hrastovog drveta na aromatski profil vinskog destilata od sorte grožđa graševina

---

Konjarik, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:960004>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

**Tomislav Konjarik**

**UTJECAJ HRASTOVOG DRVETA NA AROMATSKI PROFIL VINSKOG  
DESTILATA OD SORTE GROŽĐA GRAŠEVINA**

Diplomski rad

Osijek, travanj, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

### DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za Prehrambene tehnologije

Katedra za tehnologiju ugljikohidrata

Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znansveno područje: Biotehnička znanost

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija jakih alkoholnih pića

Tema rada je prihvaćena na III. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022. održanoj 21. prosinca 2021.

Mentor: izv. prof. dr. sc. *Ante Lončarić*

Komentor: prof. dr. sc. *Borislav Miličević*

### Utjecaj hrastovog drveta na aromatski profil vinskog destilata od sorte grožđa graševina

*Tomislav Konjarik, 0113143275*

**Sažetak:** Vinjak je jako alkoholno piće koje je dozrijevalo najmanje jednu godinu u hrastovim spremnicima ili najmanje šest mjeseci u hrastovim bačvama zapremine manje od 1000 litara. Za proizvodnju vinjaka se koriste sorte grožđa koje daju destilate ugodne i lagane arome. Karakteristike koje sorte trebaju zadovoljavati su nizak pH, visoka ukupna kiselost i nizak udio šećera. U Hrvatskoj sorte koje se smatraju pogodnim za proizvodnju vinjaka su graševina bijela, pinot bijeli, rajnski rizling i dr. U okviru ovog rada ispitan je utjecaj hrastove bačve tijekom odležavanja na aromatski profil vinskog destilata proizvedenog od sorte grožđa 'Graševina'. Destilat se izuzimao iz hrastove bačve svakih mjesec dana i određivao mu se aromatski profil tijekom šest mjeseci. Određivala se koncentracija estera, kiselina, viših alkohola i drugih spojeva. Metoda plinske kromatografije s masenim detektorom (GC/MS) se koristila za analizu. Na temelju odrađenih analiza izvlači se zaključak da odležavanje destilata u hrastovoj bačvi izuzetno pogoduje aromatskom profilu destilata.

**Ključne riječi:** *grožđe, vinski destilat, hrastova bačva, odležavanje, aromatski profil*

**Rad sadrži:** 37 stranice  
5 slike  
4 tablice  
0 priloga  
37 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

- |    |   |               |
|----|---|---------------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | predsjednik   |
| 2. | izv. prof. dr. sc. <i>Ante Lončarić</i>   | član-mentor   |
| 3. | prof. dr. sc. <i>Borislav Miličević</i>   | član-komentor |
| 4. | doc. dr. sc. <i>Krunoslav Aladić</i>      | zamjena člana |

**Datum obrane:**

**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

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Food Technologies  
Subdepartment of Carbohydrate Technology  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia  
Graduate program

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Technology of alcoholic beverages  
**Thesis subject:** Was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. III held on December 21, 2021.  
**Mentor:** Ante Lončarić, PhD, associate prof.  
**Co-mentor:** Borislav Miličević, PhD, prof.

### Influence of oak wood on the aromatic profile of wine distillate from graševina grape variety

Tomislav Konjarik, 00113143275

**Summary:** Brandy is a strong alcoholic beverage that has matured for at least one year in oak tanks or at least six months in oak barrels with a capacity of less than 1000 liters. Brandy production uses grape varieties that give pleasant and light aromatic distillates. The characteristics that grape varieties need to satisfy are low pH, high total acidity, and low sugar content. In Croatia, grape varieties considered suitable for brandy production are white Graševina, white Pinot, Riesling, etc. In this study, the influence of oak barrels during aging on the aromatic profile of grape distillate produced from the 'Graševina' grape variety was examined. The distillate was extracted from the oak barrel every month and its aromatic profile was determined over six months. The concentration of esters, acids, higher alcohols, and other compounds was determined. Gas chromatography with a mass detector (GC/MS) was used for analysis. Based on the analyses performed, it can be concluded that aging the distillate in oak barrels greatly benefits the aromatic profile of the distillate.

**Key words:** grapes, wine distillate, oak barrel, aging, aromatic profile

**Thesis contains:** 37 pages  
5 figures  
4 tables  
0 supplements  
37 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1. Antun Jozinović, PhD, associate prof.  | chair person           |
| 2. Ante Lončarić, PhD, associate prof.    | supervisor             |
| 3. Borislav Miličević, PhD, prof.         | member - co supervisor |
| 4. Krunoslav Aladić, PhD, assistant prof. | stand-in               |

**Defense date:**

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

Zahvaljujem mentoru, roditeljima i svim ljudima koji su mi pomogli za vrijeme studiranja.

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
2.1. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE VINJAKA .....	4
2.1.1. Sirovina za proizvodnju.....	4
2.1.2. Berba grožđa i fermentacija.....	5
2.2. DESTILACIJA VINA.....	8
2.3. ODLEŽAVANJE VINSKOG DESTILATA .....	12
2.4. KEMIJSKI SASTAV DESTILATA VINA .....	14
2.4.1. Kiseline.....	16
2.4.2. Esteri i terpeni.....	17
2.4.3. Viši alkoholi.....	18
2.5. SENZORIKA JAKIH ALKOHOLA.....	19
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>21</b>
3.1. ZADATAK .....	22
3.2. MATERIJALI I METODE .....	22
3.2.1 Metoda plinske kromatografije s msenim detektorom .....	23
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>25</b>
4.1. ANALIZA AROMATSKOG PROFILA .....	26
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>32</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>34</b>



**Popis oznaka, kratica i simbola:**

% vol.      Stvarna alkoholna jakost

MPRRR      Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja



## **1. UVOD**

Vinske destilate dobivamo postupkom destilacije, fizikalno-kemijskim postupakom kojim se odjeljuju hlapljivi sastojci tekućih smjesa. Postupak se temelji na zagrijavanju tekućine do točke vrelišta, pri čemu tekuće smjese koje se odjeljuju moraju imati različite točke vrelišta, kod postupka se para hlapljivijih sastojaka iz smjese odvodi, kondenzira, te prikuplja kao destilat. Vinske destilate dobivamo destilacijom vina proizvedenog od grožđa.

Destilacija se provodi pomoću destilacijskog uređaja zvanog Alambic ili pomoću složenog destilacijskog uređaja s kolonama. Vinski destilat dobiven destilacijom vina prema Pravilniku o jakim alkoholnim pićima iz 2009 je jako alkoholno piće koje sadrži manje 86 % vol. alkohola zadržava miris i okus korištenog vina te se koristi kao sirovina u proizvodnji vinjaka, rakije od vina i brandija, a također se koristi i u proizvodnji drugih jakih alkoholnih pića prema Uredbi EZ br. 110/2008.

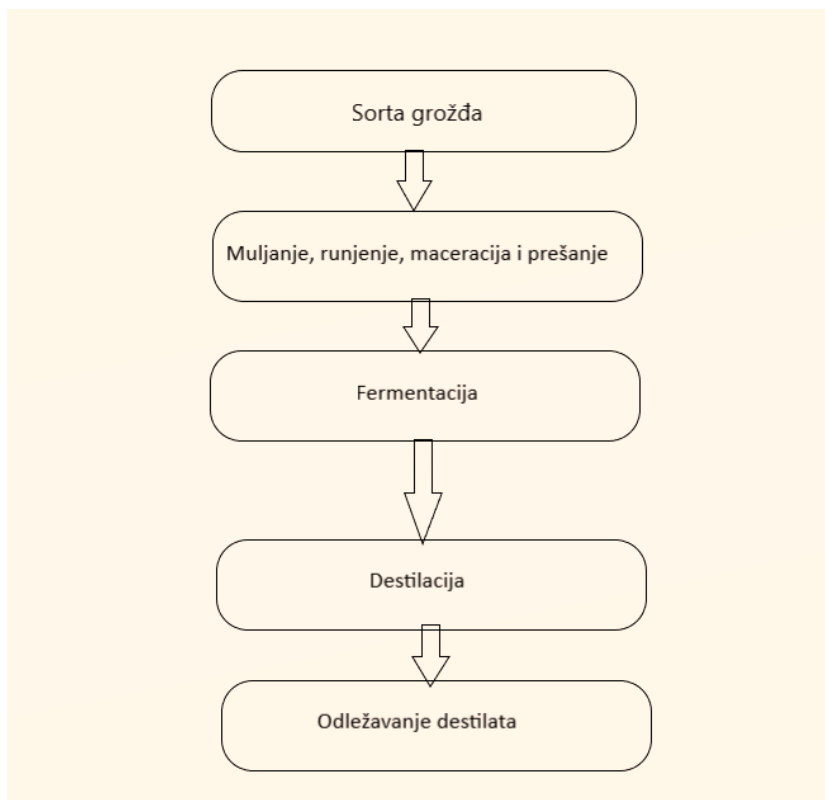
Vinjak se definira kao jako alkoholno piće koje se dobiva izravnim dozrijevanjem vinskog destilata u hrastovim bačvama. Pojam vinski destilat ili '*brandy*' se koristi za odležani vinski destilat i destilat na bazi grožđa. Nekad se pogrešno koristi za označavanje drugih jakih alkoholnih pića na bazi voća. Naziv vinjak mogu dobiti samo rakije od vina koje su dozrijevale minimalno jednu godinu u hrastovim spremnicima ili šest mjeseci u hrastovim bačvama volumena manjeg od 1000 L.

