

**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Ana Vrbica
58217755**

**Proizvodnja djevičanskih maslinovih ulja iz plodova oblice
i levantinke uz pulsirajuće električno polje kao predtret-
man miješenju**

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, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju ulja i masti

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Proizvodnja djevičanskih maslinovih ulja iz plodova oblice i levantinke uz pulsirajuće električno polje kao predtretman miješenju

Ana Vrbica, 58217755

Sažetak:

Suvremena proizvodnja djevičanskog maslinovog ulja ima određene nedostatke koji se u posljednje vrijeme nastoje riješiti. Inovativna tehnologija pulsirajućeg električnog polja (PEP) svojim je djelovanjem na membrane stanica maslina pokazala veliki potencijal za povećanje iskorištenja proizvodnje i poboljšanje kvalitete ulja. Cilj ovoga rada bio je proizvesti DMU iz sorti oblica i levantinka uz primjenu pulsirajućeg električnog polja različitih parametara jakosti, napona i vremena. PEP se koristio kao predtretman miješenju, procesu tijekom kojeg dolazi do formiranja pozitivnih i negativnih svojstava ulja. Proizvodnja se odvijala u laboratorijskim uvjetima. Pokazalo se da je pri proizvodnji DMU iz levantinke postignuto bolje iskorištenje nego kod oblice, no PEP kao predtretman miješenju nije imao značajan utjecaj na povećanje volumena proizvedenog ulja, ni kod oblice, niti kod levantinke. Međutim, uspješno je proizvedena dovoljna količina DMU koja omogućuje daljnje analize različitih parametara ulja predviđene radnim planom Projekta.

Ključne riječi: djevičansko maslinovo ulje, pulsirajuće električno polje, miješenje, iskorištenje proizvodnje, hrvatske autohtone sorte

Rad sadrži: 22 stranice, 2 slike, 5 tablica, 22 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Dubravka Škevin

Pomoć pri izradi: Melisa Trputec, tehnički suradnik

Datum obrane: 10. srpnja 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Food Technology or Biotechnology or Nutrition

Department of Food Engineering
Laboratory for Oil and Fat Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Production of virgin olive oils from the fruits of the cultivars Oblica and Levantinka with the application of pulsed electric field as a pre-treatment for mixing

Ana Vrbica, 58217755

Abstract:

The modern production of virgin olive oil has certain disadvantages that have recently been attempted to be resolved. Innovative technology of the pulsed electric field (PEF) has shown great potential for increasing the yield of oil production and improving the quality of oil, because of its effect on cell membranes. The aim of this work was to produce virgin olive oil from two autochthonous Dalmatian cultivars, Oblica and Levantinka, with the application of PEF with different strength, voltage and time parameters. PEF was used as a pre-treatment to malaxation, a process during which the positive and negative properties of the oil are formed. Production was done in laboratory conditions. It was shown that a better production yield was achieved during the production of the oil from cultivar Levantinka, than in the production from cultivar Oblica, but PEF, as a pre-treatment to mixing, didn't have a significant effect on the increase in the volume of the produced oil from both cultivars. However, a sufficient amount of olive oil was successfully produced, which enables further analysis of various oil parameters foreseen in the work plan of the Project.

Keywords: virgin olive oil, pulsed electric field, malaxation, production yield, autochthonous Croatian olive cultivars

Thesis contains: 22 pages, 2 figures, 5 tables, 22 references

Original in: Croatian

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

Mentor: Dubravka Škevin, PhD

Technical support and assistance: Melisa Trputeć, technical associate

Thesis defended: July 10, 2023

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. KARAKTERISTIKE MASLINE, MASLINARSTVO U DALMACIJI, SORTE OBLICA I LEVANTINKA	2
2.1.1. KARAKTERISTIKE MASLINE	2
2.1.2. MASLINARSTVO U DALMACIJI	3
2.1.3. OBLICA	3
2.1.4. LEVANTINKA	3
2.2. NUTRITIVNA SVOJSTVA I PROIZVODNJA DJEVIČANSKOG MASLINOVOG ULJA	4
2.3. PROBLEMI SUVREMENE PROIZVODNJE I MOGUĆNOSTI RJEŠENJA UZ INOVATIVNE TEHNOLOGIJE	7
2.4. PULSIRAJUĆE ELEKTRIČNO POLJE.....	8
3. MATERIJALI I METODE	9
4. REZULTATI I RASPRAVA	14
5. ZAKLJUČCI.....	19
6. POPIS LITERATURE.....	20

