

Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'

Staroveški, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:259299>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-16**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih
spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'**

DIPLOMSKI RAD

Martin Staroveški

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Vinogradarstvo i vinarstvo

**Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih
spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'**

DIPLOMSKI RAD

Martin Staroveški

Mentor:

prof. dr. sc. Marko Karoglan

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Martin Staroveški**, JMBAG 0178122597, rođen/a 16.11.2000 u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta/ice **Martin Staroveški**, JMBAG 0178122597, naslova

**Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte
'Sauvignon bijeli'**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana
_____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof. dr. sc. Marko Karoglan mentor

2. prof. dr. sc. Ana Jeromel član

3. doc. dr. sc. Domagoj Stupić član

Zahvala

Ovime se putem zahvaljujem svojoj obitelji na svoj pruženoj podršci tijekom studiranja. Posebne zahvale prof. dr. sc. Marku Karoglanu i dr. sc. Marini Anić na pomoći i savjetima prilikom pisanja diplomskog rada. Isto tako, zahvaljujem se svim prijateljima i kolegama koji su mi uljepšali period studiranja. Također, ovim bi se putem htio zahvaliti vinariji Podrum Mladina na ustupljenim uzorcima.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada.....	1
2. Pregled literature	2
2.2. Hlapljivi spojevi u grožđu i vinu.....	2
2.2.1. Terpenoidi.....	2
2.2.2. C ₁₃ -norizoprenoidi.....	4
2.2.3. Metoksipirazini.....	6
2.2.4. Tiolnospojevi.....	8
2.2.5. C ₆ alkoholi i aldehidi.....	9
2.2.6. Hlapljive kiseline.....	10
2.2.7. Esteri.....	10
2.2.8. Hlapljivi fenoli.....	11
2.3. Utjecaj roka berbe na kvalitetu grožđa i vina.....	12
3. Materijali i metode	14
3.1. Plešivičko vinogorje.....	14
3.2. Klimatske prilike.....	14
3.3. Sorta 'Sauvignon bijeli'.....	15
3.4. Podloga SO ₄	16
3.5. Postavljanje pokusa, berba i osnova kemijska analiza mošta.....	17
3.6. Analiza hlapljivih spojeva u bobici.....	18
4. Rezultati i rasprava	19
4.1. Utjecaj roka berbe na osnovni kemijski sastav grožđa sorte 'Sauvignon bijeli'.....	19
4.2. Utjecaj roka berbe na hlapljivi sastav grožđa sorte 'Sauvignon bijeli'.....	20
5. Zaključak	26
6. Popis literature.....	27
Životopis.....	30

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Martin Staroveški**, naslova

Utjecaj roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'

Fiziološke i biokemijske promjene tijekom dozrijevanja grožđa uključuju sintezu šećera, polifenola i hlapljivih spojeva te razgradnju organskih kiselina. Raniji rokovi berbe, prije nego što je grožđe doseglo tehnološku zrelost, povezani su sa svježijim vinima niže alkoholne jakosti, visokim udjelom kiselina, svjetlijim i živahnim bojama, ali i negativnim zelenim aromama. Kasniji rokovi berbe mogu ugroziti kvalitetu vina smanjenjem kiselosti, povećanjem pH, gubitkom ili modifikacijom voćnih i cvjetnih mirisa. Odabir optimalnog roka berbe važna je odluka u uzgoju grožđa i proizvodnji vina te omogućuje vinarima modifikaciju senzornog profila i kvalitetu budućeg vina. Za potrebe ovog rada analiziran je sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'. Uzorkovanje je provedeno u tri roka berbe, a ustanovljeno je da je rok berbe imalo utjecaj na osnovne kemijske parametre grožđa i sadržaj estera, C13 norizoprenoida, masnih kiselina i ukupnih hlapljivih spojeva, dok nije ustanovljena promjena u sadržaju ukupnih aldehida, viših alkohola, hlapljivih fenola i terpena.

Ključne riječi: Sauvignon bijeli, rok berbe, hlapljivi spojevi

Summary

Of the master's thesis – student **Martin Staroveški** entitled

Impact of the harvest date on the composition and content of volatile compounds in grapes of the 'Sauvignon bijeli' variety

Physiological and biochemical changes during the ripening of grapes include the synthesis of sugars, polyphenols and volatile compounds and the breakdown of all organic acids. Earlier harvest dates, before the grapes have reached technological maturity, are associated with fresh wines of lower alcohol strength, high acid content, brighter and more lively colors, but also negative green aromas. Later harvest dates can decrease wine quality by reducing acidity, increasing pH, losing or modifying fruity and floral aromas. Choosing the optimal harvest date is an important decision in grape growing and wine production because it enables winemakers to modify the sensory profile and quality of the future wine. For the purposes of this work, the composition and content of volatile compounds in grapes of the 'Sauvignon white' variety were analyzed. Sampling was carried out in three harvest dates, and it was found that the harvest date had an influence on the basic chemical parameters of grapes and the content of esters, C13 norisoprenoids, fatty acids and total volatile compounds, while no change was found in the content of total aldehydes, higher alcohols, volatile phenols and terpenes.

Keywords: Sauvignon blanc, harvest date, volatile compounds

1. Uvod

'Sauvignon bijeli' pripada skupini aromatičnih sorata vinove loze te je danas rasprostranjen u najvažnijim vinogradarskim područjima točnije u mnogim značajnim Europskim zemljama i mnogim zemljama Novog svijeta kao što su Južnoafrička Republika, Australija, Novi Zeland i SAD (Kalifornija). Njegova vina poznata su po širokom rasponu aroma od svježe pokošene trave, graška i šparoga, do tropskog i zrelog voća kao što su marakuja, grejp ili čak mango. Obično su vina od ove sorte lakog tijela, visokih kiselina i srednje koncentracije alkohola. Osim što je poznat po svježim stilovima vina, 'Sauvignon bijeli' u nekim regijama odležava u drvenim bačvama što mu daje specifične arome.

Aromatski profil vina može se značajno modificirati različitim rokovima berbe koji će utjecati na sadržaj hlapljivih spojeva. Hlapljivi spojevi glavni su nosioci aroma vina. U njih se ubrajaju terpeni (monoterpeni i C13 norizoprenoidi), metokspirazini, polifunkcionalni tioli, esteri, C6 spojevi, hlapljive kiseline i hlapljivi fenoli. Među ovim spojevima za sortu 'Sauvignon bijeli' značajni su terpeni, metokspirazini i polifunkcionalni tioli. Na njihove koncentracije u grožđu i vinu moguće je utjecati različitim ampelotehničkim i agrotehničkim zahvatima ali i različitim rokovima berbe. Rok berbe ključan je za određivanje stila vina, posebno za sorte kao što je 'Sauvignon bijeli' koje se značajno aromatski razvija tokom dozrijevanja. Vegetalne arome (što nije uvijek nepoželjno) obično su izraženije ranijim rokovima berbe kada su metokspirazini prisutni u višim koncentracijama. Razina prekursora tiola obično se povećava sa dozrijevanjem. Stoga grožđe ubrano u kasnijim rokovima berbe ima smanjeni vegetalni karakter i više „zrelih“ aroma tropskog voća, ali s većim sadržajem šećera. Berba u više navrata i zasebno vinificiranje frakcija može biti korisno za dobivanje vina s različitim koncentracijama alkohola i različitim aromatskim profilima. Te frakcije kasnije prije punjena vina u boce prolaze tipizaciju kako bi se dobilo vino željenih senzornih karakteristika i određene alkoholne jakosti.

Određivanje rokova berbe provodi se različitim analitičkim tehnikama, a u današnje doba ima veliki značaj s obzirom da vinarima omogućuje određivanje točnih kemijskih parametara u određenim terminima, što im omogućuje da odaberu rok berbe koji će dati najbolje parametre za željeni tip vina. Osim toga, omogućuje proizvodnju senzorno kompleksnijih vina jer tijekom dozrijevanja grožđa dolazi to promjena u koncentracijama hlapljivih spojeva koji utječu na aromu vina.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada jest prikazati kako će različiti rokovi berbe kod sorte 'Sauvignon bijeli' utjecati na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu.

2. Pregled literature

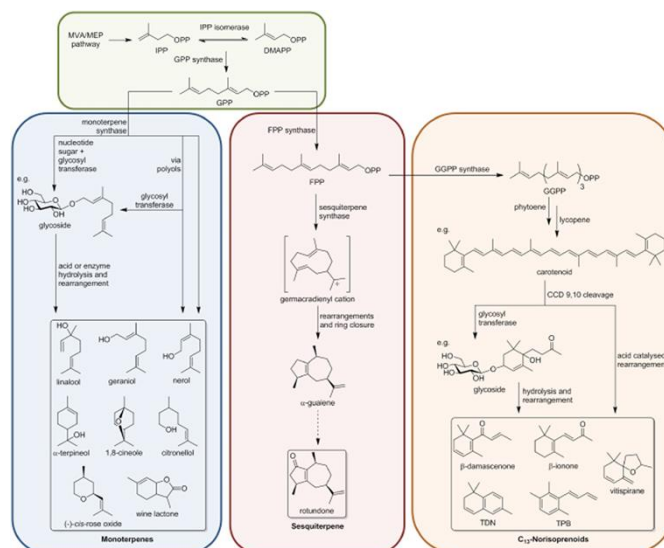
2.2 Hlapljivi spojevi u grožđu i vinu

Aroma vina ovisna je o hlapljivim spojevima koji u značajnoj mjeri utječu na nju, a do danas ih je otkriveno nekoliko stotina. U hlapljive spojeve ubrajamo terpenoide (monoterpene i C13 norizoprenoidi), metokspirazine, tiolne spojeve, više alkohole i aldehide, estere, hlapljive kiseline i hlapive fenole.

2.2.1 Terpenoidi

Terpenoidi su vrlo raznolika i široka skupina sekundarnih metabolita biljaka za koje se procjenjuje da sadrži gotovo 40 000 različitih spojeva (Yu i Utsumi, 2009.). Mnogi od ovih spojeva uključeni su u komunikaciju između biljaka ili odbijaju nametnike, ali i privlače oprašivače te su jedan od sastojaka eteričnih ulja. Predstavnici terpenoida koji se najčešće mogu pronaći u grožđu i vinu su monoterpeni, seskviterpeni i C13 norizoprenoidi.

Terpenoidi (monoterpeni i seskviterpeni) se sintetiziraju iz izopentenil pirofosfata (IPP) i njegovog izomera dimetilalil pirofosfata (DMAPP), prvenstveno putem 1-deoksi-D-ksiluloza-5-fosfat/metileritritol fosfatnog puta (DOXP/MEP) i puta mevalonske kiseline (MVA) za monoterpene, odnosno seskviterpene (Black i sur., 2015.). Strukturni gen za DOXP/MEP put sinteze je 1-deoksi-D-ksiluloza 5-fosfat sintaza te je on prepoznat kao ključan gen za sintezu tri najznačajnija vezana i slobodna monoterpena kod muškarnih sorata (Battilana i sur. 2009.). Monoterpeni nastaju kada se molekule IPP-a i DMAPP-a pretvaraju u geranil pirofosfat (GPP) u reakciji koju katalizira od strane enzima poznatih kao izoprenil pirofosfat sintaze (Black i sur., 2015.). Nastala osnovna C10 jedinica građena od dva izoprenska prstena zatim ulazi u različite reakcije i preraspodjele katalizirane enzimima iz skupine sintaza stvarajući brojne monoterpene. Također, farnezil pirofosfat sintaza katalizira reakcije kondenzacije između DMAPP-a i IPP-a stvarajući C15 međuprodukt farnezil pirofosfat (FPP) koji služi kao početni spoj za sintezu seskviterpena (Black i sur., 2015.). U grožđu je zastupljeniji metileritritol-fosfatni put (MEP).



Slika 1. Prikaz sinteze različitih terpenoida
Izvor: Black i sur., 2015.