Jedan od najpoznatijih svjetskih vinjaka je '*Cognac*', koji nosi naziv po istoimenom gradu u regiji *Charentes*, istočno od *Bordeaux-a*, a proizvodi se po propisanoj i zaštićenoj recepturi (Robinson, 1999). Tradicionalni destilacijski postupak za proizvodnju vinjaka je dvostruka destilacija pomoću jednostavnog destilacijskog uređaja Alambic, te dozrijevanje u hrastovim bačvama. Cilj ovog rada je utvrditi zadovoljava li proizvedeni vinski destilat od sorte graševina sve stavke pravilnika o jakim alkoholnim pićima, te odrediti aromatski profil u svrhu određivanja mogućnosti korištenja navedene sorte za proizvodnju vinjaka.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE VINJAKA

Vinski destilat se proizvodi od bijelog ili crnog vina koje dozrijeva nakon procesa destilacije i postaje vinjakom. Proizvodnja vinskih destilata kao što je prikazano na **Slici 1.** počinje odabirom sorte grožđa, a završava odležavanjem vinskog destilata u hrastovoj bačvi.



**Slika 1** Tehnološka shema proizvodnje vinjaka (vlastita shema)

### 2.1.1. Sirovina za proizvodnju

Za proizvodnju vinjaka koriste se tri najznačajnije sorte bijelog grožđa od kojih se dobiva bazno vino, a te sorte su: *'Trebiano Toscano'*, poznat kao *'Ugni Blanc'* u Francuskoj, *'Folle Blanche'* i *'Colombard'*. U Hrvatskoj sorte koje se smatraju pogodnim za proizvodnju vinjaka su graševina bijela, pinot bijeli, rajnski rizling i dr. Najbitnije karakteristike kod sorte za proizvodnju vinjaka su: kemijski sastav ploda, udio šećera i kiselina, tvari arome, a također i boja i zdravstvena ispravnost ploda. Prilikom proizvodnje vinjaka, u prednosti su bijele sorte grožđa pred crnim sortama, zbog specifičnih karakteristika kao što je visoka ukupna kiselost, niski pH i relativno niski udio šećera u

moštu kako bi dobili vino nižeg sadržaja alkohola od 8,5 do 11 % volumnog udjela. Sorte visokog prinosa su vrlo poželjne, kod kojih je prinos veći od 13 tona po hektaru. Optimalna ukupna kiselost takvog grožđa je između 8 i 12 g/L, dok je optimalna pH vrijednost oko 3,0 (Banić, 2006). Nabrojene karakteristike su bitne zbog usporavanja aktivnosti prirodno prisutnih enzima i smanjivanje nastanka nekih nepoželjnih hlapivih spojeva kao što je metanol. Visoka kiselost ima višeznačnu ulogu, jer se kod proizvodnje vinskih destilata i vinjaka ne koristi sumporov dioksid (Mrvčić, 2016). Također je važna za mikrobiološku stabilnost, te za prevenciju bakterijskih aktivnosti za vrijeme prerade grožđa, vrenja mošta i pohranjivanja vina do faze destilacije (Dhiman i Attri, 2011). Mikrobiološka ispravnost se može ustanoviti i praćenjem koncentracije hlapivog spoja 1-okten-3-ol koji ukazuje na prisutnost plijesni *Botrytis cinerea* koja negativno utječe na aromu vina ili destilata (Peršin, 2017). Sorte kasnije berbe sadrže smanjenu koncentraciju šećera, te se smatraju pogodnim za proizvodnju vinskog destilata. To su graševina bijela, pinot bijeli, rajnski rizling i dr. 'Cognac' je najpoznatiji vinjak u svijetu te je važan za proučavanje karakteristika i parametra kako bi ga mogli usporediti s rezultatima provedenih istraživanja autohtonih sorti koje posjeduju potencijal proizvodnje vinjaka.

### 2.1.2. Berba grožđa i fermentacija

Berba zdravog grožđa se obavlja za vrijeme faze tehnološke zrelosti grožđa, a zapravo je stanje grožđa, koje najviše odgovara tehnologiji proizvodnje određenih vina. Zrelost grožđa se određuje sukladno izgledu i trenutnom stanju vegetacije, organoleptički i po sadržaju šećera i kiselina, koje se određuju fizikalno-kemijskim metodama. Fizikalno-kemijske metode uključuje mjerenje topljive suhe tvari moštnom vagom i refraktometrom. Deset do dvadeset dana prethodno berbi razina šećera se mjeri svakih dva do tri dana, a na koncu svaki (Louw, 2012). Tehnološka zrelost je postignuta kad razina šećera ne raste, što znači da se berba može provesti. **Slika 2.** prikazuje grožđe sorte 'Graševina' u fazi tehnološke zrelosti.



**Slika 2** Sorta 'Graševina' (<https://ordinacija.vecernji.hr/zdravi-tanjur/jedi-zdravo/znate-li-sve-o-grasevini/>)

Kako bi se grožđe maksimalno sačuvalo, potrebno je provesti brze postupke branja uz adekvatne tehnološke uvjete. Potrebno je osigurati tehnološku opremu (sva oprema mora biti čista i dezinficirana) i temperaturne uvjete (za bijelo grožđe između 10°C i 15°C) u cilju sprječavanja ili usporenja procesa razgradnje sastojaka iz sirovine (Dhiman i Attri, 2011). Uslijed nedostatka pravilnog rukovanja dolazi do ekstrakcije hlapljivih spojevi kao što su metanol i octena kiselina koji štete kvaliteti budućeg vinjaka. Za proizvodnju vinjaka, berba je većinom mehanizirana što olakšava i osigurava dopremu cijelih i očuvanih bobica do vinarije. Sljedeći koraci nakon berbe su runjenje, muljanje i prešanje. Zbog potencijalnog razvitka plijesni koje prouzrokuju kvarenje, prešanje se provodi nedugo nakon berbe (Dhiman i Attri, 2011). Nakon prešanja, mošt se transportira u bačve ili kace gdje se odvija fermentacija. Prethodno fermentaciji treba odstraniti peteljke i sjemenke s obzirom da sadrže potencijalne toksične tvari i tvari koje narušavaju okus. U pravilu se ne dodaje sumporov dioksid kod vina od kojih se proizvodi vinski destilat, između ostalog, iz razloga jer njegov dodatak može dovesti do povećanog formiranja acetaldehida što utječe na aromatski profil proizvoda, odnosno smanjuje njegovu karakterističnu aromu (Lurton i sur.; 2012).

Pobrano grožđe se fermentira, da bi se proizvelo vino, koje će se nadalje predestilirati za vinjak. Provođa se alkoholna fermentacija, koju provode kvasci nizom enzimskih reakcija prilikom čega

transformiraju šećere u alkohol, stvaraju CO<sub>2</sub> i oslobađaju toplinu. Proces fermentacije je anaeroban proces i jedan od najbitnijih za proizvodnju vina potrebnog za dobivanje vinskog destilata. Najvažniji parametri fermentacije su: temperatura, pH vrijednost, količina šećera, količina kiselina, količina kisika i vrijeme trajanja procesa (Louw, 2012). Temperatura utječe na brzinu fermentacije, idealna temperatura fermentacije je između 15°C i 20°C, ovisno o sorti i željenom stilu vina. Idealna pH vrijednost tijekom fermentacije iznosi između 3,0 i 4,0 i utječe na rast kvasaca. Na konačnu količinu alkohola izravno utječe količina šećera u grožđu, a više šećera znači viši sadržaja alkohola u vinu (Buglass, 2011). Kiseline daju osvježavajući okus vinima, ali ako kiselost ostane prevelika tijekom fermentacije, shodno tome će dovesti do kiselog vina.

Tijekom fermentacije količina kisika se brzo potroši te nastaju anaerobni uvjeti. Nastali CO<sub>2</sub> onemogućava rast plijesni i aerobnih bakterija, a nastali alkohol inhibira rast bakterija. Kvasci zaostaju na kraju fermentacije, te njima odgovaraju takvi uvjeti. Kvasci roda *Saccharomyces cerevisiae* kada se poveća koncentracija etanola dovršavaju fermentaciju. Također postoje osim kvasaca drugi mikroorganizmi koji sintetiziraju etanol, ali njihov broj je neznatan (Lurton i sur., 2012).

Kvasci koji se koriste za fermentaciju oslobađaju ugljični dioksid koji između ostalog štiti vino od oksidacije. Kada se koriste različiti sojevi kvasca dobije se bogatiji aromatski profil. Najzastupljeniji kvasci koji su važni za alkoholnu fermentaciju obuhvaćaju rod *Saccharomyces*, ostali rodovi su *Candida*, *Schizosaccharomyces*, *Kloeckera*, *Torulasporea*, *Metschnikowia*. Rod *Saccharomyces* obuhvaća vrste koje su glavni nosioci fermentativnog procesa (Miličević, 2001). Postoje prirodni izvori kvasaca koji se nalaze na površini grožđa ili na opremi u vinariji, a također se koriste starter kulture za provođenje fermentacije u kontroliranim uvjetima. Odnos među kvascima na grožđu i njihovu brojnost odredit će: temperatura, oborine i drugi klimatski čimbenici. Uključujući klimatske čimbenike, bitnu ulogu ima vrijeme berbe te stupanj zrelosti. Nadalje, na brojnost kvasaca utječe korištenje fungicida, fizikalna oštećenja uzrokovana pticama, mikroorganizmima i/ili insektima, te sortiment vinove loze (Orlić i Jeromel, 2010). Vrijeme fermentacije traje od nekoliko dana do nekoliko tjedana.

## 2.2. DESTILACIJA VINA

U vremenu između fermentacije i destilacije odvijaju se kemijske reakcije, te se sastav vina mijenja. Stoga ovo razdoblje treba biti što kraće jer se u tom periodu sadržaj estera od interesa može značajno smanjiti, sadržaj estera koji posjeduju aromatska svojstva kao što je izoamilni alkohol, heksil acetat, etil kaprilat (Tsakiris, 2013). Vinski talog koji može blokirati opremu za destilaciju se uklanja prije destilacije.