1. UVOD

Maslinovo je ulje najstarije jestivo ulje koje i danas još uvijek čini jedan od najvažnijih sastojaka mediteranske prehrane. Upravo radi svojeg bogatog sastava komponenti negliceridne frakcije te profila masnih kiselina, proizvodnja i konzumacija djevičanskog maslinovog ulja u posljednje vrijeme prikuplja veliku pažnju potrošača i industrije, također i na područjima šire od Mediterana. Hrvatsko je maslinarstvo kroz povijest imalo uspone i padove, no ono posljednjih godina doživljava procvat, a djevičansko maslinovo ulje hrvatskih područja biva sve više primijećeno na svjetskom tržištu. Kvaliteta maslinovog ulja ovisi o brojnim čimbenicima, počevši od sorte masline koja se koristi za proizvodnju, uvjeta rasta, branja, skladištenja ploda i prerade, te o samom skladištenju proizvedenog ulja. Provode se brojna istraživanja u kojima se ispituju čimbenici koji utječu na kvalitetu ulja, no najveći fokus jest na ispitivanju utjecaja tehnoloških operacija na kvalitetu i iskorištenje proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja. Prerada plodova ima značajan utjecaj na senzorska i nutritivna svojstva ulja, stoga je potrebno odrediti optimalne parametre proizvodnje kako bi ulje bilo zadovoljavajuće kvalitete, odnosno optimalnog kemijskog sastava. Najznačajniji utjecaj na svojstva ulja, bila ona negativna ili pozitivna, tijekom procesa prerade ima operacija miješenja, faza proizvodnje u kojoj razbijanjem emulzije dolazi do preraspodjele i interakcije tvari iz vakuola i membrana te aktivacije endogenih enzima, čime dolazi do procesa oksidacije, modificiraju se omjeri različitih spojeva te se mijenja profil fenolnih tvari (Koprivnjak, 2006). Konvencionalni mehanički proces ekstrakcije ulja iz maslinovog tijesta ima nisku učinkovitost ekstrakcije. Iz tog se razloga, kao predtretman miješenju, uvode inovativne netermalne tehnologije kako bi se postignulo što veće iskorištenje te optimalna aktivnost endogenih enzima iz ploda. Tehnologija pulsirajućeg električnog polja (PEP) pokazala je veliki potencijal za primjenu u svrhu povećanja iskorištenja proizvodnje ulja i poboljšanja kvalitete ulja zbog djelovanja na membrane stanica u kojima zaostaje određena količina ulja. Cilj ovog rada bio je proizvesti djevičansko maslinovo ulje iz oblice i levantinke uz primjenu pulsirajućeg električnog polja kao predtretmana miješenju - ključnoj fazi procesa proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KARAKTERISTIKE MASLINE, MASLINARSTVO U DALMACIJI, SORTE OBLICA I LEVANTINKA

2.1.1. KARAKTERISTIKE MASLINE

Maslina je od samih početaka razvoja civilizacije prisutna, kako u kulturnom, tako i u gospodarskom životu područja Mediterana te od davnih dana predstavlja simbol mira, pobjede te ljekovitosti. Pripada obitelji *oleaceae* koja prema sustavu klasifikacije sadrži 20-29 rodova. Vrsta *Olea* sadrži razne vrste i podvrste, a sve potječu iz područja s relativno teškim uvjetima rasta. Jedina vrsta s jestivim plodom je *Olea europaea* kojoj pripada i kultivirana maslina. Izvorno je *Olea europaea* bila podijeljena u dvije velike skupine, *O. europaea* var. *sylvestris* i *O. europaea* var. *sativa*. Prva je skupina uključivala sve vrste označene kao divlje masline, dok se druga odnosila na sve domaće masline. Udomaćene masline također se nazivaju *O. europaea* var. *communis*, a divlji tip kao *O. europaea*. Stablo zrele domaće masline genetski je srednje veličine, a u ekstremnim slučajevima može doseći visinu i od 10 m. Prirodna krošnja je okrugla, iako su poznati uspravni tipovi. Maslina se često uzgajala u teškim područjima, često na granicama poljoprivrednog okoliša, zbog svoje sposobnosti da raste na rubnom, relativno neplodnom tlu, a uzgoj se temelji prije svega na klimatskim čimbenicima. Sposobnost biljke da opstane kroz stoljeća očuvala je drevne sustave uzgoja maslina koji su rijetko kada bili valjano obnavljani. Kao mediteransko drvo koje potječe iz suhe, suptropske klime, stablo se vrlo dobro prilagođava ekstremnim uvjetima okoliša poput suše i visoke temperature. Veličina stabla i njegova plodnost usko su povezani s uvjetima okoliša. Zahtijeva prozračna tla, ali se može prilagoditi različitim vrstama tla i otporna je na niske temperature od nekoliko stupnjeva ispod 0 °C. Plodnost je povezana s količinom godišnjeg rasta i endogenim metaboličkim čimbenicima (IOC, 1996).

2.1.2. MASLINARSTVO U DALMACIJI

Maslina je glavna uljarica dalmatinskog područja gdje, osim krajobrazne i gastronomske vrijednosti, nosi i duhovnu vrijednost. Smatra se da su maslinu u Dalmaciju donijeli stari Grci, no točno podrijetlo još uvijek nije potpuno razjašnjeno. Maslinarstvo je u Dalmaciji imalo svoje uspone i padove – krajem 18. te početkom 19. stoljeća dalmatinsko je područje brojalo gotovo 30 milijuna stabala masline, no zbog pojave bolesti vinove loze maslinari su sjekli masline te se okrenuli uzgoju vinove loze koja je također bila pogođena bolesti filokserom. Tijekom 20. stoljeća maslinarstvo je u Dalmaciji bilo poprilično zapostavljeno što je rezultiralo redukcijom broja stabala maslina, ali ono napokon krajem prošlog stoljeća doživljava svoj procvat uz potporu države. Sve se više mladog stanovništva okreće maslinarstvu, obnavljaju se zapušteni maslinici te se podižu novi nasadi. Predstavljanje mediteranske prehrane svijetu kao iznimno zdrave i pogodne za kvalitetan život utjecalo je na dobru promidžbu maslinovog ulja. Slaba industrijalizacija na priobalnim područjima utjecala je na razvoj ekološkog maslinarstva u Dalmaciji te broj ekoloških maslinika neprestano raste. Dalmacija danas broji oko 3,5 milijuna stabala masline, različitih sorti, od kojih su vodeće oblica, levantinka, drobnica, lastovka te bjelica (Gugić i sur., 2010).