Monoterpeni su ugljikovodični spojevi čiji se skelet sastoji od dvije izoprenske jedinice s 10 ugljikovih atoma (C_{10} spojevi) i imaju molekularnu formulu $C_{10}H_{16}$. Pripadaju skupini terpena i zaslužni su za ugodan miris voća pa tako i grožđa, a u konačnici i vina. Do danas je u vinu pronađeno oko 50 monoterpenских spojeva (Jackson, 2008.). U grožđu se nalaze u hlapljivoj i nehlapljivoj formi. Hlapljive forme predstavljaju slobodni monoterpenски alkoholi i oksidi te oni utječu na aromu vina (Jackson, 2008.). Određeni dio može biti povezano kompleksu s glikozidima, ili se javlja kao di- ili trioli (Jackson, 2008.). Glikozilirani terpeni su sadržani u značajno višim koncentracijama od slobodnih terpena. Glikolizirane forme mogu se tokom fermentacije hidrolizirati u slobodne hlapljive forme pomoću enzima enzima glikozidaza koji potječu od kvasaca ili putem kisele hidrolize s ($pH \sim 3.5$) (González-Barreiro i sur., 2015.). Monoterpeni u vinu mogu biti u obliku jednostavnih ugljikovodika (limonen, mircen, itd.), aldehida (linalal, geranial itd.), alkohola (linalol, geraniol, itd.), kiselina (geranijska i linalna), pa čak i estera (Linalil-acetat) (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). U vinima su najviše zastupljeni monoterpenски alkoholi linalol, α -terpineol nerol, geraniol, citronelol i hotrienol, a među njima se izdvajaju citronelol i linalol s obzirom da imaju najniži prag detekcije (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). Kod muškatah sorata mogu se naći u koncentracijama od 6 mg/l, kod aromatičnih ali ne muškatah sorata u koncentracijama od 1–4 mg/l dok se kod neutralnih sorata nalaze ispod detekcijskog praga pa nemaju utjecaj na aromu vina (Mateo i sur., 2000.) Karakteristični su za sorte iz skupine muškata i 'Rajnski rizling' (Jackson, 2008.), a također su značajni sa sorte 'Pinot sivi', 'Traminac', 'Muller-Thurgau', 'Auxerrois', 'Scheurebe', itd., (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). Kod sorata 'Sauvignon bijeli', 'Syrah', 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc' i 'Merlot' obično se nalaza ispod praga detekcije (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.).

Slobodne forme monoterpena sintetiziraju se već tokom zametanja bobica, a nalaze se u kožici i mesu bobice (Black i sur., 2015.). Neki od ovih spojeva mogu se naći samo u pojedinim dijelovima bobice pa se tako geraniol može naći u egzokarpu (kožici) dok se linalol može pronaći i u egzokarpu i mezokarpu (mesu) (Carrau i sur., 2008.). Najpoznatiji seskviterpen pronađen u grožđu je rotundon koji daje paprene i začinske arome vinu, a najviše ga ima u grožđu sorte 'Syrah', a oni se najčešće nalaze u egzokarpu. Više je istraživanja potvrdilo da na sadržaj monoterpena (slobodnih i vezanih) može utjecati regulacijom mikroklima trsa, tj. temperature i izloženosti svjetlu (Carrau i sur., 2008.). Tako će zahvati koji reguliraju bujnost loze kao što su vršikanje, plijevljenje mladica i djelomična defolijacija u zoni grozdova utjecati na sadržaj ovih spojeva s obzirom da će se povećati prodor svjetlosti u zonu plodonošenja. Viša koncentracija monoterpena u bobici povezana je sa povećanim intenzitetom svjetlosti unutar krošnje trsa i s hladnijim vegetacijskim sezonama i/ili regijama u usporedbi s onima sazrelim u toplijim uvjetima (Carrau i sur., 2008.). Razvoj *Botrytis cinerea* tokom dozrijevanja grožđa može modificirati postojeće monoterpena u grožđu te dovesti do njihove degradacije i pretvorbe u manje mirisne spojeve (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.).

2.2.2 C₁₃-norizoprenoidi

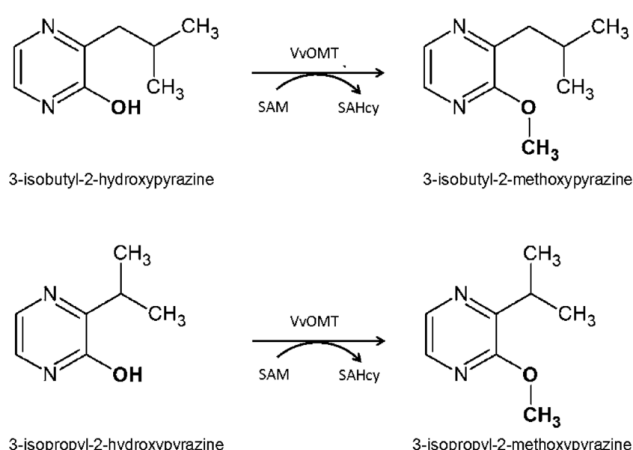
C₁₃-norizoprenoidi su raznolika skupina aromatskih spojeva koji pridonose sortnom karakteru mnogih vina, posebno aromatičnih sorata kao što je 'Rajnski rizling'. Najviše koncentracije ovih spojeva mogu se naći u grožđu koje je uzgajano u toplijim krajevima i u grožđu koje je bilo izloženo intenzivnoj sunčevoj svjetlosti. U grožđu i vinu se nalaze u tragovima, ali je prag detekcije većine norizoprenoida vrlo nizak (700 ng/L za β -ionon i 200 ng/L za β -damascenon) (González-Barreiro i sur., 2015.). Važni noriziprenoidi identificirani u vinu su: TCH (2,2,6-trimetilcikloheksanon), b-damascenon, b-ionon, vitispiran, aktinidiol, TDN (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen), rizling acetal i TPB (4-(2, 3,6-trimetilfenil)buta-1,3-dien) (Mendes-Pinto, 2009). Do danas su ovi spojevi pronađeni u bijelim i crnim sortama, a najviše su se izdvojili kod sorata 'Grenache', 'Merlot', 'Fiano', 'Riesling', 'Chardonnay', 'Chenin blanc', 'Shiraz', 'Semillon', 'Cabernet sauvignon', 'Sauvignon blanc' i 'Pinot noir' (Mendes-Pinto, 2009.).

C₁₃-norizoprenoidi mogu nastati izravnom razgradnjom karotenoida kao što su b-karoten i neoksantin ili se mogu pohraniti kao glikokonjugati, koji zatim mogu otpustiti svoj hlapljivi aglikon tijekom fermentacije pod utjecajem enzima ili putem kisele hidrolize (Mendes-Pinto, 2009.). Stoga se može zaključiti da su karotenoidi prekursori norizoprenoida. Osim β -karotena i neoksantina, prekursorima se mogu smatrati i lutein i violaksantin jer svojom razgradnjom mogu proizvesti norizoprenoide (Mendes-Pinto, 2009.). Mnogi faktori mogu utjecati na sintezu karotenoida u grožđu a kasnije i ukupnu količinu norizoprenoida. Neki od njih su sorta vinove loze, izloženost svjetlosti, stadij zrelosti, karakteristike tla i područja na kojem se uzgaja loza te ampelotehnički zahvati (defolijacija).

2.2.3 Metoksipirazini

Metoksipirazini spadaju u skupinu heterocikličkih hlapivih spojeva sa dušikom koji nastaju kao produkt razgradnje aminokiselina u bobicama grožđa. Imaju velik utjecaj na aromatična svojstva vina, a mogu se naći u vinima sorata 'Sauvignon bijeli', 'Merlot', 'Cabernet sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Carménère' i 'Semillon'. Najzastupljeniji metoksipirazin koje nalazimo u grožđu i vinu je 3-izobutil-2-metoksipirazin (IBMP), a osim njega u značajnoj mjeri mogu se pronaći 3-sec-butil-2-metoksipirazina (SBMP) i 3-izopropil-2-metoksipirazin (IPMP). Ove spojeve karakterizira herbalan miris, tj. miris na zelenu papriku, pokošenu travu, grašak, šparoge. Arome zelene paprike povezane su sa višim koncentracijama IBMP-a, dok su arome graška i šparoga vezane uz višu koncentraciju IPMP-a (Sala i sur., 2004.) Osim navedenih, u vinima su još pronađeni 2-metoksi-3-metilpirazin i 2-metoksi-3-etilpirazin, ali oni nemaju toliki utjecaj na aromatska svojstva kao IBMP (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). Metoksipirazini imaju nizak prag detekcije od samo 1 ng/l u vodi (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.), a u vinima se mogu naći u koncentracijama od 1-40 ng/l (Allen i Lacey, 1998.). Ovaj nizak prag detekcije objašnjava njihov velik utjecaj na miris i okus vina.

O putovima sinteze metoksipirazina trenutno postoji malo podataka, a jedan od predloženih putova odnosi se na mikrobnu sintezu. Prvi korak biosinteze je adicijska reakcija α -dikarbonila (vjerojatno glioksala) na razgranatu aminokiselinu (leucin za IBMP) koja dovodi do stvaranja 2-hidroksi-3-izobutilpirazina (IBHP), ne hlapljivog intermedijera. IBHP se zatim metilira pomoću O-metiltransferaze (OMT) kako bi se oslobodio odgovarajući hlapljivi metoksipirazin (IBMP), (Helwi i sur., 2015.) U istraživanju Dunlevy i sur. (2010.) pronašli su dva enzima O-metiltransferaze (OMT) nazvana VvOMT1 i VvOMT2, ali njihova aktivnost prema IBHP supstratu nije bila specifična. 2013. godine pronađena su dva nova OMT-a VvOMT3 i VvOMT4, koji su mogli katalizirati takvu reakciju s visokom specifičnošću (Helwi i sur., 2015.).



Slika 3. Jedan od predloženih putova biosinteze 3-alkil-2-metoksipirazina
Izvor: Vallarino i sur., 2011.

Unutar bobice grožđa, najviše koncentracije IBMP-a se mogu naći u kožici bobice (72%) i sjemenci (23.8%), dok meso bobice sadrži samo (4.2%) (Roujou de Boubée i sur., 2002). Njihova sinteza započinje u fenofazi rasta i razvoja bobice, a koncentracija se povećava sve do 2-3 tjedna prije šare. Kod sorata 'Cabernet sauvignon' i 'Sauvignon bijeli' često su pronađene visoke koncentracije IBMP-a od 100 ng/l u fenofazi šare (Allen i Lacey, 1998.). Nakon šare, koncentracija ovih spojeva naglo pada. Na njihovu ukupnu količinu, a i brzinu degradacije velik utjecaj imaju temperature u periodu dozrijevanja, izloženost sunčevoj svjetlosti i ampelotehnički zahvati. Tako će grožđe kod sorata koje sadrže metokspirazine uzgajano u toplijem klimatu imati nižu koncentraciju ovih spojeva, dok će ono iz hladnijih područja imati veći sadržaj metokspirazina. Od ampelotehničkih zahvata najviše se ističu zahvati zelene rezidbe kao što su plijevljenje mladica, vršikanje i djelomična defolijacija u zoni grozdova iako i sam uzgojni oblik trsa ima određeni utjecaj. Dokazano je da je grožđe koje je bilo više izloženo sunčevoj svjetlosti imalo manju koncentraciju metokspirazina od onog koje je bilo zasjenjeno, a ta razlika obično je bila oko 50% (Allen i Lacey, 1998.). Smatra se da sunčeva svjetlost ima pozitivan utjecaj na sintezu metokspirazina u fazi rasta kod nedozrelog grožđa a također je i razlog njihove degradacije u fazi dozrijevanja (Sala i sur., 2004.). Osim okolinskih faktora i ampelotehničkih zahvata, na sadržaj metokspirazina u vinu može se utjecati u različitim terminima berbe i vinifikacijskim tehnikama. Čest je slučaj da proizvođači kod sorte 'Sauvignon bijeli' berbu obavljaju u 2 termina, ali često i 3 termina kako bi se dobili različiti aromatski profili, jer će prvi termin imati veću količinu IBMP-a, dok će u kasnijim rokovima njegova koncentracija pasti te će do izražaja doći drugi hlapljivi spojevi. Postupci hladne maceracije, tj. kontakta mošta sa kožicom bobice dovest će do višeg sadržaja IBMP-a (Allen i Lacey, 1998.).

