

Određivanje sastava masnih kiselina i bojenih komponenti u maslinovu ulju

S. Čorbo,* A. Memić i M. Begić

Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License



Sažetak

Cilj rada bio je ispitati kvalitetu četiriju uzoraka ekstra djevičanskih maslinovih ulja dobivenih od različitih sorti maslina uzgojenih na različitim lokalitetima, ali pod sličnim klimatskim uvjetima uzgoja, proizvedenim postupkom hladnog prešanja na hidrauličnim pužnim presama. U ispitivanim uzorcima određen je sastav masnih kiselina, sadržaj vode, netopljivih nečistoća i bojenih komponenti kao i ukupan sadržaj fenola, klorofila i karotenoida. Tri uzorka maslinovih ulja bila su iz Bosne i Hercegovine, dok je četvrti uzorak porijeklom iz Republike Slovenije. Od nezasićenih masnih kiselina iz reda mononezasićenih (MUFA), kod svih uzoraka je najzastupljenija oleinska kiselina i to od 68,50 do 70,16 %. Na osnovi sadržaja pojedinačnih masnih kiselina izračunati su i nutritivni indeksi kod ispitivanih uzoraka maslinovih ulja. Vrijednost aterogenog indeksa (AI) u svim ispitivanim uzorcima bila je 0,14 do 0,19, dok se vrijednost trombogenog indeksa (TI) kretala u rasponu od 0,39 do 0,46. Hipokolesterolski/hiperkolesterolski indeks (HH) kod svih ispitivanih uzoraka maslinovih ulja kretao se od 5,82 do 7,81. Vrijednosti kiselina iz skupine ω -6 kretale su se od 0,43 do 0,74 % i dominantnije su u odnosu na skupinu ω -3 (0,21 – 0,53 %). Sadržaj vlage kod svih uzoraka manji je od 0,4 %, dok je sadržaj netopljivih nečistoća veći od maksimalno dopuštenih vrijednosti (0,05 %). Sadržaj karotenoida kretao se od 7,32 do 13,37 mg kg⁻¹, klorofila od 9,07 do 12,47 mg kg⁻¹, a ukupnih fenola od 195,86 do 328,45 mg kg⁻¹ GAE. Rezultati pokazuju da svi uzorci maslinova ulja odgovaraju zahtjevima Pravilnika. Kemijske analize nisu pokazale statistički značajne razlike u kvaliteti ulja.

Ključne riječi

Maslinovo ulje, masne kiseline, netopljive nečistoće, vlaga, klorofil, fenoli, karotenoidi

1. Uvod

Maslina predstavlja osnovu mediteranske ishrane zbog mnogih nutricionističkih vrijednosti i često se identifikira s terminom "zdrava ishrana". Potrošači sve više razumiju važnost kvalitete i stabilnosti maslinova ulja kao i nutricionističke koristi od mononezasićenih ulja s prirodno niskim sadržajem zasićenih masnih kiselina.

Maslinovo ulje bogato je antioksidantima, vitaminima te raznim hranjivim tvarima, zbog čega mu se pripisuju brojna pozitivna prehrambena i ljekovita svojstva, a posebice prisutnost esencijalnih masnih kiselina (omega-3 i omega-6). Karakteristično je po visokom sadržaju nezasićenih masnih kiselina, a posebice po sadržaju MUFA, od kojih je najznačajnija oleinska kiselina, a od polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) linolna i linolenska. Također, ulje je bogato različitim mineralima. Zbog prisutnosti vitamina E, koji je poznat i dokazan antioksidant, kao i stabilne oleinske masne kiseline, maslinovo ulje ima značajan zdravstveni utjecaj na ljudsko zdravlje s nutricionističkog i medicinskog gledišta.¹ Masne kiseline su važne za određivanje kvalitete i stabilnosti maslinova ulja. Sadržaj oleinske kiseline malo se mijenja tijekom razdoblja sazrijevanja, ali se sadržaj linolne kiseline povećava, dok se sadržaj palmitinske kiseline smanjuje. Veći sadržaj polinezasićenih masnih kiselina nutricionistički je koristan, ali smanjuje stabilnost ulja.² Ekstra djevičansko maslinovo ulje sadrži od 98 do 99 % triacilglicerola i od 1 do 2 % minornih komponenti.

Triacilgliceroli u maslinovu ulju uglavnom su sastavljeni iz mononezasićenih masnih kiselina (oleinska), dok je mala količina zasićenih masnih kiselina (palmitinska i stearinska), a veći sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (linola i linolenska).² Maslinovo ulje sadrži biološki vrijedne komponente, kao što su α -tokoferol, fenolni spojevi, klorofili i karotenoidi. Način obrade, područje uzgoja, vrijeme berbe plodova maslina i postupak dobivanja ulja, imaju velik utjecaj na navedene komponente. Fenolni spojevi, klorofili i karotenoidi maslinovu ulju daju kvalitativna i nutritivna svojstva, djeluju antioksidativno i pozitivno na ljudsko zdravlje. Fenolni spojevi prisutni u maslinovu ulju znatno utječu na oksidacijsku stabilnost ulja. Boja ekstra djevičanskog maslinova ulja rezultat je zelenih i žutih nijansi prisutnih klorofila i karotenoida. Klorofil se lako razgrađuje u feofitin. Feofitin je dominantni klorofil u maslinovu ulju, a glavni karotenoidi su β -karoten i lutein. Izloženost zelenih pigmenata u maslinovu ulju svjetlosti dovodi do fotooksidacije ulja.^{3,1} Brojni faktori mogu utjecati na promjenu kvalitete maslinova ulja nakon proizvodnje. Promjene u kvaliteti ulja ponajprije su uzrokovane visokom i neadekvatnom temperaturom skladištenja, načinom skladištenja kao i drugim vanjskim faktorima koji uzrokuju promjene senzornih, ali i fizičko-kemijskih svojstava ulja. Hladno prešano maslinovo ulje dobiva se postupkom mehaničkog prešanja, bez zagrijavanja, da bi se dobilo ulje odgovarajuće kvalitete. Shodno navedenom, cilj ovog istraživanja bio je ispitati kvalitetu i nutritivnu vrijednost maslinovih ulja proizvedenih postupkom hladnog prešanja od plodova maslina uzgojenih na području južne Hercegovine i Republike Slovenije (Kopar).

* Autorica za dopisivanje: prof. dr. sc. Selma Čorbo
E-pošta: s.corbo@ppf.unsa.ba

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijali

Za eksperimentalni dio rada upotrijebljena su četiri uzorka ekstra djevičanskog maslinova ulja od kojih tri (M1, M2 i M3) potječu iz južne Hercegovine, dok je uzorak M4 iz Republike Slovenije – Kopar. Ulja su dostavljena u originalnim, tamnozelenim staklenim bocama volumena 0,75 i 0,5 l. Uzorci maslinova ulja proizvedeni su od mješavine različitih sorti maslina (Oblica, Drobnica, Pendolino i Leccino) postupkom hladnog prešanja od strane različitih individualnih proizvođača.

