

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, Lundåkerskolan, 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 vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja

Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils

Mladenka Šarolić^{1*}, Anita Pitarević¹, Zvonimir Marijanović¹, Zlatka Knezović^{1,2}

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.2

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Djevičansko maslinovo ulje se za razliku od većine biljnih ulja dobiva pomoću niza mehaničkih tehnoloških operacija kojima je svrha izdvojiti nastale kapljice ulja u stanicama pulpe ploda maslina. Dobiveno ulje je prirodno stvorena masnoća u plodu masline i odlikuje se jedinstvenim kemijskim sastavom i specifičnom ugodnom aromom. Zato se može konzumirati izravno bez ikakvog daljnjeg rafinacijskog tretmana. Cilj ovog rada bio je utvrditi kako vrijeme skladištenja utječe na aromatični profil djevičanskog maslinovog ulja. Istraživanje je provedeno na tri uzorka ekstra djevičanskog maslinovog ulja, nakon prerade te svaka tri mjeseca u periodu od godine dana čuvanja u zatvorenoj tamnoj staklenoj boci, na suhom i tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi. U ovom radu izolacija hlapljivih spojeva ulja provedena je mikroekstrakcijom vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) korištenjem sivog vlakna s DVB/CAR/PDMS ovojnicom. Analiza izoliranih hlapljivih spojeva provedena je spregnutom tehnikom plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS). Identificirani hlapljivi spojevi pripadaju sljedećim kemijskim skupinama: aldehidi, alkoholi, ketoni, kiseline, alifatski ugljikovodici i terpeni. Među hlapljivim spojevima dominantni su bili aldehidi, a najzastupljeniji spoj u svim uzorcima bio je (*E*)-heks-2-enal koji je okarakteriziran mirisom na zelenu i svježe pokošenu travu. Dobiveni rezultati ukazali su na promjene u aromatičnom profilu djevičanskih maslinovih ulja tijekom vremena skladištenja. Uglavnom su se odnosile na smanjenje udjela C-6 aldehida (*E*)-heks-2-enala te rast udjela C-6 alkohola (heksanola) odgovornih za „zelene“ i svježe note.

Ključne riječi: djevičanska maslinova ulja, skladištenje, aromatični profil, HS-SPME, GC-MS.

¹ Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split, Republika Hrvatska.

* E-mail: msarolic@ktf-split.hr (dopisna autorica).

² Završena studentica diplomskog sveučilišnog studija Prehrambena tehnologija.

³ Šarolić, M., Pitarević, A., Marijanović, Z., Knezović, Z. (2024). Utjecaj vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja. *Glasilo Future*, 7(1), 13–27. / Šarolić, M., Pitarević, A., Marijanović, Z., Knezović, Z. (2024). Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils. *Glasilo Future*, 7(1), 13–27.

Abstract

Unlike most vegetable oils, virgin olive oil is obtained using a series of mechanical technological operations aimed at extracting the resulting droplets of oil in the pulp cells of the olive fruit. The resulting oil is a naturally created fat in the olive fruit and is distinguished by its unique chemical composition and specific pleasant aroma. That is why it can be consumed directly without any further refining treatment. The aim of this study was to determine how storage time affects the aromatic profile of virgin olive oil. The study was conducted on three samples of virgin olive oils, after processing and every three months for a period of one year of storage in a closed dark glass bottle in a dry and dark place at room temperature. In this paper, volatile compounds were isolated by solid phase microextraction (HS-SPME) using DVB/CAR/PDMS fiber. Analysis of isolated volatile compounds was carried out using coupled technique of gas chromatography- mass spectrometry (GC-MS). The identified volatile compounds belong to the following chemical groups: aldehydes, alcohols, ketones, acids, aliphatic hydrocarbons and terpenes. Among volatile compounds aldehydes were predominant and the most abundant compound were (*E*)-hex-2-enal which is characterised by green and fresh cut grass odour. The obtained obtained indicated changes in the aromatic profile of the virgin olive oils during storage. They mainly related to the decrease in the content of C-6 aldehydes (*E*)-hex-2-enal and the increase in the content of C-6 alcohol (hexanol) responsible for "green" and fresh notes.

Key words: virgin olive oils, storage, aromatic profile, HS-SPME, GC-MS.

