

**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

**Mare Jerković
0058223455**

**MOGUĆNOST PRIMJENE ZDRAVSTVENIH TVRDNJI
NA DJEVIČANSKA MASLINOVA ULJA SORTI
ISTARSKA BJELICA I *ROSULJA* S OBZIROM NA
KONCENTRACIJU I SASTAV POLIFENOLNIH
SPOJEVA**

ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta: Utjecaj inovativnih tehnologija na nutritivnu vrijednost, senzorska svojstva i oksidacijsku stabilnost djevičanskih maslinovih ulja iz hrvatskih autohtonih sorti maslina (HRZZ CROInEVOO, IP-2020-02-7553)

Mentor: prof.dr. sc. Dubravka Škevin

Zagreb, 2025.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju ulja i masti

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

MOGUĆNOST PRIMJENE ZDRAVSTVENIH TVRDNJI NA DJEVIČANSKA MASLINOVA ULJA SORTI *ISTARSKA BJELICA* I *ROSULJA* S OBZIROM NA NJIHOV POLIFENOLNI SASTAV

Mare Jerković
0058223455

Sažetak

Djevičansko maslinovo ulje zbog svojeg polifenolnog sastava umanjuje i sprečava oksidaciju lipida u krvi čovjeka, što povoljno djeluje na zdravlje kardiovaskularnog sustava. Cilj ovog rada bio je razmotriti mogućnost primjene EFSA-inih zdravstvenih tvrdnji za djevičanska maslinova ulja sorti istarska bjelica i rosulja s obzirom na koncentraciju polifenolnih spojeva. Koncentracija fenola određena je na HPLC-u, prema standardnoj metodi Međunarodnog vijeća za masline. Rezultati su pokazali da i sorta istarska bjelica (7,87 mg hidroksitirosola i njegovih derivata u 20 g ulja) i sorta rosulja (6,17 mg hidroksitirosola i njegovih derivata u 20 g ulja) zadovoljavaju uvjete za zdravstvenu tvrdnju kojom se navodi da „polifenoli maslinovog ulja pridonose zaštiti lipida u krvi od oksidacijskog stresa“.

Ključne riječi: djevičansko maslinovo ulje, polifenolni sastav, zdravstvene tvrdnje, oksidacija lipida u krvi, antioksidans

Rad sadrži: 20 stranica, 4 slike, 2 tablice, 38 literaturnih navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (PDF format) obliku pohranjen u Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb.

Mentor: prof. dr. sc. Dubravka Škevin

Pomoć pri izradi: izv. prof. dr. sc. Klara Kraljić

Datum obrane: 10. rujna 2025.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Oil and Fat Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology or Biotechnology or Nutrition

University undergraduate study Nutrition

POLYPHENOL COMPOSITION OF VIRGIN OLIVE OIL: POSSIBILITIES FOR THE APPLICATION OF HEALTH CLAIMS

Mare Jerković
0058223455

Abstract

Virgin olive oil, due to its polyphenol composition, reduces and prevents the oxidation of blood lipids in humans, which has a beneficial effect on cardiovascular health. The aim of this study was to examine the applicability of EFSA-approved health claims for virgin olive oils of the Istarska Bjelica and Rosulja varieties, considering their polyphenol concentration. The concentration of phenolic compounds was determined using HPLC, following the standard method of the International Olive Council. The results showed that both the Istarska Bjelica (7,87 mg hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil) and Rosulja (6,17 mg hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil) varieties fulfill the conditions for the health claim "Olive oil polyphenols contribute to the protection of blood lipids from oxidative stress".

Keywords: virgin olive oil, polyphenol composition, health claims, oxidation of blood lipids, antioxidant

Thesis contains: 20 pages, 4 figures, 2 tables, 38 references, 0 supplements

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic (PDF format) form in the Library of the University of Zagreb Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb.

Mentor: Dubravka Škevin, PhD, Full professor

Technical support and assistance: Klara Kraljić, PhD, Associate professor

Thesis defended: September 10th, 2025

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. OKSIDACIJSKI STRES I OBRANA ORGANIZMA	2
2.1.1. SLOBODNI RADIKALI	2
2.1.2. OBRANA OD SLOBODNIH RADIKALA ANTIOKSIDANSIMA.....	3
2.1.3. POLIFENOLI – BILJNI ANTIOKSIDANSI	4
2.2. OKSIDACIJA LDL-KOLESTEROLA U KRV I NASTANAK ATEROSKLEROZE	5
2.2.1. ATEROSKLEROZA	5
2.2.2. DJELOTVORNOST POLIFENOLA U ZAŠTITI KRVNIH LIPIDA OD OKSIDACIJE.....	5
2.2.3. MIŠLJENJE EFSA-E O DJELOTVORNOSTI POLIFENOLA MASLINOVOG ULJA.....	7
2.3. DJEVIČANSKO MASLINOVO ULJE U PREHRANI	8
2.3.1. UTJECAJ TERMIČKE OBRAD E NA SASTAV MASLINOVOG ULJA	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO	10
3.1. MATERIJALI.....	10
3.2. METODE.....	10
3.2.1. EKSTRAKCIJA FENOLNIH SPOJEVA.....	10
3.2.2. SEPARACIJA FENOLNIH SPOJEVA NA HPLC-U	11
3.2.3. KVANTIFIKACIJA FENOLNIH SPOJEVA	12
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	13
4.1. REZULTATI	13
4.2. RASPRAVA	14
5. ZAKLJUČCI.....	16
6. LITERATURA	17

1. UVOD

Polifenoli su sekundarni metaboliti biljke koje biljka proizvodi kao odgovor na promjene u okolišu. To uključuje promjene u temperaturi, količini svjetlosti, jačini UV zračenja i slično. Njihova je glavna uloga zaštititi biljku hvatanjem slobodnih kisikovih radikala koji u stanici prouzrokuju oksidacijski stres, oštećujući staničnu DNA (Zagoskina i sur., 2023.).

U biljke bogate polifenolima spada i maslina, *Olea europaea L.*, koja je rasprostranjena po cijelom priobalnom dijelu Hrvatske, jer joj za uzgoj odgovara umjerena sredozemna klima. Razvijenom tehnologijom iz ploda masline ekstrahira se djevičansko maslinovo ulje (u nastavku DMU), nutritivno bogato ulje s jakom oksidacijskom stabilnošću koja proizlazi iz kemijskog sastava ulja. U ulju prevladava jednostruko nezasićena oleinska masna kiselina te već spomenuti polifenoli, karakteristični za maslinu (Nanjara i sur., 2022; Pastor i sur., 2021).

S obzirom na prisutnost polifenola u DMU-u pozitivan učinak djevičanskog maslinovog ulja na zdravlje temeljito je istražen i opravdan, a zdravstvene tvrdnje koje proizvođač DMU-a smije navesti na svojem proizvodu strogo su regulirane uredbama Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA – European Food Safety Authority). U 2011. godini objavljen je službeni dokument koji određuje uvjete pod kojima se može primjenjivati određena zdravstvena tvrdnja te kako je formulirati. Kako bi proizvod zakonski smio sadržavati tvrdnju da polifenoli iz DMU-a sprečavaju oksidaciju krvnih lipida, ulje mora sadržavati minimalno 5 mg hidrofilnih fenolnih spojeva u 20 g maslinovog ulja (EFSA, 2011).