2.1.3. OBLICA

Sorta oblica čini glavninu ukupnog hrvatskog asortimana (oko 60 %) i pretežno je zastupljena u dalmatinskim područjima uzgoja, gdje čini oko 90 % asortimana. U pogledu kvalitete, smatra se našom najboljom sortom. Stablo oblice je srednje veličine te bujno, okrugle krošnje u obliku kišobrana (Agroportal.hr, 2021). Plod je dosta krupan i okruglog oblika, a masa može varirati od 2,5 g do čak 14,5 g. Udio ulja u plodu kreće se od 18 do 21 %. Dozrijeva poprilično neujednačeno pa se na stablu mogu pronaći plodovi različite obojenosti, od zeleno-žute do potpuno crne boje. Osim dobre otpornosti na niske temperature, otporna je i na napad raka masline te na sušu, a nešto je manje otporna na napad maslinine muhe i moljca. Neredovito rađa, pa je u nasade potrebno unositi druge oprašivačke sorte, kao što je npr. sorta levantinka. Po uporabi je i uljarica i jestiva sorta pa se, osim za proizvodnju ulja, zbog krupnoće koristi i za konzerviranje. Ulje je nježno i meko te slatkastog okusa (Maslinovo ulje Nadin, 2023).

2.1.4. LEVANTINKA

Podrijetlo sorte levantinke nije potpuno razjašnjeno iako se smatra domaćom sortom masline. Tek posljednjih dvadesetak godina doživljava razvoj uzgoja te se nalazi na 4. mjestu prema brojnosti u ukupnoj populaciji maslina u Republici Hrvatskoj. Uzgoj je ograničen na područje srednje i južne Dalmacije, a najveća je populacija na području otoka Šolte. Levantinka razvija bujno stablo s okruglastom krošnjom te glatke kore zbog čega je često nazivana „ljepoticom“ maslinika. Rađa u grozdovima s 3-5 plodova, a plod je prosječne mase 4 g, srednje krupan, eliptičan te blago uvijen pri vrhu. Udio ulja u plodu kreće se oko 20 %, a ulje je dobre kvalitete te slatkastog okusa. Zbog redovite, ali i obilne rodnosti te dobre otpornosti na rak masline i jake vjetrove, ima iznimnu gospodarsku vrijednost. Također je i dobar oprašivač sorte oblice (Agroportal.hr, 2021).

2.2. NUTRITIVNA SVOJSTVA I PROIZVODNJA DJEVIČANSKOG MASLINOVOG ULJA

Prema Uredbi (EU) 1308/2013, djevičansko maslinovo ulje proizvodi se izravno iz ploda masline, isključivo mehaničkim ili drugim fizikalnim postupcima, u uvjetima koji ne dovode do promjena sastava ulja, te bez dodataka pomoćnih sredstava koja imaju kemijsko ili biokemijsko djelovanje. Sastoji se od osapunjive frakcije glicerola (koji čini 90-99 % ploda masline) te neosapunjive frakcije (koja čini 0,4-5 % ploda masline) koja sadrži fenolne spojeve. Povijesno gledano, korisni zdravstveni učinci unosa djevičanskog maslinovog ulja pripisivali su se frakciji glicerola s visokom koncentracijom mononezasićenih masnih kiselina, osobito oleinske kiseline. Proveden je značajan broj istraživanja koja su ispitivala biološka djelovanja fenolnih spojeva maslinovog ulja u neosapunjivoj frakciji te su do sada (uključujući ljude, životinje, in vivo i in vitro) pokazala da fenolni spojevi maslinovog ulja imaju pozitivne učinke na različite fiziološke biomarkere, implicirajući fenolne spojeve kao djelomično odgovorne za zdravstvene dobrobiti povezane s mediteranskom prehranom (Gugić i sur., 2010). Na kvalitetu ulja poseban utjecaj imaju promjene koje se događaju na triacilglicerolima i nezasićenim masnim kiselinama, ali i na fenolnim i hlapljivim tvarima tijekom dozrijevanja, berbe i prerade plodova te tijekom skladištenja dobivenog ulja. Upravo

te promjene utječu na okusna i mirisna svojstva ulja koja mogu biti poželjna ili nepoželjna. Osnovni preduvjet za kvalitetno djevičansko maslinovo ulje jest svjež, optimalno dozrio i neoštećen plod masline. Oksidacijska stabilnost važan je parametar pri ocjenjivanju kvalitete ulja jer daje dobru procjenu njihove osjetljivosti na oksidativnu degeneraciju. Veća ili manja stabilnost ulja znači očuvanje ili neočuvanje tzv. dinamičkih parametara tijekom vijeka trajanja proizvoda. Tijekom reakcije autooksidacije nastaje niz spojeva koji uzrokuju neugodan okus i užeglost, gubitak nutritivne vrijednosti i konačno odbacivanje prehrambenog proizvoda kod potrošača. Autooksidacija jest, stoga, glavni uzrok pogoršanja kvalitete maslinovog ulja i njezina brzina reakcije određuje rok trajanja proizvoda (Frankel, 1996). Kod djevičanskog maslinovog ulja, Delegirana uredba Komisije (EU) 2022/2104 utvrđuje tržišne parametre koji definiraju maksimalni dozvoljeni stupanj oksidacijskog kvarenja, na primjer, za kategoriju ekstra djevičansko maslinovo ulje one iznose: $PB = 20 \text{ meq O}_2/\text{kg}$; $K_{232} \leq 2,50$ i $K_{270} \leq 0,22$.