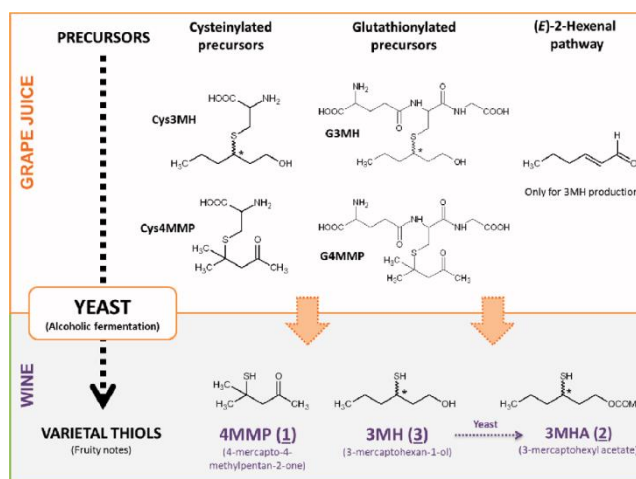


Slika 4. Kemijske strukture najzastupljenijih metokspirazina
Izvor: Kemp i sur., 2022.

2.2.4 Tiolni spojevi

Polifunkcionalni tioli su hlapljivi aromatski spojevi koji sadrže –SH skupinu u molekuli, a osim nje mogu imati i druge funkcionalne skupine (OH-, C=O). Ove spojeve karakterizira niski prag detekcije te stoga značajno utječu na miris vina. Neki od ovih spojeva odgovorni su za mane vina (sumporovodik, etanetiol i metanetiol) ali su također neki od njih nositelji voćnih aroma (borovnice, grejpfruta, marakuje, guave, papaje), biljnih aroma (lišće rajčice, bosiljak) i hrane (maslinovo ulje, kava i sl.). Tioli su značajni za sortnu aromu sorte 'Sauvignon bijeli'. Najvažniji polifunkcionalni tioli nađeni u vinu su 4-MMP (4-metil-4-merkaptopentan-2-on), 3-MHA (3-merkaptotioheksil-acetat), 3-MH (3-merkaptotioheksan-1-ol) i 4-MMPOH (4-merkaptotio-4-metilpentan-2-ol) (Anić, 2023). Pragovi detekcije u za 4-MMP, 3-MH i 3-MHA su 0.8 ng/L, 60 ng/L i 4.2 ng/L u model vinima dok se u francuskim i novozelandskim vinima sorte Sauvignon bijeli nalaze u koncentracijama od 4–40 ng/L, 200–18,000 ng/L i 0–2500 ng/L (Tsai i sur., 2022.). U vinu 4MMP daje miris šimšira, 3MHA također daje arome šimšira ali i grejpa i marakuje.

Polifunkcionalni tioli (ili merkaptani) nalaze se u grožđu u vezanom obliku, potječu od masnih kiselina i za njih su vezani glutatation ili cistein (Anić, 2023.). Ovi spojevi u vinu nastaju iz njihovih ne-mirisnih prekursora tokom fermentacije gdje se oslobađaju uz pomoć rada kvasaca. Postoje tri poznata puta sinteze tiola iz njihovih prekursora. Prvi put uključuje cisteinilirane prekursore kod kojeg kvasci cijepaju konjugate S-cisteina putem aktivnosti enzima beta-liaze te se time stvaraju S-3-(heksan-1-ol)-cistein (Cys3MH) i S-3-(4-merkaptotio-4-metilpentan-2-on)-cistein (Cys4MMP) među kojima je (Cys3MH) sveprisutniji (Roland i sur., 2011.). U drugi put sinteze uključeni su glutatationizirani prekursori S-3-(heksan-1-ol)-glutatation (G3MH) i S-3-(4-merkaptotio-4-metilpentan-2-on)-glutatation (G4MMP). Istraživanja na sortama 'Sauvignon bijeli' i 'Gros Manseng' dokazala su da je procjeđivanje njihovih moštova kroz kolonu γ -glutamiltanspeptidaze rezultiralo povećanjem Cys3MH, sugerirajući da bi G3MH mogao biti prekursor (Roland i sur., 2011.). Treći put biogeneze uključuje C6 nezasićene spojevi, kao što je (E)-2-heksenal, koji podliježu adiciji sumpora tijekom alkoholne fermentacije, ali do danas donor sumpora još nije identificiran, ali se vjeruje da bi mogao biti H₂S, cistein, glutatation, ili druge molekule u moštu koje imaju dostupnu slobodnu tiolnu skupinu (Roland i sur., 2011.).



Slika 5. Tri moguća puta sinteze polifunkcionalnih tiola iz njihovih prekursora
Izvor: Roland i sur., 2011.

Na razinu prekursora polifunkcionalnih tiola može utjecati više čimbenika. Tako će na njihovu razinu utjecati aminokiselinski profil mošta koja značajno varira među sortama grožđa i tijekom dozrijevanja, ali i utjecajem različitih vanjskih podražaja kao što su oksidacija, ozljede na vinovoj lozi, uvjeti stresa, vlaga, nedostatak dušika i infekcije različitim patogenima kao što je *Torulasporea delbrueckii* a posebno *Botrytis sp.* (Maslov Bandić i sur., 2018.). Osim toga, na njihov sadržaj utjecat će i neke tehnološke operacije u vinogradu i berbi npr. strojna berba, različiti rokovi berbe, različiti ampelotehnički zahvati i vrijeme njihovog provođenja. Kratka maceracija će se osigurati veću ekstrakciju prekursora tiola, konačna razina tiola u vinu ovisit će i o uvjetima fermentacije pa će tako fermentacija na niskim temperaturama pogodovati njihovoj sintezi a također bitnu ulogu ima i odabir soja kvasca koji će se koristiti za provođenje fermentacije. Zaštitna sredstva na bazi bakra mogu imati negativan učinak na sintezu tiola kod nekih sorata ('Cabernet Sauvignon', 'Merlot' i 'Sauvignon bijeli').

2.2.5 C6 alkoholi i aldehidi

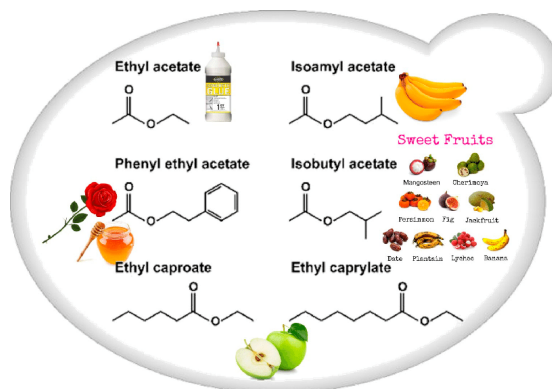
C6 alkoholi i aldehidi su skupina spojeva koja potječu iz grožđa, ali mogu nastati i tijekom alkoholne fermentacije djelovanjem kvasaca (Anić, 2023.). Ova skupina spojeva još se naziva C6 spojevi. Ovi spojevi nastaju iz linolenske i linolne kiseline, u reakciji koje kataliziraju hidroperoksid liaza (HPL), lipoksigenaza (LOX), alkohol acetyltransferaza (AAT) i alkohol dehidrogenaza (ADH) (Wang i sur., 2023.). Osim što se sintetiziraju u grožđu i tokom fermentacije, mogu nastati i prije fermentacije, npr. prilikom transporta, muljanja i runjanja grožđa, prešanja ali i tijekom nekih tehnoloških postupaka kao što je zagrijavanje mošta i maceracije (Oliveira i sur., 2006.). C6 hlapljivi spojevi mijenjaju se iz acetatnih estera u aldehide i konačno u alkohole tokom dozrijevanja grožđa, a u vinu također može doći do pretvorbe u odgovarajuće alkohole (pomoću alkohol dehidrogenaze) ili estere (Anić, 2023.). Heksanal i 2-heksenal, su glavni C6-spojevi koji se mogu naći u moštu, dok su heksanol i heks-2- i 3-en-1-oli sporedni produkti (Moreno-Arribas i sur., 2009.). U vinima daju neugodnu travnatu aromu nezrelog voća, a rijetko se nalaze iznad mirisnog praga detekcije (Anić, 2023.). C6-aldehidi su spojevi vrlo jakog mirisa u moštu, ali se gotovo potpuno degradiraju tijekom alkoholne fermentacije pomoću kvasca u heksanol, koji jedva da prelazi mirisni prag detekcije u vinu (Moreno-Arribas i sur., 2009.). C6 aldehidi mogu biti uključeni u proizvodnju hlapljivih tiola (Lin i sur., 2019.), pa je tako heksil acetat prekursor u sintezi 3-merkpto-1-heksanola (3MH) koji bitno utječe na aromu vina sorte 'Sauvignon bijeli' (Wang i sur., 2023.). Također, C6 spojevi mogu poslužiti kao supstrati za sintezu estera od strane kvasca tijekom fermentacije (Robinson i sur., 2014.). Mnogo čimbenika utječe na sintezu C6 spojeva. Tako će na njihovu sintezu utjecati klima u vinogradarskoj regiji, sorta, stupanj zrelosti grožđa, prorjeđivanje grozdova, mikroklima trsa, izloženost grozdova svjetlu, uzgojni oblik, oborine i zaštitna sredstva (Wang i sur., 2023.). Njihov sadržaj u grožđu značajno raste neposredno nakon šare, nakon čega slijedi pad sadržaja do berbe (Anić, 2023.).

2.2.6 Hlapljive kiseline

Hlapljive kiseline u vinima pripadaju skupini organskih kiselina kratkog ili srednjeg lanca, njihove koncentracije kreću se od 500 do 1000 mg/L, a oko 90% njih je octena kiselina (Tsai i sur., 2022.). One se mogu sintetizirati u grožđu većinom prije šare, ali većina njih nastaje tijekom fermentacije iz primarnih metabolita (Anić, 2023.). U niskim koncentracijama, hlapljive kiseline mogu pozitivno utjecati na aromu vina, dok u višim koncentracijama nisu poželjne. Tako će octena i heksanska kiselina u niskim koncentracijama pridonijeti voćnosti vina dok će se u višim koncentracijama razviti miris na ocat i užeglost. Kiseline dugih lanaca sintetiziraju se iz masnih kiselina, alifatske kiseline iz aminokiselina, a octena kiselina nastaje iz šećera. Kratko lančana masna kiselina octena kiselina (C2) čini >90% hlapljivih masnih kiselina u vinu i nastaje kao metabolički intermedijer u sintezi acetil-CoA iz pirogroždane kiseline (Robinson i sur., 2014.). Nezasićene C18 masne kiseline linolna i linolenska kiselina prekursori su u sintezi nekih hlapljivih spojeva kao što su C6 aldehid heksanal te alkohol heksanol (Anić, 2023.). Sadržaj hlapljivih kiselina ovisit će o sorti, sastavu mošta i uvjetima fermentacije (Robinson i sur., 2014.).