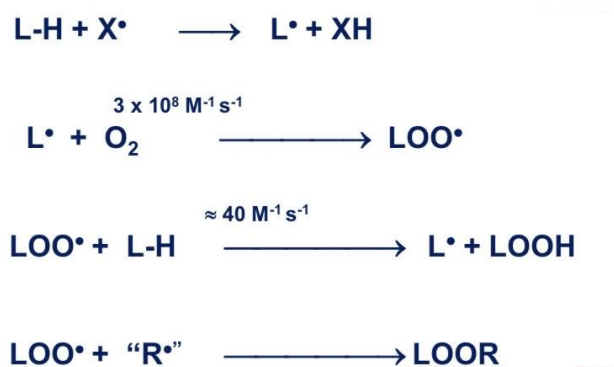
Cilj ovog rada bio je odrediti koncentracije polifenola u dva istarska DMU-a hrvatskog podrijetla, rosulje i istarske bjelice, iz sezone 2024./2025., pa ih usporediti s koncentracijama iz prethodne tri sezone te, u skladu s važećim regulativama Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA), utvrditi ispunjavaju li analizirani uzorci uvjete za navođenje dopuštenih zdravstvenih tvrdnji. Za određivanje koncentracije fenolnih spojeva primijenjena je metoda ekstrakcije fenolnih spojeva u metanolu te njihova kvantifikacija na HPLC-u.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. OKSIDACIJSKI STRES I OBRANA ORGANIZMA

2.1.1. Slobodni radikali

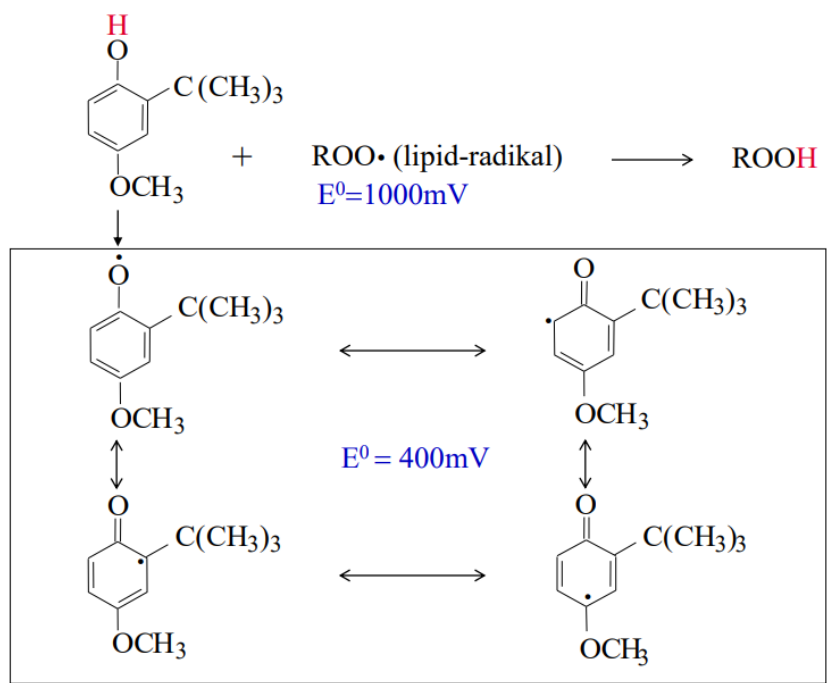
Slobodni su radikali molekule koje imaju nespareni elektron te su zbog toga iznimno reaktivni i nestabilni. U tijelu se stvaraju u normalnim fiziološkim procesima kao što je, primjerice, oksidacija glukoze. Oksidacija glukoze, dakako, nije jedini način stvaranja slobodnih radikala, već na njihovo stvaranje utječu i mnogi drugi vanjski čimbenici. Mogu nastati i kao posljedica loših životnih navika, poput pušenja ili neuravnotežene prehrane. Ostali razlozi koji se navode u literaturi izloženost su UV zračenju, ionizirajućem zračenju ili zagađenom zraku. Slobodni su radikali svi reaktivni oblici kisika (engl. *reactive oxygen species*) te reaktivni oblici dušika (engl. *reactive nitrogen species*). Mehanizam djelovanja slobodnih radikala temelji se na njihovoj nestabilnosti zbog postojanja nesparenog elektrona u valentnoj ljusci. Kako bi postao stabilan, slobodni radikal nastoji oduzeti elektron stabilnoj molekuli u svojoj blizini, ali tako oksidira dotad stabilnu molekulu i stvara novi nestabilni radikal. Na taj način nastaje lančana reakcija (slika 1) koja rezultira sve većim brojem slobodnih radikala koji prouzrokuju oksidacijski stres, oštećenje tkiva ili smrt stanice (Berlitz i sur., 2004).



Slika 1. Ciklus nastajanja novih slobodnih radikala (prema Berlitz i sur., 2004)

2.1.2. Obrana od slobodnih radikala antioksidansima

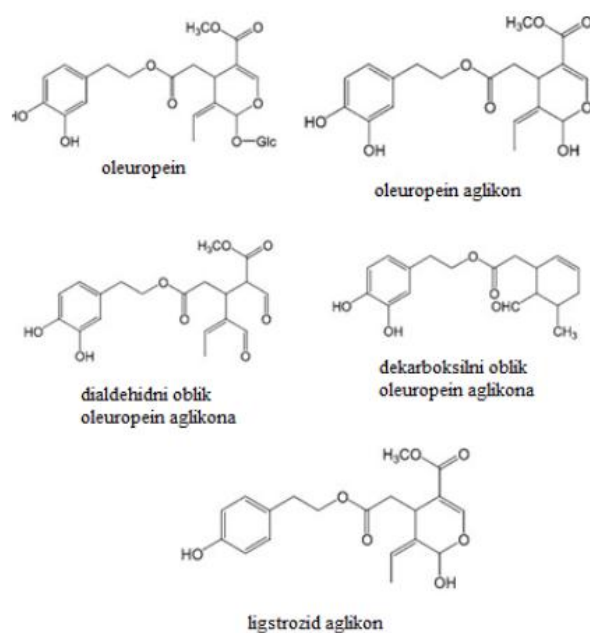
U ljudskom organizmu postoji sustav obrane od nakupljanja slobodnih radikala, a glavnu ulogu u tome imaju antioksidansi. Antioksidansi djeluju na nekoliko načina – mogu onemogućiti stvaranje novih radikala ili popraviti oštećenja nastala u stanici djelovanjem slobodnih radikala. Dijelimo ih na antioksidacijske enzime i antioksidacijske molekule. Antioksidacijski enzimi prirodno nastaju u stanicama organizma te razgrađuju manje aktivne oblike kisikovih radikala u nenabijene, neaktivne molekule. U njih spadaju superoksid-dismutaza, katalaza i glutation-peroksidaza. Antioksidacijske molekule jesu molekule koje zbog svoje kemijske strukture nestabilnom radikalima mogu donirati elektron, a da pritom same ne postanu nestabilne, tako prekidajući lanac nastanka slobodnih radikala (slika 2). Glavne molekule antioksidansa u vodenom dijelu organizma čini vitamin C, a vitamin E u masnom je dijelu organizma glavna molekula koja štiti od oštećenja. Zato je te vitamine nužno unijeti prehranom, kao i ostale egzogene antioksidanse u koje spadaju i fenolni spojevi koje čovjek unosi u organizam hraneći se namirnicama biljnog podrijetla (Berlitz i sur., 2004).