Glavna svrha uzgoja maslina u Hrvatskoj jest proizvodnja maslinovog ulja na čiju kvalitetu, između ostaloga, utječu genetsko podrijetlo te okolišni čimbenici. Ono podliježe različitim normama koje obuhvaćaju podjelu maslinovog ulja prema kvaliteti, kontrolu njegove kvalitete te kontrolu podrijetla i autentičnosti. U Republici Hrvatskoj primjenjuju se norme Europske Unije (Uredba (EU) 1308/2013, Delegirana uredba Komisije (EU) 2022/2104, Provedbena uredba Komisije (EU) 2022/2105). Maslinova se ulja mogu podijeliti u tri osnovne grupe: djevičanska, rafinirana i ulja komine masline. Najznačajnija grupa jest djevičansko maslinovo ulje koje uključuje tri kategorije: ekstra djevičansko maslinovo ulje, djevičansko maslinovo ulje te maslinovo ulje *lampante*. Za proizvodnju djevičanskih maslinovih ulja koriste se plodovi stabla masline (*Olea europaea L.*) koji se podvrgavaju mehaničkim postupcima, ili fizikalnim postupcima koji neće utjecati na promjenu sastava ulja. Proizvodnja djevičanskog maslinovog ulja obuhvaća sljedeći niz operacija: pranje plodova i uklanjanje nečistoća, mljevenje, miješenje, izdvajanje ulja iz maslinovog tijesta te odvajanje ulja od vegetabilne vode nakon čega slijedi dorada, skladištenje i pakiranje ulja (Koprivnjak, 2006).

Faza miješenja podrazumijeva miješenje maslinovog tijesta te se odvija u inoks koritima s metalnim mješačima i plaštem kroz koji struji topla voda (5-6 °C više od željene temperature tijesta). Cilj miješenja jest smanjiti viskoznost maslinovog tijesta kako bi se povećalo iskorištenje. Tijekom procesa pripreme ploda i izdvajanja ulja temperatura tijesta ne

smije porasti preko 28 °C, a samo miješenje treba trajati do 60 min. Kada su osigurani ovi parametri, moguće je proizvesti visokokvalitetno djevičansko maslinovo ulje. Miješenje u najvećoj mjeri određuje svojstva ulja jer se tvari oslobođene iz vakuola i staničnih membrana raspoređuju između uljne i vodene faze. Na kvalitetu djevičanskog maslinovog ulja najveći će utjecaj imati promjene vezane za pigmente, triacilglicerole, masne kiseline, fenolne tvari i enzime (Koprivnjak, 2006). U procesu ekstrakcije maslinovog ulja, 10-20% ulja ostaje unutar nezaštićenih stanica ili ostaje u koloidnom sustavu maslinove paste (mikrogelovi), a dio je vezan u emulziju s biljnom vodom (Espinola i sur., 2009). Poteškoće oslobađanja ovog "vezanog" ulja leže uglavnom u činjenici da su kapljice dispergirano ili emulgiranog ulja okružene lipoproteinskom membranom (fosfolipidi i proteini) koja ih održava u tom stanju. Dizajn strojeva za miješenje posljednjih je godina doživio velike promjene zbog brojnih znanstvenih istraživanja koje u fokus stavljaju utjecaj ove faze na kvalitetu djevičanskog maslinovog ulja. Tradicionalno, miješenje se provodi u polucilindričnim spremnicima opremljenim osovinom s rotirajućim „rukama“ i oštricama od nehrđajućeg čelika različitih oblika i veličina (Bordons i sur., 2008)

Korištenje pomoćnih sredstava kemijskog ili biokemijskog djelovanja prilikom proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja nije dozvoljeno. Kemijska i fizikalna svojstva djevičanskih maslinovih ulja izuzetno su karakteristična i mogu se odrediti nizom mjerenja izvedenih metodama razvijenim i stalno ažuriranim kako bi se uzela u obzir najnovija tehnološka dostignuća. Cilj je utvrditi autentičnost proizvoda, zaštititi ga od krivotvorenja i potvrditi njegovu kvalitetu (IOC, 1996). Propisani su osnovni kemijski parametri kvalitete ulja: slobodne masne kiseline, peroksidni broj te spektrofotometrijsko određivanje u ultraljubičastom svjetlu, a također su određena i senzorska svojstva koja se dijele na poželjna (okus i miris po plodu masline, pikantnost, gorčina, voćna aroma i dr.) i nepoželjna (pljesnivost, užglost, upaljenost, octikavost, metalni okus i dr.) (Delegirana uredba komisije (EU) 2022/2104).

2.3. PROBLEMI SUVREMENE PROIZVODNJE I MOGUĆNOSTI RJEŠENJA UZ INOVATIVNE TEHNOLOGIJE

Posljednjih je godina trend zdrave prehrane i težnja za što većim stupnjem održivosti proizvodnje, povećao interes potrošača i industrije za nove i alternativne metode te postupke konzerviranja i obrade hrane. Načini proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja koji se koriste u današnje vrijeme, nailaze na probleme kao što su relativno nisko iskorištenje proizvodnog procesa te gubici u vidu nutritivno važnih komponenti, polifenola. Istraživanja Aguilere i suradnika (2010) pokazala su da u kolini, nakon izdvajanja ulja, zaostaje i do 25 % nerazorenih stanica mezokarpa, a dio ulja izdvaja se zajedno sa vegetabilnom vodom i kolinom, zarobljen u emulzijama, što čini dodatan gubitak. Ekstrakcija ulja bi se mogla unaprijediti utjecanjem na ključne korake prilikom proizvodnje – mljevenje i miješenje, a također bi se mogla poboljšati i kvaliteta ulja.

Pojava inovativnih tehnologija uvelike je utjecala na daljnja istraživanja unapređenja postupaka proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja. Njihova primjena može dodatno utjecati kako na kvalitetu proizvoda, tako i na održivost proizvodnje. U proizvodnji djevičanskog maslinovog ulja, velik potencijal za primjenu imaju one tehnologije koje omogućavaju povećanje iskorištenja i fleksibilnosti proizvodnog procesa, ali i pridonose održivosti i ekonomičnosti proizvodnje. Clodoveo (2013), ali i brojni drugi (Abenoza i sur., 2013, Guderjan i sur., 2005, Puértolas i Martínez de Marañón, 2015, Zhang i sur., 2018) u svojim su istraživanjima dokazali da najveći potencijal primjene imaju ultrazvuk, pulsirajuće električno polje te ubrzani toplinski tretman. Ove se tehnologije pri proizvodnji djevičanskog maslinovog ulja najčešće koriste kao predtretman fazi miješenja maslinovog tijesta, a potencijal ima i njihova samostalna primjena čime bi se miješenje time potpuno izostavilo. Ono što bi tretman pulsirajućim električnim poljem omogućio jest poroznost staničnih stijenki onih stanica koje tijekom mljevenja nisu bile potpuno, ili uopće razorene. Na taj bi se način povećao udio izdvojenog ulja što bi uvelike utjecalo na optimiranje procesa proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja.