2.2.7 Esteri

Esteri su organski spojevi koji nastaju reakcijom kiselina i alkohola uz izdvajanje vode (esterifikacija), opće formule RCOOR'. U vinu oni većinom čine primarne arome, tj. fermentativne arome koje su nastaje putem enzimske ili neenzimske esterifikacije karboksilnih kiselina. Također vrlo mali dio njih može nastati već u grožđu, tj. tijekom rasta bobica gdje sunčeva svjetlost ima bitnu ulogu u njihovoj sintezi (Anić, 2023.). Bitno utječu na aromatske karakteristike mladih bijelih, ružičastih i crnih vina dajući im svježinu i intenzivne voćne arome tj. arome banane, jagoda, ananasa, maline, trešnje, pa čak citrusne i cvjetne note. Mogu se podijeliti u dvije skupine: etil estere i acetatne estere. Sinteza estera povezana je sa metabolizmom lipida i acetil-CoA (koenzim A) (Swiegers i Pretorius, 2005.). Iz skupine acetatnih estera najznačajniji su etil acetat, izobutil-acetat, izoamil-acetat i fenil-acetat dok su od etil estera najviše zastupljeni etil-propanoat, etil-heksanoat i etil-oktanoat. Za sintezu acetatnih estera značajni su određeni prekursori. Kao prekursori služe C6 alkoholi heksan-1-ol, heksanal, (E)-2-heksen-1-ol i (E)-2-heksenal za sintezu heksil-acetata, a alkoholi oktanol i benzil alkohol služe kao prekursori u sintezi oktil-acetata i benzil-acetata (Anić, 2023.). U grožđu su također indetificirani esteri koji su specifični samo za određene sorte vinove loze (Swiegers i Pretorius, 2005.). S obzirom da su esteri vrlo hlapljivi spojevi, tijekom prve godine u vinu njihova koncentracija drastično opada, a tome posebno doprinosi skladištenje vina u neodgovarajućim uvjetima. Od ukupne količine estera, najzastupljeniji je etil acetat koji u umjerenim koncentracijama od 30 – 60 mg/L pridonosi voćnom karakteru vina, dok iznad tih koncentracija daje negativan miris koji podsjeća na lak za nokte. Sinteza estera u grožđu karakteristična je za rani razvoj bobica (Anić, 2023.).



Slika 6. Najzastupljeniji esteri u vinu
Izvor: Vilela, 2020.

2.2.8 Hlapljivi fenoli

Hlapljivi fenoli aromatski spojevi koji u vinu nastaju iz prekursora koji potječu iz grožđa koji se transformiraju pomoću određenih mikroorganizama (*Brettanomyces* i *Dekkera* kvasci), odležavanja vina u drvu ili egzogenih utjecaja (Smoke taint). Njihovi prekursori su fenolne kiseline (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). U crnim vinima mogu se naći etil fenol koji daje animalni miris vinu te etil gvajakol dok se u bijelim vinima mogu nali vinil fenol i vinil gvajakol (Ribéreau-Gayon i sur., 2006.). Njihovi prekursori su p-kumarna i ferulinska kiselina. Iako neki od ovih spojeva mogu imati vrlo neugodne mirise i predstavljati manu vina, neki od njih su zaslužni za ugodne arome odležavanja u bačvama. Vanilin će dati miris na vaniliju dok će eugenol dati miris na klinčiće tj. začinske arome vinu. U grožđu hlapljivi fenoli nalaze se u mesu bobice u vezanom obliku, dok se slobodni oblici nalaze većinom u kožici bobice (Anić, 2023.). Najviši sadržaj hlapljivih fenola uočen je u vrijeme šare grožđa, nakon čega slijedi pad sadržaja tjedan dana nakon šare, te ponovno povećanje sadržaja tijekom dozrijevanja grožđa (Anić, 2023.).

2.3 Utjecaj roka berbe na kvalitetu grožđa i vina

Rok berbe je u današnjoj vinarskoj industriji ključan korak proizvodnje, a posebno kod aromatičnih sorata kao što je 'Sauvignon bijeli' koji u različitim rokovima berbe može dati sasvim različiti aromatski profil. Također, s obzirom na sveprisutne klimatske promjene, rok berbe kod takvih je sorata zauzeo još važniju ulogu. Berba prije nego što grožđe dostignu tehnološku zrelost, poznatu kao prestanak aktivnog nakupljanja šećera, povezuje se sa svježim vinima, niskim udjelom alkohola, visokim udjelom kiselina, svijetle i žive boje, tankog tijela, gorkog okusa i trpkog okusa (Mucalo i sur., 2020). Fenolna zrelost grožđa povezana je sa vrhuncem aromatske kompleksnosti pa su takva vina voćnog mirisa, punog tijela i mekih tanina (u slučaju crnih vina), a ostavljanje grožđa za kasne i izborne berbe dati će izvanrednu kvalitetu. Međutim, to može biti potencijalni problem jer dolazi do pada ukupne kiselosti, rasta pH, smanjene koncentracije antocijana i polifenola te pojave "kuhanih", "pekmezastih", "voštanih" aroma te aroma grožđica zbog prezrelosti (Mucalo i sur., 2020). Do nedavno je termin berbe ovisio o sadržaju šećera i kiselina tj. njihovom odnosu te se takav tip zrelosti naziva tehnološka zrelost. Napretkom vinarske industrije i novim znanstvenim spoznajama prilikom određivanja roka berbe počele su se koristiti i druge laboratorijske metode. Također, pojam zrelosti je dodatno proširen.

Mnoga su istraživanja dokazala da se različitim rokovima berbe može dobiti sasvim različiti aromatski profil vina tj. razina pojedinih hlapljivih spojeva ili skupina spojeva može biti različita u određenim rokovima berbe. Na temelju njih može se zaključiti da različiti rokovi berbe mogu utjecati na različita kvalitativna i kvantitativna svojstva grožđa. Allamy i sur. (2023) su u pokusima sa rokovima berbe na sortama 'Merlot' i 'Cabernet Sauvignon' dokazali da za sortu 'Merlot' došlo do povećanja potencijalnog alkohola za 0.89 % vol dok je na sorti 'Cabernet Sauvignon' povećanje iznosilo 0.77 % vol. Moreno i sur. (2018) su proveli istraživanje na sortama 'Pinot sivi', 'Riesling', 'Cabernet Franc' i 'Cabernet Sauvignon' u različitim rokovima berbe: T0 (normalni rok berbe), T1 (tri tjedana nakon T0) i T2 (šest tjedana nakon T0) te su analizirali iduće parametre: prinos, veličina trsa, kemijski sastav grozdova, mošta i vina, pojedinačne antocijane i fenole te njihovu otpornost na zimske uvjete i količinu ugljikohidrata u lucnjevima. Dokazali su da je kod bijelih sorata ('Pinot sivi' i 'Riesling') došlo do rasta sadržaja terpena u kasnijim rokovima berbe, a zabilježen je pad koncentracije β -damascenona kako su rokovi berbe odmicali. Također je zabilježeno da je došlo do povećanja koncentracije ukupnih estera u kasnijim rokovima berbe, a za određene estere (etil kaproat, izoamil acetat i heksil acetat) zabilježen je pad u koncentraciji. Kod svih sorata u ovom istraživanju zabilježen je pad u koncentraciji hlapljivih kiselina u kasnijim rokovima berbe. U istraživanju koje su proveli Mucalo i sur. (2020) na sorti 'Plavac Mali' na dvije lokacije (Split i Zadar) u 4 roka berbe (fenofaze (E-L) 35 do (E-L) 39 sa razmacima berbe od 2 tjedna), ustanovili su da je u kasnijim rokovima berbe došlo do porasta ukupnih topljivih krutih tvari i pH te da je došlo do promjene u sastavu flavonoida u korist antocijana i flavanola. Također je zamijećeno smanjenje ukupne kiselosti i flavan-3-ola u kasnijim rokovima berbe. Škrab i sur. (2024) također su uočili da kasnija berba kod sorte 'Rebula' uglavnom povećava koncentraciju hlapljivih spojeva u baznom vinu za pjenušce. Berba je obavljena u 3 roka. Ovo je istraživanje potvrdilo tezu mnogih autora da povećanje koncentracije monoterpena korelira sa s nakupljanjem šećera u grožđu.

Osim toga, primijećen je pad koncentracije linalola u kasnijim rokovima berbe s obzirom da se njegova koncentracija povećava sve dok se ne postigne optimalna zrelost, a nakon toga slijedi nagli pad. Bazno vino proizvedeno berbom grožđa u roku H3 imalo je veći sadržaj citronelola u odnosu na dva druga roka. Sadržaj C₁₃-norizoprenoida u ovom se istraživanju povećavao do roka H2, a zatim je slijedio pad njihove koncentracije. Odgoda berbe dovela je do porasta koncentracije aldehida, posebice kod baznih vina iz roka H1 u H2, uz značajan pad koncentracije uvođenjem trećeg roka berbe. Koncentracija C₆ alkohola povećala se u zadnjem roku berbe. Odgođena berba pokazala je povećanu vrijednost velikog broja estera u baznim vinima, gdje su etil acetat, izopentil acetat i heksil acetat pokazivali rastući trend prema kasnijim rokovima berbe. Berba u kasnijim rokovima berbe uzrokovala je povećanje koncentracije octene kiseline te C₈ i C₉ hlapljivih masnih kiselina.

Rok berbe ključan je za određivanje stila vina, posebno za sorte grožđa kao što je 'Sauvignon bijeli' koje se značajno aromatski razvija tokom dozrijevanja. Vegetalne arome (što nije uvijek nepoželjno) obično su izraženije u ranijim rokovima berbe kada su metoksipirazini prisutni u višim koncentracijama. Razina prekursora tiola obično se povećava s dozrijevanjem. Stoga, grožđe ubrano u kasnijim rokovima berbe ima smanjeni vegetalni karaktere i više „zrelih“ aroma tropskog voća, ali s većim sadržajem šećera. Berba u segmentima i zasebno vinificiranje frakcija može biti korisno za dobivanje vina s različitim koncentracijama alkohola i različitim aromatskim profilima. Te frakcije kasnije prije punjena vina u boce prolaze tipizaciju kako bi se dobilo vino željenih senzornih karakteristika i određene alkoholne jakosti.

3. Materijali i metode

3.1 Plešivičko vinogorje

Istraživanje je provedeno na sorti 'Sauvignon bijeli' u Vinogorju Plešivica-Okić 2023. godine. Plešivica je dio jugozapadnog nisko planinskog dijela Žumberačkog gorja, koje pružajući se u smjeru istok-zapad, ovo područje brani od prodora hladnih sjevernih vjetrova. Plešivičko vinogorje poznato je po amfiteatarskim vinogradarskim položajima koji daju visokokvalitetno grožđe. Zahvaljujući geologiji, vinogradarstvo je razvijeno na jugoistočnoj strani Žumberka i Plešivice. Naime, tektonska aktivnost događala se početkom miocena i tada je duž tektonskih linija protezanja sjeveroistok-jugozapad formirana zapadna paleobala Savskoga tercijarnog bazena na kojoj su nataloženi neogenski sedimenti (karbonati i sitnozrni pijesci te glinovito-laporoviti talozi). Danas se vinogradi na području Plešivice nalaze na antropegenom tlu kojemu je u podlozi vrlo plitko karbonatno-glinovito-pjeskoviti neogenski sediment. U ovome vinogorju većinom prevladavaju bijele sorte kao što su 'Graševina', 'Chardonnay', 'Rajnski rizling', 'Sauvignon blanc' i 'bijeli Pinot', a od crnih sorata najviše su zastupljeni 'Pinot crni', 'Frankovka' te 'Portugizac'. Regija je poznata po malim obiteljskim vinarijama koje proizvode vrhunska pjenušava vina, a među njima najviše su prepoznate obitelji Tomac, Šember i Korak. Zbog svoje hladnije klime, regija je pogodna za uzgoj 'Rajnskog rizlinga' i 'Sauvignona bijelog' jer klimatski uvjeti omogućuju očuvanje sortnih aroma.

