

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE – STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SUKADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 7 BROJ 1

SVIBANJ 2024.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uredivački odbor / Editorial Board:Nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud. – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibrić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Gostujuća urednica / *Guest editor* / (2024) 7(1) – Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić**Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:**

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevdandziev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Duška Čurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Sezai Ercişli – Republika Turska (Atatürk University Agricultural Faculty)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Republika Srbija (Srpska ornitološka federacija i Confederation ornitologique mondiale)

Dr. sc. Jae Hwan Lee, pred. – Republika Koreja (Natural Science Research Institute of Sahmyook University in Seoul, South Korea)

Prof. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäckerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Nibir Pratim Choudhury, MBA – Republika Indija (Ph.D student i suradnik na projektu - University of Science and Technology Meghalaya)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering "Hans Em" Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihacu)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 31. svibnja 2024. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Riječ gostujuće urednice

Poštovani čitatelji Glasila Future,

Iznimno mi je zadovoljstvo predstaviti Vam poseban broj časopisa čija je tematika posvećena ispitivanju kvalitete, funkcionalnosti te specifičnosti uvjeta procesiranja različitih vrsta hrane i pića. Osobita vrijednost ovog broju su radovi vezani uz funkcionalnu hranu. Funkcionalni prehrambeni proizvodi su posljednjih godina u posebnom fokusu kako znanstvenika tako i potrošača prvenstveno zbog njihovog blagotvornog i pozitivnog utjecaja na zdravlje. Rad autora izv. prof. dr. sc. Ante Lončarić i suradnika prikazuje istraživanje učinaka prerade i skladištenja na nutritivna i antioksidativna svojstva batata. Rezultati istraživanja ukazuju kako pojedini uvjeti procesiranja omogućuju proizvodnju batata kao sigurne prerađene funkcionalne hrane. Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić i suradnici su ispitivali kako vrijeme skladištenja (čuvanja) utječe na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja analizirajući sastav hlapljivih spojeva svako tri mjeseca kroz period od godine dana. U radu Emilije Friganović, v. pred. i suradnika prikazana je senzorska procjena četiri različite recepture čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) kroz ispitivanje prihvatljivosti proizvoda od strane potrošača. Rad Nikole Marića i suradnika prikazuje postupak proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi ječmenog slada kao i promjene koje se događaju tijekom pojedinih faza procesa proizvodnje. Klice i mikro zelenje - novi trendovi u prehrani, rad autora Koloper i Gaćina opisuje kemijski sastav i nutritivnu vrijednost ove namirnice koja je posljednjih godina sve popularnija u gastronomiji i prehrambenoj industriji. Aromu kao važan segment kvalitete ispitivali su Svalina i suradnici analizirajući kako primjena različitih vrsta kvasaca utječe na formiranje arome vina Pošip.

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić



Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska

(2024) 7(1) 01–70

SADRŽAJ:

	Str.
Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)	
<i>A. Lončarić, Sanja Zec Zrinušić, T. Kovač, Blanka Bilić Rajs, Melita Lončarić, A. Jozinović, J. Babić</i> Effect of processing and storage on the quality of the purees made from different sweet potato cultivars	01–12
<i>Mladenka Šarolić, Anita Pitarević, Z. Marijanović, Zlatka Knezović</i> Utjecaj vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils	13–27
<i>Emilija Friganović, Ljiljana Nanjara, Anđela Grabovac, Marija Zvijerac, B. Dorbić</i> Senzorska procjena čajnog peciva obogaćenog šipkom (<i>Rosa canina</i> L.) Sensory evaluation of rosehip (<i>Rosa canina</i> L.) enriched tea biscuits	28–37
Stručni rad (professional paper)	
<i>N. Marić, Sanja Radman, Danijela Skroza, Roberta Frleta Matas, Ivana Generalić Mekinić</i> Funkcionalni napitak na bazi ječmenog slada Barley malt-based functional beverage	38–47
<i>Mirna Koloper, Nikolina Gaćina</i> Klice i mikrozelenje – novi trendovi u prehrani Sprouts and microgreens – new trends in nutrition	48–56
<i>T. Svalina, A. Uremović, M. Šuste, Žana Delić</i> Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine	57–68
Upute autorima (instructions to authors)	69–70

Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip

Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine

Tomislav Svalina^{1*}, Andrej Uremović^{1,2}, Marko Šuste¹, Žana Delić¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.6