2.2. Metode

S ciljem ispitivanja kvalitete maslinova ulja te njihove identifikacije na osnovi sastava masnih kiselina u svim ispitivanim uzorcima ulja određen je sastav masnih kiselina uz prethodnu pripremu uzoraka saponifikacijom i esterifikacijom masnih kiselina. Određivanje sastava masnih kiselina provedeno je na plinskom kromatografu Hewlett Packard 6890 II, sa selektivnim masenim detektorom (MSD) 6890 II.⁴ Pojedinačne identificirane masne kiseline određene su pomoću standarda Supelco 37 Component FAME Mix (Supelco, Bellefonte, USA). Rezultati su izraženi u postocima pojedinačnih kiselina, a prikazan je i sadržaj ukupnih SFA, UFA, MUFA i PUFA. Na osnovi sastava masnih kiselina proveden je proračun nutritivnih indeksa masti (aterogeni indeks (AI), trombogeni indeks (TI), kao i hipokolesterolski/hiperkolesterolski indeks (HH)).⁵

$$AI = \frac{C12:0 + 4 \cdot C14:0 + C16:0}{\Sigma MUFA + \Sigma \omega-6 + \Sigma \omega-3}$$

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5 \cdot (\Sigma MUFA + \Sigma \omega-6) + 3 \cdot \Sigma \omega-3 + \frac{\Sigma \omega-3}{\Sigma \omega-6}}$$

$$HH = \frac{C18:1 \cdot \omega-9 + C18:2 \cdot \omega-6 + C20:4 \cdot \omega-6 + C18:3 \cdot \omega-3 + C14:0 + C16:0 + C20:5 \cdot \omega-3 + C22:5 \cdot \omega-3 + C22:6 \cdot \omega-3}{C14:0 + C16:0}$$

Sadržaj vlage određen je prema metodi ISO 662:2016,⁶ a sadržaj netopljivih nečistoća standardnom metodom ISO 663:2017.⁷ Bojene komponente u uljima određene su na osnovi sadržaja klorofila mjerenjem apsorbancije u nerazrijeđenom uzorku ulja pri valnim duljinama od 670, 630 i 710 nm upotrebom spektrofotometra (Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS, 190 – 1100 nm),⁸ određivanje sadržaja karotenoida mjerenjem apsorbancije pri 445 nm u 10 % razrijeđenom uzorku ulja upotrebom spektrofotometra (Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS, 190 – 1100 nm)⁹ i određivanje sadržaja ukupnih fenola spektrofotometrijskom metodom temeljenom na kolorimetrijskoj reakciji s Folin-Ciocalteu reagensom te mjerenjem nastalog intenziteta obojenja pri valnoj duljini 765 nm.¹⁰ Sva određivanja provedena su u duplikatu/triplikatu.

2.3. Statistička analiza

Statistička obrada podataka provedena je primjenom programa Past 3.15.¹¹ Da bi se utvrdila statistički značajna razlika u vrijednostima ispitivanih parametara između različitih vrsta ulja, primijenjena je jednofaktorijska analiza varijance te u slučaju utvrđivanja statistički signifikantnih razlika primijenjen je Tukey post-hoc test (razina značajnosti 0,05). Također, primijenjena je analiza osnovnih komponenti (PCA analiza). PCA analiza treba prikazati korelacijske veze unutar mjerenih parametara i na osnovi njih predstaviti prikaz raspodjele modaliteta svakog od ispitivanih uzoraka.

3. Rezultati i rasprava

Rezultati za pojedinačne i ukupne zasićene i nezasićene masne kiseline, kao i odnose među ukupnim kiselinama, kod svih uzoraka ulja, prikazani su u tablici 1. Masne kiseline koje su također identificirane, ali s vrlo niskim procenatnim vrijednostima, uvrštene su u ukupan zbir prilikom izračunavanja SFA, UFA, MUFA i PUFA te odnosa $\omega 6/\omega 3$ kiselina kao i nutritivnih indeksa (tablica 1).

Sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina (SFA) u svim ispitivanim uzorcima kretao se u rasponu od 14,40 do 17,20 % (tablica 1). Najniža ukupna vrijednost SFA utvrđena je kod uzorka M3 (14,40 %), dok je najviša kod uzorka M4 (17,20 %). Kod svih uzoraka najzastupljenije SFA bile su palmitinska (10,50 – 13,89 %) i stearinska kiselina (2,13 – 4,01 %). Najniža vrijednost palmitinske kiseline zabilježena je u uzorku M3 (10,50 %), a najveća vrijednost u uzorku M1 (13,89 %). Najniža vrijednost stearinske kiseline zabilježena je u uzorku M2 (2,13 %), a najveća vrijednost u uzorku M4 (4,01 %). Sve ostale zasićene kiseline bile su znatno manje prisutne, kao što su miristinska (0,01 – 0,05 %), behenska (0,06 – 0,10 %) i arahinska kiselina (0,09 – 0,21 %). Prema *Pravilniku*¹⁷ dopušteni sadržaj palmitinske kiseline za sve vrste maslinova ulja iznosi od 7,5 do 20,0 %. Sadržaj palmitinske kiseline u svim ispitivanim uzorcima odgovara navedenoj dopuštenoj vrijednosti. Različiti autori navode i različite vrijednosti sadržaja palmitinske kiseline u maslinovu ulju.^{12–16} Prema rezultatima *Solda*¹⁸ vrijednost palmitinske masne kiseline kod različitih sorti maslina slična je našim rezultatima i iznose od 11,6 do 13,7 %. Prema rezultatima *El Riachy i sur.*¹⁹ vrijednost palmitinske masne kiseline neznatno je veća gledajući sve ispitivane sorte maslina (od 11,89 do 17,76 %) u odnosu na rezultate naših ispitivanja. *Brkić-Bubola*²⁰ i *Kostadinović-Velickovska i Mitrev*²¹ navode manje vrijednosti palmitinske kiseline i to od 11,85 do 11,94 %, odnosno za 2,6 % manje u odnosu na rezultate naših ispitivanja.

Prema *Pravilniku*¹⁷ o temeljnim zahtjevima za ulja od ploda i komine masline dopušten sadržaj stearinske kiseline za maslinovo ulje iznosi od 0,5 do 5,0 %. Rezultati naših istraživanja sukladni su s navedenim vrijednostima.¹⁷ Prema istraživanjima različitih autora, vrijednost stearinske kiseline kretala se u rasponu od 0,65 do 4,42 %, prema navodima: *Kostadinović-Velickovska i Mitrev*²¹ 0,65 % te *Benčić i sur.*¹² od 1,5 do 1,87%. *Brkić-Bubola i sur.*²⁰ navode slične rezultate u odnosu na naša ispitivanja, čije su vrijednosti u

Tablica 1 – Sastav pojedinačnih i ukupnih masnih kiselina, odnosi među određenim grupama i nutritivni indeksi kod ispitivanih uzoraka

Table 1 – Composition of individual and total fatty acids, ratios among specific groups, and nutritional indices of the tested samples