Uvod

Ekstra djevičansko maslinovo ulje se smatra izvrsnom prirodnom i funkcionalnom hranom dobivenom iz plodova maslina mehaničkim ili fizičkim putem. Visoki udio jednostrokonezasićene oleinske kiseline, fenolnih spojeva, vitamina te ostalih biološki vrijednih sastojaka čini ovo ulje jedinstvenim među ostalim biljnim uljima (Shendi et al., 2018). Posebna i specifična aroma djevičanskih maslinovih ulja dobivenih od zdravih plodova maslina, ubranih u optimalnoj fazi zrelosti obično se opisuje osjetilnim percepcijama koje podsjećaju na svježe pokošenu travu, lišće, cvijeće, zeleno voće (jabuka, banana, badem) ili povrće (rajčica, artičoka) uz manje ili više izražene intenzitete gorčine ili pikantnosti (Campestre et al., 2017). Iako je poznat i istražen veliki broj aromatičnih spojeva, nisu svi jednako važni za doprinos ukupnom doživljaju i senzorskim karakteristikama maslinovog ulja. Hlapljivi spojevi djevičanskih maslinovih ulja svrstani su u nekoliko kemijskih skupina: alifatski i aromatski ugljikovodici, aldehidi, alkoholi, esteri, kiseline, terpeni derivati tiofena. Među njima, C-6 zasićeni i nezasićeni aldehidi su najzastupljenija frakcija u ukupnom aromatičnom profilu visoko kvalitetnih ekstra djevičanskih maslinovih ulja koji uglavnom doprinose "zelenim" mirisnim obilježjima (Campestre et al., 2017; Angerosa et al., 2000). Na sastav hlapljivih spojeva ulja utječe niz čimbenika, među kojima je najvažnija sorta, koja uvjetuje aktivnost enzima. Hlapljive tvari s

poželjnim mirisnim svojstvima ovise o aktivnosti endogenih enzima uključenih u put lipoksigenaze (Gomes da Silva et al., 2012). Aroma je važan segment kvalitete djevičanskih maslinovih ulja, a identifikacija spojeva koji pridonose aromi, osobito je važna u kontroli kvalitete i provjeri autentičnosti. Na kvalitetu maslinovog ulja utječe niz prirodnih i ljudskih čimbenika, a posebno važno je skladištenje, odnosno čuvanje maslinovog ulja. Najveći nepoželjni čimbenici kvalitete maslinovog ulja su temperatura, kisik (zrak), svjetlost te strani mirisi. Nakon prerade maslina, proizvedeno maslinovo ulje je potrebno skladištiti u tamnim prostorijama, koje nemaju nagle promjene temperature, već se temperatura kreće od 15 do 18 °C. Kisik se u nadprostoru ulja može ukloniti na način da se istisne zrak i da se nadomjesti inertnim plinom primjerice dušikom. Za čuvanje manjih količina ulja prikladne su tamne staklene boce s minimalnim praznim prostorom iznad ulja, kako bi se spriječio utjecaj kisika te usporila oksidacija i degradacija poželjnih mirisnih tvari (Koprivnjak, 2006). Čuvanje ulja u spremniku s dušikom u natprostoru na tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi povećava oksidativnu stabilnost te time rok trajnosti ulja (Boskou, 2006). Veće količine ulja čuvaju se u spremnicima koji štite ulje od svjetlosti i pristupa zraka, otporni su na mehanička oštećenja i koroziju, lako perivi, inertni u odnosu na ulje bez da ispuštaju pojedine sastojke u njega te zadržavaju konstantu temperaturu. Najčešće korišteni spremnici su od nehrđajućeg čelika (inox), lima, stakla i plastike. Plastični spremnici ne pružaju dovoljnu zaštitu od kisika jer nisu potpuno hermetični te plastika može apsorbirati tvari iz ulja (Koprivnjak, 2006). Tijekom čuvanja, djevičanska maslinova ulja gube na kvaliteti, što se očituje gubitkom prirodnih antioksidansa, poželjnih mirisnih tvari te pojavom kvarenja. Ovi procesi se ne mogu zaustaviti, već se mogu usporiti pravilnom doradom i skladištenjem (Škarica et al., 1996). Skladištenjem maslinovog ulja gube se poželjni produkti lipoksigenaznog puta (C-6 aldehidi, alkoholi, esteri), a reakcijama kemijske oksidacije nastaju brojni nepoželjni spojevi koji su odgovorni za pojavu mana ili defekata (Gugić et al., 2017).

Materijali i metode

Materijal

Ispitivanja u ovom radu provedena su na ekstra djevičanskim maslinovim uljima dobivenim iz plodova maslina u ekološkom sustavu uzgoja iz mjesta Šestanovac proizvođača „Jurin dvor“. Za potrebe ovog rada ispitivanja su vršena na 3 uzorka ekstra djevičanskih maslinovih ulja od kojih su dva sortna ulja (sorte *Oblica* i *Leccino*) te jedan uzorak višesortnog ulja. Ulja su nakon proizvodnje čuvana u bocama od tamnog stakla na suhom i tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi.