Slika 2. Primjer stabilizacije antioksidansa (prema Berlitz i sur., 2004)

2.1.3. Polifenoli – biljni antioksidansi

Fenolni su spojevi, kako je već spomenuto, biljni antioksidansi koje čovjek unosi u organizam namirnicama biljnog podrijetla. To su spojevi u kojima je hidroksilna skupina izravno vezana na benzenski ili aromatski prsten. Ako spoj na sebi ima više hidroksilnih skupina, naziva se polifenolnim spojem. Prema kemijskoj strukturi dijelimo ih u više skupina, od jednostavnih fenola i fenilpropanoida do fenolnih kiselina, kumarina, flavonoida, lignana, tanina, kinona i drugih. S obzirom na to da nakon unosa njihova antioksidacijska svojstva djeluju i na ljudski organizam, polifenoli imaju pozitivan učinak na zdravlje čovjeka (Berlitz i sur., 2004). Kad je riječ o polifenolima djevičanskog maslinovog ulja, misli se na više od 30 identificiranih spojeva. Njihova koncentracija varira od 50 mg/kg pa sve do 1000 mg/kg, a oni ne samo što ulju daju nutritivnu vrijednost, već i senzorsku, u obliku blage pikantnosti. Prvi važniji fenolni spojevi masline koje treba spomenuti jesu hidroksitirozol i tirozol, fenolni alkoholi koji nastaju hidrolizom sekoiridoida (Jimenez-Lopez i sur., 2020; Ghanbari i sur., 2012). Sekoiridoidi su fenolni spojevi najčešće građeni od elenolne kiseline i tirozola ili hidroksitirozola te su najzastupljenija skupina fenolnih spojeva u maslini. Predstavnici su oleuropein, ligstrozidi, dimetiloleuropein, oleurozid i njihovi aglikoni (slika 3). Oleuropein je predstavnik sekoiridoida koji ima mnoge pozitivne učinke na zdravlje, poput antikancerogenog i antimikrobnog učinka.



Slika 3. Kemijske strukture oleuropeina i njegovih aglikona (*prema* Boskou i sur., 2005)

Dva sekoiridoida koje također treba spomenuti jesu oleacein i oleokantal, fenolni spojevi čija se koncentracija ubraja pri računanju ukupne koncentracije fenolnih spojeva DMU-a koji imaju pozitivne zdravstvene učinke. Oba spoja djeluju protuupalno i antikancerogeno (Lozano-Castellón i sur., 2020).

2.2. OKSIDACIJA LDL-KOLESTEROLA U KRV I NASTANAK ATEROSKLEROZE

2.2.1. Ateroskleroza

Ateroskleroza je poremećaj nakupljanja plaka na unutarnjim stijenkama arterija. Plak sužava žilu, a posljedično i protok krvi kroz nju. Ateroskleroza nastaje zbog ozljede na unutarnjoj stijenci arterije koja otvara prolaz kisiku i LDL-kolesterolu u glatko mišićno tkivo arterije te se stvara oksidirani LDL-kolesterol. Kako bi se smanjila upala koja je nastala, imunološki sustav odgovara slanjem bijelih krvnih zrnaca na mjesto ozljede žile. Bijela krvna zrnca spajaju se s oksidiranim LDL-kolesterolom te formiraju pjenaste stanice (plak) koje se počinju nakupljati i smanjivati opseg žile. Nastanak ateroskleroze povezuje se s viškom lipida u krvi koji zaostaje nakon što sve stanice preuzmu potrebnu količinu jer u krvi zaostaje i LDL-kolesterol podložan oksidaciji (Štimac i sur., 2014; Živković, 2002). Vezom između sprečavanja nastanka oksidiranog LDL-kolesterola i unosa polifenolnih spojeva prehranom bave se mnogi znanstvenici jer logika upućuje na to da će polifenoli djelovati antioksidacijski te tako imati važnu ulogu u održavanju normalne lipidne krvne slike, sprečavajući oksidaciju LDL-kolesterola.

2.2.2. Djelotvornost polifenola u zaštiti krvnih lipida od oksidacije

Jedno takvo istraživanje, koje je trebalo odrediti funkciju polifenola u zaštiti krvnih lipida od oksidacije, provedeno je 2015. godine. Skupinu znanstvenika zanimalo je može li konzumacija polifenola iz djevičanskog maslinovog ulja smanjiti koncentracije LDL-kolesterola (mjerene kao koncentracije apolipoproteina B – 100 i ukupan broj LDL čestica) kod ljudi. Riječ je bila o randomiziranom, kontroliranom, kružnom ispitivanju provedenom na 25 muškaraca u dobi od 20 do 59 godina. Sudionici su tijekom triju tjedana konzumirali 25 ml maslinovog ulja s niskim sadržajem polifenola na dan te su nakon dvotjedne stanke tri tjedna konzumirali 25 ml maslinovog ulja s visokim sadržajem polifenola na dan. Koncentracije plazmatskog

apolipoproteina B-100 i broj ukupnih i malih LDL čestica smanjili su se u odnosu na početnu vrijednost nakon intervencije s maslinovim uljem visokog sadržaja polifenola. Vrijeme odgode oksidacije LDL-kolesterola povećalo se $5,0 \% \pm 10,3 \%$ u odnosu na početnu vrijednost nakon intervencije s maslinovim uljem visokog sadržaja polifenola, što je bilo znatno drukčije u odnosu na vrijednosti prije intervencije. Znanstvenici su zaključili kako polifenoli iz maslinovog ulja koje sadržava visoke koncentracije polifenola mogu reducirati koncentracije LDL-kolesterola i njegovu aterogenost kod zdravih mladih muškaraca (Hernández i sur., 2015).

Provedena je i kontrolirana, dvostruko slijepa, unakrsna, randomizirana klinička intervencija u kojoj su tri vrste maslinovog ulja, s postupno rastućim fenolnim koncentracijama (od 0 do 150 mg/kg, što je do 3,3 mg/dan; od toga 3 % tirosol, 7 % hidroksitirosol, 42 % oleuropein-aglikoni i 14 % ligstrozid-aglikoni), davane u količini od 25 ml na dan tijekom triju tjedana tridesetorici zdravih muškaraca. Kao pokazatelji poštovanja protokola mjereni su urinarni tirosol i hidroksitirosol. Rezultati su pokazali da je *in vivo* koncentracija plazmatskog oksidiranog LDL-kolesterola znatno smanjena, a *ex vivo* otpornost LDL-kolesterola na oksidaciju znatno se povećala s porastom fenolnog sadržaja primijenjenih ulja (Marrugat i sur., 2004).