2.4. PULSIRAJUĆE ELEKTRIČNO POLJE

U posljednje je vrijeme, osim utjecaja ultrazvuka, u fokusu istraživanja i utjecaj pulsirajućeg električnog polja te njegova korist u proizvodnji djevičanskog maslinovog ulja kako bi se poboljšala proizvodnja, a i kvaliteta samog ulja.

Tehnologija pulsirajućeg električnog polja (PEP) jest nova, netermalna tehnologija obrade hrane koja uključuje primjenu kratkih impulsa električne energije visokog napona, obično s jakošću polja od 20 do 80 kV/cm, na hranu postavljenu između dvije elektrode na vrlo kratko vrijeme (od nekoliko nanosekundi do nekoliko milisekundi) čime je eliminirano zagrijavanje. Osim za sterilizaciju i inaktivaciju djelovanja enzima, pulsirajuće električno polje može se koristiti u procesu ekstrakcije tvari iz biljnog tkiva i nusproizvoda hrane, kao što su biljno ulje, polifenoli i pigmenti (Zhang i sur., 2018). Tehnologija pulsirajućeg električnog polja već je primjenjivana za povećanje prinosa ekstrakcije sokova iz voća i povrća zbog skraćivanja vremena sušenja te poboljšavanja ekstrakcije vrijednih unutarstaničnih spojeva (Vorobiev i Lebovka, 2008, Donsi i sur. 2010, Janositz i sur, 2011). Guderjan i sur. (2005) prvi su pokazali potencijal PEP-a za povećanje prinosa ekstrakcije ulja 6,5 – 7,4 %, ovisno o jakosti polja i količini izoflavonoida genisteina, iz svježih maslina. Abenoza i sur. (2013) istaknuli su prednosti ove tehnologije na prinos ekstrakcije maslinovog ulja, kao i njezin utjecaj na kvalitetu proizvoda, koristeći sustav ekstrakcije maslinovog ulja u laboratorijskim uvjetima. Puértolas i Martínez de Marañón (2015) tvrde da tretman pulsirajućim električnim poljem, ne samo da poboljšava prinos ekstrakcije ulja, već i povećava sadržaj korisnih spojeva kao što su polifenoli, fitosteroli i tokoferoli, a da se pri tome poštuju zakonski standardi EU-a za najkvalitetnije maslinovo ulje. Međutim, različiti rezultati vezani za utjecaj PEP-a na kemijska svojstva, dovode do zaključka da na njih utjecaj imaju i sami uvjeti PEP-a i sorta plodova.

3. MATERIJALI I METODE

U ovom su radu kao sirovina korišteni ručno pobrani plodovi maslina sorti oblice i levantinke, sezona 2021./2022. Plodovi su pobrani na području Kaštela u indeksu zrelosti 2,11 za oblicu i 2,01 za levantinku. Netom nakon berbe, plodovi maslina su, po dolasku u laboratorij, bili pripremljeni za proizvodnju ulja. Priprema se sastojala od ručnog čišćenja grančica i listova te odbacivanja loših plodova, nakon čega su očišćeni plodovi maslina oprani vodovodnom vodom te izvagani. Pripremljeni su plodovi zatim preneseni na mljevenje u mlin čekićar, koji je dio poluindustrijske uljare OLEUM 30 COMPACT (*Enotecnica Pillan Oleum 30 Compact, Camisano, Italy*) prikazane na slici 1.



Slika 1. Uljara Oleum 30 Compact (vlastita fotografija)

Nakon faze mljevenja, maslinovo je tijesto podvrgnuto tretmanu pulsirajućim električnim poljem kao predtretman miješenju, kako bi se postignulo veće iskorištenje i bolja kvaliteta ulja. Kao kontrolni uzorak uzeto je djevičansko maslinovo ulje proizvedeno iz istih sorti maslina, no bez primjene pulsirajućeg električnog polja kao predtretman procesu miješenja. Predtretman je izvršen na uređaju HVG60/1 PEF (Impel d.o.o., Zagreb, Hrvatska).

Kao parametri PEP odabrani su jakost električnog polja u rasponu 1 do 8 kV/cm, napon 3 do 24 kV te vrijeme 18 do 102 sekunde. Tablice 1. i 2. prikazuju uvjete tretmana prema centralnom kompozitnom dizajnu uzoraka. Miješenje tijesta masline odvijalo se u kupelji Stuart SBS40 (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL, SAD) napunjenoj s 35 L destilirane vode uz dodatak obične što je nužno za smanjivanje hrđanja kupelji. Kako bi se postigla željena temperatura tijesta od 27°C, temperatura kupelji treba biti postavljena na 30,5 °C, a kupelj obavezno treba biti zagrijana na tu temperaturu prije početka miješenja. Nakon tretmana PEP-om, ili bez tretmana ukoliko se radi o kontrolnom uzorku, tijesto maslina (mase 1000 g) se stavlja u inoks posudu za miješenje čiji je dvostruki plašt nadopunjen vodom. Nakon postavljanja posuda u kupelj, broj okretaja miješalice (VELP Scientifica, Usmate, Italija) podešen je na 2,5. Tijekom miješenja se, pomoću ubodnog termometra, kontrolirala temperatura koja je, 20 – 25 min nakon postavljanja posuda u kupelj, trebala iznositi 27 °C. Miješenje je trajalo 40 min te se po isključivanju miješalice posuda uklonila iz kupelji, a njen sadržaj prebacio u posudice za centrifugiranje.