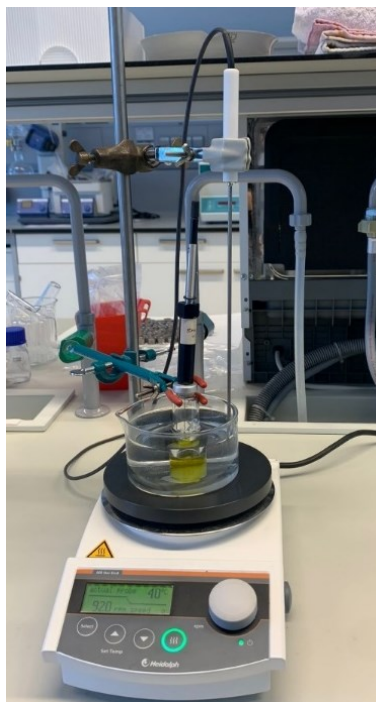


Slika 1. Uzorci ekstra djevičanskih maslinovih ulja (Foto: M. Šarolić, 2023).
Figure 1. Virgin Olive oil samples (Photo: M. Šarolić, 2023).

Metode

Izolacija hlapljivih spojeva

Za potrebe ovog rada korišteno je sivo vlakno s ovojnicom divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) dužine 5 cm, koje je prije upotrebe, u skladu s uputama proizvođača (Supelco Co., SAD), aktivirano kondicioniranjem 60 min na 270 °C postavljanjem SPME igle u injektor plinskog kromatografa. Nakon kondicioniranja vlakno je korišteno za ekstrakciju vršnih para uzoraka maslinovih ulja. U staklenu vialicu od 15 mL stavljeno je 5 mL uzorka djevičanskog maslinovog ulja i 1g NaCl, te magnet za miješanje. Potom je vialica hermetički zatvorena PTFE/silikon septom te postavljena na kondicioniranje u vremenu od 15 minuta u vodenu kupelj (40 °C), a sadržaj u njoj je miješan pomoću magnetske miješalice (1000 okretaja/min). Nakon kondicioniranja uzorka, SPME igla je postavljena u posudu, a vlakno je izvučeno te je provedena ekstrakcija vršnih para u vremenu od 45 min pri 40 °C, uz konstantnu brzinu miješanja uzorka. U prostoru iznad uzorka ulja odvijala se adsorpcija hlapljivih spojeva iz uzorka na vlakno (slika 2).



Slika 2. Izolacija hlapljivih spojeva iz ekstra djevičanskih maslinovih ulja mikroekstrakcijom vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) (Foto: M. Šarolić, 2023).

Figure 2. Isolation of the volatile compounds from virgin olive oils by solid phase microextraction (HS-SPME) (Photo: M. Šarolić, 2023).

Analiza hlapljivih spojeva

Analiza izoliranih hlapljivih spojeva djevičanskih maslinovih ulja provedena je vezanim sustavom plinske kromatografije-spektrometrije masa (GC-MS), korištenjem plinskog kromatografa (Agilent Technologies, SAD), model 8890, u kombinaciji s Agilent Technologies (SAD) masenim detektorom, model 5977E, spojenim na računalo (slika 3). Analize hlapljivih spojeva provedene su korištenjem kolone s nepolarnom stacionarnom fazom (HP-5MS) sastava 5 % difenil-95 % dimetilpolisilksan, dimenzija 30 m x 0,25 mm, debljine sloja stacionarne faze 0,25 μm . Plin nositelj je bio helij, protoka 1 mL/min, omjer cijepanja 50:1, temperatura injektora iznosila je 250 °C, temperatura detektora 280 °C, energija ionizacije 70 eV. Temperatura peći je programirana kako slijedi: 3 min izotermno pri 70 °C, zatim zagrijavanje od 70 °C do 200 °C brzinom od 3 °C/min i zadržavanje od 2 min pri 200 °C. Podaci dobiveni GC-MS analizom za svaki uzorak daju: kromatogram ukupne ionske struje, vrijeme zadržavanja pojedine komponente i njezin relativni udio te naziv spoja čiji je spektar najbliži spektru nepoznate komponente (sličnosti uspoređenih spektara izraženi su u postotcima). Pojedinačni spojevi identificirani su usporedbom masenih spektara tih spojeva s masenih spektrima iz komercijalnih biblioteka masenih spektara Wiley9 (Wiley MS libraries) i NIST17 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, SAD) i/ili iz literature.