U još jednom dvostruko slijepom, randomiziranom, unakrsnom istraživanju sudjelovalo je dvanaest zdravih muškaraca, a ispitivanje je uključivalo konzumaciju triju maslinovih ulja s niskim (10 mg/kg, tj. 0,2 mg/dan), umjerenim (133 mg/kg, tj. 2,9 mg/dan) i visokim (486 mg/kg, tj. 10,7 mg/dan) sadržajem fenola tijekom četiriju dana. Postotci pojedinih fenolnih spojeva u uljima, određeni HPLC metodom, bili su otprilike sljedeći: 6,5 % hidroksitirosol, 5,5 % tirosol, 40 % oleuropein-aglikoni, 26 % ligstrozid-aglikoni, 12 % luteolin i 3 % apigenin. Konzumacija maslinovih ulja dovela je do znatnog smanjenja koncentracije plazmatskog oksidiranog LDL-kolesterola i malondialdehida (MDA) u urinu te do znatnog povećanja aktivnosti glutation-peroksidaze (Weinbrenner i sur., 2004).

U akutnom, križnom istraživanju 12 muških ispitanika konzumiralo je maslinova ulja s visokim (366 mg/kg), umjerenim (164 mg/kg) i niskim (2,7 mg/kg) sadržajem fenola u količini od 40 ml na dan. Ishodni pokazatelji praćeni su u uzorcima krvi uzetima 2, 4 i 6 sati nakon konzumacije maslinovih ulja. Utvrđeno je da se ukupna količina fenolnih spojeva u LDL-kolesterolu povećala u postprandijalnom stanju, proporcionalno fenolnom sadržaju konzumiranog maslinovog ulja. Uočen je i znatni pad koncentracije oksidiranog LDL-kolesterola u plazmi (Covas i sur., 2006).

Nekoliko istraživanja bavilo se bioraspoloživošću fenolnih spojeva iz maslina, pokazavši da je apsorpcija fenola iz maslinovog ulja vjerojatno veća od 55 do 66 %, a da je apsorpcija

hidroksitirosola ovisna o dozi. Ovi nalazi upućuju na to da se fenoli iz maslinovog ulja apsorbiraju u crijevima, da se tirosol i hidroksitirosol ugrađuju u lipoproteinske frakcije te da se hidroksitirosol izlučuje urinom u obliku glukuronidnoga konjugata (de la Torre-Carbot i sur., 2010; Miro-Casas i sur., 2003; Vissers i sur., 2002; Visioli i sur., 2001; Edgecombe i sur., 2000).

2.2.3. Mišljenje EFSA-e o djelotvornosti polifenola maslinovog ulja

EFSA je sva istraživanja koja su se bavila ovim područjem uzela u obzir te je dala svoje mišljenje o utjecaju polifenola maslinovog ulja na oksidaciju LDL-kolesterola u krvi. Godine 2011. panel EFSA-inih znanstvenika zaključio je sljedeće: polifenoli koji su prirodno prisutni u djevičanskom maslinovom ulju, standardizirani prema sadržaju hidroksitirosola i njegovih derivata, pokazali su u više intervencijskih studija na ljudima znatnu sposobnost smanjenja količine cirkulirajućih oksidiranih LDL čestica *in vivo*. Dokazi proizlaze iz triju istraživanja manjeg opsega (Weinbrenner i sur., 2004; Marrugat i sur., 2004; de la Torre-Carbot i sur., 2010) te jedne akutne postprandijalne studije (Covas i sur., 2006). Najniža dnevna doza hidroksitirosola i njegovih derivata, koja je imala znatan učinak na smanjenje *in vivo* peroksidacije LDL-kolesterola, iznosila je 5 mg. U istraživanjima je također potvrđeno da se polifenoli iz maslinovog ulja apsorbiraju u crijevima, ugrađuju u lipoproteinske frakcije (uključujući LDL) te na taj način pridonose zaštiti LDL-kolesterola od oksidacije. Na temelju dobro provedenih i kontroliranih ispitivanja, potkrijepljenih kratkotrajnim i akutnim studijama te uvjerljivim mehanizmom djelovanja, EFSA je utvrdila uzročnu vezu između konzumacije polifenola iz maslinovog ulja i zaštite LDL čestica kolesterola od oksidacijskog oštećenja. Donesena je i odluka o tome da se dopusti primjena zdravstvene tvrdnje kojom se navodi da „polifenoli maslinovog ulja pridonose zaštiti lipida u krvi od oksidacijskog stresa“ (EFSA, 2011) onda kada je sadržaj hidrofilnih fenola ≥ 5 mg u 20 g ulja, uz napomenu da se povoljan učinak može postići dnevnim unosom upravo te koncentracije iz ulja. Zdravstvena tvrdnja svaka je tvrdnja kojom se izjavljuje, sugerira ili naznačuje da postoji povezanost između neke kategorije hrane, određene hrane ili jedne od njezinih sastavnica i zdravlja (Uredba (EZ) br. 1924/2006, 2006).

Panel EFSA-e razmatrao je i mogućnost primjene mnogih drugih zdravstvenih tvrdnji vezanih uz polifenole DMU-a. Jedna od mogućih tvrdnji bila je da „polifenoli maslinovog ulja održavaju normalnu koncentraciju HDL-kolesterola u krvi“. Tvrdnju je panel razmotrio zbog uloge HDL-kolesterola u transportu kolesterola u tijelu, iz perifernih tkiva, do jetre. Razmatranjem dostupnih istraživanja, čiji rezultati nisu bili dosljedni (neka su pokazala porast HDL-kolesterola, a neka nisu), panel je zaključio kako tvrdnju nije moguće primijeniti. Takvoj odluci pridonijelo je i nepostojanje biološki uvjerljivog mehanizma kojim bi polifenoli mogli

utjecati na koncentraciju HDL-kolesterola.

Osim te tvrdnje panel je razmatrao i onu kojom se navodi da „polifenoli pridonose održavanju normalnog krvnog tlaka“, a zaključio je da uzročno-posljedična veza između polifenola DMU-a trenutačno nije potvrđena jer istraživanja obuhvaćaju pregledne radove, istraživanja na ljudima i životinjama i *in vitro* pokuse sa sastojcima hrane koji ne uključuju samo polifenole masline, već i drugu hranu i/ili ne uključuju učinke samo na regulaciju krvnog tlaka (EFSA, 2011).