Tablica 1. Opis uvjeta predtretmana PEP-om za proizvodnju uzoraka ulja iz oblice

Oznaka uzorka	Jakost (kV/cm)	Napon (kV)	Vrijeme (s)
33	-	-	-
34	-	-	-
35	-	-	-
36	1	3	60
37	2	6	30
38	2	6	90
39	4,5	13,5	18
40	4,5	13,5	60
41	4,5	13,5	60
42	4,5	13,5	60
43	4,5	13,5	60
44	4,5	13,5	60
45	4,5	13,5	102
46	7	21	30
47	7	21	90
48	8	24	60

Tablica 2. Opis uvjeta predtretmana PEP-om za proizvodnju uzoraka ulja iz levantinke

Oznaka uzorka	Jakost (kV/cm)	Napon (kV)	Vrijeme (s)
49	-	-	-
50	-	-	-
51	-	-	-
52	1	3	60
53	2	6	30
54	2	6	90
55	4,5	13,5	18
56	4,5	13,5	60
57	4,5	13,5	60
58	4,5	13,5	60
59	4,5	13,5	60
60	4,5	13,5	60
61	4,5	13,5	102
62	7	21	30
63	7	21	90
64	8	24	60

Prilikom ove laboratorijske proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja koristili smo improviziranu izvedbu miješalice koja je prikazana na Slici 2.



Slika 1. Laboratorijska miješalice (vlastita fotografija)

Nakon miješenja, slijedila je centrifugalna ekstrakcija u dvije faze. U prvom se koraku na centrifugi modela Rotina 380R (Hettich, Tuttingem, Njemačka) operacijom centrifugiranja odvajalo ulje od komine, dok se u drugom koraku centrifugiranjem provelo odvajanje ulja od vegetabilne vode. Ulje je po završetku centrifugiranja pretočeno u boce od tamnog stakla i uskladišteno u mraku pri temperaturi od 20 °C.

U suhom tijestu masline određen je udjel ulja metodom opisanom u Provedbenoj Uredbi Komisije (EU) 2022/2105, prilog IV.

Iskorištenje laboratorijskog postupka proizvodnje izračunato je prema Peres i sur. (2014):

$$Y = V (\text{ulja}) \cdot \rho \cdot 100 \cdot m (\text{tijesta})^{-1} \quad [1]$$

Y= iskorištenje proizvodnje

V (ulja)= volumen proizvedenog DMU (mL)

ρ = gustoća DMU 0,915 g cm⁻³

m (tijesta) = masa tijesta maslina za proizvodnju (g)

Indeks ekstraktabilnosti EI također je izračunat prema Peres i sur. (2014):

$$EI = Y \cdot OC \quad [2]$$

OC = udjel ulja u svježem plodu masline (%)

$$OC = \text{s.tv. (tijesto) (\%)} \cdot \text{udjel ulja u suhom tijestu (\%)}$$

$$\text{s.tv. tijesto} = \text{suha tvar tijesta} = m(\text{suho tijesto}) \cdot m(\text{svježe tijesto})^{-1} (\%)$$

4. REZULTATI I RASPRAVA

Uvođenjem novih postupaka u proces proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja, kao što je predtretman pulsirajućim električnim poljem fazi miješenja, moguće je poboljšati kvalitetu i učinkovitost proizvodnje DMU, a time i kvalitetu samog ulja. Pulsirajuće električno polje, nova netoplinska tehnologija, koristi se u svrhu omogućavanja poroznosti stanične stijenske što direktno dovodi do dodatnog izdvajanja ulja koje, prilikom tradicionalne proizvodnje DMU, ostaje zarobljeno u stijenkama stanica. Cilj ovog rada bio je proizvesti djevičansko maslinovo ulje iz oblice i levantinke uz primjenu pulsirajućeg električnog polja primijenjenog kao predtretman fazi miješenja. Miješenje je provedeno u laboratorijskoj izvedbi miješalice na način da se tijesto, nakon tretmana PEP-om (ili bez tretmana za kontrolne uzorke) prenosilo u posude te postavljalo na pozicije u unaprijed zagrijanoj kupelji (30,5 °C). Broj okretaja miješalice iznosio je 2,5, a miješenje je trajalo 40 min.

Tablica 3. Udjel ulja u tijestu maslina iz oblice i levantinke

Uzorak	m (mokro tijesto) (g)	m (suho tijesto) (g)	% ulja u suhom tijestu	% suhe tvari	ulje u plodu masline (%)
Tijesto oblica 1	50,45	19,60	41,72	0,39	16,21
Tijesto oblica1'	49,48	19,25	42,11	0,39	16,38
Srednja vrijednost					16,30
Tijesto levantinka 1	50,00	30,69	35,42	0,61	21,74
Tijesto levantinka 1'	50,06	31,21	35,83	0,62	22,34
Srednja vrijednost					22,04

U tablici 3. prikazane su vrijednosti udjela ulja u svježem plodu masline. Međusobno uspoređujući udjele ulja u korištenim plodovima oblice i levantinke, vidljivo je da je udjel ulja u korištenim plodovima levantinke u prosjeku za gotovo 6 % veći nego udjel u korištenim plodovima oblice. Tome mogu biti uzrok karakteristike same sorte maslina, stupanj zrelosti plodova te uvjeti rasta plodova. Uspoređujući podatke o udjelima ulja u plodu masline za oblicu i levantinku i udjele ulja u korištenim plodovima, može se primjetiti kako je srednja vrijednost udjela ulja u plodovima oblice sukladna rangu udjela ulja tipičnom za sortu oblica (18 – 21 %) (Maslinovo ulje Nadin, 2023). Što se tiče sorte levantinka, udjel ulja u korištenim plodovima bio je nešto veći od udjela ulja u plodu levantinke kojeg navodi literatura (oko 20 %) (Agroportal.hr, 2021).