Slika 3. Vezani sustav plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS)
(Foto: M. Šarolić, 2023).

Figure 3. Coupling system gas-chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
(Photo: M. Šarolić, 2023).

Rezultati i rasprava

Rezultati analize hlapljivih spojeva ekstra djevičanskih maslinovih ulja analizirani su svaka tri mjeseca tijekom skladištenja u periodu od 12 mjeseci i prikazani su u tablicama 1, 2 i 3. U ispitanim uzorcima ulja ukupno su identificirana 24 hlapljiva spoja. Identificirani spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: aldehidi (8), alkoholi (6), esteri (1), kiseline (1), ketoni (2), alifatski ugljikovodici (3) i terpeni (3). Za svaki spoj navedeno je retencijsko vrijeme i retencijski indeks, relativni udio (%) te je za većinu spojeva dan senzorski opis.

Tablica 1. Hlapljivi spojevi ekstra djevičanskog maslinovog ulja sorte *Oblica*.
Table 1. Volatile compounds of virgin olive oil from *Oblica* variety.

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerađe (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome*
<i>Aldehidi</i>								
3-metilbutanal	1,473	649	2,21	3,86	3,52	3,86	3,89	slatko, voćno, slavno
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,957	754	1,12	1,03	0,96	0,39	0,22	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,669	791	25,54	24,62	23,82	18,97	14,25	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
heksanal	2,843	800	4,51	5,02	6,25	7,18	8,01	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,331	849	42,25	38,37	32,12	31,02	28,25	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-2,4-heksadienal	5,632	910	0,62	0,48	1,03	0,65	0,21	pokošena trava
4-oxo-hesk-2-enal	5,996	958	2,01	2,00	2,21	2,18	1,85	
nonanal	9,899	1102	0,08	0,23	0,75	1,53	1,71	citrusno, sapunasto, vosak, boja

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerađe (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Alkoholi</i>								
etanol	1,428	448	1,1 2	2,2 9	2,65	3,2 4	4,02	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,508	673	0,3 6	1,7 2	2,96	3,7 2	3,85	voćno, orašasto; blago zeleno, maslačno
(Z)-2-penten-1-ol	2,392	769	0,4 0	0,6 9	1,12	1,4 9	2,53	banana
(Z)-3-heksen-1-ol	3,515	858	3,2 4	5,2 0	5,32	9,5 2	10,03	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,516	864	0,3 1	1,3 8	2,21	3,0 1	3,56	cvjetno, aromatično, pokošena trava
<i>Esteri</i>								
metil-acetat	1,463	528	0,6 5	1,3 2	1,45	2,0 3	2,56	zeleno, esterski
<i>Kiseline</i>								
octena kiselina	1,548	660	0,2 3	1,6 9	2,03	2,1 5	2,56	kiselo, ocat
<i>Ketoni</i>								
1-penten-3-on	1,903	678	3,1 8	2,4 6	2,02	1,7 3	0,86	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno
pentan-3-on	1,959	700	0,2 3	1,1 2	1,24	2,0 2	2,65	slatko, eterski
<i>Alifatski ugljikovodici</i>								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,049	867	3,2 3	2,8 9	3,24	3,1 2	2,86	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,371	867	5,1 8	4,6 8	4,15	3,4 2	1,92	plijesniv
(E)-4,8-dimetil-nona-1,3,7-triene	10,851	1116,9	0,1 2	0,2 9	0,32	0,1 8	0,09	
<i>Terpeni</i>								
trans-β-ocimen	7,945	1050	0,1 4	0,1 2	0,15	0,0 9	0,11	slatko, biljno
α-kopaen	20,913	1376	2,6 4	1,4 5	1,02	0,8 9	0,62	drvo, začín
α-muurolen	25,947	1497	0,2 7	0,2 8	0,31	0,3 4	0,34	

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020.; Angerosa et al., 2004.; Tanouti et al., 2012.; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.).

RI - retencijski indeks.

Tablica 2. Hlapljivi spojevi ekstra djevičanskog maslinovog ulja sorte *Leccino*.

Table 2. Volatile compounds of virgin olive oil from *Leccino* variety.