2.3. DJEVIČANSKO MASLINOVO ULJE U PREHRANI

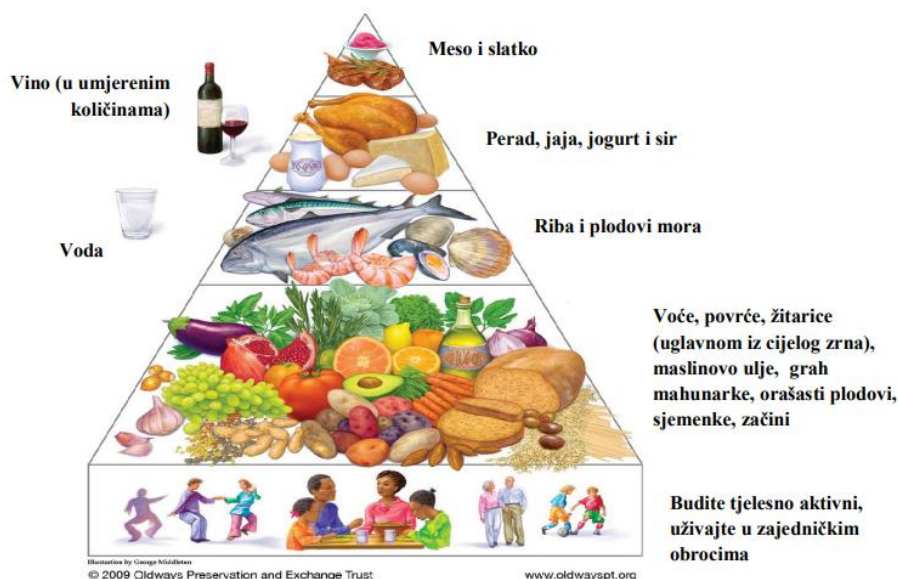
2.3.1. Utjecaj termičke obrade na sastav maslinovog ulja

Termooksidacija je proces u kojemu dolazi do oksidacije neke tvari zato što je podvrgnuta visokim temperaturama te je zbog toga važna termička stabilnost ulja koje se upotrebljava za pripremanje hrane. Zbog svojeg sastava djevičansko maslinovo ulje podnosi visoke temperature, a njegova je točka dimljenja vrlo visoka, čak 210 °C (Luketina, 2020).

Problem nastaje kad je riječ o unosu polifenolnih tvari nakon što je ulje termički obrađeno. Marinac-Anđić (2016) u svojem radu navodi kako je termička obrada smanjila udio ukupnih polifenola u ispitivanim uzorcima. Tim su se pitanjima bavili i neki drugi znanstvenici, a slične su rezultate dobili i Allouche i sur. (2007). S obzirom na to da je maslinovo ulje iznimno stabilno ulje za prženje, a prženje i kuhanje degradiraju polifenolne tvari, važno je pronaći ravnotežu između unosa sirovog, termički neobrađenoga maslinovog ulja i onoga termički obrađenoga.

2.3.2 Mediteranska prehrana

Takav je način prehrane u temeljima Mediteranske prehrane (slika 4).



Slika 4. Piramida mediteranske prehrane (Opća bolnica Zadar, 2020)

Glavna su obilježja mediteranske prehrane svakodnevni unos hrane biljnog podrijetla, poput orašastih plodova, voća, povrća, svježih začina, sjemenki i grahorica kako bi se zadovoljila dnevna potreba organizma za vitaminima, mineralima i vlaknima. Glavni izvor proteina čini riba, unos mesa je smanjen, a ako se unosi, onda se radije bira meso peradi i manje masno bijelo meso umjesto crvenog mesa. Glavni je izvor masti u prehrani maslinovo ulje koje se upotrebljava za kuhanje i prženje te kao začini i dodatak gotovim jelima, poput salata ili pečene ribe (Opća bolnica Zadar, 2020). Istraživanja su pokazala kako ovaj način prehrane pozitivno utječe na prevenciju bolesti kardiovaskularnog sustava upravo zbog unesenih mikronutrijenata i bioaktivnih tvari (Žanetić i Gugić, 2006). Muškarci koji žive na jugu Europe, a primjenjuju načela mediteranske prehrane, imaju manji rizik za razvoj kardiovaskularnih bolesti od muškaraca koji žive na području sjeverne Europe i Amerike. Isto tako, osobe koje slijede načela mediteranske prehrane kad je riječ o unosu integralnih žitarica nemaju toliku sklonost prema razvoju tumora probavnog sustava i dijabetesa tipa 2, kao one osobe koje to ne čine (Alibabić i Mujić, 2016).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na uzorcima djevičanskog maslinovog ulja dviju hrvatskih sorti maslina, rosulji i istarskoj bjelici, proizvođača OPG Vandelić (Bale, Istra) proizvedenih u sezoni 2024./2025.

Popis ostalih upotrebljavanih kemikalija:

- metanol HPLC čistoće (Honeywell, Offenbach, Njemačka)
- mravlja kiselina HPLC čistoće (T.T.T. d.o.o., Sveta Nedelja, Hrvatska)
- komercijalno dostupni standardi – siringinska kiselina i tirosol (Sigma-Aldrich, St. Louis, SAD).

Popis potrebne opreme i pribora:

- C18 kolona (Luna, dimenzije 250 x 4,6 mm, veličine čestica 5 μ m, veličine pora 100 Å, proizvođač Phenomenex, SAD), zagrijanoj na 30 °C, ugrađenoj u Agilent Technologies HPLC sustav (LC 1200)
- miješalica Vortexer LLG-uni TEXER (LLG-Labware, Meckenheim, Njemačka)
- ultrazvučna kupelj Sonorex Digiplus (BANDELIN electronic, Berlin, Njemačka), maksimalne snage od 640 W, napona od 120 do 240 V i frekvencije od 20 kHz
- analitička vaga ABP 200-5DM (KERN & SOHN, Balingen, Njemačka)
- centrifuga ROTINA 380 (Hettich, Tuttlingen, Njemačka).

3.2. METODE

3.2.1. Ekstrakcija fenolnih spojeva

Za ekstrakciju fenolnih spojeva primijenjena je standardna metoda Međunarodnog vijeća za masline (IOC, 2022). Fenolni spojevi se, temeljeno na njihovoj polarnosti, izravno ekstrahiraju u otopinu metanola te se kvantificiraju na HPLC-u uz UV detektor pri 280 nm. Kao interni standard upotrebljava se otopina siringinske kiseline (γ = 0,015 mg/L) u 80 % otopini metanola, a kao eksterni standard smjesa otopina siringinske kiseline (γ = 0,015 mg/L) i tirosola (γ = 0,030 mg/L). Za obje otopine u eksternom standardu upotrijebljeno je isto otapalo, 80 % metanol. Koncentracija fenolnih spojeva izražava se kao miligram tirosola po kilogramu

ulja (IOC, 2022).

U plastičnu epruvetu od 15 ml s čepom odvagnu se 2 g maslinovog ulja te se doda 1 ml otopine internog standarda. Epruveta se zatvori te se sadržaj s pomoću vorteksa miješa 30 sekundi. Nakon miješanja dodaje se 5 ml 80 % otopine metanola, epruveta se ponovno zatvori i promiješa 1 minutu s pomoću vorteksa. Kako bi otpuštanje fenolnih spojeva iz ulja u otapalo bilo što učinkovitije, epruveta s uzorkom unosi se u ultrazvučnu kupelj na 15 minuta pri sobnoj temperaturi. Nakon ekstrakcije u ultrazvučnoj kupelji epruveta se centrifugira 25 minuta pri sobnoj temperaturi. Nastali se supernatant s pomoću plastične šprice profiltrira kroz celulozni acetatni filter veličine pora 0,45 µm u vijalice od 2 ml. Pripremljeni ekstrakt fenolnih spojeva analizira se na HPLC-u.