Citiranje/Citation³

Sažetak

Pošip je autohtona sorta vinove loze s otoka Korčule, gdje se i danas najviše uzgaja. U Hrvatskoj je jedna od zastupljenijih bijelih sorti te se koristi za proizvodnju različitih stilova vina. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj različitih vrsta kvasaca na stvaranje hlapljivih spojeva vina Pošip. Uzorci vina Pošip proizvedeni su *sur lie* metodom korištenjem dviju vrsta kvasaca: *Saccharomyces cerevisiae* (uzorak I) i *Torulaspora delbrueckii* (uzorak II). Hlapljivi spojevi vina izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) te analizirani vezanim sustavom plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS). U uzorku I identificirano je 20 spojeva što predstavlja ukupno 96,48 % hlapljivih spojeva, dok je u uzorku II identificirano 19 spojeva što predstavlja ukupno 92,27 % hlapljivih spojeva. Identificirani hlapljivi spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: alkoholi, esteri, aldehidi, monoterpeni, norizoprenoidi i spojevi s dušikom. Najzastupljeniji spojevi u oba uzorka vina bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. U uzorku I utvrđen je veći udjel izoamilnog alkohola i izoamil-acetata, dok uzorak II sadrži veći udjel furfurala i norizoprenoida. Rezultati ovog rada pokazuju da primjena vrste kvasca doprinosi različitom sastavu hlapljivih spojeva u vinu, a time i aromi kao važnom segmentu kvalitete vina.

Ključne riječi: vino Pošip, kvasci, hlapljivi spojevi, HS-SPME, GC-MS.

Abstract

Pošip is an autochthonous grape variety from the island of Korčula, where it is still predominantly grown. It is one of the more represented white grape varieties in Croatia and is used to produce

¹ Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

* E-mail: tsvalina@veleknin.hr (dopisni autor).

² Završeni student preddiplomskog stručnog studija Poljoprivreda krša - Biljna proizvodnja.

³ Svalina, T., Uremović, A., Šuste, M., Delić, Ž. (2024). Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip. *Glasilo Future*, 7(1), 57–68. / Svalina, T., Uremović, A., Šuste, M., Delić, Ž. (2024). Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine. *Glasilo Future*, 7(1), 57–68.

different styles of wine. This work is aimed to determine the influence of different yeast species on the formation of volatile compounds of Pošip wine. Pošip wine samples were produced using the *sur lie* method and two yeast species: *Saccharomyces cerevisiae* (sample I) and *Torulaspota delbrueckii* (sample II). Volatile compounds were isolated by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). 20 compounds were identified in sample I representing 96,48 % of the total volatiles, while 19 compounds were identified in sample II representing 92,27 % of the total volatiles. The identified volatile compounds are classified into the following chemical classes: alcohols, esters, aldehydes, monoterpenes, norisoprenoids and nitrogen compounds. The most abundant volatile compounds in both wine samples were esters, among which the highest content belongs to ethyl octanoate and ethyl hexanoate. Isoamyl alcohol and isoamyl acetate were present in a higher content in sample I, while furfural and norisoprenoids were present in a higher content in sample II. The results of this work show that the use of different yeast species contributes to the different composition of volatile compounds in wine, and thus to aroma which is an important segment of wine quality.

Key words: Pošip wine, yeasts, volatile compounds, HS-SPME, GC-MS.

Uvod

Vino je najznačajniji prehrambeni proizvod grožđa (Lampír i Pavloušek, 2013) te jedno od najraširenijih alkoholnih pića na svijetu. Senzorska obilježja vina, posebice okus i aroma, imaju važnu ulogu u postizanju konačne kvalitete vina. Aroma vina se obično dijeli na: primarnu aromu koju čine hlapljivi spojevi koji potječu iz voća i karakteristični su za sortu grožđa, zatim sekundarnu aromu koju čine spojevi nastali tijekom vinifikacije/fermentacije te tercijarnu aromu za koju su odgovorni spojevi nastali tijekom dozrijevanja i starenja vina (Mina i Tsaltas, 2017). U vinu je identificirano nekoliko stotina hlapljivih spojeva: terpeni, fenoli, alkoholi, esteri, aldehidi, ketoni, laktani i dr., s koncentracijama u rasponu od nekoliko ng/L do stotina mg/L (Zhang et al., 2023). Količina hlapljivih sastojaka u vinu ovisi o nizu čimbenika, uključujući: područje uzgoja, agrotehničke mjere, sortu i stupanj zrelosti grožđa, uvjete vinifikacije, posebice fermentaciju i dozrijevanje (Muñoz-Redondo et al., 2020).