Naziv spoja	RT	RI	nak on prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
Aldehidi								
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,9 57	754	1,15	0,23	0,16	0,35	1,06	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,6 69	791	3,02	2,65	1,32	1,12	0,62	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
Heksanal	2,8 43	800	5,01	5,52	6,03	6,55	7,82	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,3 31	849	56,3 1	52,8 9	48,1 8	45,0 3	36,5 1	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
Nonanal	9,8 99	110 2	0,14	0,20	0,36	0,54	1,68	citrusno, sapunasto, vosak, boja
Alkoholi								
Etanol	1,4 28	448	1,23	1,56	2,83	2,92	3,16	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,5 08	673	3,26	2,84	1,62	1,48	1,01	voćno, orašasto, blago zeleno, maslačno
(<i>Z</i>)-2-penten-1-ol	2,3 92	769	0,25	0,45	0,62	0,24	1,08	banana
(<i>E</i>)-2-heksen-1-ol	3,4 90	850	4,65	5,38	7,09	7,65	8,91	zeleno, voćno
(<i>Z</i>)-3-heksen-1-ol	3,5 15	858	0,18	1,65	2,86	5,01	6,25	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,5 16	864	2,22	2,97	4,24	5,52	6,84	cvjetno, aromatično, pokošena trava
Esteri								
metil-acetat	1,4 63	528	2,65	2,10	2,81	3,01	4,60	zeleno, esterski
Kiseline								
octena kiselina	1,5 48	660	1,24	2,15	2,42	3,02	3,74	kiselo, ocat
Ketoni								
1-penten-3-on	1,9 03	678	4,24	3,95	3,26	3,03	1,61	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno, riblji
pentan-3-on	1,9 59	700	0,23	0,54	2,12	1,92	2,36	slatko, eterski
Alifatski ugljikovodici								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,0 49	867	0,18	0,20	0,98	0,75	1,29	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,3 71	867	1,25	2,16	2,77	3,26	3,83	plijesniv
(<i>E</i>)-4,8-dimetil-nona-1,3,7-triene	10, 851	111 6,9	0,68	1,25	2,09	2,56	2,70	

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Terpeni</i>								
trans- β -ocimen	7,945	1050	3,27	2,95	1,12	0,65	0,25	slatko, biljno
α -kopaen	20,913	1376	0,41	0,17	0,08	0,18	0,25	drvo, začin
α -muurolen	25,947		0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020; Angerosa et al., 2004; Tanouti et al., 2012; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.).

RI - retencijski indeks.

Tablica 3. Hlapljivi spojevi višesortnog ekstra djevičanskog maslinovog ulja.

Table 3. Volatile compounds of multivarietal virgin olive oil.

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Aldehidi</i>								
3-metil-butanal	1,473	649	0,12	0,54	0,84	1,02	3,52	slatko, voćno, slatno
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,957	754	2,01	1,65	1,33	0,02	0,09	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,669	791	12,80	11,03	10,12	9,56	5,22	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
heksanal	2,843	800	8,65	9,12	10,92	11,02	12,14	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,331	849	52,47	49,01	43,32	39,03	34,02	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-2,4-heksadienal	5,632	910	0,08	0,03	0,01			pokošena trava
nonanal	9,899	1102	0,22	0,35	0,45	1,02	1,12	citrusno, sapunasto, vosak, boja
<i>Alkoholi</i>								
etanol	1,428	448	0,65	0,80	0,91	1,12	2,12	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,508	673	0,22	1,34	1,22	1,34	2,51	voćno, orašasto, blago zeleno, maslačno
(<i>Z</i>)-2-penten-1-ol	2,392	769	0,57	0,84	1,25	1,63	2,15	banana
(<i>Z</i>)-3-heksen-1-ol	3,515	858	0,65	2,02	3,85	5,12	6,32	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,516	864	1,12	2,25	5,18	8,56	9,84	cvjetno, aromatično, pokošena trava
<i>Esteri</i>								
metil-acetat	1,463	528	0,96	1,02	1,09	1,89	2,56	zeleno, esterski

Naziv spoja	RT	RI	nak on prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
Kiseline								
octena kiselina	154 8	660	0,84	1,23	1,65	2,03	2,56	kiselo, ocat
Ketoni								
1-penten-3-on	1,9 03	678	0,03	1,56	2,96	4,63	6,02	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno, riblji
pentan-3-on	1,9 59	700	4,32	4,12	3,05	1,52	1,15	slatko, eterski
Alifatski ugljikovodici								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,0 49	867	1,87	1,52	1,65	1,03	1,18	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,3 71	867	3,59	3,01	2,23	2,12	2,32	plijesniv
(E)-4,8-dimetilnona-1,3,7-triene	10, 851	111 6,9	1,72	2,03	2,54	2,15	1,09	
Terpeni								
trans- β -ocimen	7,9 45	105 0	0,71	0,84	0,65	0,92	0,57	slatko, biljno
α -kopaen	20, 913	137 6	0,35	0,22	0,18	0,18	0,12	drvo, začín

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020.; Angerosa et al., 2004.; Tanouti et al., 2012.; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.)