Destilaciju definiramo kao fizikalnu metodu odjeljivanja hlapljivih komponenti iz tekuće smjese, koja se temelji na zagrijavanju tekućine do točke vrelišta. Para hlapljivijih komponenti se odvodi, kondenzira i sakuplja kao destilat. Voda ima više vrelište od alkohola, te će za vrijeme destilacije para iznad tekućine biti zasićena alkoholnim parama. Relativna hlapljivost pokazuje koliko će lako, odnosno teško biti odvajanje komponente. Ako je vrijednost relativne hlapljivosti iznad 1 onda će odvajanje biti lakše, a ako iznosi 1 onda odvajanje nije moguće. Destilat najznačajnijim dijelom sadrži etanol i vodu, dok drugi spojevi arome čine manji udio u destilatu (Mrvčić, 2016).

Tradicionalni destilacijski uređaj koji se koristi kod proizvodnje vinskih destilata se zove **alambic** te se izrađuje od bakra i bronce. Alambic je izrađen od bakrenog kotla, bakrenih cijevi, kape i kondenzatora. *Zakonom o načinu proizvodnje i specifikaciji regija* koji je donesen u Francuskoj još 1936. godine prema portalu '*Cognac-ton*' (mrežni izvor 3) određeni su kapacitet, materijal, način zagrijavanja i oblik alambic uređaja. Bakar je najučinkovitiji materijal prilikom izgradnje alambic uređaja i ima određene prednosti pred drugim materijalima kao što je: otpornost na koroziju, dobar je provoditelj topline, katalizira mnoge kemijske reakcije koje se događaju za vrijeme destilacije, reagira s vinskim komponentama: masnim kiselinama i sumpornim spojevima. Reagirajući s bakrom, masne kiseline se istalože i fizički uklone čime se poboljšava kvaliteta destilata. Reakcija bakra sa sumpornim spojevima ima povoljan utjecaj na miris i okus destilata jer bakar na sebe veže sumporne spojeve (Guymon, 1974). Alambic uređaj se nameće kao odlično rješenje za selektiranje hlapljivih spojeva za vrijeme destilacije. Dvostruka destilacija je proces koji se provodi na jednostavnim destilacijskim uređajima, kao što je alambic, te se sastoji od dvije uzastopne destilacije (Lurton i sur., 2012). Za proizvodnju vinjaka koristi se ovaj tip destilacije. Kod ovakvih tradicionalnih uređaja je potrebno provesti dvije zasebne destilacije zato da bi dobili veću koncentraciju alkohola. Kod prve destilacije se prikuplja što je moguće više alkohola iz mošta kojeg



destiliramo. Korišteni mošt određuje alkoholnu vrijednost dobivenog destilata koji se zove sirovi destilat. U drugoj destilaciji je cilj pojačati i pročistiti alkohol. U drugoj destilaciji sirovi destilat se ponovno destilira u tri frakcije. Prva frakcija se naziva prvijenac, na engleskom *'heads'* i čini od 1 do 1, 5% ukupnog destilata. U ovoj frakciji se nalaze komponente s niskim vrelištem i uglavnom nepoželjni spojevi koji daju oštar, neugodan i snažan okus destilatu. Vremenski traje oko 15 minuta.



**Slika 3** Tradicionalni Alambic uređaj

([https://www.distilling.info/index.php?route=product/product&product\\_id=12](https://www.distilling.info/index.php?route=product/product&product_id=12))

Drugu frakcija se naziva 'srce', dok se na engleskom naziva *'heart'*, a na francuskom *'brouilius'*. Ova frakcija je nositelj ugodne i voćne arome, ima čist okus za razliku od prve. Vrijeme trajanja destilacije je 6 sati. Treća frakcija se zove patoka, na engleskom *'tails'*, u toj frakciji nalazimo neugodne uljne i masne spojeve, više alkohole koji se ne otapaju u vodi, te je koncentracija etanola niska. Vrijeme trajanja destilacije je 60 minuta (Lurton i sur., 2012).

U prvom toku ponovne destilacije koja traje oko 30 minuta je potrebno pažljivo odrediti količinu koja se odvaja jer se u tom destilatu nalaze najviše koncentracije metanola kao i najviše koncentracije etil acetata te drugih spojeva poput acetaldehida štetnih za aromu destilata. U

pravilu se odvoji do 1, 0 % od ukupne količine vina koje destiliramo. Provedena istraživanja su dokazala da se odjeljivanje prvijenca od srca provodi kad se postigne temperatura destilacije od 74 do 76 °C (Spaho, 2017). Najkvalitetniji dio destilata je srednji tok destilata jer sadrži dovoljnu koncentraciju alkohola i ostalih hlapivih sastojaka koje pogoduju kakvoći destilata. Srednji tok destilata koji se dobije u drugoj destilaciji, se izravno koristi za formiranje destilata ili se koristi za dozrijevanje u hrastovim bačvama. Poslije prve destilacije, srce destilata se hladi, ono sačinjava zamućenu tekućinu, koju zovemo „duša vina“ alkoholne jakosti od 27% do 30% vol. Srce destilata se zatim redestilira u četiri frakcije. Te frakcije su: prva se naziva prvijenac ili 'prvi tok', druga je 'srce 1, treća je 'srce 2', te je četvrta frakcija zadnji tok ili 'patoka'.

Zadnji tok destilacije sadržava visoki udio metanola u usporedbi na etanol, najveće koncentracije hlapljivih kiselina i drugih teže hlapljivih sastojaka. Prema istraživanjima odvajanje srca od patoke treba provesti kada temperatura destilacije dosegne 87°C – 88°C, a patoka se može skupljati do 92 °C, nakon čega je destilacija gotova (Spaho, 2017). Odijeljeni prvi tok i patoka se redestiliraju s novim količinama vina.

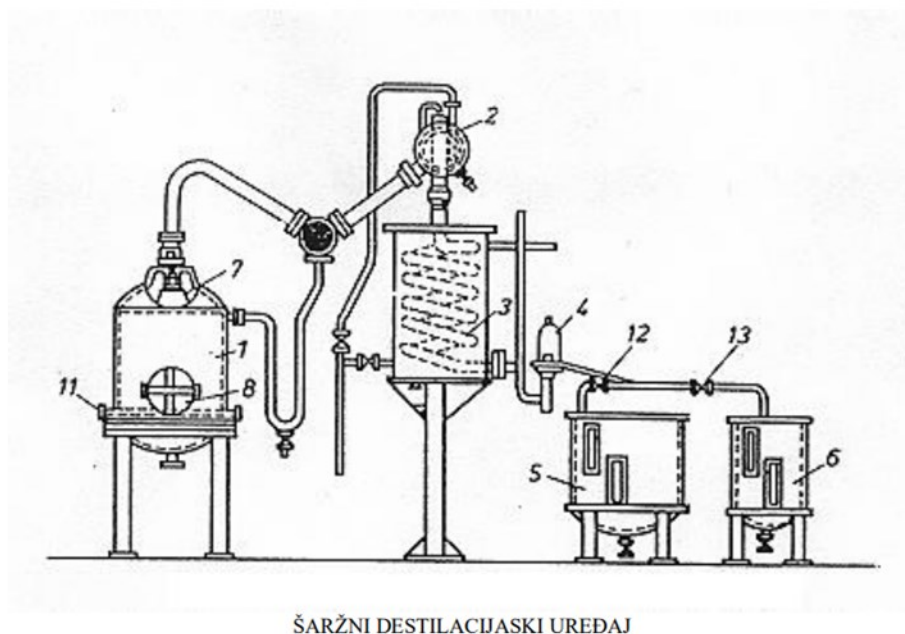
Količina zadnjeg toka koja se odvaja ovisi o štetnosti prekomjernih količina primjesa na kakvoću destilata. O granici odjeljivanja srednjeg od zadnjeg toka destilata ovisi kakvoća destilata. Ona ovisi o sastavu sirovine koja se destilira te se na taj način rješava problem nepoželjnog okusa, kojeg uzrokuju visoko-zasićene masne kiseline nastale u fermentaciji. One prelaze u destilat kad se zagrije vinski talog koji tvori netopive soli sa bakrenom površinom kotla (Dhiman i Attri, 2011). Jako je bitno procijeniti pravo vrijeme za prekid destilacije. Prvu i treću frakciju može se procijeniti po senzorskim karakteristikama destilata. Spojevi koji daju snažan i oštar miris, odnosno njihova prisutnost ili odsutnost daju procjenu o kojoj je frakciji riječ. Procjene okusa i mirisa se smatra najpouzdanijim metodama za procjenu reza destilacije (Lučić, 1986). Druga metoda procjene reza destilacije je udio etanola u destilatu.

Dodatnim postupcima poput redestilacije, deflegmacije ili rektifikacije se mogu postići uvjeti za optimalno razdvajanje pojedinih spojeva (Rose, 1985). Redestilacijom se naziva ponovna destilacija već dobivenog sirovog destilata. Redestilacijom se povećava udio alkohola, a smanjuje udio vode i primjesa. Redestilacija se karakterizira kao najstariji oblik pročišćavanja destilata i

pojačavanja njegove alkoholne jakosti (Lučić, 1986). Kada je riječ o pojačavanju i pročišćavanju alkohola u destilatu na složenim kotlovima za destilaciju onda se taj pojam zove deflegmacija. Destilacijom na uređaju s kolonama se dobije destilat velike jakosti. Kotlovi koji se koriste tijekom ovog postupka imaju uz kondenzator i hladnjak koji zovemo deflegmator (Lučić, 1986). Deflegmator se sastoji od cijevi koja je omotana hladnom vodom ili rashladnom tekućinom, tako da se para ohladi i kondenzira prije nego što prođe kroz cijeli sustav. Na taj način se smanjuje količina vodene pare koja se nalazi u konačnom destilatu, što znači da će destilat imati višu koncentraciju alkohola i više intenzivan okus. Proces destilacije na složenom kolonskom uređaju gdje uz rektifikacijsku kolonu se nalazi i deflegmator za bolje pročišćavanje definira se kao proces **rektifikacije**.