Masna kiselina /% Fatty acids/%	Prvi uzorak First sample M1	Drugi uzorak Second sample M2	Treći uzorak Third sample M3	Četvrti uzorak Fourth sample M4
C14:0	0,01	0,01	0,02	0,05
C16:0	13,89	12,56	10,50	12,66
C17:0	0,15	0,16	0,06	0,05
C18:0	2,26	2,13	3,65	4,01
C20:0	0,21	0,16	0,09	0,16
C22:0	0,10	0,11	0,06	0,11
C24:0	0,10	0,05	0,02	0,16
C16:1	1,95	2,13	3,20	2,11
C17:1	0,15	0,11	0,06	0,05
C18:1n-9	70,16	69,18	69,05	68,50
C20:1	0,10	0,11	0,06	0,32
C18:2 n-6	10,29	12,88	12,78	11,08
C18:3 n-6	0,21	0,21	0,11	0,21
C18:3 n-3	0,41	0,21	0,33	0,53
ΣSFA	16,73	15,18	14,40	17,20
ΣUFA	83,27	84,82	85,60	82,80
ΣMUFA	72,37	71,52	72,36	70,98
ΣPUFA	10,90	13,30	13,24	11,82
PUFA/SFA	0,65	0,88	0,92	0,69
MUFA/SFA	4,33	4,71	5,02	4,13
Σω-6	0,62	0,43	0,46	0,74
Σω-3	0,41	0,21	0,34	0,53
ω-6/ω-3	1,50	2,00	1,33	1,40
AI	0,19	0,17	0,14	0,18
TI	0,43	0,41	0,39	0,46
HH	5,82	6,54	7,81	6,30

SFA – zasićene masne kiseline; UFA – nezasićene masne kiseline; MUFA – mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; AI – aterogeni indeks; TI – trombogeni indeks; HH – hipokolesterolski/hiperkolesterolski indeks

SFA – saturated fatty acids; UFA – unsaturated fatty acids; MUFA – monounsaturated fatty acids; PUFA – polyunsaturated fatty acids; AI – atherogenic index; TI – thrombogenic index; HH – hypocholesterol/hypercholesterol index

rasponu od 1,88 do 3,73 %. Najveću vrijednost i neznatno odstupanje od naših rezultata (4,42 %) navode *El Riachy i sur.*¹⁹

Ukupan sadržaj nezasićenih kiselina (UFA) u ispitivanim uzorcima kretao se u rasponu od 82,80 do 85,60 %.

Najniži ukupan sadržaj UFA utvrđen je kod uzorka M4 (82,80 %), a najviši kod uzorka M3 (85,60 %).

Od nezasićenih masnih kiselina iz reda mononezasićenih (MUFA), najzastupljenija je oleinska kiselina kod svih uzoraka maslinovih ulja. Najniži sadržaj oleinske kiseline zabilježen je u uzorku M4 (68,50 %), a najveći sadržaj u uzorku M1 (70,16 %).

Autori u literaturi navode različite ukupne vrijednosti sadržaja mononezasićenih kiselina u maslinovu ulju i to: *Frančáková i sur.*²² 75,72 % i *Vingering i sur.*²³ 75,2 %, a njihovi rezultati su primjetno veći u odnosu na rezultate ispitivanih uzoraka. *El Riachy i sur.*¹⁹ u svojem radu navode približne rezultate našim vrijednostima za ukupni sadržaj mononezasićenih kiselina kod triju sorti maslina (Frantoino, Leccino, Pendolino) M1-M4 (71,96, 71,31 i 17,54 %).

Prema *Pravilniku*¹⁷ dopušten sadržaj oleinske kiseline za različite vrste maslinova ulja kreće se u rasponu od 55,0 do 83,0 %. Kod svih ispitivanih uzoraka ulja sadržaj oleinske bio je u skladu s dopuštenim vrijednostima. Dobiiveni rezultati u skladu su s navodima sljedećih autora: *Kitisakis*²⁴ od 69,9 do 78,9 %; *Rodrigues i sur.*²⁵ od 70,3 do 80,6 %; *Soldo*¹⁸ od 68,7 do 76,3 %. Identične i niže vrijednosti u odnosu na naše rezultate navode *Kostadinović-Velickovska*²² i *Čorbo i Đorđević*¹⁶ (43,90 %). Od PUFA, najzastupljenija je bila linolna kiselina kod svih uzoraka maslinova ulja. Najniži sadržaj linolne kiseline zabilježen je kod uzorka M1 (10,29 %), a najviši sadržaj u uzorku M2 (12,88 %). Različiti autori navode i različite ukupne vrijednosti sadržaja PUFA u maslinovu ulju: *Frančáková i sur.*²² 7,69 %; *Vingering i sur.*²³ 7,4 %, čiji su rezultati za ukupne polinezasićene kiseline u maslinovu ulju znatno niži u odnosu na rezultate u ovom istraživanju. *El Riachy i sur.*¹⁹ navode ukupne vrijednosti sadržaja polinezasićenih kiselina kod triju sorti maslina (Frantoino, Leccino, Pendolino) 9,64, 10,88 i 10 % redom, što je slično rezultatima do kojih se došlo u ovom istraživanju.

Za ulja od ploda i komine masline dopuštena količina linolne kiseline je od 3,5 do 21,0 % (*Pravilnik*¹⁷). Vrijednosti dobivene za sadržaj linolne kiseline u ispitivanim uzorcima u potpunosti su bile u skladu s *Pravilnikom*¹⁷. Različiti autori navode i različite vrijednosti sadržaja linolne kiseline u maslinovu ulju i to: *El Riachy i sur.*¹⁹ od 7,58 do 14,69 %; *Kitisakis*²⁴ od 4 do 11,5 %; *Čorbo i Đorđević*¹⁶ od 2,85 do 10,59 %; *Soldo*¹⁸ od 5,1 do 11,3 %. Najniži sadržaj linolne kiseline, 2,19 %, u svojim istraživanjima navodi *Rodriguesa i sur.*²⁵ što je znatno niža vrijednost u usporedbi sa sadržajem linolne kiseline u ispitivanim uzorcima M1 – M4. U svim ispitivanim uzorcima maslinovih ulja, utvrđen je niži sadržaj PUFA kiselina od 10,90 do 13,24 %, zatim SFA od 14,40 do 17,20 %, MUFA od 70,98 do 72,37 %, dok je najviši sadržaj UFA od 82,80 do 85,60 %. Nutritivna vrijednost izražena odnosom PUFA/SFA kod uzorka M1 iznosila je 0,65 %, kod uzorka M2 0,88 %, kod uzorka M3 0,92 % i uzorka M4 0,69 %. Slične vrijednosti za odnos PUFA/SFA navode i *Frančáková i sur.*²² *Vingering i sur.*²³ 0,61 %, a *Đuričić i sur.*²⁶ 0,62 %.

Nutritivna vrijednost izražena odnosom MUFA/SFA za ispitivane uzorke kretala se od 4,13 do 5,02 %. Najbolji odnos MUFA/SFA imao je uzorak M3 4,1 %. Kiseline iz skupine

ω -6 bile su dominantnije u odnosu na ω -3. Sadržaj ω -6 kiselina kretao se od 0,43 do 0,74 %, a ω -3 od 0,21 do 0,53 %. Najveći sadržaj ω -6 i ω -3 kiselina zabilježen je kod uzorka M4 0,74 i 0,53 %, redom. Zdravstveno preporučeni odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina prema Simopoulos²⁷ je u rasponu 1 : 1 – 4 : 1. Odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u ispitivanim se uzorcima kretao u rasponu od 1,33 do 2. Najniži odnos grupa ω -6/ ω -3 masnih kiselina zabilježen je u uzorku M3, a najviši u uzorku M2.