RI - retencijski indeks

Iz prikazanih rezultata vidljivo je kako je profil hlapljivih spojeva ispitanih uzoraka ekstra djevičanskih maslinovih ulja vrlo sličan. Identificirana su ukupno 24 hlapljiva spoja, od kojih je 8 aldehida, 6 alkohola, 1 ester, 1 kiselina, 2 ketona, 3 alifatska ugljikovodika te 3 terpena.

Najznačajniji hlapljivi spojevi karakteristični za ekstra djevičanska maslinova ulja su C-6 aldehidi, alkoholi te njihovi esteri, koji su odgovorni za pozitivne senzorske note, a nastaju lipoksigenaznim putem. Osim što su najzastupljeniji, aldehidi uvelike doprinose mirisu djevičanskog maslinovog ulja i obično se povezuju s pozitivnim osjetilnim karakteristikama kao što je zeleno, voćno i gorko (Zhou et al., 2019). Među aldehydima, posebno se izdvaja (E)-heks-2-enal koji doprinosi notama travnjaka, banane, zelenog (da Costa et al., 2020). Ovi rezultati su u skladu s zastupljenošću (E)-heks-2-enala u istraživanju istarskih sortnih ulja, koje je provela Brkić-Bubola (2011). U istraživanju aromatičnog profila ulja *Oblice*, *Lastovke* i *Levantine* koje je provela Soldo (2016) utvrđen je visoki udio C6 aldehida, posebno (E)-heks-2-enala. Angerosa et al. (1999.) istražujući talijanska sortna ulja utvrdili su različit udio (E)-heks-2-enala za pojedinu sortu što upućuje na utjecaj genetskih čimbenika pri sintezi ovoga spoja.

Prema istraživanju Topi et al. (2019), (*E*)-heks-2-enal, (*Z*)-hex-2-en-1-ol, i (*Z*)-3-heks-3-enil acetat su vodeći hlapljivi spojevi u uljima španjolskih, grčkih i talijanskih sorti. Nadalje, Ben Temime et al. (2006) istražujući aromatični profil tuniskih ulja navode kako su dominant hlapljivi spojevi tih ulja C-6 aldehidi (heksanal, (*E*)-heks-2-enal i (*Z*)-heks-3-enal). Prema Tanouti et al. (2012). (*E*)-heks-2-enal se može smatrati markerom svježine ulja koji je obrnuto povezan sa stupnjem oksidacije. Među aldehydima ističe se i heksanal, identificiran u svim uzorcima ulja, a povezuje se sa zelenim notama, jabukom te svježe pokošenom travom. Prema Angerosa et al. (2004) heksanal je nositelj pozitivnih senzorskih obilježja pri niskim koncentracijama, dok je pri većim koncentracijama povezan s manom užeglosti. Coutelieris i Knavouras (2006) su koristili koncentraciju heksanala kao pokazatelj kvalitete djevičanskog maslinovog ulja čuvanog u različitoj ambalaži i uvjetima skladištenja. Caipo et al. (2021) navode kako heksanal u svježim uljima nastaje tijekom mljevenja i mijesenja maslinovog tijesta, dok je povećanje njegovog udjela tijekom skladištenja posljedica autooksidacije.

(*Z*)-heks-3-en-1-ol je identificiran u svim uzorcima ulja, a Angerosa et al. (2004) mu pridodaju senzorski opis banane, lista te zelenog voća. Skladištenjem, udio heksan-1-ola u svim uljima raste. Prisutnost heksan-1-ola pridonosi cvjetnim, aromatičnim i notama svježe pokošene trave (da Costa et al., 2020). Dobivene vrijednosti udjela heksan-1-ola u skladu su s rezultatima istraživanja Sanchez-Ortiz et al. (2007) u španjolskim uljima. Među alkoholima u svim uljima je identificiran (*Z*)-pent-2-en-1-ol, koji pridonosi notama banane, a udio u uljima mu skladištenjem raste (Angerosa et al., 2004). Alkohol pent-1-en-3-ol povezuje se s blago zelenom i voćnom osjetilnom percepcijom te je odgovoran za orašaste i maslačne note (Zhou et al., 2019). Kalua et al. (2005) u istraživanju aromatičnog profila ulja sorti *Mission* i *Pargoh* povezuju ovaj alkohol s maslačnim i blago zelenim notama te ga smatraju potencijalnim indikatorom zrelosti i sortnih razlika.