Posljednjih godina potrošači diljem svijeta sve više preferiraju vina sa specifičnim aromatičnim obilježjima što potiče vinare na korištenje različitih enoloških sredstava te modifikaciju uvjeta tehnološkog procesa proizvodnje vina s ciljem postizanja kompleksnosti arome vina. U tom smislu velika pozornost se daje primjeni ne-*Saccharomyces* kvasaca kojima se pripisuju poželjne enološke sposobnosti, posebice u produkciji visoke razine aromatičnih spojeva kao i nekolicine enzima (esteraza, β -glikozidaza, lipaza i proteaza) (Zhang et al., 2018). Duan et al. (2018) navode kako različite vrste kvasaca sadrže različite enzime koji cijepaju glikozidne veze prekursora arome pri čemu otpuštaju hlapljive spojeve u vino tijekom fermentacije. Specifična aktivnosti β -D-glukozidaze kod ne-

Saccharomyces kvasaca dobro je opisana u literaturi, što objašnjava zašto različiti rodovi/vrste mogu imati različit učinak na enološki profil (Tufariello et al., 2021).

Cilj ovog rada bio je utvrditi razlike u kemijskom sastavu hlapljivih spojeva vina Pošip proizvedenih *sur lie* metodom (dozrijevanje vina na talogu kvasaca) korištenjem kvasca *Saccharomyces cerevisiae* i ne-*Saccharomyces* kvasca *Torulaspota delbrueckii*. Pošip je kultivar uskog areala rasprostranjenosti, a najviše se uzgaja na otoku Korčuli. Bujnog je trsa, visokog rodnog potencijala, uz mogućnost nakupljanja visokog sadržaja sladora. Vino sorte Pošip jedno je od tipičnih južnih bijelih vina, prepoznatljivo po svojoj harmoničnosti, svježini i specifičnoj aromi (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Materijali i metode

Materijal

Ispitivanja u ovom radu provedena su u laboratoriju Veleučilišta „Marko Marulić“ u Kninu na vinima sorte Pošip pri čemu je korišteno grožđe iz Korčulanskog vinogorja (Položaj Smokvica). Grožđe je ubrano pri optimalnoj tehnološkoj zrelosti (23,6° brix-a, pH 3,45 i ukupnim kiselinama 6,1 g/L) u jutarnjim satima i prevezeno u vinariju gdje se hladilo do 15 °C prije prerade. Tehnološki proces prerade je započeo prešanjem cijelih grozdova u pneumatskoj preši Vaslin Bucher XP5000 uz dodatak kalijevog metabisulfita ($K_2S_2O_5$) od 6 g/100 kg grožđa, suhog leda (CO_2) i pektolitičkih enzima Lafazym Press (Laffort) u količini od 2 g/100 kg grožđa. Dobiveni mošt je dosumporen do količine od 55 mg/L ukupnog SO_2 i ohlađen na temperaturu ispod 10 °C kako bi postupak rasluzivanja bio što efikasniji. Cjelokupna količina samotoka od 3000 L nalazila se u jednom tanku za rasluzivanje. Nakon 18 sati mošt je dekantiran s taloga i razliven u inox posude za fermentaciju. Za alkoholnu fermentaciju korišteni su kvasci Zymaflore X5 (*Saccharomyces cerevisiae*) i Zymaflore Alpha (*Torulaspota delbrueckii*) proizvođača Laffort. Temperatura tijekom alkoholne fermentacije bila je 15-18 °C, a fermentacija je trajala 14 dana. Po završetku fermentacije mlado vino je dosumporeno sa SO_2 u količini od 50 mg/L kako bi se spriječila malolaktična fermentacija. Vino je odležavalo na talogu sedam mjeseci u zasebnim inox posudama uz periodično miješanje taloga, nakon čega je dekantirano s taloga. Uzorci za analizu su buteljirani u tamne staklene boce od 750 mL s plutenim čepom (slika 1) koje su pohranjene i čuvane na temperaturi od 10 °C do trenutka analize. Uzorci za analizu su označeni na sljedeći način:

Uzorak I – vino za koje je korišten kvasac Zymaflore X5 (*Saccharomyces cerevisiae*);

Uzorak II – vino za koje je korišten kvasac Zymaflore Alpha (*Torulaspota delbrueckii*).



Slika 1. Uzorci vina (Foto: T. Svalina, 2022).
Figure 1. Wine samples (Photo: T. Svalina, 2022).

Izolacija hlapljivih spojeva

Hlapljivi spojevi vina izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na čvrstoj fazi (HS-SPME) pri čemu je korišteno vlakno divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS, Agilent Technologies, SAD). Prije upotrebe vlakno je aktivirano kondicioniranjem u skladu s uputama proizvođača, nakon čega je korišteno za izolaciju vršnih para uzoraka. U staklenu vialicu volumena 20 mL stavljeno je 7 mL uzorka vina i 2 g NaCl. Vialica je hermetički zatvorena PTFE/silikon septom i postavljena u vodenu kupelj pri 40 °C, a sadržaj je miješan pomoću magnetske miješalice (750 okretaja/min). Nakon kondicioniranja uzorka (20 min) SPME igla je postavljena u vialicu te je provedena ekstrakcija vršnih para u vremenu od 40 minuta. Po završetku ekstrakcije SPME vlakno je vraćeno u iglu i odmah postavljeno u GC injektor (220 °C, 7 min) gdje je došlo do toplinske desorpcije ekstrahiranih spojeva izravno u GC kolonu.

