Ana Jeromel[1,2], Ana-Marija Jagatić Korenika[1,2], Ivana Tomaz[1,2], Iva Šikuten[1,2], Domagoj Stupić[1,2], Zvjezdana Marković[1,2], Darko Preiner[1,2], Jasminka Karoglan Kontić[1,2]

Izvorni znanstveni rad

Aromatski sastav i senzorna svojstva vina PIWI sorte 'Voltis'

Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi fizikalno-kemijski sastav, aromatski profil i senzorna svojstva vina sorte 'Voltis' iz berbi 2024. i 2025. godine proizvedena na pokušalištu Jazbina Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Osnovni fizikalno-kemijski parametri određeni su FTIR spektrometrijom, hlapljivi spojevi primjenom SPME-Arrow-GC/MS metode, dok su vina senzorna ocijenjena kvantitativnom opisnom metodom. Između berbi utvrđene su izražene razlike u alkoholnoj jakosti dok su ukupna kiselost i pH pokazali znatno manju varijabilnost. Među aromatskim spojevima posebno su se izdvojili β-damaskenon i β-ionon i etil-esteri. Vino iz berbe 2024. imalo je izraženiji cvjetni karakter, dok su biljne arome bile naglašeije u vinu berbe 2025. Dobiveni rezultati ukazuju na potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se preciznije definirali utjecaj prinosa, stupnja zrelosti i klimatskih uvjeta te utvrdili optimalni vinogradarski i enološki postupci u proizvodnji vina ´Voltis´.

Ključne riječi: *aroma, GC-MS, senzorna svojstva, otporne sorte vinove loze, 'Voltis'*

Uvod

Sve veća pozornost u suvremenom vinogradarstvu i vinarstvu usmjerena je na PIWI sorte. Naziv PIWI potječe od njemačkog izraza *pilzwiderstandsfähige Rebsorten* te označava sorte vinove loze koje posjeduju gene otpornosti na gljivične bolesti. Nastale su dugotrajnim i složenim oplemenjivačkim postupcima koji uključuju međuvrsna križanja *Vitis vinifera* L. s drugim vrstama roda *Vitis* kao izvorima gena otpornosti (Linhart i sur., 2023). Takvim je pristupom omogućeno unošenje gena odgovornih ponajprije za otpornost na plamenjaču (*Plasmopara viticola*) i pepelnicu (*Erysiphe necator*) (Possamai i Wiedemann-Merdinoglu, 2022). Istodobno, višestrukim povratnim križanjima s odabranim sortama *V. vinifera* nastojala su se očuvati poželjna vinogradarska i enološka svojstva, što je rezultiralo razvojem novih sorti koje objedinjuju visoku razinu otpornosti na bolesti s potencijalom za proizvodnju vina visoke kakvoće (Töpfer i Trapp, 2023). Interes za njihov uzgoj dodatno su potaknuli ciljevi Europskog zelenog plana i s njime povezane strategije, usmjerenih na smanjenje uporabe kemijskih pesticida i rizika povezanih s njihovom primjenom te povećanja udjela poljoprivrednih površina pod ekološkom proizvodnjom. Ostvarivanje takvih ciljeva predstavlja poseban izazov za vinogradarstvo s obzirom na to da su brojne tradicionalne sorte *V. vinifera* izrazito osjetljive na gljivične bolesti, zbog čega njihova proizvodnja zahtijeva višekratnu pri-

1 prof. dr. sc. ***Ana Jeromel****, izv. prof. dr. sc.* ***Ana-Marija Jagatić Korenika****, dr. sc.* ***Ivana Tomaz****, dr. sc.* ***Iva Šikuten****, doc. dr. sc.* ***Domagoj Stupić****, izv. prof. dr. sc.* ***Zvjezdana Marković****, prof. dr. sc.* ***Darko Preiner****, prof. dr. sc.* ***Jasminka Karoglan Kontić****, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za vinogradarstvo i vinarstvo, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska*
Autor za koresponednciju: ***amajdak@agr.hr***