3.2 Klimatske prilike

Za potrebe ovog istraživanja, korišteni su podatci Državnog hidrometeorološkog zavoda dobiveni na meteorološkoj postaji Pisarovina udaljenoj otprilike 20 kilometara od vinograda u kojemu je provedeno istraživanje. Iz dobivenih podataka, može se zaključiti da je vegetacijska sezona u 2023. godini bila iznadprosječno topla te sa iznadprosječnom količinom oborina. Srednje mjesečne temperature su u većini vegetacijske sezone bile iznadprosječne dok su iznimka travanj i svibanj u kojima su prosječne temperature bile niže u odnosu na višegodišnje prosjeke. U ova dva mjeseca zabilježene su i iznadprosječne količine oborina. Ovakvi specifični uvjeti otežali su cvatnju vinove loze, a također su i pogodovali velikom razvoju bolesti i štetnika. U lipnju su zabilježena minimalna odstupanja u pogledu prosječne temperature i količine oborina. Tijekom srpnja zabilježeno je 150.9 mm oborina što je daleko iznad višegodišnjeg prosjeka, a takav se trend nastavio i u kolovozu gdje je zabilježeno 128.1 mm oborina. U ova je dva mjeseca također i zamijećen trend iznadprosječnih temperatura. Rujan je prema podacima za 2023. godinu bio ispod višegodišnjeg prosjeka po količini oborina sa 67.5 mm a također je i za gotovo 3°C odstupao od višegodišnjeg prosjeka u pogledu temperature.

Tablica 1. Klimatske prilike 2023. godine i višegodišnje razdoblje (2003.-2022.), meteorološka postaja Pisarovina, DHMZ

	Srednja mjesečna temperatura zraka (°C)		Suma oborina (mm)	
	2003.-2022.	2023.	2002.-2022.	2023.
Siječanj	1.3	4.5	72.3	193.2
Veljača	3.1	3.9	78.7	40.7
Ožujak	7.5	8.7	60.1	70.5
Travanj	12.2	10.4	67.3	142.3
Svibanj	16.2	15.9	96.1	159
Lipanj	20.6	20.7	80.4	86.7
Srpanj	22.2	22.8	76.6	150.9
Kolovoz	21.4	21.8	82.4	128.1
Rujan	16.3	19.2	126.8	67.5
Listopad	11.6	--	98	--
Studen	6.9	--	100.4	--
Prosinac	2.5	--	81.2	--

3.3 Sorta 'Sauvignon bijeli'

'Sauvignon bijeli' aromatična je bijela sorta koja potječe iz Francuske, točnije doline rijeke Loire. Poznat je i pod drugim sinonimima: Sauvignon blanc, bordaux blanc, muškati silvaner, muškati silvanec, petit sauvignon, sauvignon bianco, muškati silvanac, savagnin blanc (Herjavec, 2019.). Vjeruje se da je potomak Traminca iako postoje i druge hipoteze. Osim 'Sauvignona bijelog', poznata su i dva mutanta, 'Sauvignon Gris' i 'Sauvignon Rouge'. Zbog svoje popularnosti raširen je u cijelome svijetu, a u hrvatskoj najbolje rezultate daje na području bregovite hrvatske, tj. na Plešivici i u Međimurju te u Slavoniji na području kutjevačkog vinogorja.

Kod sorte 'Sauvignon bijeli' vršak mladice je bijelkast, otvoren i širok, a vršni listići su rastvoreni i pamučasti na naličju sa crvenkastim obrubom. List je srednje velik, peterodijelan, plojka je jako valovita, a naličje je gusto obraslo dlačicama. Grozd je srednji ili mali, mase oko 100g, slabo konusan ili cilindričan, često s jednim krilom, zbijen. Bobica je srednje velika, okrugla, žutozelene boje; kožica je srednje čvrsta; meso dosta čvrsto, slatko, aromatično. Trs je bujan, kretanje vegetacije je u ranije srednje doba; mladice gusto zbijene, kratkih internodija s jakim razvojem zaperaka. Sorta je prikladna za različita tla, ako nisu previše plodna i vlažna, niti s velikim sadržajem vapna na kojima se pojavljuje kloroza. Traži dobre položaje i ekspozicije i dosta suhu i toplu klimu. Sorta je prikladna za različite uzgojne oblike, traži relativno manje razmake sadnje, a najbolje odgovara srednji i dugi rez rodnog drva i dosta veliko opterećenje rodnim pupovima. U pravilu su bazalni pupovi slabo rodni. Zbog bujnosti traži izvjesne pravovremene zahvate rezidbe u zeleno, prikladno vezanje radi dobrog smještaja mladica, što se može obaviti ručno ili strojevima. Rodnost nije velika, ali je redovita, ako se održi dobra ravnoteža vegetacije pomoću odgovarajuće zelene rezidbe. Dozrijeva krajem II. epohe. Strojna berba je dosta otežana. Zbog organoleptičkih komponenti i aromatskih tvari koje daju najveću vrijednost ovoj sorti preporuča se ručna berba, jer se tako izbjegava oštećivanje bobica u vinogradu kada se ona vrši pomoću strojeva.

Osrednje je osjetljiva na gljivične bolesti, naročito na *Botrytis*. Više je osjetljiva na štetnike koji se zadržavaju u gustoj vegetaciji trsa zbog čega zahtijeva pravovremene zahvate rezidbe u zeleno. Vina sorte 'Sauvignon bijeli' prepoznatljiva su po intenzivnoj aromi, a najčešći mirisni deskriptori su arome zelene paprike, pokošene trave, bazge, grejpa, marakuje i ogrozda. većinom se proizvode bez rezidualnog šećera, tj. kao suha, srednjeg su tijela, visoke ukupne kiselosti te alkoholne jakosti od 11.5-14 vol%. Vina su većinom limun žute do žuto slamnate boje sa zelenim odsjajem.



Slika 7. Sauvignon bijeli

Izvor: <https://www.austrianwine.com/our-wine/grape-varieties/white-wine/sauvignon-blanc>

3.4 Podloga S04

Podloga koja je korištena prilikom sadnje vinograda u kojem je proveden pokus za ovo istraživanje je S04. Podloga S04 nastala je u vinogradarskoj školi Oppenheim križanjem američkih vrsta *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*. Poznata je i pod sinonimima *Berlandieri* x *Riparia* selekcija Oppenheim 4, Selekcija Oppenheim 4 i Oppenheim 4. Zbog svojih se pogodnih karakteristika raširila u svim vinogradarskim zemljama te je jedna od najčešće korištenih podloga. Ova podloga utječe na raniju dob dozrijevanja drva što ju čini pogodnom za sjeverne vinogradarske krajeve u kojoj dozrijeva 10-15 dana prije podloge Kober 5BB (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008). Ova podloga podnosi 40-45% ukupnog, odnosno 17-18% fiziološki aktivnog vapna, dobro se ukorjenjuje, ima dobar afinitet s većinom kultivara *V. Vinifera* i otporna je na nematode. Odgovaraju joj kisela tla, a prilično je tolerantna na kloride u tlu. Podloga SO 4 slabo apsorbira magnezij. Odgovaraju joj pjeskovita tla (pod uvjetom da se nadomjesti nedostatak magnezija), ravničarski tereni i glinasto-vapnenačka tla koja su slabo do umjereno plodna. Ne odgovaraju joj suhi tereni i zbijenost tla.

Značajno utječe na bolje nakupljanje šećera u grožđu i pokazala se kao vrlo dobra podloga za kontinentalna područja. Slabo je do srednje bujna, prikladnija za slabo bujne sorte nego Kober 5BB. Prikladna je za gustu sadnju i razvija snažan i razgranat korijenov sustav. Vrlo je otporna na niske temperature.

3.5 Postavljanje pokusa, berba i osnova kemijska analiza mošta

Istraživanje je provedeno na sorti 'Sauvignon bijeli' u Vinogorju Plešivica. Kao pokusni nasad korišten je položaj Borička u vlasništvu Podruma Mladina. Položaj je jugozapadne ekspozicije, a nalazi se na visini od 200 metara nadmorske visine uz prosječan nagib terena od 26%. Razmak sadnje između redova u vinogradu je 2,40 metara, a unutar reda 0,6 metara. Uzgojni oblik koji se koristi je Guyot-Poussard. Visina uzgojnog oblika varira od 0,8 do 1 metra. Ovaj se položaj nalazi na tlu koje je izrazito alkalne reakcije sa širokim rasponom pH vrijednosti od pH KCl 7,01 do 7,41 i sadržajem fiziološki aktivnog vapna (CaO) od 14,00 do 26,00 % (Jukić i sur., 2020). Tlo je prema mehaničkom sastavu laporasto i sa određenim udjelom pijeska na pojedinim lokacijama. Od 2023. godine, sve proizvodne površine ove vinarije, pa tako i Borička, nalaze se u prijelaznom razdoblju za ekološku proizvodnju.



Slika 8. Položaj Borička

Izvor: https://www.tzgi.hr/img/content/big_446.jpg

Pristupilo se berbi u 3 roka, u razmaku od 5-7 dana (11.9., 18.9. i 22.9.2023). Pokus je postavljen po slučajnom bloknom rasporedu s 3 ponavljanja od po 10 trsova svake varijante. Na reprezentativnim uzorcima od 10 grozdova (svakog tretmana iz 3 ponavljanja) utvrđen je sadržaj šećera, ukupnih kiselina i pH vrijednost mošta, po metodi O.I.V.-a (2001).

3.6 Analiza hlapljivih spojeva u bobici

Od svakog ponavljanja uzet je uzorak od 100 bobica za analizu pojedinačnih hlapljivih organskih spojeva u grožđu. Analiza hlapljivih spojeva provedena je primjenom vezanog sustava plinske kromatografije (Thermo Scientific Trace 1300) - spektrometar masa (Thermo Scientific ISQ 7000) uz prethodnu izolaciju analita mikroekstrakcijom na čvrstoj fazi u izvedbi klina (engl. Solid Phase Microextraction Arrow) pomoću automatiziranog sustava za pripremu uzoraka. Kao čvrsta faza korišten je sustav CAR-PDMS-DVB. Odvagano je 150 g zamrznutih bobica na koje je potom dodano 5 mL vodene otopine askorbinske kiseline koncentracije 200 g/L. Homogenizacija bobica provedena je u prisutnosti suhog leda te je dobiveni homogenat centrifugiran, a nakon centrifugiranja preneseno je 5 mL uzorka u posudicu za uzorke u koju je prethodno dodano 2,5 g NaCl. Prije same adsorpcije na čvrstu fazu, uzorak je uravnotežen pri 55 °C u trajanju od 10 min. Adsorpcija analita provedena je pri 55 °C u trajanju od 60 min. Desorpcija je provedena u injektoru tekućinskog kromatografa pri 250 °C u trajanju od 7 min. Kromatografska analiza provedena je pomoću TR-Wax kolone (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm) uz temperaturni program u rasponu temperatura od 40 do 210 °C uz povišenje temperature od 2 °C u minuti. Snimanje spektara masa provedeno je praćenjem struje svih iona u rasponu od 20 do 500 m/z dok je energija elektrona bila 70 eV. Identifikacija je provedena pomoću usporedbe vremena zadržavanja, retencijskih indeksa te usporedbom spektara masa s onima u NIST 17 i Wiley 12 bazi podataka, dok je kvantifikacija provedena metodom vanjskog standarda. Svi podaci analizirani su pomoću jednosmjerne analize varijance na razini pouzdanosti od 95 %. Srednje vrijednosti uspoređene su korištenjem Tukey's testa na razini podudarnosti od 5%. Statistička analiza provedena je primjenom računalnog programa XLSTAT (Addinsoft, 2020, New York, SAD).