Analiza hlapljivih spojeva

Analiza hlapljivih spojeva vina Pošip provedena je vezanim sustavom plinska kromatografija-spektrometrija masa (GC-MS). U radu je korišten plinski kromatograf model 7890A i spektrometar masa model 5575C proizvođača Agilent Technologies, SAD (slika 2). Separacija hlapljivih spojeva izvedena je na HP-5MS nepolarnoj koloni duljine 30 m, promjera 0,25 mm i debljine sloja 0,25 µm (J&W, SAD). Plin nositelj bio je helij s protokom 1,3 mL/min, temperatura injektora iznosila je 220 °C, temperatura detektora 280 °C, a energija ionizacije 71 eV. Temperatura peći je programirana

na sljedeći način: 3 min izotermno pri 40 °C, zatim od 40 °C do 200 °C s porastom temperature od 3 °C/min. Identifikacija hlapljivih spojeva provedena je na temelju njihovih retencijskih vremena i usporedbom masenih spektara tih spojeva s masenim spektrima iz komercijalnih biblioteka masenih spektara (Wiley 275 i NIST14).



Slika 2. Vezani sustav plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS) (Foto: T. Svalina, 2022).

Figure 2. Gas-chromatography-mass spectrometry system (GC-MS) (Photo: T. Svalina, 2022).

Rezultati i diskusija

Rezultati analize hlapljivih spojeva uzoraka vina Pošip, proizvedenih korištenjem različitih vrsta kvasaca, (Zymaflore X5 – *Saccharomyces cerevisiae* i Zymaflore Alpha – *Torulaspora delbrueckii*) prikazani su kao srednja vrijednost tri ponavljanja. Udio svakog spoja u uzorku predstavlja udio površine pika tog spoja u ukupnoj površini svih pikova (tablica 1; slika 3).

Tablica 1. Kemijski sastav hlapljivih spojeva vina Pošip.

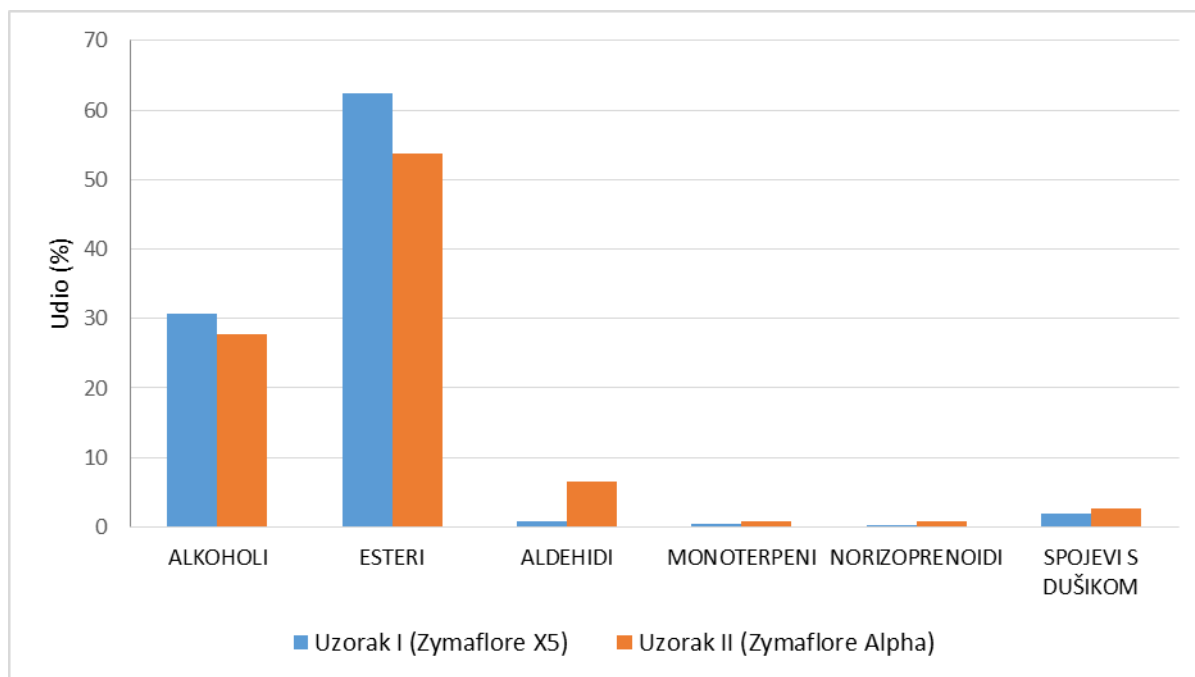
Table 1. Chemical composition of Pošip wine volatiles.