Za proizvodnju jakih alkoholnih pića koja se baziraju na voću uobičajeno se upotrebljava destilacija u seriji ili serijska destilacija. Serijski tip destilacijskog uređaja ima kolonu s tavanima i deflegmator. Destilacija počinje tako da para hlapivih spojeva prelazi iz kotla u deflegmator. Dio kondenzirane pare koji se vraća iz deflegmatora na tavane zove se refluks. Refluksni kondenzat je tekućina iz deflagmatora. Alkohol iz refluksnog kondenzata nastavkom destilacije isparava para koja prolazi kroz kolonu. Na taj način ostaje više vode koja kapa prema donjim tavanima. Para se obogaćuje lako hlapivim komponentama, a tekućina teže hlapivim komponentama tijekom protustrujnog dodira tekućine i pare. Ako ima više tavana u koloni bit će veća koncentracija alkohola, a niža nepoželjnih spojeva. Treba biti oprezan kod postupka kako ne bi došlo do uklanjanja poželjnih spojeva. Kod serijskog tipa proces se provodi sa stalnim omjerom refluksa (Tsakiris i sur., 2013).

Usporedimo li kolonu za destilaciju sa Alambic uređajem teško se dobije predodžba koji je uređaj kvalitetniji za dobivanje destilata. Na kraju je bitnija obrada i skladištenje sirovina nego odabir uređaja za destilaciju. Nedostatak Alambic uređaja je što destilacija duže traje i više je uloženo rada, ali je prednost što daje za destilat daje poželjnu aromatičnu notu (Lučić, 1986). **Slika 4.** prikazuje šaržni destilacijski uređaj.



Slika 3 Šaržni destilacijski uređaj (Lučić, 1986)

### 2.3. ODLEŽAVANJE VINSKOG DESTILATA

Za vrijeme procesa odležavanja, vinski destilat postiže specifičan okus koji se bitno razlikuje od okusa svježeg destilata. Vrsta drveta u kojima destilati odležavaju utječe na okus, boju i aromu vinskog destilata, također tretman drveta bačve kao što je spaljivanje, vrijeme korištenja bačve te vrijeme starenja vinjaka. Tijekom starenja, bačva s vinjakom je izložena nižoj temperaturi, umjereno vlažnim uvjetima i nije izložena naglim temperaturim promjenama godišnjih doba (Lurton i sur., 2012). Takvi uvjeti osiguravaju kontroliran i dugotrajan proces dozrijevanja. Proces odležavanja vremenski uobičajeno traje, ovisno od vinske sorte od nekoliko mjeseci pa do nekoliko godina (Tsakiris i sur., 2013). Tijekom dozrijevanja postiže se kompleksnost arome destilata zbog ekstrakcije karakterističnih hlapljivih i nehlapljivih spojeva iz drvene bačve u destilat. Na **Slici 5.** su prikazane hrastove bačve koje služe za odležavanje destilata. Promjena boje destilata očituje se kao posljedica otapanja kemijskih komponenti iz drvenih bačava u dodiru s destilatom tijekom dozrijevanja. Prisutnost skopoletina, se smatra dokazom da je destilat dozrijevan u hrastovim bačvama (Dhiman i Attr, 2011). Važna senzorna svojstva nose hlapljivi spojevi ekstrahirani iz drveta kao što su: laktioni, furanski spojevi, derivati vanilina i derivati fenola.

Ovi spojevi čine značajnu korelaciju s mirisnim komponentama. Te komponente su dim, vanilija, preprženo i suho voće, a one čine pozitivnu korelaciju u ukupnoj kvaliteti vinjaka (Tsakiris i sur., 2013). Tijekom odležavanja tanini oksidiraju i tako pojačavaju boju destilata, povećava se kiselost, formira se acetal. Koncentracija alkohola se smanji otprilike od 6% do 8% za period od 15 godina, a pH se smanji s 5,0 na 3,5 za period do 50 godina (Tsakiris, 2013).

Nakon ocjenjivanja vinskog destilata, on se miješa sa drugim destilatima, taj proces se naziva kupažiranje. Za proizvodnju se čuvaju zalihe vinjaka starog godišta, koji su već odležali u bačvama, te se koristi za spajanje ili '*blending*' sa novijim godištima (Dhiman i Attri, 2011). Zbog sve veće potrebe za bržim stavljanjem u prodaju i zbog visoke cijene dugog dozrijevanja, destilate je moguće i razrijediti s destiliranom vodom. Dodavanjem demineralizirane ili destilirane vode alkoholna jakost se spušta na željenu koncentraciju. Međutim, razrjeđivanje vrlo često dovodi do zamućenja destilata zbog smanjenja topivosti estera i viših alkohola ili zbog taloženja soli kalcija i bakra (Mosedale i Puech, 1998).

"Boise" postupak u Francuskoj u kojem se dopušta dodatak hrastovog čipsa ili tekućine koja se dobije postupkom kuhanja hrastovog čipsa u vodi, gdje se zatim uklanjanja čips te lagano reducira preostala tekućina koja poprima tamnosmeđu boju i sadrži punoću okusa drveta i tanina. Taj postupak dodavanja čipsa u bačve se provodi radi poboljšanja karakteristika starenja. Ekstrakti drva i ulja od vinskog taloga koji se dodaju, te druge mješavine i arome, nadopunjuju drvene bačve zbog njihovog manjka estera i ostalih kemijskih komponenti (Bouglasse, 2011). Pretpostavlja se da otprilike 80% arome vinjaka potječe od hrastove bačve u kojoj je destilat dozrijevaao (Dhiman i Attri, 2011). Ovaj postupak traje u vremenskom periodu od nekoliko mjeseci pa sve do nekoliko godina. Drvene bačve koje su se prije koristile za proizvodnju i odležavanje "*sherryja*", također se koriste se za odležavanje vinjaka. Prije punjenja u boce, vinjak se filtrira na temperaturi od 5°C. Dozrijevanje i starenje vinjaka završava punjenjem u boce.



Slika 4 Hrastove bačve (<https://blog.cognac-expert.com/3-cognac-finished-whiskies/>)

#### 2.4. KEMIJSKI SASTAV DESTILATA VINA

Uz primarne komponente vodu i etanol, vinski destilati sadržavaju: metanol, više alkohole, hlapljive estere, hlapljive kiseline i aldehide. Ove komponente čine osnovne hlapljive tvari u vinskim destilatima, te imaju instrumentalnu ulogu za njihovu kakvoću. Većina od velikog broja hlapljivih spojeva u vinskim destilatima se nalazi u vrlo niskim koncentracijama. Prema istraživanju Dhiman i Attri (2011) ukupna koncentracija hlapivih spojeva u destilatu iznosi 328 mg/L. Ovi spojevi mogu imati porijeklo iz grožđa, te također nastaju tijekom alkoholne fermentacije mošta i tijekom destilacije vina (Guymon, 1974). Nadalje pojavljuju se za vrijeme dozrijevanja te mogu biti ekstrahirani iz drveta. U svjetskom najpoznatijem vinjaku '*Cognacu*' je identificirano stotinjak hlapljivih spojeva, dok postoje i mišljenja da se u destilatima može detektirati više od 500 različitih spojeva, ali od kojih samo nekoliko doprinosi senzornim svojstvima destilata (Tsakiris, 2013).

Etanol (etilni alkohol) je najzastupljeniji spoj u vinu, nakon vode. U vinu, nastaje alkoholnom fermentacijom glukoze i fruktoze, a u vinski destilat se predestilira. Pod standardnim uvjetima fermentacije, etanol se može nakupiti do 14% volumnog udjela. U procesu destilacije se separira etanol, koji počinje isparavati na temperaturi 78,3 °C i količinski je najzastupljeniji na početku

destilacije, te se s vremenom koncentracija smanjuje. Etanol koji je zastupljen u visokim koncentracijama, reagira s kiselinama i stvara estere, a sa aldehydima acetale i poluacetale. Točno i brzo određivanje etanola u alkoholnim pićima je vrlo važno iz ekonomskih razloga. Tehnike koje se koriste u tu svrhu mogu se grupirati na kemijske, fizikalne, enzimske i instrumentalne fizikalno-kemijske metode.

Od nižih alkohola najznačajniji predstavnik je metanol. On nastaje iz pektinskih tvari djelovanjem pektolitickih enzima, zato u destilatima koji se dobivaju iz sirovina bogatih pektinskim tvarima ima više metanola. Na količinu metanola utječu način prerade i fermentacija sirovine. Destilati crnog vina sadrže veću količinu metanola od destilata iz bijelog vina. Metanol je toksičan, stoga je zakonski ograničena koncentracija u vinskim destilatima koja iznosi 2 g/L. Metanol ima vrelište na 64,7 °C i zato izlazi iz kondenzatora na početku destilacije. Pojavljuje se i u drugoj frakciji, ali se može naći i u patočnoj vodi. Metanol izaziva sljepoću i smrt u prekomjernim dozama jer je toksičan. Vinski destilati sadrže koncentraciju metanola od 300 do 700 mg/L (Ortega-Heras i sur., 2004).

**Tablica 1** Temperature hlapivih komponenti

Hlapiva komponenta	Temperatura vrelišta
Etanol	78,3 °C
Metanol	64,7 °C
n-Propanol	98 °C
Izobutanol	101,9 °C
Izoamilni alkohol	131,1 °C
Acetaldehid	20,2 °C
Etil acetat	77,1 °
Octena kiselina	118 °C
Kaprnska kiselina	205,8 °C
Etil laktat	155 °C

### **2.4.1. Kiseline**

Od organskih kiselina najzastupljenija je hlapljiva octena kiselina. Prema istraživanjima Tsakiris-a i sur. (2013), koncentracija octene kiseline se kreće u rasponu 0,20 - 1,0 g/L. Ima intenzivan miris poput octa i njezina koncentracija se značajno povećava tijekom odležavanja vina. Tijekom dozrijevanja u bačvama, može se proizvesti mala količina octene kiseline oksidacijom etanola ili se može ekstrahirati iz drvnih hemiceluloza. Nastaje oksidacijom acetaldehida, tijekom razgradnje šećera zbog prisustva kisika. U manjim koncentracijama je poželjna, dok u većim koncentracijama daje oštar i kiseli, nepoželjni okus (Posavec, 2012). Pomoću octene kiseline se izražavaju sve ostale kiseline u destilatima. Starenjem destilata se povećavaju koncentracije kiselina zbog hidrolize, ekstrakcije i oksidacije iz sastojaka drva, što se pozitivno odražava na aromu destilata. Octena kiselina je osim toga što je najzastupljenija kiselina u destilatu, također pokazatelj ukupne kiselosti. Uz octenu kiselinu u vinskih destilatima nalaze se kaprilna i kaprinska kiselina koje nastaju metabolizmom šećera uz prisustvo kvasca. Kada je visoka razina navedenih kiselina dolazi do neugodnog i užeglog mirisa što pokazuje da je nekvalitetan mošt. Kiselina iz sjemenki voća je cijanovodična kiselina, a nastaje za vrijeme alkoholne fermentacije procesom hidrolize cijanogenih glikozida. Ova kiselina je toksična u većim koncentracijama i zato je nepoželjna. Najveća dopuštena količina je 5 mg/L (Tsakiris i sur., 2013). Treba paziti tijekom proizvodnje destilata kako se postupa sa košticama. Dodatkom kvasca za vrijeme fermentacije nastaje manje ove kiseline nego bez dodatka kvasca. Također iz koštica voćnih sirovina tijekom fermentacije nastaje kancerogeni spoj etil karbamat.