U skupni ketona identificirana su dva ketona, 1-penten-3-on i 3-pentan-on. Prema Cecchi et al. (2021) 1-penten-3-on je produkt lipoksigenaznog puta te doprinosi pozitivnim senzorskim obilježjima ulja.

Među terpenima u uljima sorti *Oblica* i *Leccino* identificirani su β -ocimen, α -kopaen i α -muurolen, dok u uzorku višesortnog ulja nije utvrđeno prisustvo α -muurolena. Ovi terpeni su već ranije identificirani u aromatičnom profilu brojnih ulja (Šarolić et al., 2015; Silva et al., 2022).

Prisustvo octene kiseline u aromi djevičanskih maslinovih ulja nije poželjno jer se povezuje s kiselim i oporim osjetom što upućuje na senzorsku manu ulja (Tanouti et al., 2012). Do sličnih rezultata došli su Baccouri et al. (2008) utvrdivši povećavanje udjela octene kiseline u uljima tijekom skladištenja. Prema istim autorima vjerojatni uzrok octene kiseline može biti prisustvo kisika u natprostoru ulja kao i učestalo otvaranje spremnika pri čemu dolazi do oksidacije i formiranja hidroperoksida te potom kratkolančanih kiselina kiselog i oporog osjeta. Prema Žanetić et al. (2021) prisustvo etanola i octene

kiseline može rezultirati iz mikrobiološke fermentacije plodova te se može dovesti u vezu s senzorskim defektom “octikavo”.

Zaključak

Na temelju rezultata analize hlapljivih spojeva ekstra djevičanskih maslinovih ulja u ovom istraživanju može se zaključiti kako je aromatični profil ispitanih ulja vrlo sličan. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u svim uljima pripadaju skupini aldehida među kojima najviši relativni udio pripada (*E*)-heks-2-enal, odgovornom za miris na zeleno, svježe pokošenu travu i zeleni badem. Pored navedenog aldehida utvrđen je relativno visoki udio (*Z*)-heks-3-enala koji je nositelj svježih i zelenih nota. Vremenom skladištenja udio spomenutih aldehida se smanjuje, dok nasuprot tome raste udio ukupnih alkohola. Među alkoholima najviše se ističu heksan-1-ol, (*E*)-heks-2-en-1-ol i (*Z*)-heks-3-en-1-ol, koji se dovode u vezu sa voćnim i zelenim obilježjima. Ketonu imaju značajan utjecaj na aromatični profil, a poseban značaj pridaje se pent-1-en-3-onu koji je u pozitivnoj korelaciji s osjećajem gorčine i pikantnosti.

Zahvala

U radu su prikazani rezultati istraživanja dobiveni prilikom izrade diplomskog rada studentice Anite Pitarević (vidi Literaturu).

Literatura

Angerosa, F., Basti, C., Vito, R. (1999). Virgin olive oil volatile compounds from lipoxygenase pathway and characterization of some Italian cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 836-839, <https://doi.org/10.1021/jf980911g>

Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., Vito, R. (2000). Virgin olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds, *Food Chemistry*, 68 (3), 283-287, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00189-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00189-2)

Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., Montedoro, G. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality, *Journal of Chromatography A*, 1054, (1-2), 17-31, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.093>

Baccouri, O., Bendini, A., Cerretani, L., Guerfel, M., Baccouri, B., Lercker, G., Ben Miled, D.D. (2008). Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils, *Food Chemistry*, 111(2), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.066>

Ben Temime, S., Campeol, E., Cioni, P. L., Daoud, D., Zarrouk, M. (2006). Volatile compounds from Chétoui olive oil and variations induced by growing area. *Food Chemistry*, 99, 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.046>

Boskou, D. (2006). *Olive oil –Chemistry and Technology*. New York: AOCS Publishing.

Brkić Bubola, K. (2011). Karakterizacija djevičanskih maslinovih ulja istarskih autohtonih sorti na temelju hlapljivih tvari i senzorskih svojstava, Doktorski Rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb.

Caipo, L., Sandoval, A., Sepulveda, B., Fuentes, E., Valenzuela, R., Metherel, A.H., Romero, N. (2021). Effect of storage conditions on the quality of *Arbequina* extra virgin olive oil and the impact on the composition of flavor-related compounds (Phenols and volatiles), *Foods*, 10, 1-18, <https://doi.org/10.3390/foods10092161>

Campestre, C., Angelini, G., Gasbarri, C., Angerosa, F. (2017). The Compounds Responsible for the Sensory Profile in Monovarietal Virgin Olive Oils, *Molecules*, 22(11), 1-28, <https://doi.org/10.3390/molecules22111833>