SASTOJAK	RT	Udio (%)	
		UZORAK I (Zymaflore X5)	UZORAK II (Zymaflore Alpha)
Alkoholi		30,76	27,8
Izoamil-alkohol	4,038	29,59	25,62
Heksan-1-ol	7,693	0,1	–
2-Feniletanol	18,715	1,07	2,18
Esteri		62,5	53,72

SASTOJAK	RT	Udio (%)	
		UZORAK I (Zymaflore X5)	UZORAK II (Zymaflore Alpha)
Etil-acetat	2,281	–	0,25
Etil-butanoat	5,468	0,28	–
Izoamil-acetat	7,976	10,94	1,72
Etil-heksanoat	13,466	11,26	13,61
Heksil-acetat	14,03	0,43	0,22
Metil-oktanoat	19,379	0,42	0,69
Dietil-sukcinat	22,125	0,39	1,02
Etil-oktanoat	22,989	29,86	29,23
2-Feniletil-acetat	25,365	0,47	0,26
Propil-oktanoat	27,149	0,11	–
Metil-dekanoat	28,318	0,13	0,13
Etil-dec-9-enoat	31,177	0,19	0,34
Etil-dekanoat	31,604	7,88	6,25
Etil-dodekanoat	39,429	0,14	–
Aldehidi		0,88	6,44
Furfural	6,219	0,88	6,44
Monoterpeni		0,43	0,84
Linalol	18,157	0,43	0,84
Norizoprenoidi		0,08	0,76
Vitispiran	26,228	–	0,33
TDN	29,432	–	0,11
β-Damaskenon	30,923	0,08	0,32
Spojevi s dušikom		1,83	2,71
Metoksi-fenil-oksim	10,169	1,83	2,71
Ukupno identificirano (%)		96,48	92,27

RT – retencijsko vrijeme

RT – Retention time



Slika 3. Hlapljivi spojevi po kemijskim skupinama u uzorcima vina Pošip
Figure 3. Volatile compounds in Pošip wine samples according to chemical class

Rezultati analize hlapljivih spojeva uzoraka vina Pošip (tablica 1) pokazuju da je u uzorku I identificirano 20 spojeva, od čega su: 3 alkohola, 13 estera, 1 aldehid, 1 monoterpen, 1 norizoprenoid i 1 spoj s dušikom, koji čine 96,48 % ukupno identificiranih spojeva. U uzorku II identificirano je 19 spojeva: 2 alkohola, 11 estera, 1 aldehid, 1 monoterpen, 3 norizoprenoide i 1 spoj s dušikom, koji čine 92,27 % ukupno identificiranih spojeva. Hlapljivi spojevi koji su identificirani samo u uzorku I su heksan-1-ol, etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat, dok su etil-acetat, TDN i vitispiran karakteristični za uzorak II. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u ispitanim uzorcima vina bili su esteri i viši alkoholi (tablica 1; slika 3).

Viši alkoholi su važna skupina hlapljivih spojeva koji nastaju tijekom alkoholne fermentacije i uz estere su glavni nosioci sekundarne arome vina. Mogu nastati metabolizmom ugljikohidrata (anabolički) i transformacijom odgovarajućih aminokiselina (katabolički) – Ehrlichova reakcija. Ehrlichov put se sastoji od tri koraka: transaminacija aminokiselina u odgovarajuću α -keto kiselinu, dekarboksilacija u aldehid, i redukcija u odgovarajući viši alkohol pomoću alkohol dehidrogenaze (Cordente et al., 2021). Najzastupljeniji alkohol u oba uzorka vina bio je izoamilni alkohol. Prema Ribéreau-Gayon et al. (2006), sadržaj viših alkohola u vinu varira ovisno o uvjetima fermentacije, vrsti kvasca, oksigenaciji, temperaturi fermentacije te prisutnosti čestica u suspenziji mošta. Budući da su mošt i uvjeti fermentacije u oba uzorka bili isti, razlika u zastupljenosti izoamil-alkohola u ispitanim uzorcima vina može se pripisati vrsti korištenih kvasaca. Prema Zhang et al. (2018), koncentracija viših alkohola u vinima od 300 do 400 mg/L je prihvatljiva, no optimalna koncentracija

koja pridonosi ugodnoj i poželjnoj aromi vina je ispod 300 mg/L. Osim 2-feniletanola, koji nastaje iz fenilalanina i povezuje se s mirisom ruže, pojedinačni doprinos viših alkohola u ukupnoj aromi vina se ne smatra ugodnim pri višim koncentracijama (Cordente et al., 2021). Prema Marcon et al. (2018), vina dobivena fermentacijom pomoću *Torulaspore delbrueckii* u pravilu rezultiraju višim koncentracijama 2-feniletanola, koji doprinosi pozitivnim aromatičnim obilježjima. Slično pokazuju i rezultati ovog rada u kojima se također vidi veća zastupljenost 2-feniletanola u uzorku II.