Fenoli se ubrajaju u sekundarne biljne metabolite, te imaju pozitivan učinak na ljudski organizam i prisutni su kod svih biljnih tkiva. Po kemijskoj strukturi se dijele na fenolne kiseline i flavonoide. Galna kiselina je prisutna u hidroliziranim galotanimima, a najveći izvori elaginske kiseline su grožđe orasi i jagode (Dragović-Uzelac, 2015).

Druge karboksilne kiseline, kao što su propionska kiselina i maslačna kiselina također mogu biti prisutni i također su povezani s bakterijskom aktivnošću. Maslačnu kiselinu karakteriziraju neugodne arome maslaca i sira te joj se koncentracija povećava tijekom starenja. Heksanska, oktanska, dekanska, dodekanska, miristična (14 atoma ugljika), palmitinska (16 atoma ugljika) i stearinska (18 atoma ugljika), su kiseline koje potječu od kvasaca (Peršin, 2017).



### 2.4.2. Esteri i terpeni

Esteri nastaju reakcijom alkohola i organskih kiselina. Esteri su jedan od najvažnijih aromatskih skupina spojeva u destilatima. Oni su neutralni organski spojevi, nastaju u velikoj količini tijekom fermentacije. Niski prag detekcije je rezultat njihovog utjecaja na kvalitetu (Spaho, 2017). Prilikom destilacije hlapivi esteri mogu biti pod utjecajem kemijskih reakcija, te one utječu na promjene njihovih koncentracija. Sastav sirovine uvjetuje promjenu udjela određenih hlapivih estera koji se destiliraju, trajanju destilacije i pH vrijednosti. Velika većina estera je dobro topiva u alkoholu, zato se predestiliraju u ranim fazama procesa destilacije. Odvajanjem prvog i zadnjeg toka tijekom destilacije se uklanjaju nepoželjne visoke koncentracije estera, jer su esteri važni za aromu destilata (Louw i Lambrechts, 2012). Za ugodne voćne i cvjetne arome su zaslužni esteri. Baza vina koja su imala duži kontakt s talogom daju vinske destilate s većim koncentracijama etil dekanata i etil laurata (Tsakiris i sur., 2013). Utjecaj na okus i aromu destilata esteri gube dozrijevanjem i starenjem destilata, povećava se njihova topivost u etanolu razvodnjenom sa spojevima ekstrahiranih iz drveta bačve.

Kod svježih destilata nositelji voćnih aroma su esteri viših masnih kiselina. Prisutni u visokim koncentracijama, važni su etilni esteri viših masnih kiselina. Koji mogu biti zaslužni za voštane note destilata. Slaba topivost u vodi je najveći problem estera viših masnih kiselina pa zbog povišenih koncentracija uzrokuju zamućenja i flokulacije, te destabiliziraju destilat (Spaho, 2017). Etil acetat je najznačajniji predstavnik estera, nastaje reakcijom etanola i octane kiseline. Koncentracija etil acetata u vinskom destilatu obično je veća nego u samom vinu jer se etil acetat koncentrira u destilatu. Precizne vrijednosti etil acetata u vinskom destilatu variraju i obično se kreću u rasponu od 200 do 1500 mg/L (Tsakiris i sur., 2013). Važnost etil acetata je njegov omjer s ukupnim esterima. Omjer etil acetata s ukupnim esterima je pokazatelj kvalitete destilata, što je omjer veći, viša je kvaliteta krajnjeg proizvoda (Spaho, 2017). Prema istraživanju Léauté-u (1990) poželjne koncentracije etil laktata su 27,1 – 73,6 mg/L, jer balansira snažne note drugih estera. Formiranje estera je značajno zbog svog utjecaja na voćnu notu vinskih destilata. Od ostalih estera izoamil acetat je poželjan jer ima karakterističnu aromu banana, također voćni ester koji nastaje pri niskim temperaturama izobutil acetat ima aromu maline.

Esteri koji uz navedene, najviše pridonose aromi su: etil heksanoat, izoamil acetat, izobutil acetat, etil 2-metilbutanoat fenil-etil acetat, etil sukcinat, i heksil acetat. Njihove koncentracije se povećavaju tijekom starenja, što je posljedica spore esterifikacije organskih kiselina s etanolom. Koncentracija etil butirata se može povećavati zbog manjka antioksidansa i drugih spojeva antimikrobnog djelovanja (Posavec, 2012).

Terpeni su uglavnom prisutni u ljusci grožđa. Njihova koncentracija je posebno visoka u muškarnim sortama grožđa. U grožđu je određeno oko 40 terpenskih spojeva. Neki od monoterpenskih alkohola, koji imaju karakterističnu cvjetnu aromu, spadaju među najmirisnije, posebice linalol,  $\alpha$ -terpineol, nerol, geraniol, citronelol i hotrienol. Pragovi olfaktorne percepcije ovih spojeva prilično su niski (nekoliko stotina mikrograma po litri). U muškarnim vinima terpeni se nalaze ili slobodni ili vezani za šećere kao glikozidi (Lukić i sur., 2006). Potonji se također nazivaju i prekursorima arome, budući da ne mogu izraziti svoj aromatski karakter. Visoka temperatura destilacije i nizak pH mogu međutim oksidirati terpene, što dovodi do manje pozitivnih ili negativnih mirisnih oblika.

### 2.4.3. Viši alkoholi

Viši alkoholi imaju više od dva ugljikova atoma, nastaju za vrijeme alkoholne fermentacije reakcijom između određenih aminokiselina i šećera. Ukupna koncentracija viših alkohola iznosi do 1544 mg/L (Dhiman i Attri, 2011). Čimbenici koji utječu na koncentraciju viših alkohola su: soj kvasca, pH, količina kisika i aminokiselina, temperatura fermentacije. Najpoznatiji predstavnici skupine su: propanol, 2-butanol, izoamil alkohol, izobutanol, dok je manje zastupljen propanol (Buglass, 2011).

Alkoholnom fermentacijom iz vanilina i šećera nastaje viši alkohol izobutanol koji prelazi u destilat na početku destilacije i s vremenom tijekom destilacije mu opada količina. Slabo je topljiv u vodi, a dobro se otapa u alkoholu, prisutan je u eteričkim uljima, doprinosi aromi alkoholnih pića. Izopentanol poznat kao amilni alkohol je optički aktivan izomer koji nastaje iz izo-leucina i najzastupljeniji je alkohol u alkoholnim destilatima (Lučić, 1986). Acetaldehid je nusproizvod koji nastaje na početku fermentacije. U destilatima se nalazi u koncentracijama 200 - 250 mg/L (Tsakiris i sur., 2013), dok prema istraživanju Dhiman-a i Attri-a (2011) koncentracije iznose 60,8

mg/L. Benzaldehid je aldehid koji je iznimno važan za aromu destilata, daje aromu po orašastim plodovima kao što je badem. Poželjan je u jakim alkoholima, ali ne u prevelikoj koncentraciji jer negativno utječe na kvalitetu. Nastaje hidrolizom spoja zvanog amigdalina. Nalazimo ga u zadnjoj frakciji destilata jer ima visoko vrelište.

Furfural je aldehid koji nastaje dehidratacijom šećera, tj. pentozama koje zaostaju. Do stvaranja furfurala dolazi zbog Maillardovih reakcija, oksidacije askorbinske kiseline i zagrijavanja šećera u kiselim uvjetima. Poželjan je u srednje viskim koncentracijama zbog arome po gorkom bademu. Kod kolone za destilaciju ima ga više nego kod uporabe Alambic uređaja. Ovisno o literaturi nalazi se koncentracijama od 0,5 do 80 mg/L (Tsakiris i sur., 2013)

### 2.5. SENZORIKA JAKIH ALKOHOLA

Tijekom sensorike je bitno ocijeniti boju, okus, miris i bistroću. Ocjenjivanje traži određene uvjete kao što je prostor, temperatura zraka i pribor za degustaciju (Lučić, 1986).

Senzorika je obavezna za svakog proizvođača. Senzorska analiza pića je danas tijekom proizvodnje postala obvezna kako bi se pratilo stanje i kvaliteta jakih alkoholnih pića. Zato već neko vrijeme, procjenjivači koriste specifičnu terminologiju i pojmove za senzorsku analizu alkoholnih pića. Izoštrena osjetila za prepoznavanje raznoraznih aroma moraju imati stručnjaci koji se bave senzorskom procjenom pića. Ako dođe do promjene izazvane u nekom od tehnoloških procesa oni je uočavaju. Prethodno prije sensorike uzorci se temperiraju na 15 °C, kako bi se postigao izjednačen okus i miris. Volumni udio alkohola se spušta ispod 30 % kako bi alkoholna jakost bila adekvatna, a time i ocjenjivanje. Za ocjenjivanje jakih alkoholnih pića pogodna temperatura je 15°C -20°C (Lučić, 1986).