mjenu fungicida tijekom vegetacije. U tom smislu uzgoj genetski otpornih sorata predstavlja jedno od učinkovitijih rješenja za smanjenje uporabe sredstava za zaštitu bilja i okolišnog opterećenja vinogradarske proizvodnje. Među novijim PIWI sortama posebno mjesto zauzima 'Voltis', bijela sorta razvijena u Francuskoj u okviru INRAE-ova programa ResDur1 te službeno upisana u francuski katalog sorata 2018. godine. Nastao je križanjem sorte 'Villlaris' i 'Mtp 3159-2-12' (potomak međuvrsnih križanja *Vitis vinifera* x *Vitis rotundifolia*). Sortu karakterizira visoka razina otpornosti prema plamenjači i pepelnici, a posljednjih godina sve veću pozornost privlači i njezin enološki potencijal. Iako su površine zasađene sortom 'Voltis' još uvijek male, posljednjih godina bilježi se njihovo povećanje. Prema podacima INAO-a, odnosno francuskog sustava *Casier Viticole Informatisé* (CVI), u Francuskoj je u kolovozu 2025. godine evidentirano 83,5 ha vinograda sorte 'Voltis', dok je ukupna površina pod novijom generacijom sorata otpornih na gljivične bolesti iznosila 3107 ha. U usporedbi s 61 ha sorte 'Voltis' u 2024. godini, navedeni podaci ukazuju na povećanje površina od približno 37 %. Međutim, značaj sorte 'Voltis' nadilazi njezin udio u ukupnim vinogradarskim površinama. Posebnu pozornost privlači njezino uključivanje u sustav *Variétés d'Intérêt à Fin d'Adaptation* (VIFA) na području AOC (*Appellation d'Origine Contrôlée*) Champagne, u okviru kojega može zauzimati najviše 5 % vinogradarske površine pojedinog gospodarstva te činiti do 10 % konačne kupaže vina AOP Champagne. Tijekom desetogodišnjeg eksperimentalnog razdoblja pratit će gospodarska svojstva te utjecaj 'Voltisa' na senzorna svojstva pjenušavih vina. Uključivanje sorte 'Voltis' u jednu od najstrože reguliranih vinskih apelacija predstavlja važnu prekretnicu u prihvaćanju PIWI sorata, budući da njihova uporaba u vinima sa zaštićenom oznakom izvornosti dugo nije bila dopuštena. Sve veće prihvaćanje otpornih sorata nameće potrebu za detaljnijim istraživanjem kemijskog sastava, aromatskog potencijala i senzornih svojstava radi procjene njihova enološkog potencijala i prikladnosti za uzgoj u različitim okolišnim uvjetima te mogućnosti širenja u nova vinogradarska područja.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi i usporediti osnovni fizikalno-kemijski sastav, koncentracije hlapljivih spojeva i senzorna svojstva vina sorte 'Voltis' iz berbi 2024. i 2025., proizvedenih u uvjetima vinogorja Zagreb.

Materijali i metode

Uzorci vina

Za potrebe predmetnog istraživanja korištena su vina sorte 'Voltis', berbe 2024. i 2025., proizvedena od grožđa s pokušališta „Jazbina", Zavod za vinogradarstvo i vinarstvo, Agronomski fakultet u Zagrebu, (45°51′ N, 16°00′ E). Pokušalište je smješteno na obroncima Medvednice, južne do jugozapadne ekspozicije, s najvišom nadmorskom visinom od približno 300 m. Pokusni nasad PIWI sorata podignut je 2020. godine, a sve sorte cijepljene su na podlogu SO4. Trsovi su posađeni na razmak 2,10 × 0,90 m (razmak između redova × razmak unutar reda), što odgovara gustoći sklopa od približno 5.290 trsova/ha. Uzgojni oblik je jednostruki Guyot uzgojni oblik s opterećenjem od 10-12 pupova po trsu. U nasadu se nalaze 22 PIWI sorte, od kojih 12 bijelih i 10 crnih.