U tablici 1 prikazane su vrijednosti aterogenog indeksa (AI), trombogenog (TI) i hipokolesterolskog/hiperkolesterolskog indeksa (HH) analiziranih uzoraka maslinovih ulja. AI se primjenjuje za procjenu aterogenosti namirnice uzimajući u obzir odnos sume SFA koje se smatraju proaterogenim kao što su laurinska, miristinska i palmitinska uz iznimku stearinske kiseline, s jedne strane, i sume UFA kiselina za koje se smatra da imaju antiaterogeno djelovanje (Chen i Liu³¹). Konzumacijom namirnica s nižim AI-jem može se smanjiti razina ukupnog i LDL-kolesterola kao što navode Yurchenko i sur.³² U ispitivanim uzorcima ulja AI se kretao u rasponu od 0,14 do 0,19. Vrijednost AI-ja bila je najniža kod uzorka M3 i iznosila je 0,14, što se može objasniti visokim sadržajem UFA i MUFA kiselina. Najvišu vrijednost AI-ja imao je uzorak M1 (0,19), što je posljedica visokog sadržaja palmitinske i oleinske kiseline. Slično kao i kod AI-ja, u ishrani treba težiti namirnicama s nižim vrijednostima TI-ja. Zbog toga je konzumacija hrane ili proizvoda s nižim TI-jem korisna za zdravlje kardiovaskularnog sustava (Chen i Liu³¹). Najnižu vrijednost TI-ja imao je uzorak M3 (0,39), zatim uzorak M2 (0,41), nakon toga uzorak M1 (0,43), dok je najvišu vrijednost imao uzorak M4 (0,46). Hipokolesterolski/hiperkolesterolski indeks (HH) vezan je za metabolizam kolesterola, a izračunava se temeljem odnosa određenih predstavnika SFA, tj. sadržaja miristinske i palmitinske kiseline. S nutritivnog aspekta, s povećanjem vrijednosti HH kvaliteta namirnica je bolja. Vrijednost HH indeksa za ispitivane uzorke maslinova ulja kretala se od 5,82 do 7,81. Najniži HH indeks zabilježen je kod uzorka M1 (5,82), dok je najviša vrijednost zabilježena kod uzorka M3 (7,81). Gledano s aspekta nutritivne vrijednosti, općenito sva ulja biljnog porijekla u svojem prirodnom sastavu imaju ih u dovoljnim i potrebnim količinama. Ispitivana ekstra djevičanska maslinova ulja imaju povoljan i odgovarajući sastav masnih kiselina, što su pokazale i izračunate vrijednosti nutritivnih indeksa, a posebno se to odnosi na treći uzorak maslinova ulja, koji je imao najniži AI i TI, a najvišu vrijednost HH indeksa. Dobivene vrijednosti za sadržaj vlage i netopljivih nečistoća u ispitivanim uzorcima prikazane su u tablici 2.

Sadržaj vlage u svim ispitivanim uzorcima manji je od 0,4 %, dok je sadržaj netopljivih nečistoća veći od maksimalno dopuštenih vrijednosti 0,05 % (tablica 2). Najveći sadržaj netopljivih nečistoća zabilježen je kod uzorka M3 0,35 %, a najmanji kod uzorka M1 0,20 %, gdje su uočena znatna odstupanja od maksimalne vrijednosti 0,05 %. Dobbra³³ je ustanovila da ulja dobivena od sorti maslina Istarska bjelica i Coratina sadrže vlagu od 0,034 do 0,038 %, a netopljivih nečistoća od 0,37 do 0,62 %. Analizirajući rezultate navedenih autora, ne mogu se primijetiti velika odstupanja sadržaja vlage i netopljivih nečistoća maslinova ulja u usporedbi s dobivenim rezultatima. Radi usporedbe,

Tablica 2 – Prosječne vrijednosti sadržaja vlage i sadržaja netopljivih nečistoća

Table 2 – Average values of moisture content and insoluble impurities content

Parametar Parameter	Prvi uzorak First sample M1	Drugi uzorak Second sample M2	Treći uzorak Third sample M3	Četvrti uzorak Fourth sample M4
Sadržaj vlage/%	0,10	0,14	0,18	0,15
Sadržaj netopljivih nečistoća/%	0,20	0,25	0,35	0,30

kod različitih jestivih ulja dobivenim postupkom hladnog prešanja nailazimo na slične rezultate. Tako je Galović³⁴ ispitala sadržaj vlage i netopljivih nečistoća u hladno prešanom makovom ulju. Sadržaj vlage iznosio je 0,17 %, dok je sadržaj netopljivih nečistoća 0,47 %. Halilović³⁵ navodi sadržaj vlage i netopljivih nečistoća kod hladno prešanog lanenog ulja 0,10 %, a veći sadržaj netopljivih nečistoća od maksimalne dopuštene vrijednosti 0,35 %. Odstupanja u sadržaju vlage i netopljivih nečistoća navodi Bagarić³⁶ u ulju crnog kima, gdje je vlaga bila 0,76 %, a sadržaj netopljivih nečistoća 0,49 %, što predstavlja znatna odstupanja prema Pravilniku.¹⁷ Tomljenović³⁷ navodi sadržaj vlage i netopljivih nečistoća u ulju sikkavice 0,06 i 0,26 %.

Mnoga prirodna ulja sadrže tokoferole kao lipofilne antioksidanse, kao i manje količine polarnijih supstancija, tj. fenola koji, iako su prisutni u malim količinama, imaju visoku biološku aktivnost zbog svojih antioksidativnih osobina, npr. antikarcinogene i antiaterogene aktivnosti (Lončar i sur.³⁸). Fenolni spojevi su korisni za povećane oksidativne stabilnosti ulja (Konuskan i sur.³⁹). Fenolni spojevi doprinose i poboljšanju nutritivne vrijednosti ulja (Ustun-Argon⁴⁰). U nerafiniranom ulju, karotenoidi uz to što sudjeluju u formiranju boje, manifestiraju i jaku antioksidativnu aktivnost, zbog čega je visok sadržaj karotenoida poželjna karakteristika ulja. Veće količine ukupnih karotenoida prisutne su u palminu ulju, sjemenkama bundeve, kukuruznim klicama i dr. (Premović i sur.⁴¹). Neki karotenoidi kao što su α -karoten, β -karoten i β -kriptoksantin prekursori su vitamina A, dok drugi nemaju provitaminsku aktivnost. Također, neki karotenoidi djeluju kao antioksidansi. Vjeruje se da nizak unos karotenoida povećava rizik od raka, oštećenja kože i kardiovaskularnih bolesti (Stojićević i sur.⁴²). Prisutnost klorofila u nerafiniranim uljima utječe na pokretanje fotokemijskih procesa. Klorofili olakšavaju pretvaranje kisika u singletni oblik koji uzrokuje oksidaciju nezasićenih masnih kiselina, dok su karotenoidi prirodni konzervansi (Wroniak i sur.⁴³). Klorofili su zeleni pigmenti prisutni u hladno prešanom ulju suncokreta u vrlo malim količinama, dok ih u rafiniranom ulju gotovo nema (Stojićević i sur.⁴²).

U tablici 3 prikazane su prosječne vrijednosti sadržaja karotenoida, klorofila i ukupnih fenola u ispitivanim uzorcima maslinovih ulja. Rezultati su predstavljeni kao srednja vrijednost dvaju određivanja $\pm$ standardna devijacija (SD).