Esteri su skupina od najveće važnosti u vinu i obično su najdominantniji u formiranju arome konačnog proizvoda. U vinu su važne dvije grupe estera: esteri koji nastaju tijekom alkoholne fermentacije, i imaju izrazito svježje, voćne arome, te grupa estera koji nastaju tijekom dozrijevanja vina (Alpeza, 2008). Najvažniji čimbenici koji utječu na formiranje estera su: sadržaj šećera, kisika, lipida, raspoloživog dušika te temperatura fermentacije (Ugliano i Henschke, 2009). Prema Mina i Tsaltas (2017), esteri koji najviše pridonose aromi vina su: etil-acetat, izoamil-acetat, izobutil-acetat, etil-heksanoat i 2-feniletil-acetat. Etil-acetat, izoamil-acetat i 2-feniletil-acetat su karakterizirani svježim, cvjetnim i voćnim mirisom, dok se etil-heksanoat, etil-oktanoat i etil-dekanoat dovode u vezu s mirisom na jabuku i svježje voće (Ugliano i Henschke, 2009). U oba uzorka vina najzastupljenija skupina hlapljivih spojeva bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. Etil-acetat utvrđen je samo u uzorku II, dok su etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat identificirani u uzorku I. Među uzorcima vidljiva je i znatna razlika u udjelu izoamil-acetata (10,94 % u uzorku I i 1,72 % u uzorku II), premda Plata et al. (2003) navode da kvasci *Torulaspore delbrueckii* i *Saccharomyces cerevisiae* proizvode srednje razine izoamil-acetata tijekom alkoholne fermentacije.

Pereira et al. (2022) navode kako hidrosimetilfurfural i furfural uglavnom nastaju kroz Maillardove reakcije neezimatskog posmeđivanja te mogu biti ekstrahirani iz drveta tijekom dozrijevanja vina. Prema Martin-Garcia et al. (2023), aldehidi su uglavnom produkti razgradnje ugljikohidrata i lignina te su odgovorni za "toasty" arome. Isti autori su utvrdili povećanje sadržaja aldehida (furfurala, benzaldehida, 2-metilbenzaldehida i 3-metilbenzaldehida) u pjenušavom *Cava* vinu tijekom starenja, a to povećanje pripisuju kontaktu s fermentacijskim talogom odnosno adsorpcijom spomenutih aldehida iz taloga. Aumatell et al. (2013) navode kako je dozrijevanje vina na talogu ključni čimbenik u postizanju konačnog bouqueta pjenušavog *Cava* vina koji se opisuje kao *toasty*, mliječni i slatki, što se pripisuje prisutnosti furana, laktona i norizoprenoida u sastavu hlapljivih spojeva vina. U skupini aldehida identificiran je samo furfural s znatno većim udjelom u uzorku II (6,44 %) u odnosu na uzorak I (0,88 %). S obzirom da su vina u okviru ovog istraživanja proizvedena *sur lie* tehnologijom, razlika u udjelu furfurala među ispitanim uzorcima može biti uvjetovana aktivnošću korištenih kvasaca, tj. mogućnošću da ne-*Saccharomyces* kvasci u uvjetima *sur lie* tehnologije produciraju više aldehida. Jagatić Korenika et al. (2020) istraživali su aromatični profil hrvatskih pjenušavih vina u kojima su utvrdili prisutnost furfurala, linalool oksida i geranil-acetata. Prema Wang (2014), acetatni i

etilni esteri su dominantni spojevi u mladim vinima i njihova koncentracija se dozrijevanjem vina smanjuje, dok se udjeli spojeva kao što su vitispiran, dietil-sukcinat, TDN i etil-acetat povećavaju tijekom starenja i kontakta s talogom.