Osnovna fizikalno-kemijska analiza vina

Sve fizikalno-kemijske i instrumentalne analize obavljene su u Laboratoriju za grožđe, mošt i vino Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Osnovni enološki parametri poput alkoholne jakosti (% vol.), pH vrijednosti, ukupne kiselosti (g/L kao vinska kiselina), hlapljive kiselosti (g/L kao octena kiselina), te reducirajućih šećera (g/L) utvrđeni su FTIR spektrometrijom (*Anton Paar Lyza 5000 Wine Analyzer*).

Analiza hlapljivih spojeva vina prema Tomaz i sur. (2024) 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 pripravu uzoraka. Kao čvrsta faza korišten je sustav CAR-PDMS-DVB. U posudicu za uzorke dodano je 5 mL vina i 2,5 g NaCl. Prije same adsorpcije na čvrstu fazu, uzorak je uravnotežen pri 55 °C u trajanju 10 min. Adsorpcija analita provedena je pri 55 °C u trajanju 60 min. Desorpcija je provedena u injektoru tekućinskog kromatografa pri 250 °C u trajanju 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. 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.

Senzorna analiza vina

Senzorno ocjenjivanje vina provelo je 10 ocjenjivača kvantitativnom opisnom (deskriptivna) metodom u Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Korišteni su obrasci s pojedinačnim svojstvima i deskriptorima arome (intenzitet boje, citrusni, cvjetni, voćni i biljni miris, kiselost, gorčina, astringencija, tijelo, harmoničnost, *aftertaste* i opći dojam) uz skalu intenziteta od 0 do 5 pri čemu ocjene 0 – 1, predstavljaju slabo izražen intenzitet svojstva, 2 – 3, srednje izražen intenzitet, a 4 – 5, jako izražen intenzitet. Vina su posluživana u standardnoj ISO čaši na temperaturi 12 ˚C.

Statistička analiza

Razlike u fizikalno-kemijskom sastavu vina ‘Graševina’ različitih berbi testirane su jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). Značajnost razlika između razina faktora testirana je na razini značajnosti $p \leq 0,05$, uz Bonferronijevu korekciju.

Rezultati i rasprava

Osnovna kemijska analiza vina

Rezultati osnovne analize vina ‘Voltis’ berbe 2024. i 2025. prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Osnovni fizikalno-kemijski sastav vina ‘Voltis
Table 1. Basic physicochemical composition of Voltis wines

Parametar/Parameter	Voltis 2024	Voltis 2025
Alkohol/alcohol (vol%)	10,9	15,1
Ekstrakt ukupni /total extract (g/L)	26,0	23,6
Reducirajući šećer / reducing sugar (g/L)	2,0	0,5
Ukupna kiselost/total acidity (g/L, kao vinska/as tartaric)	4,9	5,3
Hlapljiva kiselost/volatile acidity (g/L, kao octena/as acetic)	0,54	0,49
Vinska kiselina /tartaric acid (g/L)	1,65	1,85
Jabučna kiselina/malic acid (g/L)	0,98	1,13
Mliječna kiselina/Lactic acid (g/L)	0,55	0,54
pH	3,50	3,44
Glicerol /glycerol (g/L)	8,80	8,20

Između analiziranih parametara osnovnog fizikalno-kemijskog sastava vina' Voltis' iz berbi 2024. i 2025. najveća razlika utvrđena je kod alkoholne jakosti koja je u berbi 2024. iznosila 10,9 % vol., te 15,1 % vol. u berbi 2025. Utvrđena razlika može se povezati s datumom berbe, stupnjem zrelosti grožđa, ali i s opterećenjem trsa. Naime, 2024. godine grožđe je pobrano 28.08. dok je u 2025. godini berba odrađena 03.09. što je uz prosječan prinos od 1,9 kg/trs u 2024. te 1,1 kg/trs u 2025. godini moglo rezultirati razlikama u alkoholnoj jakosti vina. Razlike između berbi potrebno je promatrati i u kontekstu različitih meteoroloških uvjeta tijekom vegetacijskog razdoblja. Godina 2024. je bila vrlo topla i tijekom glavnog dijela vegetacije relativno vlažna, s obilnim oborinama u završnom dijelu dozrijevanja, dok je 2025. obilježili izraženo sušni uvjete tijekom vegetacije, a osobito suh i vrlo topao bio je lipanj, te znatno manja ukupnu količinu oborina tijekom vegetacijskog razdoblja. Takvi su uvjeti, zajedno s manjim prinosom, mogli utjecati na dinamiku dozrijevanja i sastav grožđa sorte 'Voltis'. Međutim, na temelju usporedbe dviju berbi nije moguće razdvojiti pojedinačne učinke prinosa, meteoroloških uvjeta, roka berbe i drugih čimbenika koji utječu na dozrijevanje grožđa, pa utvrđene razlike treba tumačiti kao rezultat njihova zajedničkog djelovanja.