Procjena kreće tako da bezbojne mlade vinske destilate koji su odležali kratko vrijeme procjenimo prema starijim, obojenim uzorcima destilata. Oblik čaše ima utjecaj na senzorski doživljaj, zato se koriste oblik staklenih čaša u obliku tulipana koje su idealne za ocjenjivanje senzorskih svojstava jakih alkoholnih pića. Za ocjenjivanje boje, bistroće i konzistencije služi osjetilo vida. Kod destilata koji su kratko odležavali boja je jedva vidljiva ili nikako ne postoji. Starenjem u hrastovim bačvama vinski destilat, ovisno o dužini odležavanja dobiva na boji, nastaje smeđa, zlatno-žuta ili žućkasta boja (Buglass, 2011).

Kao dodatak za korigiranje boje se dodaje karamela. Za ocjenjivanje bistroće čaša se okreće prema blagom izvoru svjetlosti. Kako svjetlost pada indirektno se stavi šaka ispred čaše, te se promatra boja. Ako kroz čašu jasno se vidi boja kože, onda je destilat koji ocjenjujemo bistar. Kad se ocjenjuje konzistencija destilata napuni se do pola čaše te vrti kružnim pokretima. Za ocjenjivanja mirisa kratkotrajno se udiše i zadržava miris u nosu. Kako ne bi došlo do navikavanja na jedan miris treba brzo prijeći na sljedeći uzorak (Lučić, 1986).

Kod testiranja uzorka prvi dojam koji se dobije je važan. Prilikom dužeg ocjenjivanja, uzima se kraći prekid da bi se udahnuo čisti zrak i odmorila osjetila (Lučić, 1986). Kod mirisa je bitna kakvoća, uravnoteženost, čistoća i intenzitet mirisa. Do mozga se odašilju signali za određeni okus kada dođe do detekcije stimulansa otopljenih u vodi ili slini preko okusnih pupoljaka koji se mogu naći na površini jezika, također i na sluznici nepca i grla. Receptori za slani okus se nalaze od sredine do dna jezika, receptori slatkoće se nalaze na vrhu jezika, pri dnu jezika i nepca receptori gorkog i sa strane jezika receptori za kiselo.



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### 3.1. ZADATAK

Postavljen je eksperiment gdje je vinski destilat od vinske sorte 'Graševina' ostavljen odležavati na 6 mjeseci, te je jednom mjesečno izmjeren aromatski profil destilata. Za mjerenje je korištena metoda plinske kromatografije s masenim detektorom (GC/MS).

Destilati, koji obično odležavaju u hrastovim bačvama nekoliko godina, predstavljaju vrlo složen profil arome. Postoje stotine hlapivih spojeva identificiranih u vinskim destilatima. Neki od tih hlapivih spojeva već su prisutni u grožđu (primarne arome), dok neki nastaju tijekom procesa fermentacije i destilacije ili nastaju tijekom odležavanja u hrastovoj bačvi. Među njima su acetaldehid, etil acetat, metanol, 1-propanol, izoamil alkohol i izobutanol prisutni su u relativno velikim količinama. Količine, općenito između 50 i 2000 mg/L (Tsakiris i sur., 2013), mogu se lako odrediti izravno plinskom kromatografijom (GC) koristeći interne standarde.

#### 3.2. MATERIJALI I METODE

Kod proizvodnje vinskog destilata korištena je sorta 'Graševina', a pripadajući vinski destilat je proizveden u klimatskim uvjetima istočne Hrvatske. Povijest nastanka sorte 'Graševina' se pretpostavlja da vuče porijeklo iz srednje Europe, ali se toliko udomačila u Hrvatskoj da je smatrana od mnogih autohtonom sortom (Mirošević i Kontić, 2008).

Destilacija je provedena na laboratorijskom destilacijskom uređaju kapaciteta od 20 L. U destilacijski uređaj dodalo se oko 15 litara vina. Za vrijeme prve destilacije sva količina vina je destilirana u 2 serije. Od ukupnog destilata se odvojilo 0,5 % destilata u prvoj destilaciji i uslijedilo je sakupljanje destilata sve dok alkoholna jakost nije pala na vrijednosti manje od 5 % vol.. Da se utvrdi brzina padanja alkoholne vrijednosti, alkoholometrom se svakih 100 mL mjeri alkoholna jakost. Sveukupna količina sirovog destilata koji se destilirao nakon prve destilacije iznosilo je 7,5 litara.

Početkom druge destilacije odvojilo se 1 % od prve frakcije iz druge frakcije. Zadatak je bio prikupljati destilat sve dok alkoholna jakost ne padne ispod 50 % vol. alkohola, odnosno drugu frakciju. Svakih 100 mL se mjerila alkoholna jakost kako bi se utvrdila brzina padanja alkoholne vrijednosti alkoholometrom. Nakon druge destilacije prikupljena je količina druge frakcije od 3,2 L. Druga frakcija je imala alkoholnu vrijednost koja je iznosila 72 % vol. alkohola. Dobiveni destilat

se razrijedio na 55 % vol. alkohola dodatkom destilirane vode. Destilat je odležavao u hrastovim bačvama od 3 litre tijekom 6 mjeseci.

#### 3.2.1 Metoda plinske kromatografije s masenim detektorom

Engleski pojam '*solid-phase microextraction*' označava metodu mikroekstrakcije na čvrstoj fazi. Ova metoda se koristi za određivanje aromatskog profila jakih alkoholnih pića. Unutar uređaja se nalazi igla u kojoj je polimerna stacionarna faza. Njena uloga je adsorpcija aromatičnih sastojaka. Polidimetilsiloksan-divinilbenzen od 65 µm debljine je korišten kao adsorber. Prvo je potrebno staviti 5 g odvagano uzorka u bočicu veličine 10 mL, i dodati 1 g NaCl zbog poboljšanja adsorpcijskih svojstava.

U bočicu zatim se stavi magnet i teflonskim čepom hermetički zatvori. Kada se bočica zatvori stavi se u vodenu kupelj. Miješanje je potrebno da se aromatične tvari adsorbiraju unutar igle. U teflonski čep se zabode igla tako da ne bi dodirnula uzorak. Uzorak se prvo promiješa i zagrije 5 minuta nakon čega se igla spusti u nadprostor. Zbog bolje adsorpcije aromatičnih sastojaka navedeni postupak se radi zbog zasićenja nadprostora. Na temperaturi od 40 °C, postupak se provodi 45 minuta. Završetkom adsorpcije slijedi toplinska desorpcija zato kada se igla postavi u injektor plinskog kromatografa. Plinski kromatograf korišten u analizi rezultata je kromatograf tvrtke Agilent 7890 B s maseno-selektivnim detektorom Agilent 5977 A.

Određene su komponente arome na osnovi spektara masa i na osnovi retencijskih indeksa. Na kromatogramu su prikazane točke koje sadrže spektar masa, intenzitet, i vrijeme zadržavanja. S obzirom na bazu podataka NIST 2.0 i bazu koja je nastala na instrumentu tijekom prijašnjih analiza, moguće je usporediti dobivene spektre masa na vrhovima kromatografskih pikova. Vrlo su slični spektri masa komponenata. Ovi spektri ovise o instrumentu i uvjetima snimanja, te zato postoje retencijski indeksi komponenata koji su dodatni kriterij za identifikaciju. Retencijski indeksi komponenata se izračunaju tako da se usporedi vrijeme zadržavanja komponenata s vremenom zadržavanja ravnolančanih ugljikovodika.

Unaprijed pripremljena smjesa ravnolančanih ugljikovodika duljine lanca od C7 – C20 se pripremila u laboratoriju prema istim uvjetima analize zbog usporedbe.



Po **Formuli (1)** znamo kako se računaju retencijski indeksi komponenata te nam prikazuje kako su određena vremena zadržavanja pojedinih ravnolančanih ugljikovodika.

$$I = 100 * [n + \log(t'r(x)) - \log(t'r(n)) / \log(t'r(N)) - \log(t'r(n))] \quad (1)$$

gdje su: I - retencijski indeks zadržavanja,

x - neznani spoj,

n - broj C atoma u manjem n-alkanu,

N - broj C atoma u većem n-alkanu,

t,r - prilagođeno vrijeme zadržavanja.

S dobivenim vremenima zadržavanja, indekse retencije usporedimo sa literaturnim vremenima zadržavanja. Tako potvrđujemo identifikaciju komponenti. Za izračun koncentracije pojedinih komponenata arome koristi se mirtenol.

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

### 4.1. ANALIZA AROMATSKOG PROFILA

Aromatski profil vinskog destilata od sorte grožđa 'Graševina' prikazan je u **Tablici 2**. Usporedbom aromatskog profila nakon 1. i 2. mjeseca odležavanja može se uočiti razilka koja se očituje u promjenama izoamilnog alkohola, octene kiseline, etil heksanoata i etil oktanoata i dr.. Udio izoamilnog alkohola nakon početne koncentracije od 93,07 mg/L se smanjio te se nije mogao detektirati nakon jednog mjeseca odležavanja, navedena promjena nije poželjna, jer izoamilni alkohol daje karakterističnu aromu vinjaka (Guerrero-Chanivet i sur., 2023). U usporedbi s rezultatom rada (Guittin i sur., 2023), u kojem govori o vinskom destilatu od sorte grožđa '*Ugni Blanc*' koncentracija izoamilnog alkohola raste s niskih početnih na početku odležavanja na srednje visoke nakon nekoliko mjeseca odležavanja. Nepoželjan je u visokim koncentracijama jer prevladava ostale spojeve. Koncentracija octene kiseline se nakon dva mjeseca odležavanja smanjila sa 128,08 mg/L na 105,03 mg/L, smanjenje koncentracije octene kiseline je poželjno zbog snižavanja ukupne kiselosti destilata, koja utječe na aromu finalnog proizvoda. Tijekom prvog mjeseca odležavanja je porastao udio etil estera. Porasle su koncentracije etil heksanoata sa 24,4 mg/L na 28,86 mg/L i etil oktanoata 63,79 mg/L na 67,35 mg/L što je i u skladu s ostalim istraživanjima (Lončarić i sur., 2022). Etil oktanoat donosi "svjež" voćne mirise poput marelice, ananasa i kruške (Puentes i sur., 2018). Etil heksanoat također nosi voćne mirisne note, te je u destilatima poželjan u što većim količinama (Mihaljević-Žulj i sur., 2020).