Tablica 3 – Prosječne vrijednosti sadržaja karotenoida, klorofila i ukupnih fenola $\pm$ SD u ispitivanim uzorcima maslinovih ulja
 Table 3 – Average values of carotenoid, chlorophyll, and total phenolic content $\pm$ SD in the tested olive oil samples

Parametar Parameter	Prvi uzorak First sample M1	Drugi uzorak Second sample M2	Treći uzorak Third sample M3	Četvrti uzorak Fourth sample M4
Karotenoidi (β -karoten mg kg^{-1})	8,51 ^b $\pm$ 0,12	9,52 ^c $\pm$ 0,11	13,37 ^d $\pm$ 0,07	7,32 ^a $\pm$ 0,21
Klorofil (feofitin α mg kg^{-1})	12,03 ^b $\pm$ 0,04	11,58 ^b $\pm$ 0,04	12,47 ^b $\pm$ 0,06	9,07 ^a $\pm$ 0,09
Ukupni fenoli (mg kg^{-1} GAE)	195,86 ^a $\pm$ 2,62	328,45 ^d $\pm$ 0,93	212,58 ^b $\pm$ 5,25	286,20 ^c $\pm$ 2,64

* a–b Različita mala slova u redovima pokazuju statistički značajne razlike u vrijednostima sadržaja karotenoida, klorofila i ukupnih fenola

* a–b Different lowercase letters in rows indicate statistically significant differences in the values of carotenoid, chlorophyll, and total phenol content

Prema rezultatima navedenim u tablici 3, prosječan sadržaj karotenoida izraženih kao β -karoten mg kg^{-1} bio najveći kod trećeg uzorka i iznosio je 13,37 mg kg^{-1} , a najmanji kod četvrtog uzorka (7,32 mg kg^{-1}). Prema *Luaces i sur.*⁴⁴ vrijednosti karotenoida u ekstra djevičanskim maslinovim uljima nakon skladištenja mjesec dana pri temperaturi od 60 do 68 °C bile su od 1,4 do 17,5 mg kg^{-1} . Vrijednosti navedenih autora u skladu su s rezultatima naših istraživanja. U literaturi se mogu naći sljedeći podatci za sadržaj karotenoida u maslinovu ulju i to: *Hashempour i sur.*⁴⁵ od 3,02 do 4,97 mg kg^{-1} ; *Gandul-Royas i Minguez-Mosquera*⁴⁶ od 3,15 do 13,29 mg kg^{-1} ; *Abdella i sur.*² od 2,6 do 4,9 mg kg^{-1} ; *Dimić i Romanić*⁴⁷ 23,75 mg kg^{-1} ; *Čorbo i sur.*⁴⁸ 9,95 i 10,92 mg kg^{-1} ; *Basuny i sur.*⁴⁹ od 11,5 do 19,7 mg kg^{-1} ; *Ranelli i sur.*⁵⁰ od 7,6 do 7,91 mg kg^{-1} .

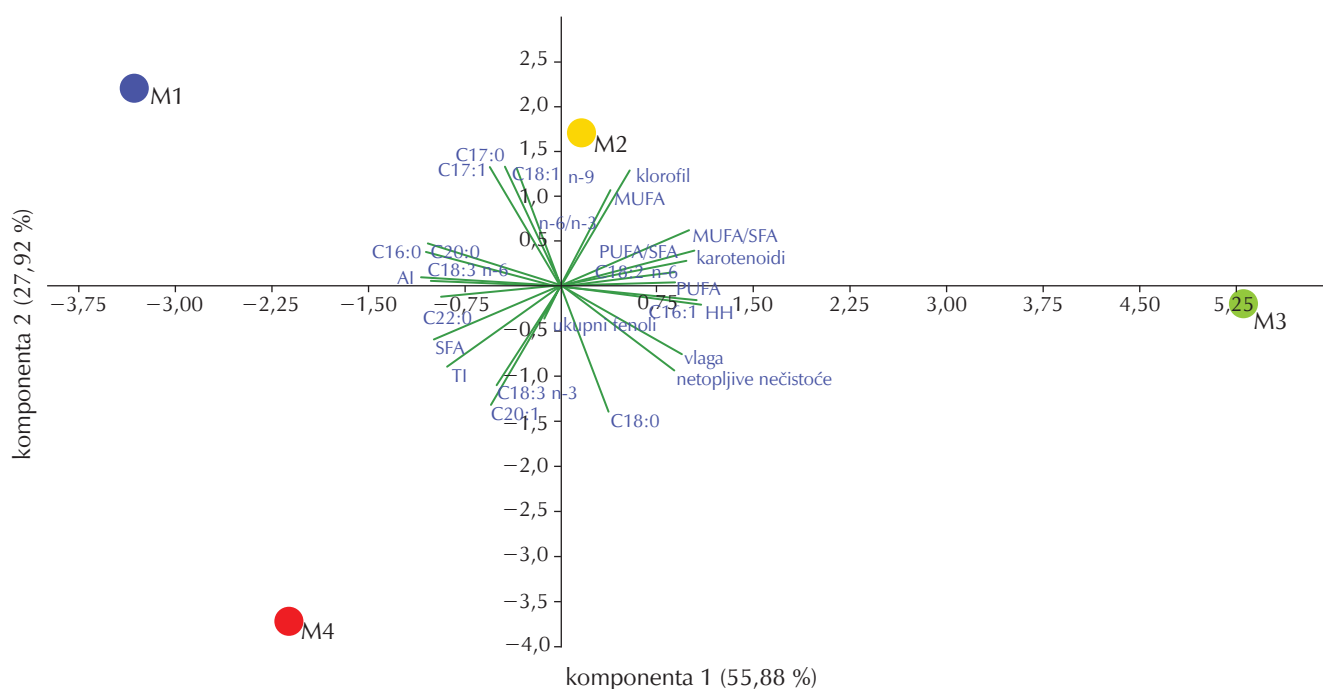
Prosječan sadržaj klorofila varirao je u rasponu od 9,07 do 12,47 mg kg^{-1} . Najveći sadržaj (12,47 mg kg^{-1}) utvrđen je kod trećeg, a najmanji (9,07 mg kg^{-1}) kod četvrtog uzorka (tablica 3). Prema *Annivi i sur.*⁵¹ vrijednosti klorofila u ekstra djevičanskim maslinovim uljima nakon skladištenja na svjetlu i pri temperaturi 18 do 20 °C iznosile su od 8,6 do 68,3 mg kg^{-1} . Slične rezultate (2,6 – 64,1 mg kg^{-1}) za maslinova ulja porijeklom iz Grčke i čuvana u jednakim uvjetima skladištenja navode *Psomiadou i Tsimidou*.⁵² Također, prema navodima *Gómez-Alonso i sur.*⁵³ vrijednosti sadržaja klorofila kod maslinovih ulja nakon 21 mjeseca čuvanja na sobnoj temperaturi i u mraku iznosile su od 2,71 do 15,3 mg kg^{-1} i u skladu su s rezultatima naših istraživanja. Fenoli su iznimno važni i jedni od odgovornih komponenti u maslinovu ulju. Važni su ponajprije sa zdravstvenog aspekta, zbog čega je maslinovo ulje i priznato od strane Komisije EU 432/2012 i Europske agencije za sigurnost hrane. Iz tablice 3 može se vidjeti da je sadržaj ukupnih fenola od svih ispitivanih uzoraka maslinovih ulja najveći kod drugog uzorka (328,45 mg kg^{-1} GAE), a najmanji kod prvog (195,86 mg kg^{-1} GAE). Prema istraživanjima *Castillo-Luna i sur.*⁵⁴ smanjenje sadržaja fenola bilo je kod ispitivanih 160 uzoraka ekstra djevičanskih maslinovih ulja. Nakon 12 mjeseci čuvanja u tamnom prostoru bez prisutnosti svjetla pri temperaturi 20 °C koncentracija fenola smanjena je za 42,0 $\pm$ 24,3 %. Prema *Čorbo i Dorđević*¹⁶ vrijednost ukupnog fenola za ekstra djevičansko maslinovo ulje s lokaliteta Ljubuški južna Hercegovina iznosila je od 50 do 500 mg kg^{-1} . Prema tome, podatci pokazuju da su rezultati naših istraživanja bili u skladu s rezultatima navedenih autora. *Kostadinović-Velić-*