Dobiveni rezultati u skladu su s francuskim podacima o sorti 'Voltis', prema kojima stupanj zrelosti izrazito ovisi o lokalitetu, načinu uzgoja i visini prinosa. Prema podacima IFV-a (Institut Français de la Vigne et du Vin), pri ograničenom prinosu, sadržaj šećera i kiselost grožđa sorte 'Voltis' mogu biti usporedivi sa sortom 'Chardonnay', dok veći prinos rezultira slabijim nakupljanjem šećera i nešto višom kiselošću. Voltis je opisan kao sorta normalne do visoke rodnosti, kod koje ograničavanje prinosa može rezultirati punijim i kompleksnijim vinima (IFV, 2022). Za razliku od alkoholne jakosti, ukupna kiselost pokazala je znatno manju varijabilnost između dvije berbe. U 2024. iznosila je 4,9 g/L te 5,3 g/L u berbi 2025., dok se pH vrijednost smanjila s 3,50 na 3,44. Udio pojedinačnih organskih kiselina bio je relativno stabilan u obje berbe. Vinska kiselina povećala se s 1,65 na 1,85 g/L, a jabučna s 0,98 na 1,13 g/L, dok je koncentracija mliječne kiseline bila gotovo jednaka (0,55 odnosno 0,54 g/L). Relativno male razlike u koncentracijama pojedinačnih organskih kiselina posebno su zanimljive s obzirom na značajnu razliku u koncentraciji alkohola između dvije berbe. Rezultati ukazuju kako povećana akumulacija šećera u berbi 2025. nije bila praćena proporcionalnim smanjenjem ukupne kiselosti, a posebno jabučne kiseline, u vinu. Utvrđeno očuvanje kiselosti pri znatno višoj alkoholnoj jakosti u berbi 2025. može se smatrati enološki zanimljivim svojstvom ove sorte osobito u uvjetima klimatskih promjena.

Koncentracija hlapljivih spojeva u vinu 'Voltis'

Tablica 2. Koncentracija hlapljivih spojeva vina 'Voltis'
Table 2. Volatile aroma profile of Voltis wines

Kemijski spoj/Compound (µg/L)	ODT	Voltis 2024	Voltis 2025
1-Heksanol/1-Hexanol		602,00[a]	585,80[b]
(*E*)-3-Heksen-1-ol/(*E*)-3-Hexen-1-ol	1000	10,58[a]	7,79[b]
(*Z*)-3-Heksen-1-ol/(*Z*)-3-hHxen-1-ol	40	172,20	202,86
Feniletanol/Phenylethyl alcohol	14000	41685,45[a]	11116,30[b]
Σ Viši alkoholi/Higher alcohols		**42470,23[a]**	**11912,75[b]**