4. Rezultati i rasprava

4.1 Utjecaj roka berbe na osnovni kemijski sastav grožđa sorte 'Sauvignon bijeli'

Rok berbe je značajno utjecao na osnovni kemijski sastav mošta sorte 'Sauvignon bijeli'. Prvi rok berbe (1.rok) imao je najniži sadržaj šećera te sadržaj jabučne kiseline i pH, a najvišu ukupnu kiselost. 3. rok berbe (3.rok) imao je najviši sadržaj šećera i sadržaj jabučne kiseline i pH te najniži sadržaj ukupnih kiselina. I druga istraživanja imala su slične rezultate. Mucalo i sur. (2020.) uočili su da je kod sorte 'Plavac mali' došlo do značajnih promjena u kemijskom sastavu grožđa u različitim rokovima berbe. Na dvije različite lokacije uočen je rast razine šećera sa 75.85 °Oe i 69.03 °Oe do maksimalnih 93.83 °Oe i 84.66 °Oe. Ukupna kiselost u tom se istraživanju konstantno smanjivala te je u prvom roku zabilježena ukupna kiselost od 6.76 g/L i 7.28 g/L dok je do zadnjeg roka berbe ona pala na razinu od 3.98 g/L i 4.82 g/L. pH je rastao kako su rokovi napredovali pa je u prvome roku on iznosio 3.38 i 3.27 a do zadnjeg roka je narastao na 3.75 i 3.50. U ovom je istraživanju za zabilježen je porast sadržaja jabučne kiseline u kasnijim rokovima dok su Mucalo i sur. (2020) zabilježili konstantni pad koncentracije jabučne kiseline u svim rokovima, a u zadnjem roku berbe jabučna kiselina na jednoj lokaciji nije detektirana dok je na drugoj lokaciji zabilježena koncentracija od 0.25 g/L.

Tablica 2. Utjecaj roka berbe na osnovni kemijski sastav sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	ROK BERBE			Sign.
	1. rok	2. rok	3. rok	
Šećeri (°Oe)	87 ± 1 c	90 ± 1 b	94 ± 1 a	***
Ukupna kiselost (g/L)	7.04 ± 0.05 a	6.80 ± 0.10 b	6.13 ± 0.10 c	***
Jabučna kiselina (g/L)	2.41 ± 0.09 b	3.15 ± 0.05 a	3.24 ± 0.01 a	***
pH	3.30 ± 0.01 b	3.46 ± 0.01 a	3.44 ± 0.02 a	***

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti p<0,05; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa p<0.05, <0.01 i <0.0001.

4.2 Utjecaj roka berbe na hlapljivi sastav grožđa sorte 'Sauvignon bijeli'

Rok berbe značajno je utjecao na sadržaj ukupnih hlapljivih spojeva u bobici sorte 'Sauvignon bijeli', te se pokazalo kako je 3. rok berbe imao najveći sadržaj ukupnih hlapljivih spojeva, dok između 1. i 2. roka nema statistički značajne razlike. Rok berbe nije utjecao na sadržaj ukupnih terpena, hlapljivih fenola, aldehida i viših alkohola. Najveći sadržaj ukupnih estera imao je 3. rok berbe, a najmanji 1. rok berbe. Najveći sadržaj ukupnih C13 norizoprenoida imao je 3. rok berbe, a najmanji 2. rok berbe. Najveći sadržaj ukupnih masnih kiselina imao je 2. rok berbe, a najmanji 1. rok berbe.

Tablica 3. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih hlapljivih spojeva sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
Ukupni aldehidi	3626,07 ± 1097,45	2233,46 ± 120,75	4201,37 ± 194,28	n.s.
Ukupni esteri	12,82 ± 1,17 b	10,65 ± 0,32 c	20,82 ± 4,33 a	***
Ukupni viši alkoholi	5235,14 ± 608,31	5748,51 ± 508,03	5026,84 ± 836,52	n.s.
Ukupni C13 norizoprenoidi	12,24 ± 2,90 b	5,32 ± 0,69 c	31,79 ± 9,28 a	***
Ukupni hlapljivi fenoli	4,19 ± 3,53	6,49 ± 2,07	1,21 ± 0,46	n.s.
Ukupne masne kiseline	1778,97 ± 257,15 b	3390,64 ± 603,00 a	2735,44 ± 369,17 ab	*
Ukupni terpeni	393,39 ± 36,38	328,75 ± 33,39	326,53 ± 68,82	n.s.
UKUPNI HLAPLJIVI SPOJEVI	11062,81 ± 1015,00 b	11723,82 ± 1069,22 b	12343,99 ± 927,16 a	*

1.rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti $p < 0,05$; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa $p < 0,05$, $< 0,01$ i $< 0,0001$; rezultati su prikazani u $\mu\text{g/kg}$ bobica

U istraživanju je ukupno detektirano 10 aldehida, a rok berbe je utjecao samo na koncentraciju 2,4-heptadienala i 2-heksenala za koje je uočeno da je koncentracija 2,4-heptadienala najviša bila u 2.roku berbe, dok je za 2-heksenal najviša koncentracija zabilježena u 3. roku berbe. Različiti rokovi berbe nisu imali značajan utjecaj na ukupnu koncentraciju aldehida kod sorte 'Sauvignon bijeli'. Suprotno podacima dobivenima u ovom istraživanju, Škrab i sur. (2024.) su ustanovili da je kod sorte 'Rebula' berbom u različitim rokovima došlo do povećanja sadržaja ukupnih aldehida.

Tablica 4. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih aldehida sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
2,4-Heptadienal	102,27 ± 16,11 b	178,77 ± 17,85 a	153,65 ± 20,62 ab	*
2-Heptenal	32,71 ± 3,96	39,89 ± 5,50	46,75 ± 14,43	n.s.
2-Heksenal	2150,05 ± 831,31 a	734,39 ± 43,15 b	2347,15 ± 168,67 a	*
2-Pentenal	0,6 ± 0,33	0,8 ± 0,51	0,45 ± 0,24	n.s.
alfa-Ocimen	1,38 ± 0,23	1,09 ± 0,25	1,15 ± 3,59	n.s.
Benzaldehid	15,93 ± 7,38	18,65 ± 2,93	9,67 ± 4,48	n.s.

2.5-Dimetilbenzaldehyd	170,01 ± 49,05	148,82 ± 47,21	134,05 ± 10,07	n.s.
Fenilacetaldehyd	368,14 ± 31,54	481,55 ± 108,45	521,32 ± 74,79	n.s.
Heksanal	784,77 ± 268,77	629,24 ± 37,89	986,91 ± 70,17	n.s.
Oktanal	0,21 ± 0,02	0,26 ± 0,07	0,28 ± 0,03	n.s.
Ukupni aldehidi	3626,07 ± 1097,45	2233,46 ± 120,75	4201,37 ± 194,28	n.s.

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey`'s test signifikantnosti p<0,05; ns označava da nema statistički značajne razlike; * , ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa p<0.05, <0.01 i <0.0001; rezultati su prikazani u µg/kg bobica.

Koncentracija estera značajno je modificirana berbom u različitim rokovima. Detektirano je 12 estera, a različiti rokovi berbe utjecali su na njih 6. Sadržaj etil-2-heksenoata najmanji je bio u 1. roku berbe, a najviši u 2. roku berbe dok je zatim uočen pad koncentracije u kasnijem roku. Za 2-metilbutil-oktanoat sadržaj je konstantno pada od 1. roka berbe prema 3. roku berbe. Koncentracije metil-salicilata, metil-dekanoata i etil-pentanoata najviše su bile u 3. roku berbe. Sadržaj feniletil-acetata najviši je bio 1. roku berbe dok je u kasnijim rokovima uočen pad koncentracije. U ovom je istraživanju zamijećen trend povećanja koncentracije ukupnih estera od 1. do 3. roka, a ovaj je podatak također u korelaciji sa istraživanjem koje su proveli Škrab i sur. (2024.) gdje je također primijećen isti trend rasta ukupnih estera u kasnijim rokovima berbe.

Tablica 5. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih estera sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
Etil-2-heksenoat	0,02 ± 0,03 b	0,79 ± 0,18 a	0,51 ± 0,03 a	**
2-Metilbutil-oktanoat	0,24 ± 0,04 a	0,13 ± 0,03 b	0,2 ± 0,16 ab	*
Heksil-acetat	0,77 ± 0,13	0,78 ± 0,09	0,74 ± 0,22	n.s.
Metil-salicilat	4,88 ± 0,97 b	2,02 ± 0,86 c	10,9 ± 2,94 a	***
Etil-dekanoat	0,21 ± 0,15	0,17 ± 0,08	0,12 ± 0,02	n.s.
Metil-dekanoat	0,71 ± 0,09 b	1,22 ± 0,08 a	1,36 ± 0,29 a	*
Etil-heksanoat	4,67 ± 0,64	4,42 ± 0,73	4,46 ± 1,38	n.s.
Izobutil-dekanoat	0,19 ± 0,04	0,21 ± 0,03	0,21 ± 0,1	n.s.
Izoamil-dekanoat	0,61 ± 0,02	0,72 ± 0,21	0,67 ± 0,06	n.s.
Metil-stearat	0,16 ± 0,09	0,17 ± 0,08	0,25 ± 0,13	n.s.
Etil-pentanoat	0,11 ± 0,12 ab	0,02 ± 0,01 b	0,89 ± 0,42 a	*
Feniletil-acetat	0,11 ± 0,02 a	0,01 ± 0,01 b	0,05 ± 0,03 b	**
Ukupni esteri	12,82 ± 1,17 b	10,65 ± 0,32 c	20,82 ± 4,33 a	***

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey`'s test signifikantnosti p<0,05; ns označava da nema statistički značajne razlike; * , ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa p<0.05, <0.01 i <0.0001; rezultati su prikazani u µg/kg bobica

Tablica 6. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih viših alkohola sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
1-Heksanol	928,46 ± 149,07 a	989,82 ± 27,35 a	520,7 ± 83,37 b	**
2-Etil-1-heksanol	7,00 ± 0,42	7,10 ± 1,86	7,63 ± 0,98	n.s.
1-Oktanol	6,61 ± 0,79 ab	5,91 ± 0,11 b	8,04 ± 0,58 a	*
1-Okten-3-ol	39,28 ± 2,30 b	49,38 ± 1,65 a	52,32 ± 8,31 a	**
1-Pentanol	73,15 ± 5,97	71,92 ± 4,54	76,65 ± 48,63	n.s.
1-Propanol	19,82 ± 2,27 a	0,35 ± 0,19 c	8,43 ± 3,35 b	***
2-Heksen-1-ol	1290,33 ± 123,66 a	913,06 ± 121,47 b	346,93 ± 18,54 c	**
2-Heptanol	53,00 ± 8,02	60,5 ± 12,89	45,29 ± 3,57	n.s.
2-Oktanol	2,00 ± 0,5	2,38 ± 0,32	1,27 ± 0,25	n.s.
2-Okten-1-ol	14,8 ± 0,88	14,84 ± 0,66	15,80 ± 3,18	n.s.
3,7-Dimetil-3,6-oktadien-1-ol	1,22 ± 0,14 a	0,51 ± 0,06 b	0,43 ± 0,12 b	***
trans-3-Heksen-1-ol	16,14 ± 2,73 b	24,07 ± 2,99 a	12,3 ± 2,48 b	**
3-Heksen-1-ol, (Z)-	76,53 ± 10,07 a	60,27 ± 25,41 ab	22,85 ± 5,81 b	*
3-Nonen-1-ol	1,79 ± 0,73	1,95 ± 0,66	1,63 ± 0,88	n.s.
3-Oktanol	0,76 ± 0,22	1,2 ± 0,05	0,96 ± 0,21	n.s.
4-Metil-2-pentanol	0,13 ± 0,02 b	0,08 ± 0,01 b	0,78 ± 0,25 a	**
6-Metil-5-hepten-2-ol	8,79 ± 1,17	10,2 ± 1,34	11,66 ± 1,82	n.s.
Benzilni alkohol	2245,02 ± 396,64	2930,25 ± 385,94	3318,56 ± 770,7	n.s.
Izoamilalkohol	78,86 ± 40,97	88,78 ± 48,55	148,48 ± 64,42	n.s.
Izobutanol	0,21 ± 0,06	0,58 ± 0,23	0,45 ± 0,21	n.s.
Feniletanol	370,12 ± 34,54 b	513,53 ± 17,16 a	424,18 ± 69,56 ab	*
Ukupni viši alkoholi	5235,14 ± 608,31	5748,51 ± 508,03	5026,84 ± 836,52	n.s.