3.2.2 Separacija fenolnih spojeva na HPLC-u

Analiza fenolnih spojeva provedena je na nepolarnoj C18 koloni (Luna, dimenzije 250 x 4,6 mm, veličine čestica 5 µm, veličine pora 100 Å, proizvođač Phenomenex, SAD), zagrijanoj na 30 °C, ugrađenoj u Agilent Technologies HPLC sustav (LC 1200), prema metodi opisanoj u radu Brezjan (2023). U sustav se injektira 20 µL ekstrakta. Za odvajanje fenolnih spojeva upotrebljava se gradijentna tekućinska kromatografija (tablica 1), a za mobilne faze upotrebljavaju se 0,1 % otopina mravlje kiseline u vodi i 0,1 % otopina mravlje kiseline u metanolu. Otopina mravlje kiseline u vodi mobilna je faza A, a otopina mravlje kiseline u metanolu mobilna je faza B. Ukupni je protok tijekom trajanja analize 1 ml/min.

Tablica 1. Prikaz promjene gradijenta otapala u ovisnosti o vremenu

VRIJEME (min)	VOLUMNI UDIO OTOPINE B (%)
0	10
3	10
30	50
40	60
45	100
50	100
50,1	10
60	10

Za detekciju fenolnih spojeva primjenjuje se DAD (engl. *diode array detector*), širine pojasa 8 nm, pri valnoj duljini od 280 nm te bez referentne valne duljine. Tijekom analize snimani su UV spektri spojeva u rasponu od 190 do 400 nm. Usporedbom retencijskih vremena i UV spektra dobivenih pikova spojeva s onima dobivenima iz komercijalno dostupnih standarda koji su prethodno injektirani u koncentracijama od 0,015 do 0,050 mg/mL, detektirani su fenolni spojevi koji se nalaze u uzorku.

3.2.3. Kvantifikacija fenolnih spojeva

Kako bi se odredile koncentracije fenolnih spojeva u uzorku, uspoređuje se odziv internog standarda s odzivom svakog pika prema formuli [1]. Iz dobivene površine pika izračuna se faktor odziva (RF) i omjer faktora odziva (RRF) tirosola i siringinske kiseline prema formulama [2]-[4]. Kako bi se rezultat mogao izraziti kao koncentracija tirosola, svaki je dan injektiran eksterni standard.

$$\text{koncentracija fenolnog spoja (mg/kg)} = (A \times 1000 \times \text{RRF (sir/tir)} \times w(\text{sir})) / (A(\text{sir}) \times w) \quad [1]$$

A – površina ispod pika pojedinog fenolnog spoja

A (sir) – površina ispod pika siringinske kiseline

w (sir) – masena koncentracija siringinske kiseline (mg) u 1 ml otopine internog standarda

w – masa ulja upotrijebljenog za analizu (g)

RRF (sir/tir) – korekcijski faktor za izražavanje rezultata preko tirosola (formula [2])

$$\text{RRF(sir/tir)} = (\text{RF}_1(\mu\text{g, siringinska kiselina})) / (\text{RF}_1(\mu\text{g, tirosol})) \quad [2]$$

RF₁ (μg, siringinska kiselina) – faktor odziva siringinske kiseline, izračunat po formuli [3]

$$\text{RF}_1 (\mu\text{g, siringinska kiselina}) = (\text{površina pika siringinske kiseline}) / (\mu\text{g injektirane siringinske kiseline}) \quad [3]$$

RF₁ (μg, tirosol) – faktor odziva tirosola koji se računa prema formuli [4]

$$\text{RF}_1 (\mu\text{g, tirosol}) = (\text{površina pika tirosola}) / (\mu\text{g injektiranog tirosola}) \quad [4]$$

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. REZULTATI

Kako bi se utvrdilo mogu li analizirani uzorci potvrditi zdravstvenu tvrdnju koju je odredila EFSA (EFSA, 2011), morala se odrediti ukupna koncentracija svih fenolnih spojeva (hidroksitirosola i njegovih derivata) koji pokazuju željene zdravstvene učinke. Prema Lopez-Huertas i sur.- (2021) to su hidroksitirosol, tirosol, hidroksitirosol acetat, oleacein, oleokantal, metihemiacetal oleokantal, skupina oleorupein aglikona, skupina ligstrozid aglikona te mnogi drugi koji su navedeni u radu, ali u našim uzorcima nisu identificirani. U tablici 2 prikazane su srednje vrijednosti četiriju paralela koncentracija identificiranih fenolnih spojeva $\pm$ standardna devijacija.

Tablica 2. Koncentracije fenolnih spojeva iz DMU rosulje i istarske bjelice (mg/kg)

Koncentracija fenola (mg tirosola/kg maslinovog ulja)	rosulja	istarska bjelica
Hidroksitirosol	$0 \pm 0,71$	$0 \pm 0,00$
Tirosol	$0 \pm 0,80$	$1 \pm 0,83$
Hidroksitirosol acetat	$0 \pm 0,00$	$0 \pm 0,56$
Oleacein	$63 \pm 1,90$	$44 \pm 6,84$
Oleokantal	$27 \pm 2,80$	$32 \pm 2,10$
Metihemiacetal oleokantal	$27 \pm 0,86$	$23 \pm 8,71$
Σ Oleorupein aglikoni	$82 \pm 5,63$	$99 \pm 14,93$
Σ Ligstrozid aglikoni	$22 \pm 6,64$	$54 \pm 3,23$
p-kumarinska kiselina*	$0 \pm 0,00$	$0,1 \pm 1,41$
Zbroj svih koncentracija hidroksitirosola i njegovih derivata	221	252,9

*nije derivat hidroksitirosola

4.2. RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je odrediti koncentracije polifenola u dva istarska maslinova ulja hrvatskog podrijetla, rosulje i istarske bjelice, iz sezone 2024./2025., pa ih usporediti s koncentracijama iz prethodne tri sezone te, u skladu s važećim regulativama Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA), utvrditi ispunjavaju li analizirani uzorci uvjete za navođenje dopuštenih zdravstvenih tvrdnji. Na temelju svega može se zaključiti da istarska bjelica ima veću ukupnu koncentraciju polifenola. Naime, sastav fenolnih spojeva i njihov udio u djevičanskom maslinovom ulju uvjetovan je agronomskim, klimatsko-pedološkim i tehnološkim čimbenicima, kao što su sorta masline, klimatski uvjeti, stupanj zrelosti ploda i proizvodni proces (Cerretani i sur., 2005). Stupanj zrelosti ploda znatno utječe na količinu fenolnih spojeva u konačnom proizvodu. Berbu bi bilo poželjno provesti kad je većina plodova u optimalnom stupnju zrelosti, no to nije uvijek moguće zbog raznih okolnosti koje utječu na nju. To su, primjerice, vremenske neprilike, nedostatak radne snage, nemogućnost brze prerade zbog zauzetosti uljare ili potrebe za ranijom berbom kako bi se izbjegao napad maslinove muhe (Kiritsakis, 1990). Udio fenola ovisi i o samoj sorti masline, a to nam potvrđuje istraživanje Žanetić i sur. (2011) iz kojega se vidi kako se sorte ne razlikuju samo po udjelu fenola, već i po vrsti i antioksidacijskoj aktivnosti fenolnih spojeva. U diplomskom radu Žanetić (2023) vidi se kako samo jedan dio proizvodnog procesa može utjecati na sastav fenolnih spojeva. Temperatura toplinskog predtretmana pri ekstrakciji maslinovog ulja iz ploda važna je za sve spojeve osim tirosola, oleuropeina i neidentificiranih spojeva, a ostali fenolni spojevi znatno mijenjaju svoju koncentraciju u konačnom proizvodu (Žanetić, 2023). Naposljetku, na udio fenolnih spojeva utječe i klima tijekom sazrijevanja. U završnom radu Vidulin (2016) je analizirala uzorke DMU-a tijekom dviju sezona koji su zbog istih vremenskih uvjeta (količina oborina) dali vrlo slične rezultate kad je riječ o udjelu i sastavu fenolnih spojeva. U ovom istraživanju nije poznato kad je proizvođač ubrao masline, jesu li obje sorte ubrane u istim uvjetima te jesu li istoga dana obrađene u uljari. Ono što se može uspoređivati jest sastav fenolnih spojeva s obzirom na sortu masline.