Kemijski spoj/Compound (µg/L)	ODT	Voltis 2024	Voltis 2025
β-Damaskenon/*β*-Damascenone	0,05	7,91[a]	1,89[b]
β-Ionon/*β*-Ionone	0,09	0,63	1,17
TDN	20	2,65	n.a.
Vitispiran A/Vitispirane A		1,33	1,41
Vitispiran B/Vitispirane B		15,96[a]	4,99[b]
Σ C_{13}-Norizoprenoidi/C_{13}-norisoprenoids		**33,43[a]**	**11,12[b]**
Heksil-acetat/Hexyl acetate	1800	73,43[a]	20,58[b]
Etil-butanoat/Ethyl butanoate	20	353,19[a]	104,39[b]
Etil-heksanoat/Ethyl hexanoate	14	259,87	214,27
Etil-oktanoat/Ethyl octanoate	5	265,99	273,30
Feniletil-acetat/Phenyethyl acetate	250	360,25[a]	18,89[b]
Σ Esteri/Esters		**1312,73[a]**	**631,43[b]**
Heksanska kiselina/Hexanoic acid		3654,77[a]	2060,67[b]
Oktanska kiselina/Octanoic acid		10278,31[a]	2532,69[b]
Dekanska kiselina/Decanoic acid		1924,83[a]	808,52[b]
Σ Masne kiseline/Fatty acids		**16305,27[a]**	**5450,90[b]**
Linalol/Linalool	25	2,23[b]	15,17[a]
α-Terpineol/α-Terpineol	250	0,17	0,60
Citronelo/Citronellol	18	4,12[a]	2,72[b]
Geraniol/Geraniol	40	5,00[a]	0,26[b]
Nerol/Nerol	400	0,74	0,34
Hotrienol/Hotrineol	110	3,65	3,32
Σ Terpeni/Terpenes		**61,20**	**76,94**

ODT-odour detection limit/mirisni prag detekcije; različita slova u eksponentu unutar istog reda označavaju statistički značajnu razliku između uzoraka (p<0,05).

Analiza hlapljivih spojeva vina sorte 'Voltis' pokazala je izraženu varijabilnost aromatskog sastava između berbi 2024. i 2025., posebno kod pojedinih predstavnika viših alkohola, C_{13}-norizoprenoida i masnih kiselina. Međutim, doprinos pojedinog spoja ukupnom aromatskom profilu ne ovisi isključivo o njegovoj koncentraciji nego i o aktivnoj mirisnoj vrijednosti ili OAV (*odor activity value*) (omjer koncentracije i mirisnog praga detekcije). Spojevi s OAV > 1 u pravilu se smatraju mirisno aktivnima, iako i spojevi prisutni u koncentracijama nižim od praga detekcije mogu pridonositi ukupnoj aromi vina jer na konačnu percepciju utječu i sinergističke te maskirajuće interakcije hlapljivih spojeva (Jagatić Korenika i sur. 2020). Među

višim alkoholima najveća razlika utvrđena je za feniletanol, čija se koncentracija smanjila s 41.685,45 µg/L (2024.) na 11.116,30 µg/L (2025.) što je rezultiralo s vrijednošću OAV približno 3,0 (2024.), dok je u 2025. njegova koncentracija bila ispod navedenog praga percepcije. Nasuprot tome, (*E*)-3-heksen-1-ol bio je značajno ispod praga detekcije u obje berbe, dok je (*Z*)-3-heksen-1-ol, uz ODT od 40 µg/L, imao OAV približno 4,3 (2024.) i 5,1 (2025.). C_6-alkoholi u vinima se općenito povezuju sa zelenim ili travnatim aromama (Ilc i sur. 2016), pa relativno visoka koncentracija (*Z*)-3-heksen-1-ola može potencirati vegetalni aromatski profil vina 'Voltis', osobito u 2025. godini. Među C_{13}-norizoprenoidima posebno se izdvojio *β*-damaskenon, čija je koncentracija iznosila 7,91 µg/L (2024.) te 1,89 µg/L (2025.).