*kovska i Mitrev*²¹ navode sadržaj ukupnih fenola u rasponu od 15,42 do 34,21 mg kg^{-1} GAE. Različiti autori navode i različite vrijednosti sadržaja ukupnih fenola u maslinovu ulju i to: *Šindrak i sur.*¹ 254 mg kg^{-1} ; *Žanetić i sur.*³ od 161,15 do 350 mg kg^{-1} ; *Hashempour i sur.*⁴⁵ od 148,42 do 181,63 mg kg^{-1} ; *Basuny i sur.*⁴⁹ od 151,2 do 210 mg kg^{-1} ; *Čorbo i sur.*⁴⁸ od 154,45 do 187,18 mg kg^{-1} .

Analiza glavnih komponenata provedena je na osnovi korelacijske matrice u koju je bilo uključeno 26 parametara za četiri uzorka maslinova ulja različitih proizvođača. Za analizu glavnih komponenata kao varijable upotrijebljeni su sadržaji vlage, netopljivih nečistoća, fenolih spojeva, karotenoida, klorofila, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C22:0, C16:1, C17:1, C18:1 ω -9, C20:1, C18:2 ω -6, C18:3 ω -6, C18:3 ω -3, SFA, MUFA, PUFA, odnosi grupa PUFA/SFA, MUFA/SFA, ω -6 / ω -3, vrijednosti nutritivnih indeksa AI, TI i HH. Prve dvije komponente, koje su rezultat ispitivanja osnovnih parametara kvalitete i sastava masnih kiselina u uzorcima maslinova ulja, sadržavale su 83,80 % ukupne varijance i to prva 55,88, a druga 27,92 %.

Osobine koje su najviše doprinijele varijabilnosti ispitivanih uzoraka za PC1 bile su vrijednosti HH indeksa i sadržaj C16:1 kiseline s pozitivnim ostvarenjima, a vrijednost AI s negativnim ostvarenjima. Kod PC2 značajne pozitivne korelacije ostvarene su za sadržaj C17:0, C17:1 i C18:1 ω -9 kiselina, dok je sa sadržajem C18:0 ostvarena značajna negativna korelacija. Visoku pozitivnu korelaciju s PC3 ostvarili su sadržaj ukupnih fenola i odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina, a negativnu korelaciju s PC3 ostvario je sadržaj SFA kiselina.

Na slici 1 može se vidjeti da su sadržaj PUFA, C18:2 ω -6, C16:1, karotenoida, vrijednosti HH indeksa, odnosa MUFA/SFA i PUFA/SFA bili u visokoj pozitivnoj korelaciji, kao i u visokoj negativnoj korelaciji sa sadržajem C18:3 ω -6, C22:0, C16:0, C20:0 i vrijednosti AI. Vrijednosti nutritivnog indeksa TI bio je u značajno pozitivnoj korelaciji sa sadržajem SFA, C18:3 ω -3 i C20:1, dok su navedeni parametri ostvarili negativnu korelaciju sa sadržajem klorofila i MUFA masnih kiselina. Visoka pozitivna korelacija utvrđena je između sadržaja C18:1 ω -9, C17:0, C17:1 i odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina, a svi navedeni parametri ostvarili su značajnu negativnu korelaciju sa sadržajem vlage i netopljivih nečistoća. Na slici se također može uočiti da su se uzorci maslinova ulja pozicionirali na različite strane plota, odnosno svaki uzorak u jedan kvadrant.



Slika 1 – Analiza glavnih komponenti (PCA) – grafički prikaz uzoraka djevičanskih maslinovih ulja prema osnovnim parametrima kvalitete i sastava masnih kiselina

Uzorak M3 pozicionirao se na donju desnu stranu plota u odnosu na sadržaj C16:1, PUFA, vlage, netopljivih nečistoća i vrijednosti HH indeksa koji su bili karakteristični za taj uzorak. Uzorak M2 pozicionirao se na gornju desnu stranu plota u odnosu na vrijednost odnosa grupa ω -6/ ω -3 koja je bila karakteristična za taj uzorak. Uzorak M1 pozicionirao se na gornju lijevu stranu plota. Navedeni uzorak imao je karakterističan sadržaj C16:0, C20:0, C18:1 ω -9, C17:1 i vrijednosti nutritivnog indeksa AI u odnosu na koje se taj uzorak pozicionirao na plotu. Uzorak M4 se pozicionirao na donju lijevu stranu plota u odnosu na sadržaj C18:3 n-3, C20:1, SFA i vrijednosti nutritivnog indeksa TI, koji je imao karakterističan sadržaj i vrijednosti navedenih parametara.

4. Zaključak

Na osnovi provedenih istraživanja, ustanovljeno je da su hladno prešana maslinova ulja proizvedena u Bosni i Hercegovini odgovarajuće kvalitete te se po kvaliteti mogu usporediti s maslinovim uljima proizvedenim u drugim europskim zemljama i regiji, jer se u BiH uzgajaju sorte uvezene iz RH. Analizom sastava masnih kiselina utvrđeno je da su od SFA kod svih uzoraka ulja najzastupljenije bile palmitinska (10,50 – 13,89 %) i stearinska (2,13 – 4,01 %). Od nezasićenih kiselina (UFA) iz reda mononezasićenih kiselina (MUFA) kod svih uzoraka ulja najzastupljenija je bila oleinska kiselina (68,50 – 70,16 %). Sadržaj polinezasićenih kiselina (PUFA) kretao se u rasponu od 10,90 do

13,30 %. Dobiveni rezultati pokazali su da nema značajnih odstupanja pojedinačnih i ukupnih masnih kiselina u usporedbi s rezultatima drugih autora. Kiseline iz skupine ω -6 bile su dominantnije u odnosu na ω -3. Najnižu vrijednost trombogenog indeksa (TI) imao je uzorak M3 (0,39), dok je najveću vrijednost TI imao uzorak M4 (0,46). Vrijednost HH indeksa kretala se u rasponu od 5,82 do 7,81. Najnižu vrijednost imao je uzorak M1 (5,82), dok je najveća zabilježena kod uzorka M3 (7,81). Ispitivana ulja karakterizirao je visok udjel ukupnih fenola koji se kretao od 195,86 do 328,45 mg kg⁻¹ GAE. Sadržaj karotenoida izraženih kao β -karoten bio je u rasponu od 7,32 do 13,37 mg kg⁻¹, dok se sadržaj klorofila kretao u granicama od 9,07 do 12,47 mg kg⁻¹. Najviši sadržaj navedenih pigmenata registriran je kod uzorka M3. Na osnovi dobivenih rezultata, može se konstatirati da kemijske analize provedene na različitim uzorcima ekstra djevičanskih maslinovih ulja nisu pokazale statistički značajne razlike u kvaliteti ulja. Sva ulja proizvedena su istim postupkom prerade (hladnim prešanjem) i dobivena od različitih sorti maslina uzgojenih na različitim lokalitetima, ali pod sličnim ili identičnim klimatskim uvjetima uzgoja. Ulja kao takva se slobodno mogu plasirati na tržište kako u Bosni i Hercegovini pa i šire u regiji, što ponajprije ne ovisi o kvaliteti ulja, nego o mogućnosti proizvodnje, tj. potrebnoj količini sirovine za preradu i zahtjeva tržišta. Laboratorijska ispitivanja provedena su u Tehnološkom laboratoriju Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, osim analize sastava masnih kiselina, koja je provedena u Laboratoriju Zavoda za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine.