Aromatični spojevi koji potječu iz grožđa imaju značajnu ulogu na senzorska obilježja vina. U okviru ovih spojeva važno mjesto zauzimaju terpeni i norizoprenoidi. Utjecaj terpenskih spojeva na aromu vina najvećim dijelom je vezan za monoterpe linalol, nerol i citronelol kojima se pripisuju cvjetni, voćni i citrusni mirisi (Li et al., 2019). U oba uzorka vina zabilježena je prisutnost monoterpena linalola koji ima karakterističnu cvjetnu aromu s začinskim notama limuna. Azzolini et al. (2012) su istraživali utjecaj kvasaca *Torulasporea delbrueckii* i *Saccharomyces cerevisiae* na aromatični profil *Amarone* vina pri čemu su utvrdili četiri puta veću aktivnost enzima β -glukozidaze kod kvasca *T. delbrueckii*. Iz navedenog je jasno kako enzimaska aktivnost kvasca *T. delbrueckii* pozitivno utječe na aromu vina oslobađajući sorte terpe iz nemirisnih prekursora. Uz to, isti autori navode kako je nastanak viših alkohola u vinima pod direktnim utjecajem aktivnosti enzima β -glukozidaze.

Norizoprenoidi nastaju iz karotenoida i uz terpe su glavni nosioci primarne arome vina. Sintetiziraju se djelovanjem dioksigenaza, enzima koji cijepaju karotenoidne supstrate na različitim mjestima u lancu pri čemu nastaju produkti različitih veličina (Ilc et al., 2016). Spojevi iz skupine norizoprenoida koji su najviše proučavani su C13-norizoprenoidi. Najvažniji predstavnici ovih spojeva u vinu su β -damaskenon, β -ionon, 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen (TDN), (E)-1-(2,3,6-trimetilfenil)buta-1,3-dien (TPB) i vitispiran (Black et al., 2015; Slaghenaufi et al., 2022). β -damaskenon povezuje se s aromom meda, β -ionon mirisom sličnim malini (Li et al., 2019), a TDN ima karakterističan miris na kerozin (Black et al., 2015). U skupini norizoprenoida identificirani su vitispiran, TDN i β -damaskenon u uzorku II, dok je u uzorku I identificiran samo β -damaskenon. Uzorak II imao je veći udjel norizoprenoida (0,76 %) u odnosu na uzorak I (0,08 %). Od spojeva s dušikom identificiran je samo metoksi-fenil-oksim s udjelom od 1,83 % u uzorku I i 2,71 % u uzorku II.

Zaključak

Na temelju rezultata dobivenih ovim istraživanjem utvrđene su kvalitativne i kvantitativne razlike u sastavu hlapljivih spojeva ispitanih uzoraka vina Pošip. Identificirani spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: alkoholi, esteri, aldehidi, monoterpeni, norizoprenoidi i spojevi s dušikom. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u oba uzorka vina bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. Glavne razlike među ispitanim uzorcima očituju se kroz prisutnost/odsutnost pojedinih hlapljivih spojeva u uzorcima vina. Tako su primjerice heksan-1-ol, etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat identificirani samo u uzorku I, dok su etil-acetat, TDN i vitispiran karakteristični za uzorak II. U uzorku I utvrđen je veći udjel estera i spojeva s dušikom, dok su furfural i norizoprenoidi prisutni u većem udjelu u uzorku II. Rezultati ovog rada pokazuju da

primjena vrste kvasca doprinosi različitom sastavu hlapljivih spojeva u vinu, a time i aromi kao važnom segmentu kvalitete vina.

Zahvala

U radu su prikazani rezultati istraživanja dobiveni prilikom izrade završnog rada studenta Andreja Uremovića, bacc. ing. agr. (vidi Literaturu).

Literatura

Alpeza, I. (2008). Temelji kemijskog sastava vina. *Glasnik zaštite bilja*, 31(6), 143-150.

Aumatell, M.R., Torrens, J., Sánchez, S.B., Tamames, E.L. (2013). Cava (Spanish sparkling wine) aroma: composition and determination methods. U: *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences III*, Muñoz-Torrero, D., Cortés, A., Mariño, E.L. (ur.), Transworld Research Network, 45-60.

Azzolini, M., Fedrizzi, B., Tosi, E., Finato, F., Vagnoli, P., Scrinzi, C., Zapparoli, G. (2012). Effects of *Torulasporea delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed cultures on fermentation and aroma of Amarone wine. *European Food Research and Technology*, 235, 303-313.

Black, C.A., Parker, M., Siebert, T.E., Capone, D.L. and Francis, I.L. (2015). Terpenoids: role in wine flavour. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, 582-600. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>

Cordente, A.G., Espinase Nandorfy, D., Solomon, M., Schulkin, A., Kolouchova, R., Francis, I.L., Schmidt, S.A. (2021). Aromatic Higher Alcohols in Wine: Implication on Aroma and Palate Attributes during Chardonnay Aging. *Molecules*, 26, 4979. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>

Duan, WP., Zhu, B., Song, RR., Zhang, B., Lan, Y., Zhu, X., Duan, CQ., Han, SY. (2018). Volatile composition and aromatic attributes of wine made with *Vitisvinifera L.* cv Cabernet Sauvignon grapes in the Xinjiang region of China: effect of different commercial yeasts. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1423-1441. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1479860>

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, 1472. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01472>

Jagatić Korenika, AM., Preiner, D., Tomaz, I., Jero, A. (2020). Volatile Profile Characterization of Croatian Commercial Sparkling Wines. *Molecules*, 25, 4349. <https://doi.org/10.3390/molecules25184349>

Lampř, L., Pavloušek, P. (2013). Influence of Locality on Content of Phenolic Compounds in White Wines. *Czech Journal of Food Sciences*, 31, 619-626.