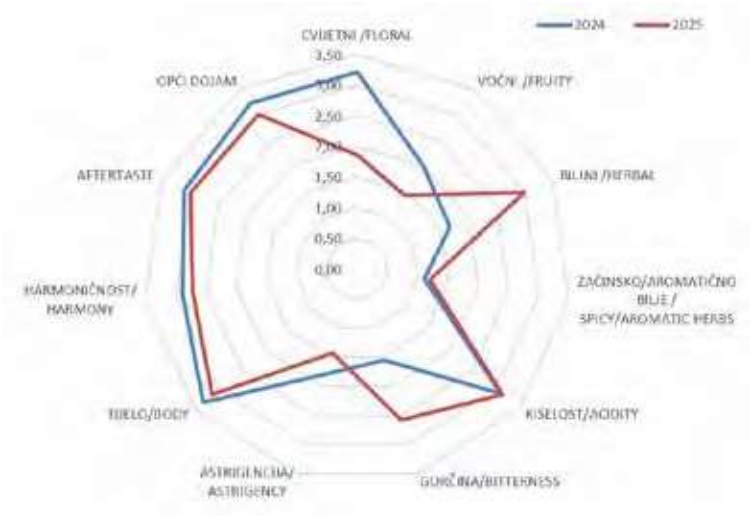
Koncentracija utvrđena 2024. usporediva je s vrijednostima koje su Nanou i sur. (2025) utvrdili u vinima autohtonih grčkih bijelih sorata Assyrtiko (7,2 µg/L), Malagousia (8,2 µg/L), Moschofilero (11,0 µg/L) i Roditis (4,5 µg/L), dok je u 2025. godini utvrđena značajno niža vrijednost. Uz ODT od svega 0,05 µg/L, odgovarajuće OAV vrijednosti za 'Voltis' iznosile su približno 158 i 38, što *β*-damaskenon svrstava među potencijalno najznačajnije pojedinačne nositelje arome vina ove sorte u obje berbe pri čemu je njegova prisutnost pridonijela i intenziviranju voćnog karaktera vina (Nanou i sur., 2025). Slično vrijedi i za *β*-ionon, čije su koncentracije od 0,63 i 1,17 µg/L višestruko premašile ODT od 0,09 µg/L, a što je rezultiralo s vrijednošću OAV od približno 7 i 13. Za razliku od većine analiziranih spojeva, njegova je koncentracija bila viša u berbi 2025. *β*-Ionon se povezuje ponajprije s mirisom ljubičice te cvjetnim i voćnim aromama. Dobiveni rezultati o naglašenom aromatskom utjecaju *β*-damaskenona i *β*-ionona u skladu su s istraživanjem Štambuk i sur. (2026) gdje je upravo 'Voltis', zajedno s 'Muscarisom' i 'Hibernalom' izdvojen kao sorta obilježena visokim udjelom terpena i C_{13}-norizoprenoida. Među esterima posebno se izdvojio feniletil-acetat čija je koncentracija u 2024. iznosila 360,25 µg/L i bila je iznad ODT-a od 250 µg/L (OAV ≈ 1,4), dok je u berbi 2025. iznosila svega 18,89 µg/L. Budući da feniletil-acetat doprinosi cvjetnim, (ruža) i mednim aromama, zajedno s višom koncentracijom feniletanola mogao je pridonijeti izraženijem cvjetnom profilu vina iz berbe 2024.

Najmanje razlike utvrđene su u koncentraciji terpena pri čemu je ona bila nešto viša u berbi 2025. (76,94 µg/L) u odnosu na 2024. godine (61,20 µg/L). Najveća razlika je zabilježena za linalol, čija je koncentracija u berbi 2024. bila 2,23 µg/L, a u 2025. 15,17 µg/L. S obzirom na navedeni ODT od 25 µg/L, linalol nije bio iznad praga detekcije, iako mu se koncentracija u berbi 2025. približila. Ostali analizirani monoterpeni, uključujući citronelol, geraniol, nerol i *α*-terpineol, bili su također ispod pojedinačnih pragova detekcije. Stoga je malo vjerojatno da je neki od analiziranih terpena samostalno utjecao na aromatski profil vina, ali se ne može isključiti njihov zajednički doprinos cvjetno-voćnom karakteru.