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti $p < 0,05$; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa $p < 0,05$, $< 0,01$ i $< 0,0001$; rezultati su prikazani u $\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica

Koncentracija ukupnih viših alkohola u ovom se istraživanju nije značajnije mijenjala, ali rok berbe je utjecalo na rast odnosno pad sadržaja određenih spojeva. Ukupno je detektirano 21 viši alkohol, a rok berbe utjecao je na sadržaj 1-heksanola, 1-oktanola, 1-okten-3-ola, 1-propanola, 2-heksen-1-ola, 3,7-dimetil-3,6-oktadien-1-ola, trans-3-heksen-1-ola, 3-heksen-1-ola (Z)-, 4-metil-2-pentanol i feniletanola. Sadržaj 1-heksanola najviši je bio u 2.roku berbe a najmanji u 3.roku. 1-oktanol i 1-okten-3-ol imali su najviši sadržaj u 3.roku berbe. Koncentracije 1-propanola, 2-heksen-1-ola i 3,7-dimetil-3,6-oktadien-1-ola bile u najviše u 1.roku berbe, a najmanje u zadnjem. Sadržaj trans-3-heksen-1-ola bio je najviši u 2.roku berbe, a najmanji u 3.roku. koncentracija 3-heksen-1-ola (Z)- bila je najviša u 1.roku, a najmanja u 3.roku. Sadržaj 4-metil-2-pentanola bio je najmanji u 2.roku, a najviši u 3.roku. Sadržaj

feniletanola bio je najmanji u 1.roku, najviši u 2.roku a zatim je njegova koncentracija pala u zadnjem roku. U istraživanju koje su proveli Moreno i sur. (2017.) kod sorata 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Pinot sivi' i 'Rajnski rizling' uočeno je da se sadržaj feniletanola nije značajno mijenjao u različitim rokovima berbe. Također, u istom je istraživanju uočeno da je sadržaj heksanola kod crnih kultivara u kasnijim rokovima padao, dok je kod bijelih kultivara koncentracija bila jedva dovoljna kako bi spoj bio mirisno aktivan.

Tablica 7. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih C13 norizoprenoida i hlapljivih fenola sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
TDN	0,98 ± 0,35 a	1,11 ± 0,12 a	0,03 ± 0,01 b	**
TPB	0,35 ± 0,07	0,44 ± 0,22	0,17 ± 0,18	n.s.
Vitispiran A	2,26 ± 0,68 b	0,95 ± 0,19 c	6,73 ± 1,04 a	***
Vitispiran B	8,66 ± 2,66 b	2,82 ± 0,53 b	24,86 ± 8,20 a	***
Ukupni C13 norizoprenoidi	12,24 ± 2,90 b	5,32 ± 0,69 c	31,79 ± 9,28 a	***
4-Vinilfenol	3,74 ± 3,58	6,03 ± 2,09	1,08 ± 0,37	n.s.
4-Vinilgvajakol	0,45 ± 0,29	0,45 ± 0,46	0,14 ± 0,1	n.s.
Ukupni hlapljivi fenoli	4,19 ± 3,53	6,49 ± 2,07	1,21 ± 0,46	n.s.

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti $p < 0,05$; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa $p < 0,05$, $< 0,01$ i $< 0,0001$; rezultati su prikazani u $\mu\text{g/kg}$ bobica.

Različiti rokovi berbe signifikantno su utjecali na sadržaj C₁₃-norizoprenoida u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'. Rok berbe nije imao utjecaja na sadržaj 4-(2, 3,6-trimetilfenil)buta-1,3-diena (TBP), ali je značajno utjecao na sadržaj 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalena (TDN) kod kojeg je koncentracija rasla od prvog roga berbe prema drugom, a zatim je slijedio nagli pad koncentracije TDN-a u trećem roku. Osim toga, došlo je do značajnih promjena u koncentracijama vitispirana A i B kod kojih je uočen pad sadržaja iz prvog u drugi rok berbe, a zatim nagli rast u trećem roku berbe kod kojeg su zabilježene vrijednosti od 6,73 ± 1,04 za vitispiran A i 24,86 ± 8,20 za vitispiran B. U istraživanju koje su proveli Škrab i sur.(2024.) uočeno je da je koncentracija C₁₃-norizoprenoida rasla do drugog roka berbe, a zatim je slijedio pad njihovog sadržaja s obzirom da dolazi do njihove degradacije kada grožđe dosegne punu zrelost. Sadržaj svih C₁₃-norizoprenoida smanjio se u trećem roku berbe, a koncentracija se jedino povećavala za vitispiran što je u skladu sa podacima koji se odnose na sadržaj vitispirana A i B dobivenih u ovom istraživanju. Rok berbe kod sorte 'Sauvignon bijeli' nije značajno utjecao na sadržaj hlapljivih fenola (4-vinilfenol i 4-vinilgvajakol).

Također, različiti rokovi berbe utjecali su na sadržaj masnih kiselina u sorti 'Sauvignon bijeli'. Detektirano je 12 masnih kiselina, a različiti rokovi berbe imali su utjecaj na njih 5. Sadržaj heptanske kiseline bio je najviši u 1.roku berbe dok je u kasnijim rokovima sadržaj pao. Sadržaj 2-etilheksanske, oktanske, 2-metilpropanske i 2-heksenske kiseline bio je najviši u 2.roku berbe. Koncentracija ukupnih masnih kiselina bila je najviša u 2.roku berbe, a najmanja u 1.roku. Suprotno dobivenim podacima u ovom istraživanju, Moreno i sur. (2017.) ustanovili su da je u kasnijim rokovima berbe i odgađanjem berbe došlo do pada razine ukupnih masnih kiselina. Suprotne rezultate dobili su Škrab i sur. (2024.) koji su ustanovili da je pomicanjem roka berbe za sedam dana došlo do rasta sadržaja masnih kiselina. Osim toga, uočili su da u različitim rokovima berbe nije došlo do značajnijih promjena u sadržaju heksanske, oktanske i dekanske kiseline.

Tablica 8. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih masnih kiselina sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
3-Metilbutanska kiselina	0,04 ± 0,03	0,09 ± 0,12	1,01 ± 1,13	n.s.
Butanska kiselina	1,79 ± 0,12	1,45 ± 0,66	1,35 ± 0,18	n.s.
Dekanska kiselina	3,01 ± 0,24	3,37 ± 0,39	3,00 ± 0,33	n.s.
Dodekanska kiselina	1,54 ± 0,26	0,89 ± 0,71	1,20 ± 0,79	n.s.
Heptanska kiselina	11,07 ± 0,76 a	6,50 ± 1,99 b	1,92 ± 0,58 c	**
Heksanska kiselina	1118,63 ± 142,96	1788,65 ± 365,21	1333,34 ± 234,21	n.s.
2-Etilheksanska kiselina	23,00 ± 4,35 b	35,31 ± 4,85 a	24,89 ± 1,74 ab	*
Nonanska kiselina	0,19 ± 0,23	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,05	n.s.
Oktanska kiselina	21,15 ± 0,84 b	44,09 ± 8,11 a	27,79 ± 3,11 b	**
2-Metilpropanska kiselina	1,24 ± 0,20 a	1,28 ± 0,20 a	0,52 ± 0,17 b	*
2-Heksenska kiselina	597,15 ± 111,26 b	1508,93 ± 250,26 a	1340,24 ± 164,66 a	**
Undekanska kiselina	0,16 ± 0,09	0,08 ± 0,05	0,16 ± 0,14	n.s.
Ukupne masne kiseline	1778,97 ± 257,15 b	3390,64 ± 603,00 a	2735,44 ± 369,17 ab	*

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost ± SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti p<0,05; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa p<0.05, <0.01 i <0.0001; rezultati su prikazani u µg/kg bobica.

Tablica 9. Utjecaj roka berbe na sadržaj ukupnih terpena sorte 'Sauvignon bijeli', Vinogorje Plešivica, 2023. godine

	1. rok	2. rok	3. rok	Sign.
4-Hidroksi- β -ionon	3,42 \pm 0,67 b	1,43 \pm 0,09 c	6,79 \pm 0,75 a	***
alfa-Farnesen 1	0,54 \pm 0,43 b	3,01 \pm 0,51 a	0,62 \pm 0,05 b	**
beta-Ionon	2,73 \pm 0,31	2,7 \pm 0,54	5,94 \pm 2,31	n.s.
beta-Pinen	4,33 \pm 2,35 a	0,46 \pm 0,26 b	0,19 \pm 0,18 b	*
Citronelol	2,66 \pm 1,14	1,76 \pm 0,62	2,01 \pm 0,10	n.s.
Eugenol	18,7 \pm 1,79	22,88 \pm 4,37	19,57 \pm 2,10	n.s.
Furfural	71,35 \pm 2,98 a	75,02 \pm 2,67 a	57,35 \pm 3,99 b	**
gama-Terpinen	1,75 \pm 0,63	2,23 \pm 0,19	1,41 \pm 0,39	n.s.
Geranijska kiselina	8,61 \pm 0,46	9,14 \pm 3,72	9,78 \pm 3,54	n.s.
Geraniol	42,55 \pm 13,22	48,9 \pm 6,62	40,08 \pm 25,98	n.s.
Geranil-izovalerat	0,74 \pm 0,52	0,5 \pm 0,13	0,45 \pm 0,39	n.s.
Gvajakol	72,14 \pm 12,82	45,48 \pm 15,07	61,52 \pm 19,85	n.s.
Heptanal	4,34 \pm 0,80	5,35 \pm 0,37	6,54 \pm 1,48	n.s.
Hotrienol	47,9 \pm 0,37 a	21,92 \pm 3,72 b	25,53 \pm 35,84 b	***
alfa-Terpineol	25,1 \pm 1,94	18,63 \pm 3,09	20,28 \pm 4,14	n.s.
Linalol oksid, furan	19,93 \pm 5,15 a	6,00 \pm 3,39 b	15,93 \pm 9,53 ab	*
Linalol oksid, piran	7,27 \pm 0,84 a	4,33 \pm 0,52 b	4,07 \pm 2,06 b	**
Linalol	30,94 \pm 2,68	24,72 \pm 4,3	23,97 \pm 3,17	n.s.
Nerol oksid	24,43 \pm 0,50	29,35 \pm 3,10	20,94 \pm 11,02	n.s.
Terpinen-4-ol	2,02 \pm 0,29	1,76 \pm 0,37	1,96 \pm 0,18	n.s.
Ukupni terpeni	393,39 \pm 36,38	328,75 \pm 33,39	326,53 \pm 68,82	n.s.

1. rok 11.9., 2. rok 18.9., 3. rok 22.9.2023; Podaci su analizirani pomoću jednosmjerne analize varijance (ANOVA), srednja vrijednost \pm SD (n=3); različita slova kraj srednje vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku između tretmana pomoću Tukey's test signifikantnosti $p < 0,05$; ns označava da nema statistički značajne razlike; *, ** i *** označavaju statistički značajnu razliku između rokova berbe sa $p < 0,05$, $< 0,01$ i $< 0,0001$; rezultati su prikazani u $\mu\text{g}/\text{kg}$ bobica

Rok berbe nije značajnije utjecao na sadržaj terpena u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli'. U ovom je istraživanju identificirano ukupno 20 terpenskih spojeva, a rok berbe utjecao je samo na njih sedam tj. na 4-hidroksi- β -ionon, alfa-farnesen 1, beta-pinen, furfural, hotrienol, linalol oksid-furan i linalol oksid-piran. Koncentracija 4-hidroksi- β -ionona bila je najveća u 3. roku berbe, a najmanja u 2. roku berbe. Koncentracija furfurala bila je najviša u 2. roku berbe, a najmanja u 3. roku. Sadržaj hotrienola najviši je bilo u 1. roku berbe a najmanji u 3. roku. Razina alfa-farnesena 1 najviša je bila u 2. roku berbe, dok je za beta-pinen najviša bila u 1. roku berbe. Koncentracija oba linalol oksida bila je najviša u 1. roku berbe. Škrab i sur. (2024.) u svojem su istraživanju ustanovili da je odgađanje berbe za 7 dana između dva roka berbe dovelo do značajnog rasta koncentracije određenih monoterpena dok je sadržaj ukupnih monoterpena u grožđu padao u kasnijim rokovima. Također, u istom je istraživanju uočeno da je sadržaj citronelola rastao u kasnijim rokovima berbe što je suprotno od podataka dobivenih u ovom istraživanju gdje nije došlo do značajnije promjene u sadržaju navedenog spoja. Moreno i sur. (2017.) u svome su istraživanju zaključili da je berba u kasnijim rokovima dovela do porasta sadržaja terpena.

5. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja o utjecaju roka berbe na sastav i sadržaj hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijelu' možemo zaključiti sljedeće:

1. Rok berbe značajno je utjecao na kemijski sastav grožđa sorte 'Sauvignon bijeli'. Sa svakim rokom je došlo do daljnjeg porasta sadržaja šećera, jabučne kiseline i pH, odnosno do pada ukupne kiselosti.
2. Rok berbe statistički je značajno utjecao na sadržaj ukupnih hlapljivih spojeva u grožđu sorte 'Sauvignon bijeli' pa je tako najviši sadržaj zabilježen u 3.roku, a najmanji sadržaj u 1.roku berbe.
3. Rok berbe značajno je utjecao na sadržaj ukupnih estera te je najviša koncentracija zabilježena u 3.roku, a najmanja u 2.roku.
4. Rok berbe značajno je utjecao na sadržaj C₁₃-norizoprenoida čiji je sadržaj bio najviši u 3.roku, a najniži u 2.roku.
5. Rok berbe značajno je utjecao na sadržaj masnih kiselina kod kojih je najviša koncentracija zabilježena u 2.roku.
6. Rok berbe nije značajnije utjecao na sadržaj ukupnih aldehida, viših alkohola, hlapljivih fenola i terpena već je imao utjecaj samo na pojedinačne spojeve iz navedenih skupina.

Trebalo bi uzeti u obzir da podatci za ovo istraživanje dolaze od jednogodišnjeg pokusa koji je proveden na samo jednoj lokaciji te se stoga ne mogu u potpunosti smatrati relevantnima. Također, 2023. godina obilježena je klimatskim ekstremima (iznadprosječna količina oborina i iznadprosječne temperature) koje su dovele do problema sa cvatnjom i oplodnjom te su pogodovale razvoju gljivičnih bolesti što je zasigurno utjecalo na samu kvalitetu grožđa. Kako bi se dobili reprezentativniji rezultati, istraživanje bi trebalo provesti u nizu od nekoliko godina te na različitim lokacijama, a također samu analizu grožđa trebalo bi proširiti i uključiti polifunkcionalne tiole i metokspirazine koji su glavni nosioci arome sorte 'Sauvignon bijeli'.

6. Popis literature

1. Allamy, L., van Leeuwen, C. and Pons, A. (2023) "Impact of harvest date on aroma compound composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon must and wine in a context of climate change: a focus on cooked fruit molecular markers", *OENO One*, 57(3), pp. 99–112. doi: 10.20870/oeno-one.2023.57.3.7458.
2. Anić, M. (2023). Utjecaj različitih termina djelomične defolijacije na sastav i sadržaj hlapljivih i polifenolnih spojeva u grožđu sorte "Merlot" (*Vitis vinifera* L.) (Disertacija). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:603969>
3. Battilana, J., Costantini, L., Emanuelli, F., Sevini, F., Segala, C., Moser, S., Velasco, R., Versini, G. and Grando, M.S. (2009) The 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate synthase gene co-localizes with a major QTL affecting monoterpene content in grapevine. *Theoretical and Applied Genetics* 118, 653–669.
4. Baumes, RL & Wirth, Jeremie & Sylvie, Bureau & Gunata, Y. & Razungles, A.J.. (2002). Biogenesis of C13-norisoprenoid compounds: Experiments supportive for an apo-carotenoid pathway in grapevines. *Analytica Chimica Acta*. 458. 3-14. 10.1016/S0003-2670(01)01589-6.
5. Black, Cory & Parker, M. & Siebert, Tracey & Capone, Dimitra & Francis, Ian. (2015). Terpenoids and their role in wine flavour: Recent advances. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 21. 582-600. 10.1111/ajgw.12186.
6. Carrau FM, Boido E, Dellacassa E. Terpenoids in Grapes and Wines: Origin and Micrometabolism during the Vinification Process. *Natural Product Communications*. 2008;3(4). doi:10.1177/1934578X0800300419
7. Gonzalez-Barreiro, Carmen & Rial-Otero, Raquel & Cancho-Grande, Beatriz & Simal-Gandara, Jesus. (2013). Wine Aroma Compounds in Grapes: A Critical Review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 55. 10.1080/10408398.2011.650336.
8. Helwi, Pierre & Habran, Aude & Guillaumie, Sabine & Thibon, Cécile & Hilbert, Ghislaine & Gomès, Eric & Delorot, Serge & Darriet, Philippe & van Leeuwen, Cornelis. (2015). Vine Nitrogen Status Does Not Have a Direct Impact on 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in Grape Berries and Wines. *Journal of agricultural and food chemistry*. 63. 10.1021/acs.jafc.5b03838.
9. Herjavec, Stanislava ; Maslov Bandić, Luna *Vinarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus, 2019
10. Jackson, R.S.. (2008). *Wine Science*. 10.1016/B978-0-12-373646-8.X5001-X.
11. Jurkić, V., Petek, M., Slunjski, S., Biško, A. i Čoga, L. (2020). Utjecaj reakcije tla na kationski odnos u lišću vinove loze (*Vitis vinifera* L.). *Glasnik Zaštite Bilja*, 43. (5.), 86-95. <https://doi.org/10.31727/gzb.43.5.11>
12. Li Z, Howell K, Fang Z, Zhang P. Sesquiterpenes in grapes and wines: occurrence, biosynthesis, functionality, and influence of winemaking processes. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020; 19: 247–281. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12516>
13. Lin, J., Massonnet, M. & Cantu, D. The genetic basis of grape and wine aroma. *Hortic Res* 6, 81 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0163-1>
14. Maslov Bandić, Luna & Viskić, Marko & Jagatić Korenika, Ana-Marija & Jero, Ana. (2018). Varietal Thiols in Grape and Wine.

15. Mateo, J J, and M Jiménez. "Monoterpenes in grape juice and wines." *Journal of chromatography. A* vol. 881,1-2 (2000): 557-67. doi:10.1016/s0021-9673(99)01342-4
16. Mendes-Pinto, Maria Manuela. "Carotenoid breakdown products the-norisoprenoids-in wine aroma." *Archives of biochemistry and biophysics* vol. 483,2 (2009): 236-45. doi:10.1016/j.abb.2009.01.008
17. Mirošević, Nikola ; Karoglan Kontić, Jasminka *Vinogradarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus, 2008. 357.
18. Moreno, Luis & Reynolds, Andrew & Di Profio, Frederick. (2017). Crop Level and Harvest Date Impact Composition of Four Ontario Wine Grape Cultivars. I. Yield, Fruit, and Wine Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*. 68. ajev.2017.17019. 10.5344/ajev.2017.17019.
19. Moreno-Arribas, María Victoria & Polo, M.C.. (2009). *Wine Chemistry and Biochemistry*. 10.1007/978-0-387-74118-5.
20. MS, Allen & Lacey, Michael. (1998). *Methoxypyrazines of Grapes and Wines*. 10.1021/bk-1998-0714.ch003.
21. Mucalo, A., Maletić, E. & Zdunić, G. (2020) Extended Harvest Date Alter Flavonoid Composition and Chromatic Characteristics of Plavac Mali (*Vitis vinifera* L.) Grape Berries. *Foods*, 9 (9), 1155, 25 doi:10.3390/foods9091155.
22. Oliveira, José & Faria, Marta & Sá, Filomena & Barros, Filipa & Araújo, Isabel. (2006). C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin. *Analytica Chimica Acta - ANAL CHIM ACTA*. 563. 300-309. 10.1016/j.aca.2005.12.029.
23. Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology, The Chemistry of Wine: Stabilization and Treatments: Second Edition (Vol.2, pp. 1–441)*.
24. Robinson, Anthony & Boss, Paul & Solomon, Peter & Trengove, Robert & Heymann, Hildegard & Ebeler, Susan. (2014). Origins of Grape and Wine Aroma. Part 1. Chemical Components and Viticultural Impacts. *American Journal of Enology and Viticulture*. 65. 1-24. 10.5344/ajev.2013.12070.
25. Roland, Aurélie et al. "Varietal thiols in wine: discovery, analysis and applications." *Chemical reviews* vol. 111,11 (2011): 7355-76. doi:10.1021/cr100205b
26. Roujou de Boubée, Dominique & Cumsille, Ana & Pons, Monique & Dubourdieu, Denis. (2002). Location of 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon Grape Bunches and Its Extractability during Vinification. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53. 1-5. 10.5344/ajev.2002.53.1.1.
27. Sala, C., Guasch, J., Zamora, F. (2004). Factors Affecting the Presence of 3-Alkyl-2- methoxypyrazines in Grapes and Wines. A review. *Universitat Rovira i Virgili*.
28. Swiegers, Jan & Pretorius, Isak. (2005). Yeast Modulation of Wine Flavor. *Advances in applied microbiology*. 57. 131-75. 10.1016/S0065-2164(05)57005-9.
29. Šikuten, I., Jeromel, A., Budžaki, A., Tomaz, I. & Jagatić Korenika, A. (2023). Aromatski profil vina priznatih klonova sorte 'Graševina'. *Glasnik Zaštite Bilja*, 46. (5.), 92-98. <https://doi.org/10.31727/gzb.46.5.9>
30. Škrab, D., Sivilotti, P., Comuzzo, P., Voce, S., Cisilino, D., Carlin, S., ... Vrhovsek, U. (2024). Influence of harvest date on multi-targeted metabolomic

- profile and sensory attributes of Ribolla Gialla base and sparkling wines. *OENO One*, 58(1). <https://doi.org/10.20870/oenone.2024.58.1.7668>
31. Tsai P-C, Araujo LD, Tian B. Varietal Aromas of Sauvignon Blanc: Impact of Oxidation and Antioxidants Used in Winemaking. *Fermentation*. 2022; 8(12):686. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120686>
32. Wang, J.; Han, Y.; Chen, C.; Sam, F.E.; Guan, R.; Wang, K.; Zhang, Y.; Zhao, M.; Chen, C.; Liu, X.; et al. Influence of Benzothiadiazole on the Accumulation and Metabolism of C6 Compounds in Cabernet Gernischt Grapes (*Vitis vinifera* L.). *Foods* 2023, 12, 3710. <https://doi.org/10.3390/foods12193710>
33. Yu, F., Utsumi, R. Diversity, regulation, and genetic manipulation of plant mono- and sesquiterpenoid biosynthesis. *Cell. Mol. Life Sci.* 66, 3043–3052 (2009). <https://doi.org/10.1007/s00018-009-0066-7>

Popis korištenih izvora – poveznica:

<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/norisoprenoids>
<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/higher-alcohols>
<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/volatile-thiols>
<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/terpenes>
<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/pyrazines>
<https://waterhouse.ucdavis.edu/whats-in-wine/volatile-phenols>

Životopis

Martin Staroveški rođen je 16.11.2000 u Zagrebu, Republika Hrvatska. Osnovnu školu završava 2015. godine u Zagrebu (Osnovna škola Malešnica) te upisuje Poljoprivrednu školu Zagreb, smjer agroturistički tehničar, koju završava 2019. godine. Iste godine upisuje Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, preddiplomski studij Ekološka poljoprivreda kojeg završava 2022. godine obranom završnog rada na temu *Ekološka proizvodnja kruške*. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikulture, smjer Vinogradarstvo i vinarstvo. Za vrijeme diplomskog studija obavljao je praksu i radi u vinarijama Korak family estate, Podrum Mladina i vinariji Šember. Posjeduje WSET certifikat 2. razine te tijekom studija aktivno sudjeluje u radu Vinarske grupe. Aktivno se služi engleskim jezikom.