**Tablica 2** Aromatski profil destilata od sorte 'Graševina' nakon 1. i 2. mjeseca odležavanja

Aromatski spoj	Koncentracija (mg/L) nakon 1. mjeseca	Koncentracija (mg/L) nakon 2. mjeseca
Octena kiselina	127,08	105,03
Izoamilni alkohol	93,07	-
1-Heksanol	0,17	5,00
Fenetilni alkohol	4,25	3,10
Hotrienol	140,52	197,76
Etil heksanoat	24,40	28,86
Etil oktanoat	63,79	67,35
Fenetil acetat	1,71	1,74
Etil nonanoat	0,71	-
Metil dekanat	1,37	1,94
Etil dekanat	42,54	34,55
Etil cinamat	1,44	3,34
Etil laurat	5,41	4,50
Izoamil dekanat	5,30	5,35
Diizobutil ftalat	1,22	1,99
Metil palmitat	0,57	-
Dibutil ftalat	0,36	0,99
Etil palmitat	1,12	1,18

Koncentracija etil nonanoata je pala sa 0,71 mg/L do razine ispod praga detekcije, također je pala koncentracija etil dekanata sa 42,54 mg/L na 34,55 mg/L. Posljednja dva estera imaju karakteristične voćne mirise, poput jabuke, marelice, breskve, dok etil nonanoat ima miris sličan ananasu. Tercijarni alkohol hotrienol (Human Metalobome Database) također ima trend porasta, donosi voćne mirise poput marelice i mirise tropskog voća, te je poželjan za aromu. Koncentracija hotrienola uvelike ovisi o sorti grožđa i uvjetima fermentacije. Hotrienol se može pronaći u čaju, a karakterističan je i za vinovu lozu (*Vitis Vinifera L.*) i posjeduje antioksidativna svojstva. Također nastaje kao produkt metabolizma kvasca *Saccharomyces cerevisiae* (Matijašević i sur., 2019). Porast glavnih estera je jako sličan porastu viših alkohola. Esteri dobiveni iz masnih kiselina poput etil dekanata, etil oktanoat i etil heksanoata, povećavaju svoju koncentraciju zbog nekoliko razloga. Prema radu (Guerrero-Chanivet i sur., 2023) do povećanja koncentracije navedenih estera može doći zbog: propusnosti bačve, izlaska vode kroz pore bačve, prijenosa nekih masnih kiselina iz bačve. Aromatski spoj fenetil-alkohol ima početnu koncentraciju od 4, 25 mg/L koja se postupno reducira, jer u esterifikaciji s octenom kiselinom daje fenetil acetat. Mirisna nota

fenetilnog alkohola čija se koncentracija smanjila s 4,25 mg/L na 3,10 mg/L, podsjeća na cvijet ruže što je poželjna karakteristika. Treba naglasiti etil laurat koji nosi voćne i cvjetne arome. Njegova koncentracija od 4,5 mg/L nakon dva mjeseca odležavanja je veća u usporedbi s radom (Patljak, 2021) koja iznosi 2,6 mg/L, dok je manja od 23 mg/L koliko iznosi u radu (Blažević, 2021). Prema (Guerra i sur., 2017) koncentracija etila laurata u destilatima iznosi do 160 mg/L. Još je značajan spoj koji treba napomenuti izoamil dekanat u koncentraciji od 5,35 mg/L, koji nosi slatkastu i voćnu aromu, a u većim koncentracijama do 100 mg/L postaje previše dominantan u aromi i može preuzeti aromu ostalih estera (Raičević i sur., 2022). Metil dekanat je ester koji nastaje kao nusproizvod alkoholne fermentacije, te daje mirisne, slatkaste, voćne arome. Njegove se koncentracije smanjuju s vremenom odležavanja (Lučić, 1986). U ovom istraživanju koncentracija je blago narasla sa 1,37 mg/L na 1,94 mg/L nakon dva mjeseca odležavanja. Metil palmitat može biti prisutan kao jedan od mnogih spojeva koji doprinose kompleksnosti i okusu destilata, iako njegova prisutnost nije od prevelikog značaja za aromu. Njegova koncentracija je 0,57 mg/L, te nakon drugog mjeseca odležavanja pada ispod praga detekcije. Prema (Lukić i sur., 2006) metil palmitate se najčešće nalazi u koncentracijama do 1 mg/L.

**Tablica 3** Aromatski profil destilata od sorte 'Graševina' nakon 3. i 4. mjeseca odležavanja

Aromatski spoj	Koncentracija (mg/L) nakon 3. mjeseca	Koncentracija (mg/L) nakon 4. mjeseca
Octena kiselina	107,62	104,33
1-Heksanol	4,09	10,83
Fenetilni alkohol	3,65	3,73
Hotrienol	131,03	206,09
Etil heksanoat	13,66	32,78
Etil oktanoat	25,90	77,42
Fenetil acetat	0,79	1,67
Metil dekanat	0,89	1,46
Etil dekanat	15,44	38,39
Etil cinamat	1,03	3,25
Etil laurat	2,36	5,63
Izoamil dekanat	5,76	4,15
Diizobutil ftalat	1,20	1,32
Dibutil ftalat	0,68	0,55
Etil palmitat	0,41	-

Nakon 3. i 4. mjeseca imamo trend rasta etil heksanoata, etil oktanoata i etil dekanoata, što se može isčitati iz **Tablice 3**. Koncentracije navedenih spojeva su niže nego francuskog 'Armagnaca' (Puentes i sur., 2018), ali koncentracije tih spojeva su uvjetovane sortnim karakteristikama i fermentacijskim uvjetima. Kada se promatra aromatski profil vinskog destilata za vrijeme sljedeća dva mjeseca odležavanja primjećuje se najveća koncentracija hotrienola koji daje aromu po voću i svježini. Koncentraciju od 104,33 mg/L ima octena kiselina, analizirani rezultati nalaze se ispod donje referentne granice od 200 mg/L (Tsakiris i sur., 2013), dok je gornja granica postavljena na 1000 mg/L. Etil palmitat je ester etanola i palmitinske kiseline, a nalazi se u raznim prehrambenim proizvodima, a također se koristi i u kozmetičkoj industriji. Pridonosi aromi vinskog destilata, ali u vrlo malim količinama. Koncentracija etil palmitata nakon 3. mjeseca odležavanja iznosi 0,41 mg/L, dok se nakon 4. mjeseca i nadalje više ne može detektirati. Etil laurat je ester koji ima karakterističan miris na kokos, a koristi se i u kozmetici. Njegova koncentracija varira o svim procesima koji su prethodili stavljanju destilata u bačvu, uobičajena koncentracija je do 10 mg/L, ali je moguće detektirati i do 150 mg/L (Cabrita i sur., 2012). Etil cinamat je prisutan u manjim količinama od 5,6 mg/L, što je u skladu s uobičajenim vrijednostim do 10 mg/L (Sanchez-Gomez i sur., 2004), jer u većim količinama postaje previše dominantan.

**Tablica 4** Aromatski profil destilata od sorte 'Graševina' nakon 5. i 6. mjeseca odležavanja

Aromatski spoj	Koncentracija (mg/L) nakon 5. mjeseca	Koncentracija (mg/L) nakon 6. mjeseca
Octena kiselina	100,42	108,82
1-Heksanol	9,47	5,32
Fenilni alkohol	2,90	3,16
Hotrienol	203,02	281,35
Etil heksanoat	27,05	29,94
Etil oktanoat	52,79	53,99
Fenilni acetat	1,49	-
Metil dekanoat	3,19	6,71
Etil dekanoat	22,21	34,12
Etil cinamat	2,14	3,10
Etil laurat	3,36	5,31
Izoamil dekanoat	3,50	3,48
Diizobutil ftalat	1,16	1,51
Etil palmitat	1,02	1,43

Nakon šest mjeseci odležavanja koncentracije estera su se dodatno povećale što se vidi iz **Tablice 4.** Koncentracije poželjnih spojeva poput etil estera: etil heksanoata, etil oktanoata i etil dekanata, su nastavili trend porasta. Vrijednost dibutil ftalata se ne može detektirati, što je poželjno. Diutil ftalat je plastifikator i javlja se u vinskih destilatima kao posljedica kontaminacije. Također diizobutil ftalat je kontaminant koji se javlja iz raznih izvora kao što je vrsta ambalaže i rukovanje sirovinom. Ovi spojevi su uljaste tekućine, te su nepoželjni i ne pridonose aromi destilata. Za vinske destilate ne postoji specifična propisana najviša dopuštena koncentracija, kao što je propisano za hranu životinjskog porijekla, ali se njegova razina nastoji smanjiti na što manje moguću. Koncentracija metil dekanata je porasla na 6,71 mg/L. To je ester koji nastaje reakcijom metanola i dekanonske kiseline, također ima poželjnu voćnu aromu, a njegova koncentracija varira u odnosu na količinu reaktanata njegove reakcije i na uvjete samog procesa. Nakon šest mjeseci odležavanja koncentracija 1-heksanola iznosi 5,32 mg/L. Međutim utjecaj 1-heksanola na aromu destilata ovisi o omjerima s drugim spojevima te nije moguće odrediti koja bi koncentracija mogla biti neugodna. 1-heksanol pri niskim koncentracijama daje ugodnu aromu na orah, bademe, zelenu jabuku, dok su veće koncentracije neugodne za aromu, daju gorak okus. Koncentracije glavnih nositelja arome, a to su etil esteri, su porasle. Konačna koncentracija octene kiseline je 108,82 mg/L, što je manje od početne koncentracije od 127,08 mg/L. Iako ova kiselina daje oštar, kiseli i nepoželjan miris i okus, njena koncentracija je u skladu s donjom referentnom granicom kao što je već navedeno prema radu (Tsakiris u sur., 2013). Fenetilni alkohol se dodatno reducirao u reakciji s octenom kiselinom, do spoja fenetil acetata. Koncentracija fenetil acetata je ostala ispod praga detekcije. Ovaj spoj pridonosi aromi destilata sa voćnim i cvjetnim aromama, te je u visokim koncentracijama nepoželjan. Ostali aromatski spojevi i njihove količine su u skladu s ostalim istraživanjima provedenim na vinskih destilatima (Puentes i sur., 2018; Lončarić i sur., 2022; Tsakiris i sur., 2013; Lukić i sur., 2006).