Radi značajnog utjecaja klimatskih prilika na koncentraciju hidroksitirosola i njegovih derivata, razmotrili smo vrijednosti analizirane i u protekle tri sezone. U sezoni 2021./2022. 438,71 mg/kg navedenih fenola, a rosulja nešto manje, 314,30 mg/kg (Žanetić, 2023). U sezoni 2022./2023. istarska bjelica također ima veću koncentraciju ukupnih fenola, 326,78 mg/kg, a rosulja 311,08 mg/kg. Sezone 2023./2024. istarska bjelica odskače od svih rezultata

po koncentraciji fenola. Analizom je zbroj koncentracija svih fenola bio čak 556,44 mg/kg. Rosulja je u toj sezoni imala 387,76 mg/kg ulja (neobjavljeni rezultati istraživanja Projekta HRZZ IP 2020-02-7553, u sklopu kojega je izrađen ovaj završni rad). U ovom radu rezultati pokazuju kako sorta istarska bjelica ima veću koncentraciju fenolnih spojeva od sorte rosulja. U radu Koprivnjak i sur. (2012) nalaze se podatci o koncentracijama hidrofilnih fenolnih spojeva istarske bjelice i rosulje 2010. i 2011. godine. Godine 2010. srednja vrijednost koncentracija svih fenolnih spojeva u istraživanim uzorcima istarske bjelice bila je 580 mg/kg, a za rosulju je koncentracija iznosila 465 mg/kg. Godine 2011. srednja je vrijednost koncentracija svih fenolnih spojeva za istarsku bjelicu iznosila čak 725 mg/kg ulja, a za rosulju 310 mg/kg. Sličan odnos između fenola u DMU iz ovih sorti pokazuje i rad Lukić i sur. (2019). Ukupna koncentracija svih fenolnih spojeva u uzorcima istarske bjelice iznosila je 536,49 mg/kg ulja, a koncentracija svih fenolnih spojeva rosulje iznosila je 458,38 mg/kg ulja. Vidi se kako u oba rada istarska bjelica ima veće koncentracije fenolnih spojeva, što potvrđuje i pretpostavku da sorta masline utječe na sastav i udio fenolnih spojeva.

Kako bi se odredilo mogu li ova dva istarska ulja nositi zdravstvenu tvrdnju da polifenoli maslinovog ulja pridonose zaštiti lipida u krvi od oksidacijskog stresa, izračunao se prosjek ukupnih koncentracija svih sezona. Za istarsku bjelicu prosječna masa definiranih fenolnih spojeva iznosi 393,71 mg/kg, odnosno 7,87 mg na 20 g DMU-a. Za rosulju je prosječna masa navedenih fenolnih spojeva 308,54 mg/kg, odnosno 6,17 mg na 20 g DMU-a.

5. ZAKLJUČCI

S obzirom na dobivene rezultate i svu proučenu literaturu zaključujem sljedeće:

1. Istarska bjelica sorta je masline čije djevičansko maslinovo ulje ima optimalnu koncentraciju fenolnih spojeva (7,87 mg na 20 g ulja) za navođenje zdravstvene tvrdnje da pridonosi zaštiti lipida u krvi od oksidacijskog stresa.
2. Rosulja je također vrlo kvalitetna sorta masline čija koncentracija specifičnih fenola iznosi 6,17 mg na 20 g ulja te stoga može nositi zdravstvenu tvrdnju da pridonosi zaštiti lipida u krvi od oksidacijskog stresa.

6. LITERATURA

Alibabić V, Mujić I (2016) *Pravilna prehrana i zdravlje*, 1. izd., Veleučilište u Rijeci, Rijeka.

Allouche Y, Jiménez A, Gaforio JJ, Uceda M, Beltrán G (2007) How heating affects extra virgin olive oil quality indexes and chemical composition. *J Agric Food Chem* **55**, 9646-9654. <https://doi.org/10.1021/jf070628u>

Berlitz HD, Grosch W, Schieberle P (2004) *Food Chemistry*, 3. izd., Springer Verlag, Berlin.

Boskou D, Tsimidou M, Blekas G (2005) Polar phenolic compounds. *Curr Top Nutraceutical Res* **3**, 125-136. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-88-2.50009-2>

Brezjan P (2023) Utjecaj ultrazvuka i pulsirajućeg električnog polja na sastav polifenola hrvatskih djevičanskih maslinovih ulja (diplomski rad), Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Cerretani L, Bendini A, Rotondi A, Lercker G, Gallinatoschi T (2005) Analytical comparison of monovarietal olive oils obtained both a continuous industrial plant and a low-scale mill. *Eur J Lipid sci Technol* **107**, 93-100. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200401027>

Covas MI, de la Torre K, Farre-Albaladejo M, Kaikkonen J, Fito M, Lopez-Sabater C i sur. (2006) Postprandial LDL phenolic content and LDL oxidation are modulated by olive oil phenolic compounds in humans. *Free Radic Biol Med* **40**, 608-616. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2005.09.027>

De la Torre-Carbot K, Chavez-Servin JL, Jauregui O, Castellote AI, Lamuela-Raventos RM, Nurmi T i sur. (2010) Elevated circulating LDL phenol levels in men who consumed virgin rather than refined olive oil are associated with less oxidation of plasma LDL. *J Nutr* **140**, 501-508. <https://doi.org/10.3945/jn.109.112912>

Edgecombe SC, Stretch GL, Hayball PJ (2000) Oleuropein, an antioxidant polyphenol from olive oil, is poorly absorbed from isolated perfused rat intestine. *J Nutr* **130**, 2996-3002. <https://doi.org/10.1093/jn/130.12.2996>

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (2011) Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865), maintenance of normal blood HDL-cholesterol concentrations (ID 1639), maintenance of normal blood pressure (ID 3781), "anti-inflammatory properties" (ID 1882), "contributes to the upper respiratory tract health" (ID 3468), "can help to maintain a normal function of gastrointestinal tract" (3779), and "contributes to body defences against external agents" (ID 3467) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* **9**(4), 2033-2058. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2033>

Ghanbari R, Anwar F, Alkharfy KM, Gilani A, Saar N (2012) Valuable Nutrients and Functional

Bioactives in Different Parts of Olive (*Olea europaea* L.) A review, *Int J Mo Sci* **13**, 3291-3340. <https://doi.org/10.3390/ijms13033291>

Hernández A, Remaley AT, Farràs M, Fernández-Castillejo S, Subirana I, Schröder H i sur. (2015) Olive Oil Polyphenols Decrease LDL Concentrations and LDL Atherogenicity in Men in a Randomized Controlled Trial. *J Nutr* **145**, 1692-1697. <https://doi.org/10.3945/jn.115.211557>

IOC (2022) Determination of Phenolic Compounds. IOC-International Olive Council, <https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/chemistry-standardisation-unit/standards-andmethods/>. Pristupljeno 20. lipnja 2025.