Tablica 4. Iskorištenje laboratorijske proizvodnje ulja iz oblice

Uzorak	Ulje (mL)	Tijesto (g)	Y (%)	EI
33	232,50	1992,69	10,68	0,65
34	234,50	1990,52	10,78	0,66
35	247,50	1871,63	12,10	0,74
36	235,00	1862,02	11,55	0,71
37	232,50	1880,34	11,31	0,69
38	226,00	1777,99	11,63	0,71
39	232,00	1872,80	11,33	0,70
40	229,00	1978,11	10,59	0,65
41	220,50	1993,27	10,12	0,62
42	223,00	1991,20	10,25	0,63
43	229,50	1994,32	10,53	0,65
44	254,50	1857,35	12,54	0,77
45	231,00	1867,04	11,32	0,69
46	220,5	1866,81	10,81	0,66
47	225,00	1861,16	11,06	0,68
48	223,00	1870,06	10,91	0,67

Y = iskorištenje laboratorijske proizvodnje (%); EI = indeks ekstraktabilnosti

Učinkovitost proizvodnje DMU iz oblice i iz levantinke uz PEP kao predtretman, pratili smo izračunavanjem iskorištenja proizvodnje i izrazili ga kao indeks ekstraktabilnosti. U tablici 4. prikazani su rezultati iskorištenja laboratorijske proizvodnje ulja iz sorte oblica. Indeksi ekstraktabilnosti kretali su se od 0,62 do 0,77. Najveći i najniži % iskorištenja imali su uzorci DMU proizvedeni iz tijesta tretiranog pri istim uvjetima PEP-a : jakosti 4,5 kW/cm, napona 13,5 kV i 60 sekundi izlaganja. Dobiveni rezultati za sortu oblica iz Tablice 4 ne upućuju na to da je primjena PEP-a kao predtretmana miješenju uzrokovala povećanje iskorištenja laboratorijske proizvodnje.

Tablica 5. Iskorištenje laboratorijske proizvodnje ulja iz levantinke

Uzorak	Ulje (mL)	Tijesto (g)	Y (%)	EI
49	353,50	1987,07	16,28	0,74
50	332,00	1880,00	16,16	0,73
51	348,00	2000,82	15,91	0,72
52	304,50	1859,85	14,98	0,68
53	324,50	1820,77	16,31	0,74
54	336,00	1866,51	16,47	0,75
55	332,50	1868,93	16,28	0,74
56	370,50	1991,93	17,02	0,77
57	363,00	1986,15	16,72	0,76
58	322,50	1869,03	15,79	0,72
59	340,00	1991,26	15,62	0,71
60	340,00	1988,48	15,65	0,71
61	336,00	1865,46	16,48	0,75
62	324,00	1863,50	15,91	0,72
63	332,00	1861,30	16,32	0,74
64	313,50	1855,69	15,46	0,70

Y = iskorištenje laboratorijske proizvodnje (%); EI = indeks ekstraktabilnosti

U tablici 5. prikazani su rezultati iskorištenja laboratorijske proizvodnje ulja iz levantinke. Indeksi ekstraktabilnosti kretali su se u rasponu 0,68 – 0,77. Uvjeti PEP-a pri kojima je dobiveno najviše i najniže iskorištenje se, za razliku od oblice, razlikuju. Najveće je iskorištenje dobiveno pri uvjetima PEP-a : jakosti 4,5 kW/cm, napona 13,5 kV i 60 sekundi izlaganja, a najniže pri : jakosti 1 kW/cm, napona 3 kV i 60 sekundi izlaganja.

Iskorištenje laboratorijske proizvodnje DMU iz ovih dviju dalmatinskih sorti maslina, oblice i levantinke, kreće se od 10,12 % do 12,54 % za sortu oblica (Tablica 4), a za sortu levantinka (Tablica 5) od 14,98 % do 17,02 %. Uspoređujući međusobno podatke o iskorištenju dobivenih za pojedinu sortu (tablica 4 i tablica 5), vidljivo je da je iskorištenje laboratorijske proizvodnje DMU više za prosječno gotovo 5 % prilikom proizvodnje DMU iz sorte levantinka, nego što je prilikom proizvodnje DMU iz sorte oblica. Tome može biti uzrok različit udio ulja u svježim plodovima koji je bio viši kod plodova levantinke. No, iako je iskorištenje proizvodnje iz levantinke nešto više od iskorištenja dobivenog za proizvodnju DMU iz oblice, na temelju razmatranja podataka iz tablice 4 i tablice 5, ne može se tvrditi da je primjena pulsirajućeg električnog polja imala značajnog utjecaja na njegovo povećanje kako je bilo očekivano.