Za vrijeme odležavanja, dogodile su se promjene zbog interakcije između vinskog destilata i drveta bačve, koje su obogatile i poboljšale aromatski profil vinskog destilata. Porasle su koncentracije mirisnih estera zaslužnih za miris i okus, a smanjile su se koncentracije kontaminanata i nositelja neugodnih aroma. Promjena koncentracija aromatskih spojeva se očituje kao posljedica različitih

kemijskih reakcija koje se događaju tijekom odležavanja, uključujući oksidaciju, hidrolizu, acetalizaciju i esterifikaciju.





## **5. ZAKLJUČAK**

Nakon provedenih istraživanja u ovom radu, izvode se ovi zaključci:

1. Na osnovi kemijske analize vinskih destilata od sorte 'Graševina' može se zaključiti kako je navedena sorta prikladna za proizvodnju vinskih destilata.
2. Aromatski profil vinskog destilata dobiven u ovom radu pokazuje potencijal u proizvodnji vinskih destilata, i daljnji smjer usporedbe rezultata s drugim sortama.
3. U dobivenom destilatu detektirani su spojevi poželjni za karakteristike okusa i mirisa vinskog destilata, poput izoamil dekanata i etil laurata.
4. Tijekom odležavanja destilata u hrastovoj bačvi došlo je do promjene aromatskog profila destilata.
5. Tijekom odležavanja destilata 6 mjeseci u hrastovoj bačvi došlo je do porasta koncentracija spojeva ugodnih za aromu poput: hotrienola, etil heksanoata, etil cinamata, etil palmitata i metil dekanata.
6. Tijekom odležavanja destilata 6 mjeseci u hrastovoj bačvi uočeno je i smanjenje koncentracije spojeva koji doprinose aromi destilata: izoamil alkohola, fenetil alkohola, etil oktanoata, etil nonanoata i izoamil dekanata.
7. Dobiveni rezultati ukazuju na važnost praćenja razvoj određenih aromatskih spojeva i promjenu njihove koncentracije tijekom procesa odležavanja kao bi u konačnici dobili kvalitetan finalni proizvod.

## **6. LITERATURA**

- Banić M: *Rakije, whisky i liker*, Gospodarski list d.d., Zagreb, 2006.
- Buglass A. J: *Handbook of Alcoholic Beverages*, West Sussex, 2011.
- Caldeira I., Climaco M.C., Bruno De Sousa R., Belchior A.P: *Volatile composition of oak and chestnut woods used in brandy ageing: Modification induced by heat treatment*, Journal of Food Engineering, 76(2), 202-211, 2006. 10.1016/j.jfoodeng.2005.05.008
- Dhiman A., Attri S: *Handbook of Enology: Principles, Practices and Recent Innovations. Production of Brandy*, Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, 2011.
- Dragović-Uzelac V: *Fenolni spojevi*, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2015.
- Guerra C. C., Santos A. R., Ribeiro J. C: *Characterization of headspace volatile compounds of Madeira wine using HS-SPME/GC-MS: The case of 5-year-old wines*, Journal of Food Composition and Analysis, 59, 74-82, 2017.
- Guerrero-Chanivet M., Ortega- Gavilan F., Garci Bagur-Gonzalez M., Valcarcel- Munoz M.J., Valme Garci-Moreno M., Guillen-Sanchez D. A: *Influence of the use of sulfur dioxide, the distillation method, the oak wood type and the aging time on the production of brandies*, Food Science, 6, 2023
- Guittin C., Maçna F., Barreau A., Poitou, X., Sablayrolles J.M., Mouret J.R., Farines V: *The aromatic profile of wine distillates from Ugni blanc grape musts is influenced by the nitrogen nutrition (organic vs. inorganic) of Saccharomyces cerevisiae*, Food Microbiology, 111, 2023.
- Guymon J. F: *Chemical Aspects of Distilling Wines into Brandy*, University of California, Davis, 2013.
- Ivić I: *Reverzna osmoza i nanofiltracija: Utjecaj koncentriranja na bioaktivne komponente a arome crnog vina Cabernet Sauvignon*, Doktorska disertacija, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2022.
- Léauté R: *Distillation in alambic*, American Journal of Enology and Viticulture, 41(1): 90-103, 1990.
- Lončarić A., Patljak M., Blažević A., Jozinović A., Babić J., Šubarić D., Pichler A., Flanjak I., Kujundžić T., Miličević B: *Changes in Volatile Compounds during Grape Brandy Production from 'Cabernet Sauvignon' and 'Syrah' Grape Varieties*, Processes, 10(5), 988, 2022.
- Louw L., Lambrechts M: *Grape-based brandies: production, sensory properties and sensory evaluation*, *Alcoholic beverages*, 281-298, Woodhead Publishing, Sawston, 2012.
- Lučić R: *Proizvodnja jakih alkoholnih pića*, Nolit, Beograd, 1986.
- Lukić I., Banović M., Pešurić D., Radeka S., Sladonja B: *Determination of volatile compounds in grape distillates by solid-phase extraction and gas chromatography*, Journal of Chromatography, 1101, 238-244, 2006.
- Lurton L., Ferrari G., Snakkers G: *Cognac: production and aromatic characteristics*, Woodhead Publishing, 2012.

- Matijašević S., Popović-Djordjević J., Ristić R., Ćirković D., Ćirković B., Popović T: *Volatile Aroma Compounds of Brandy 'Lozovača' Produced from Muscat Table Grapevine Cultivars (Vitis vinifera L.)*, *Molecules*, 24(13), doi: [10.3390/molecules24132485](https://doi.org/10.3390/molecules24132485)
- Mihaljević-Žulj M., Počepan I., Viskić M., Maslov-Bandić L: *Utjecaj kvasaca na kvalitetu žitnog destilata*, *Glasnik zaštite bilja*, 3:61-67, 2020.
- Miličević B: *Utjecaj vinske sorte na aromu vinskih destilata*, PBF, Zagreb, 2001.
- Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o jakim alkoholnim pićima (2009)*, Narodne Novine br. 61/2009, Zagreb
- Mirošević N., Karoglan Kontić J: *Vinogradarstvo*, Globus, Zagreb, 2008.
- Mosedale J. R., Puech J.L: *Wood maturation of distilled beverages*, 1998.
- Mrvčić J: *Voćne, žitne i šećerne rakije*, 2016.
- Mujić I: *Tehnologija proizvodnje jakih alkoholnih pića*, Rijeka, 2010.
- Orlić S., Jeromel A: *Proizvodnja vina, Plejada*, Zagreb, 2010.
- Ortega-Heras M., Gonzalez-Huerta C., Herrera P., Gonzalez-Sanjose M.L: *Changes in wine volatile compounds of varietal wines during ageing in wood barrels*, *Analytica Chimica Acta*, 53(1), 341-350, 2004.
- Patljak M: *Mogućnost proizvodnje vinskog destilata od sorte grožđa 'Syrah'*, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2021.
- Peršin F: *Primarne arome grožđa izabranih bijelih sorata dobivenih međuvrtnim križanjem*, Diplomski rad, Agronomski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2017.
- Posavec S: *Polifenolni profil i antioksidativna aktivnost jakih alkoholnih pića proizvedenih na području Republike Hrvatske*, Zagreb, 2012.
- Puentes C., Joulia X., Vidal J.P: *Simulation of spirits distillation for a better understanding of volatile aroma compounds behavior: Application to Armagnac production*, *Food and Bioproducts Processing*, 112:31-63, 2018.
- Raičević D., Popović T., Jančić D., Šuković D., Pajović-Šćepanović R: *The Impact of Type of Brandy on the Volatile Aroma Compounds and Sensory Properties of Grape Brandy in Montenegro*, *Molecules*, 27(9): 2794, 2022.
- Robinson J: *Oxford Companion to Wine*, Oxford, 1999.
- Rose L.M: *Distillation design in practice*, Elsevier science publishing company, New York, 1985.
- Sanchez-Gomez S., Cacho J., Ferreira V: *Volatile compounds in wine brandy and their contribution to the fruit aroma*, *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(10): 3194-3201, 2004.
- Spaho N: *Distillation Techniques in the Fruit Spirits Production*, Rijeka, 2017.

Stehlik-Tomas V, Grba S: *Proizvodnja jakih alkoholnih pića*, Plejada, Zagreb, 2010.

Tsakiris A., Kallithraka S., Kourkoutas Y: *Grape brandy production, composition and sensory evaluation*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(3): 404-414, 2014.

Mrežni izvor 1: Večernji list, <https://ordinacija.vecernji.hr/zdravi-tanjur/jedi-zdravo/znate-li-sve-o-grasevini/> Pristupljeno: 20.09.2022.

Mrežni izvor 2: Cognac expert, <https://blog.cognac-expert.com/3-cognac-finished-whiskies/> Pristupljeno: 20.09.2022.

Mrežni izvor 3: Cognac – ton <https://cognac-ton.nl/en/homepage/history/history-of-cognac-legislation/> Pristupljeno: 10.04.2023.

Mrežni izvor 4: Flavornet <https://www.flavornet.org/> Pristupljeno: 10.04.2023.

Mrežni izvor 5: Human Metabolome Database <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0302398> Pristupljeno 10.04.2023.