- Li, Z., Howell, K., Fang, Z., Zhang, P. (2019). Sesquiterpenes in grapes and wines: Occurrence, biosynthesis, functionality, and influence of winemaking processes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 247-281. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12516>
- Marcon, A.R., Schwarz, L.V., Dutra, S.V., Moura, S., Agostini, F., Delamare, A.P.L., Echeverrigaray, S. (2018). Contribution of a Brazilian *Torulaspora delbrueckii* isolate and a commercial *Saccharomyces cerevisiae* to the aroma profile and sensory characteristics of Moscato Branco wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24, 461-468. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12347>
- Martín-García, A., Riu-Aumatell, M., López-Tamames, E. (2023). Characterization of white and rosé sparkling wine lees surface volatiles. *BIO Web of Conferences*, 56, 02031. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602031>
- Mina, M., Tsaltas, D. (2017). Contribution of Yeast in Wine Aroma and Flavour. U: *Yeasts – Industrial Applications*, Morata, A., Loira, I. (ur.), London, UK: InTechOpen, 117-134.
- Mirošević, N., Karoglan Kontić, J. (2008). *Vinogradarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
- Muñoz-Redondo, J. M., Ruiz-Moreno, M. J., Puertas, B., Cantos-Villar, E., Moreno-Rojas, J.M. (2020). Multivariate optimization of headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of terpenoids in sparkling wines. *Talanta*, 208, 120483. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120483>
- Pereira, V., Leça, J.M., Freitas, A.I., Pereira, A.C., Pontes, M., Albuquerque, F., Marques, J.C. (2022). Unveiling the Evolution of Madeira Wine Key Metabolites: A Three-Year Follow-Up Study. *Processes*, 10, 1019. <https://doi.org/10.3390/pr10051019>
- Plata, C., Millán C., Mauricio, J.C., Ortega, J.M. (2003). Formation of ethyl and isoamyl acetate by various species of wine yeasts. *Food Microbiology*, 20, 217-224. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00101-6](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00101-6)
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology Volume 2: The Chemistry of Wine – Stabilization and Treatments, 2nd Edition*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley & Sons Ltd.
- Slaghenauffi et al. (2022). Monoterpenoids and norisoprenoids in Italian red wines: This article is published in cooperation with Macrowine 2021, 23-30 June 2021. *OENO One*, 56, 185-193. <https://doi.org/10.20870/oenone.2022.56.3.5387>

Tufariello, M., Fragasso, M., Pico Carbajo, J., Panighel, A., Castellarin, S.D., Flamini, R., Grieco, F. (2021). Influence of Non-Saccharomyces on Wine Chemistry: A Focus on Aroma-Related Compounds. *Molecules*, 26, 644. <https://doi.org/10.3390/molecules26030644>

Ugliano, M., Henschke, P.A. (2009). Yeasts and wine flavor. U: *Wine Chemistry and Biochemistry*, Moreno-Arribas M.V., Polo M.C. (ur.), New York, USA: Springer Science & Business Media, LLC., 313-392.

Uremović, A. (2022). Utjecaj različitih rodova kvasaca na vino sorte Pošip, Završni rad, Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu.

Zhang, BQ., Luan, Y., Duan, CQ., Yan, GL. (2018). Use of *Torulaspora delbrueckii* Co-fermentation With Two *Saccharomyces cerevisiae* Strains With Different Aromatic Characteristic to Improve the Diversity of Red Wine Aroma Profile. *Frontiers in Microbiology*, 9, 606. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00606>

Zhang, L., Liu, Q., Li, Y., Liu, S., Tu, Q., Yuan, C. (2023). Characterization of wine volatile compounds from different regions and varieties by HS-SPME/GC-MS coupled with chemometrics. *Current Research in Food Science*, 6, 100418. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2022.100418>

Wang, Y. (2014). Characterisation of lees and Novel uses for Yeast Lees to Create New Wine Styles. Doctoral thesis, School of Agriculture, Food and Wine, University of Adelaide.

Primljeno: 21. siječnja 2024. godine.

Received: January 21, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.