Senzorna analiza vina

Senzorna analiza vina 'Voltis' berbi 2024. i 2025., potvrdila je razlike, osobito u intenzitetu cvjetnih i biljnih aroma, ali i pojedinih okusnih svojstava. Vino iz berbe 2024. imalo je izraženiji cvjetni karakter, dok je u berbi 2025. naglašenija vegetalna ili biljna aroma. Intenzitet voćnih aroma bio je relativno sličan, dok su začinske/aromatične arome bile podjednako slabo izražene. Izraženiji cvjetni karakter vina iz berbe 2024. može se povezati s koncentracijom pojedinačnih hlapljivih spojeva. U toj je berbi utvrđena znatno viša koncentracija feniletanola i feniletil-acetata, spojeva uz koje se vežu cvjetne arome ruže i meda. Dodatni doprinos kompleksnosti arome iz 2024. mogao je dati i *β*-damaskenon, čija je koncentracija bila približno četiri puta veća nego u berbi 2025. *β*-Damaskenon se povezuje s voćnim i cvjetnim aromama te aromom kompota od jabuke, a poznat je i njegov učinak na pojačavanje percepcije voćnosti

vina. Stoga njegova viša koncentracija, zajedno s pojedinačnim esterima, može djelomično objasniti intenzivniji aromatski profil vina berbe 2024. S druge strane, izraženija biljna aroma vina iz 2025. može se povezati s C_6 alkoholima, posebice (*Z*)-3-heksen-1-olom čije su koncentracije u obje berbe bile iznad ODT-a. U formiranju voćnog karaktera vina etil esteri imaju značajnu ulogu. U vinima 'Voltis' u obje su se berbe izdvojili etil-butanoat, etil-heksanoat i etil-oktanoat s OAV >1. Iako je suma analiziranih estera bila veća u berbi 2024., koncentracije etil-heksanoata i osobito etil-oktanoata bile su relativno slične u obje berbe. To može objasniti zašto se, unatoč velikim razlikama u koncentracijama estera, ukupni intenzitet voćnosti u senzornom profilu nije značajno razlikovao između berbi. U okusnom profilu, vino 'Voltis' 2025. imalo je nešto izraženiju gorčinu, dok su kiselost i punoća bili slično ocijenjeni.



Grafikon 1. Rezultati kvantitativne opisne metode ocjenjivanja vina 'Voltis'
Graph 1. Results of the Quantitative Descriptive Method of evaluating Voltis wines

Zaključak

Rezultati istraživanja autentičnih vina PIWI sorte ´Voltis´ iz dviju uzastopnih berbi ukazuju na značajan utjecaj agroklimatskih prilika kao i prinosa po trsu na kemijski sastav i senzorna svojstva vina. Niži prinos utjecao je rast alkoholne jakosti, dok su ukupna kiselost, pH vrijednost i koncentracije pojedinačnih organskih kiselina imali značajno manju varijabilnost. Dobiveni rezultati ukazuju na sposobnost sorte da i pri visokom udjelu šećera u grožđu zadržava zadovoljavajuću razinu ukupne kiselosti. Među potencijalno najznačajnijim aromatskim spojevima izdvojili su se *β*-damaskenon i *β*-ionon te pojedini etilni esteri, čije su koncentracije višestruko premašivale pragove mirisne detekcije. Posebno visoke aktivne mirisne vrijednosti (OAV) spoja *β*-damaskenona u obje berbe, upućuju na važnost C_{13}-norizoprenoida u definiranju aromatskog profila vina sorte 'Voltis'. Dobiveni rezultati potvrđuju potencijal sorte 'Voltis' za proizvodnju svježih bijelih vina. Razlike u određenim parametrima između dvije berbe ukazuju na potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se preciznije definirali utjecaj prinosa, stupnja zrelosti i klimatskih uvjeta te utvrdili optimalni vinogradarski i enološki postupci u proizvodnji vina ´Voltis´.