Jimenez-Lopez C, Carpena M, Lourenço-Lopes C, Gallardo-Gomez M, Lorenzo JM, Barba FJ i sur. (2020) Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods* **9**(8), 1014. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>

Kiritsakis AK (1990) Olive oil, 2. izd., American Oil Chemists' Society, str. 41-113.

Koprivnjak O, Vrhovnik I, Hladnik T, Prgomet Ž, Hlevnjak B, Majetić Germek V (2012) Obilježja prehrambene vrijednosti djevičanskih maslinovih ulja sorti Buža, Istarska bjelica, Leccino i Rosulja. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* **7** (3-4), 172-178. <https://hrcak.srce.hr/95033>. Pristupljeno 28. kolovoza 2025.

López-Huertas E, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A (2021) Olive oil varieties and ripening stages containing the antioxidants hydroxytyrosol and derivatives in compliance with EFSA health claim. *Food Chem* **342**, 128291. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128291>

Lozano-Castellón J, López-Yerena A, Rinaldi de Alvarenga JF, Romero del Castillo-Alba J, Anna Vallverdú-Queralt, Escribano-Ferrer E, Lamuela-Raventós RM (2020) Health-promoting properties of oleocanthal and oleacein: Two secoiridoids from extra-virgin olive oil. *Crit Rev Food Sci Nutr* **60**, 2532-2548. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1650715>

Luketina L (2020) Utjecaj termičke obrade maslinovog i suncokretovog ulja na antioksidacijsku aktivnost (diplomski rad), Sveučilište u Rijeci Medicinski fakultet, Rijeka.

Lukić I, Lukić M, Žanetić M, Krapac M, Godena S, Brkić Bubola K (2019) Inter-Varietal Diversity of Typical Volatile and Phenolic Profiles of Croatian Extra Virgin Olive Oils as Revealed by GC-IT-MS and UPLC-DAD Analysis. *Foods* **8**, 6-20. <https://doi.org/10.3390/foods8110565>

Marinac Anđić I (2016) Utjecaj zagrijavanja maslinovog ulja na sadržaj polifenolnih tvari (diplomski rad), Sveučilište u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb.

Marrugat J, Covas MI, Fito M, Schroder H, Miro-Casas E, Gimeno E i sur. (2004) Effects of differing phenolic content in dietary olive oils on lipids and LDL oxidation -- a randomized controlled trial. *Eur J Nutr* **43**, 140-147.

<https://doi.org/10.1007/s00394-004-0452-8>

Miro-Casas E, Covas MI, Farre M, Fito M, Ortuno J, Weinbrenner T i sur. (2003) Hydroxytyrosol disposition in humans. *Clin Chem* **49**, 945-952.
<https://doi.org/10.1373/49.6.945>

Nanjara L, Krnjača P, Mikolčević S, Dorbić B, Pamuković A, Bujas L i sur. (2022) Kvaliteta mladih maslinovih ulja sorte Oblica u okviru maslinarske manifestacije "Dani mladog maslinovog ulja u Dalmaciji." *Glasilo Future* **5**, 39-53.
<https://doi.org/10.32779/GF.5.3.4>

Pastor R, Bouzas C, Tur JA (2021) Beneficial effects of dietary supplementation with olive oil, oleic acid, or hydroxytyrosol in metabolic syndrome: Systematic review and meta-analysis. *Free Radic Biol Med* **172**, 372-385.
<https://doi-org.ezproxy.nsk.hr/10.1016/j.freeradbiomed.2021.06.017>

Opća bolnica Zadar (2020) Smjernice za mediteransku prehranu. Odjel za prehranu i dijetetiku, <https://www.bolnica-zadar.hr/wp-content/uploads/2020/12/Mediteranska-prehrana-smjernice.pdf> Pristupljeno 28. kolovoza, 2025.

Štimac D, Krznarić Ž, Vranešić Bender D, Obrovac Glišić M (2014) Dijetoterapija i klinička prehrana, Medicinska naklada, Zagreb.

Uredba (EZ) br. 1924/2006 Europskog parlamenta i Vijeća od 20. prosinca 2006. o prehrambenih i zdravstvenim tvrdnjama na hrani, Službeni list Europske unije L 404, 30. prosinca 2006., str. 9-25.

Vidulin T (2016) Utjecaj godine uzgoja na sastav polifenola djevičanskog maslinovog ulja iz Istre (završni rad), Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

Visioli F, Caruso D, Plasmati E, Patelli R, Mulinacci N, Romani A i sur. (2001) Hydroxytyrosol, as a component of olive mill waste water, is dose- dependently absorbed and increases the antioxidant capacity of rat plasma. *Free Radic. Res.* **34**, 301-305.
<https://doi.org/10.1080/10715760100300271>

Vissers MN, Zock PL, Roodenburg AJ, Leenen R, Katan MB (2002) Olive oil phenols are absorbed in humans. *J Nutr* **132**, 409-417.
<https://doi.org/10.1093/jn/132.3.409>

Weinbrenner T, Fito M, de la Torre R, Saez GT, Rijken P, Tormos C i sur. (2004) Olive oils high in phenolic compounds modulate oxidative/antioxidative status in men. *J Nutr* **134**, 2314-2321.
<https://doi.org/10.1093/jn/134.9.2314>

Zagoskina NV, Zubova MY, Nechaeva TL, Kazantseva VV, Goncharuk EA, Katanskaya VM i sur. (2023) Polyphenols in Plants: Structure, Biosynthesis, Abiotic Stress Regulation, and Practical Applications (Review). *Int J Mol Sci* **24**(18), 13874.
<https://doi.org/10.3390/ijms241813874>

Žanetić M, Gugić M (2006) Zdravstvene vrijednosti maslinovog ulja. *Pomol Croat* **12**, 159–173. <https://hrcak.srce.hr/4509>

Žanetić M, Škevin D, Vitanović E, Jukić Špika M i Perica S (2011) Ispitivanje fenolnih spojeva i senzorski profil dalmatinskih djevičanskih maslinovih ulja. *Pomol Croat* **17**, 19-30. <https://doi.org/10.33128/pc>

Žanetić K (2023) Utjecaj ubrzanog toplinskog tretmana na sastav fenolnih spojeva djevičanskog maslinovog ulja (diplomski rad), Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotenološki fakultet, Zagreb.

Živković R (2002) Dijetetika, Medicinska naklada, Zagreb.

Izjava o izvornosti

Ja, Mare Jerković, izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni. Završni rad napisan je prema važećim Uputama za izradu i obranu završnog rada.

Vlastoručni potpis