Cecchi, L., Migliorini, M., Mulinacci, N. (2021). Virgin Olive Oil Volatile Compounds: Composition, Sensory Characteristics, Analytical Approaches, Quality Control, and Authentication, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 2013–2040. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07744?ref=pdf>

Coutelieris, F., Kanavouras, A. (2006). Experimental and theoretical investigation of packaged olive oil: Development of a quality indicator based on mathematical predictions, *Journal of Food Engineering*, 73, 85-92, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.008>

da Costa, J.R.O., Dal Bosco, S.M., Ramos, R.C.S, Machado, I.C.K., Garavaglia, J., Villasclaras, S.S. (2020). Determination of volatile compounds responsible for sensory characteristics from Brazilian extra virgin olive oil using HS-SPME/GC-MS direct method, *Journal of Food Science*, 85(11), 3764-3775, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15467>

Gomes da Silva, M.D.R., Costa Freitas, A.M., Cabrita, M.J.B., Garcia, R. (2012). *Olive Oil Composition: Volatile Compounds*. U: D. Boskou (ur.) *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, InTech, DOI: 10.5772/28512

Gugić M., Šarolić, M., Grgić, I., Strikić, F., Katalinić, M. (2017). *Maslina i proizvodi*, Sinj: Ogranak Matice Hrvatske.

Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A. G., P. D. Prenzler, P.D. (2005). Discrimination of Olive Oils and Fruits into Cultivars and Maturity Stages Based on Phenolic and Volatile Compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 8054–8062, <https://doi.org/10.1021/jf051233i>

Koprivnjak, O. (2006). *Djevičansko maslinovo ulje od masline do stola*, Poreč: MIH.

Pitarević, A. (2023). Utjecaj vremena skladištenja na kvalitetu i aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split.

Sanchez-Ortiz, A., Perez, A.G., C. Sanz, C. (2007). Cultivar differences on nonesterified polyunsaturated fatty acid as a limiting factor for the biogenesis of virgin olive oil aroma, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7869-7873, <https://doi.org/10.1021/jf071202i>

Shendi, E.G., Ozay, D.S., Ozkaya, M.T., Ustunel, N.F. (2018). Changes occurring in chemical composition and oxidative stability of virgin olive oil during storage, *OCL - Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 25(6) 1-8. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018052>

Silva, K., Rodrigues, N., Pereira, J.A., Ramalhosa, E. (2022). Characterisation of Olive Oils from the Douro Valley, Portugal: Study of the Volatile Fraction and Its Relationship with Sensory Characteristics, *Journal of Applied Science*, 12, 9246. <https://doi.org/10.3390/app12189246>

Soldo, B. (2016). Utjecaj lipoksigenaze na sastav hlapljivih tvari u maslinovom ulju autohtonih dalmatinskih sorti, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

Šarolić, M., Gugić, M., Tuberoso, C.I.G., Jerković, I., Šuste, M., Marijanović, Z., Marek Kuš P. (2015). Volatile Profile, Phytochemicals and Antioxidant Activity of Virgin Olive Oils from Croatian Autochthonous Varieties Mašnjača and Krvavica in Comparison with Italian Variety Leccino, *Molecules*, 19, 881-895; <https://doi.org/10.3390/molecules19010881>

Škarica, B., Žužič, I., Bonifačić, M. (1996). *Maslina i maslinovo ulje visoke kakvoće u Hrvatskoj*, Rijeka: Punat.

Tanouti, K., Caid, H.S., Sindic, M., Wathélet, J.P., Ahmed, A. (2012). Volatile compounds, Profiles of virgin olive oils produced in the eastern Morocco: Oxidative stability and sensory defects, *Journal of Food Research*, 1(4), 194-206, <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n4p194>

Topi, D., Amanpour, A., Kelebek, H., Selli, S. (2019). Screening of aroma profiles in Albanian cvs. Kalinjot and Bardhi Tirana olive oils using purge and trap extraction technique, *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 96, 101-108.

Zhou, Q, Liu, S., Liu, Y., Song, H. (2019). Comparative analysis of volatiles of 15 brands of extra-virgin olive oils using solid-phase micro-extraction and solvent-assisted flavor evaporation, *Molecules*, 24, 1-19, <https://doi.org/10.3390/molecules24081512>

Žanetić, M., Jukić Špika, M., Ožić, MM., Brkić Buboola, K (2021). Comparative study of volatile compounds and sensory characteristics of Dalmatian monovarietal virgin olive oils, *Plants*, 10, 1-18. <https://doi.org/10.3390/plants1010>

Primljeno: 22. siječnja 2024. godine.

Received: January 22, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.