Napomena
Istraživanje financirano sredstvima Potpore za EIP operativne skupine iz Strateškog plana Zajedničke poljoprivredne politike Republike Hrvatske 2023. – 2027. (intervencija 77.03)"

Literatura

de Sousa Dias, A. L., Guittin-Leignadier, C., Roy, A., Sachot, S., Maçna, F., Flores, D., Meudec, E., Boulet, J.-C., Sommerer, N., Roland, A., Ducasse, M.-A., & Mouret, J.-R. (2025). *Oenological performances of new white grape varieties. Beverages, 11(3), Article 90. https://doi.org/10.3390/beverages11030090*

Ilc, T., Werck-Reichhart, D., & Navrot, N. (2016). *Meta-analysis of the core aroma components of grape and wine aroma. Frontiers in Plant Science, 7, Article 1472. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01472*

Institut Français de la Vigne et du Vin. (2018, 17. veljače). Variétés résistantes Resdur 1 [ResDur 1 resistant varieties]. https://www.vignevin.com/article/varietes-resistantes-resdur-1/

Jagatić Korenika, A.-M., Preiner, D., Tomaz, I., & Jeromel, A. (2020). *Volatile profile characterization of Croatian commercial sparkling wines. Molecules, 25(18), Article 4349. https://doi.org/10.3390/molecules25184349*

Linhart, L., Moretti, B., Herrera, J. C., & Forneck, A. (2023). *Maximum stomatal conductance rather than stomatal sensitivity to drought differentiates the PIWI grapevine cultivar Souvignier gris from Muscaris and Donauriesling. OENO One, 57(2), 129–138. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7307*

Nanou, E., Metafa, M., Bastian, S. E. P., & Kotseridis, Y. (2025). *Revealing the unique characteristics of Greek white wine made from indigenous varieties through volatile composition and sensory properties. Beverages, 11(2), Article 33. https://doi.org/10.3390/beverages11020033*

Possamai, T., & Wiedemann-Merdinoglu, S. (2022). *Phenotyping for QTL identification: A case study of resistance to Plasmopara viticola and Erysiphe necator in grapevine. Frontiers in Plant Science, 13, Article 930954. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.930954*

Štambuk, P., Stupić, D., Karoglan Kontić, J., Tuščić Fabekovec, V., Marković, Z., Andabaka, Ž., Preiner, D., Maletić, E., & Šikuten, I. (2026). *Analysis of grape secondary metabolites in disease-resistant grape cultivars grown in central Croatia [Conference abstract]. IVES Conference Series, GBG 2026. https://ives-openscience.eu/64358/*

Tomaz, I., Šikuten, I., Tuščić, V., Rendulić, N., Preiner, D., Buljević, N., Jagatić Korenika, A.-M., & Jeromel, A. (2024). *Optimisation of SPME Arrow GC/MS method for determination of wine volatile organic compounds. OENO One, 58(4). https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.7914*

Trapp, O., & Töpfer, R. (2023)*. Adoption of new winegrape cultivars to reduce pesticide use in Europe: From the ASEV Climate Change Symposium Part 1 – Viticulture. American Journal of Enology and Viticulture, 74(2), Article 0740032. https://doi.org/10.5344/ajev.2023.23041*

Prispjelo/Received:18.9.2026. ***Prihvaćeno/Accepted: 18.10.2026.***

Original scientific paper

Aroma composition and sensory properties of Voltis wines

Abstract

The aim of this study was to determine the physicochemical composition, aroma profile, and sensory properties of wines produced from Voltis grape cultivar in the 2024 and 2025 vintages at the Jazbina experimental vineyard, Faculty of Agriculture, University of Zagreb. Basic physicochemical parameters were determined by FTIR spectroscopy, volatile compounds were analysed using the SPME-Arrow-GC/MS method, while the wines were evaluated sensorially using quantitative descriptive analysis. Pronounced differences in alcohol content were noted between the two vintages, whereas total acidity and pH showed considerably lower variability. Among the aroma compounds, β-damascenone, β-ionone, and ethyl esters were singled out due to their significant contribution to the aroma profile. The wine from 2024. exhibited a more pronounced floral character, whereas vegetal aromas were more intense in the Voltis wine from vintage 2025. The results indicate the need for further research to better define the effects of yield, grape maturity, and climatic conditions and to establish optimal viticultural and oenological practices for the production of Voltis wines.

Keywords: *aroma, GC-MS, sensory profile, resistant grapevine varieties, Voltis*