Literatura References

1. Z. Šindrak, Đ. Benčić, S. Voća, A. Barberić, Ukupne fenolne tvari u stormim istarskim maslinovim uljima, *Pomologia Croatica*. **13** (2007) 17–30.
2. A. E. M Abdalla, E. A. El-Difrawy, Y. F. Abdelneem, A study on the effect of harvest time on quality of Egyptian olive oil, *Alex. J. Food Sci. Technol., Special Volume Conference*, 2008., str. 61–74, doi: <https://doi.org/10.21608/ajfs.2008.19646>.
3. M. Žanetić, M. Gugić, Zdravstvene vrijednosti maslinovog ulja, *Pomologia Croatica* **12** (2006) 159–173.
4. C. Härtig, Rapid identification of fatty acid methyl esters using a multidimensional gas chromatography-mass spectrometry database, *J. Chromatogr. A* **1** (1177) (2008) 159–169, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.10.089>.
5. R. D. C. A. Guimarães, M. L. R. Macedo, C. L. Munhoz, W. Filiu, L. H. Viana, V. T. Nozaki, P. A. Hiane, Sesame and flax-seed oil: nutritional quality and effects on serum lipids and glucose in rats, *Food Sci. Technol.* **33** (2013) 209–217, doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000029>.
6. ISO 662 – Animal and vegetable fats and oils, Determination of moisture and volatile matter content, Geneva, Switzerland, 2016.
7. ISO 663 – Animal and vegetable fats and oils, Determination of insoluble impurities content, Geneva, Switzerland, 2017.
8. J. Pokorny, J. Kalinova, L. P. Dysseler, Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils, *Pure Appl. Chem.* **67** (10) (1995) 1781–1787, doi: <https://doi.org/10.1351/pac199567101781>.
9. British standard methods (BSM) of analysis, Determination of carotene in vegetable oils, B.S 684, section 2.20., 1977.
10. C. S Ough, M. A. Amerine, *Methods for analysis of musts and wines*. John Wiley and Sons, Inc. Second Edition, New York, 1988.
11. Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan, PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis, *Palaeontol. Electron.* **4** (1) (2001) 4.
12. Đ. Benčić, L. Čoga, M. Krapac, I. Moslavac, Utjecaj lokacije maslinika na masnokiselinski sastav ekstra djevičanskih maslinovih ulja sorti Buža i Leccino u Istri. *Glasnik zaštite ulja* **32** (2009) 53–65.
13. D. B. Konuskan, M. Arslan, A. Oksuz, Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region, *Saudi. J. Biol. Sci.* **26** (2) (2019) 340–344, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.04.005>.
14. M. Žanetić, D. Škevin, E. Vitanović, M. Jukić-Špika, S. Perica, Ispitivanje fenolnih spojeva i senzorski profil dalmatinskih djevičanskih maslinovih ulja, *Pomologia Croatica* **17** (1-2) (2011) 19–27.
15. D. Bandonien, A. Pukalskas, P. R. Venskutonis, P. R. Gruzdiene, Preliminary screening of antioxidant stability in canola oil, *Food Res. Int.* **33** (9) (2000) 785–791, doi: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00084-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00084-3).
16. S. Čorbo, Đ. Đorđević, Promjene ukupnog sadržaja fenola u maslinovom ulju tokom skladištenja. Radovi Poljoprivrednog fakulteta u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu Poljoprivredno prehrambeni fakultet, broj 1-2, 2010.
17. Pravilnik o biljnim uljima, jestivim biljnim mastima, i majonezama (Službeni glasnik, BiH, br.21/11).
18. B. Soldo, Utjecaj lipoksigenaze na sastav hlapljivih tvari u maslinovom ulju autohtonih dalmatinskih sorti. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2016.
19. M. El Riachy, P. Moubarak, G. Al Hawi, M. Geha, W. Mushantaf, N. Estephan, W. Skaff, Article Fatty Acid and Phenolic Profiles of Virgin Olive Oils from Local and European Varieties Planted in Lebanon. *Plants* **12** (2023) 2681, doi: <https://doi.org/10.3390/plants12142681>.
20. K. Brkić-Bubola, O. Koprivnjak, B. Sladonja, D. Škevin, I. Belobrajić, Utjecaj roka berbe na sastav i kvalitetu djevičanskih maslinovih ulja sorte Rosinjola, *Croat. J. Food Sci. Technol.*, **4** (1) (2012) 9–18.
21. S. Kostadinović-Velickovska, S. Mitrev, Characterization of fatty acid profile, polyphenolic content and antioxidant activity of cold pressed and refined edible oils from Macedonia. Laboratory for Food Control, Faculty of Agriculture, University "Goce Delcev" Stip, Macedonia, 2000.
22. H. Frančáková, E. Ivanišová, E. Dráb, T. Krajčovič, M. Tokár, J. Mareček, J. Musilová, Composition of fatty acids in selected vegetable oils, *Potr. S. J. F. Sci.* **9** (1) (2015) 538–542, doi: <https://doi.org/10.5219/556>.
23. N. Vingerling, M. Oseredczuk, L. Du Chaffaut, J. Ireland, M. Ledoux, Fatty acid composition of commercial vegetable oils from the French market analysed using a long highly polar column. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* **17** (3) (2010) 185–192, doi: <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0309>.
24. A. K. Kiritakis, Flavor Components of Olive Oil – A Review, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75** (1998) 673–681, doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0205-6>.
25. J. Rodríguez-Morató, L. Xicota, M. Fitó, M. Farré, M. Dierssen, R. de la Torre, Potential role of olive oil phenolic compounds in the prevention of neurodegenerative diseases, *Molecules* **20** (3) (2015) 4655–4680, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules20034655>.
26. I. Đuričić, M. Jović, V. Todorović, S. Šobajić, Analiza sastava masnih kiselina u jestivim biljnim uljima metodom gasne hromatografije, *Hrana i ishrana* **60** (1) (2019) 24–29, doi: <https://doi.org/10.5937/Hralsh1901024D>.
27. P. A. Simopoulos, The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids, *Biomed. Pharmacother.* **56** (2002) 365–379, doi: [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6).
28. A. P. Simopoulos, Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases, *Food Rev. Int.* **20** (1) (2004) 77–90, doi: <https://doi.org/10.1081/FRI-120028831>.
29. J. D. Wood, R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, M. Enser, Effects of fatty acids on meat quality: a review, *Meat Sci.* **66** (1) (2004) 21–32, doi: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6).
30. J. D. Wood, M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, F. M. Whittington, Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review, *Meat Sci.* **78** (4) (2008) 343–358, doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>.
31. J. Chen, H. Liu, Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review, *Int. J. Mol. Sci.* **21** (16) (2020) 5695, doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>.
32. S. Yurchenko, A. Sats, V. Tatar, T. Kaart, H. Mootse, I. Joudu, Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish Landrace goats, *Food Chem.* **254** (2018) 326–332, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.041>.
33. M. Dobra, Laboratorijska analiza maslinova ulja. Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2017.
34. M. Galović, Proizvodnja hladnog prešanog makovog ulja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2016.
35. B. Halilović, Uticaj eteričnih ulja na kvalitet i oksidacijsku stabilnost ulja lana. Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivred-

- no-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 2022.
36. E. Bagarić, Utjecaj parametara prešanja sjemenki crnog kima pužnom prešom na prinos i kvalitetu ulja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2021.
 37. S. Tomljenović, Utjecaj dodatka antioksidanasa na održivost ulja sikačice, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2021.
 38. E. Lončar, R. Malbaša, D. Peričin, Lj. Kolarov, Ekstrakcija fenolnih komponenata iz jestivih ulja, *Uljarstvo* **41** (1-2) (2010) 23–28.
 39. D. B. Konuskan, O. Kamiloglu, O. Demirkaser, Fatty acid composition, total phenolic content and antioxidant activity of grape seed oils obtained by cold-pressed and solvent extraction, *Indian J. Pharm. Educ. Res.* **53** (2019) 144–150, doi: <https://doi.org/10.5530/ijper.53.1.19>.
 40. Z. Ustun-Argon, Phenolic Compounds, Fatty Acid Compositions and Antioxidant Activity of Commercial ColdPressed Grape Seed (*Vitis vinifera*) Oils from Turkey, *Int. J. Sci. Eng. Res.* **10** (4) (2019) 1211–1218.
 41. T. Premović, E. Dimić, A. Takači, Senzorni kvalitet hladno presovanog ulja dobijenog iz semena suncokreta skladištenog 12 meseci, *Uljarstvo* **44** (1) (2013) 35–43.
 42. A. Stojićević, B. Rabrenović, M. Antić, Nutritional value of cold-pressed sunflower oil, 1st International Symposium on Biotechnology, Faculty of Agronomy in Čačak, University of Kragujevac, Proceedings, 2023., str. 429–437, doi: <https://doi.org/10.46793/SBT28.429S>.
 43. M. Wroniak, M. Kwiatkowska, K. Krygier, Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno, *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* **13** (2) (2006) 46–58.
 44. P. Luaces, A. G. Perez, J. M. Garcia, C. Sanz, Effects of heat – treatments of olive fruit on pigment composition of virgin olive oil, *Food Chem.* **90** (1-2) (2005) 169–174, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.035>.
 45. A. Hashempour, R. F. Ghazvini, D. Bakhshi, S. A. Sanam, Fatty acids composition and pigments changing of virgin olive oil (*Olea europea* L.) in five cultivars grown in Iran, *AJCS* **4** (4) (2010) 258–263.
 46. B. Gandul-Rojas, I. Minguez-Mosquera, Chlorophyll and Carotenoid Composition in Virgin Olive Oils from Various Spanish Olive Varieties, *J. Sci. Food Agric.* **72** (1996) 31–39, doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199609\)72:1<31::AID-JSFA619>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199609)72:1<31::AID-JSFA619>3.0.CO;2-5).
 47. E. Dimić, R. Romanić, Analiza kvaliteta maslinovog ulja i hladno ceđenog suncokretovog ulja oleinskog tipa, *Uljarstvo* **35** (3-4) (2004) 17–26.
 48. S. Čorbo, E. Dimić, V. Vujasinović, S. Podrug, Određivanje nekih antioksidanasa u maslinovom ulju, *Uljarstvo* **4** (2013) 3–12.
 49. A. Basuny, M. S. Arafat, D. Mostafa, Virgin Olive Oil Quality: Relationship Between Bioactive Components and Organoleptic Evaluation, Alex. J. Food Sci. Technol., Special Volume Conference, 2008., str. 21–29, doi: <https://doi.org/10.21608/ajfs.2008.19643>.
 50. R. Ranalli, A. Ranalli, S. Contento, M. Casanovas, M. Antonucci, G. Di Simone, Concentrations of Bioactives and Functional Factors in Destoned Virgin Olive Oil: The Case Study of the Oil from Olivastra di Seggiano Cultivar, *J. Pharm. Nutr. Sci.* **2** (2012) 83–93, doi: <https://doi.org/10.6000/1927-5951.2012.02.01.12>.
 51. C. Anniva, D. Grigariadou, E. Psomiadou, M. Tsimidou, Phenophytin α degradation products as useful indices in the quality control of virgin oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **84** (4) (2006) 371–375, doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1215-x>.
 52. E. Psomiadou, M. Tsimidou, Pigments in Greek Virgin olive oils: occurrence and levels, *J. Sci. Food Agric.* **81** (7) (2001) 640–647, doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.859>.
 53. S. Gomez-Alonso, V. Mancebo-Campos, M. Desamparados Salvador, G. Fregapane, Evolution of major and minor components and oxidation indices of virgin olive oil during 21 months storage at room temperature, *Food Chem.* **100** (1) (2007) 36–42, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.006>.
 54. A. Castillo-Luna, I. Criado-Navarro, C. A. Ledesma-Escobar, M. A. Lopez-Bascon, F. Priego-Capote, The decrease in the health benefits of extra virgin olive oil during storage is conditioned by the initial phenolic profile, *Food Chem.* **336** (2001) 127–730, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127730>.

SUMMARY

Determination of the Composition of Fatty Acids and Coloured Components in Olive Oil

Selma Čorbo, Aida Memić, and Munevera Begić*

The aim of this study was to examine the quality of four samples of extra virgin olive oil obtained from different olive varieties grown in different locations but under similar climatic conditions, produced by cold pressing with hydraulic screw presses. The composition of fatty acids, water content, insoluble impurities, and coloured components, as well as the total content of phenols, chlorophyll, and carotenoids, were determined in the tested samples. Three olive oil samples originated from Bosnia and Herzegovina, while the fourth sample originated from the Republic of Slovenia. Among the unsaturated fatty acids from the order of monounsaturated (MUFA), oleic acid was the most abundant in all samples, ranging from 68.50 to 70.16 %. Based on the content of individual fatty acids, nutritional indices were also calculated for the tested olive oil samples. The atherogenic index (AI) value in all tested samples ranged from 0.14 to 0.19, while the thrombogenic index (TI) value ranged from 0.39 to 0.46. The hypocholesterol/hypercholesterol index (HH) in all tested olive oil samples ranged from 5.82 to 7.81. The values of acids from the ω -6 group ranged from 0.43 to 0.74 % and were more dominant than the ω -3 group (0.21 – 0.53 %). The moisture content in all samples was less than 0.4 %, while the content of insoluble impurities was higher than the maximum allowed values (0.05 %). The content of carotenoids ranged from 7.32 to 13.37 mg kg⁻¹, chlorophyll from 9.07 to 12.47 mg kg⁻¹, and total phenols from 195.86 to 328.45 mg kg⁻¹ GAE. The results show that all the olive oil samples met the requirements of the relevant regulations. Chemical analysis did not reveal statistically significant differences in oil quality.

Keywords

Olive oil, fatty acids, insoluble impurities, moisture, chlorophyll, phenols, carotenoids

*Faculty of Agriculture and Food Science,
University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8,
71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina*

*Original scientific paper
Received February 20, 2025
Accepted April 3, 2025*