Peres i sur. (2014) su u svojem istraživanju, kao jedan od načina optimiranja procesa ekstrakcije maslinova ulja, ispitali utjecaj istovremenog dodatka enzimskog pripravka i prirodnog mikrotalka na iskorištenje te su postavili očekivane EI za određene uzorke u rasponu 0,22 – 0,62, a dobiveni rezultati EI kretali su se 0,15 - 0,66. Za korištenu sortu “Cobrançosa” maksimalno povećanje iskorištenja iznosilo je 24 %, a za “Galega Vulgar” sortu je najveće postignuto povećanje iskorištenja ekstrakcije iznosilo 34 %. Rezultati dobivenih iskorištenja upućuju na to da bi takav tretman prilikom proizvodnje mogao povećati prinos maslinovog ulja, uz prilagođeno korištenje pripravaka, ovisno o sorti. Korištenje i količinu dodataka potrebno je prilagoditi svakoj sorti. Na temelju rezultata dobivenih u ovom radu, ne može se zaključiti da je primjena PEP-a imala utjecaj na iskorištenje, kako je bilo očekivano. Tome može biti razlog korištenje laboratorijske linije, u kojoj je korištena i vlastoručna izvedba miješalice (slika 2), umjesto poluindustrijskog pogona, kao što su ga u svojim istraživanjima koristili Peres i sur. (2014). Utjecaj na smanjeno iskorištenje mogla je imati i diskontinuiranost laboratorijske proizvodnje, pri kojoj je, između faza i tijekom prebacivanja materijala, moglo doći do određenih gubitaka ulja. Međutim, unatoč tome što su iskorištenja laboratorijske proizvodnje ulja manja od očekivanih, uspješno je proizvedena dovoljna količina ulja za provođenje daljnjih analiza.

Veneziani i sur. (2019) u svojem su istraživanju ispitali utjecaj sorte na prinos i kvalitetu ulja na ekstra djevičansko maslinovo ulje koje je ekstrahirano tehnologijom pulsirajućeg električnog polja. Dokazano je kako se korištenjem pulsirajućeg električnog polja kao predtretmana miješenju može povećati propusnost staničnih stijenki i uzrokovati

njihovo pucanje s posljedičnim pozitivnim rezultatom o ekstrakciji i kvaliteti ulja, što je uglavnom povezano sa spojevima koji imaju pozitivan učinak na zdravlje i senzorska svojstva ekstra djevičanskog maslinovog ulja. Tretman je testiran na tri talijanske sorte maslina (Carolea, Coratina i Ottobratica), a rezultati su pokazali kako ova nova tehnologija ima pozitivan utjecaj na prinos ulja, uz povećanje od 2,3 do 6 %, te na koncentraciju hidrofilnih fenola, s povećanjem u rasponu od 3,2 do 14,3 %, u odnosu na kontrolna ispitivanja. Razlozi za različit postotak povećanja prinosa ulja (u rasponu od 2,3 do 6 %) su vjerojatno sorta masline i stadij sazrijevanja. Tako su različiti omjeri mesa/koštice voća i sadržaj vlage i ulja utjecali su i na djelovanje PEP-a na iskorištenje ekstrakcije. Objašnjenje o utjecaju sorte i stanju plodova na djelovanje PEP-a i povećanje iskorištenja primjenjivo je i u našoj laboratorijskoj proizvodnji. Također valja naglasiti i da su autori svoja istraživanja proveli u poluindustrijskom pogonu, dok je naše provedeno pomoću laboratorijske izvedbe što je vjerojatno imalo utjecaja na krajnje rezultate iskorištenja proizvodnje.

5. ZAKLJUČCI

1. Uspješno je izvršena laboratorijska proizvodnja DMU uz primjenu PEP-a kao predtretman miješenju te je iz plodova sorte oblica dobiveno 16 uzoraka, jednako kao i iz levantinke.
2. Iskorištenje laboratorijske proizvodnje ulja iz oblice kretalo se u rasponu 10,12 – 12,54 % pri čemu su uzorak s najnižim i uzorak s najvišim % iskorištenja bili tretirani istim uvjetima pulsirajućeg električnog polja. Rezultati iskorištenja laboratorijske proizvodnje ulja iz levantinke kretali su se u rasponu 14,98 % - 17,02 %.
3. Očekivanja vezana za povećanje iskorištenja uz primjenu PEP-a kao predtretmana miješenju nisu ispunjena, čemu uzrok može biti proizvodnja u laboratorijskoj, a ne poluindustrijskoj izvedbi te nedostatak adekvatne opreme. Usprkos tome, uspješno je proizvedena količina DMU koja je potrebna za daljnje analize.

6. POPIS LITERATURE

Abenoza M, Benito M, Saldaña G, Álvarez I, Raso J, Sánchez Gimeno A (2012) Effects of Pulsed Electric Field on Yield Extraction and Quality of Olive Oil. *Food Bioprocess Technol* **6**, 1367–1373. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0817-6>

Agroportal.hr (2021) Sorte maslina, <https://www.agroportal.hr/maslinarstvo/1924>.
Pristupljeno 17. veljače 2023.

Aguilera MP, Beltran G, Sanchez-Villasclaras S, Uceda M, Jimenez A (2010) Kneading olive paste from unripe “Picual” fruits: I. Effect on oil process yield. *J Food Eng* **97**, 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.11.013>

Bordons C, Núñez- Reyes A (2008) Model based predictive control of an olive oil mill. *J Food Eng* **84**, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.011>

Clodoveo ML (2013) New advances in the development of innovative virgin olive oil extraction plants: Looking back to see the future. *Food Res Int* **54**, 726–729. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.020>

Delegirana uredba Komisije (EU) 2022/2104 od 29. srpnja 2022. o dopuni Uredbe (EU) br. 1308/2013 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu tržišnih standarda za maslinovo ulje i o stavljanju izvan snage Uredbe Komisije (EEZ) br. 2568/91 i Provedbene uredbe Komisije (EU) br. 29/2012

Donsì F, Ferrari G, Pataro G (2010) Applications of Pulsed Electric Field Treatments for the Enhancement of Mass Transfer from Vegetable Tissue. *Food Eng Rev* **2**, 109–130. <https://doi.org/10.1007/s12393-010-9015-3>

Espínola F, Moya M, Fernández DG, Castro E (2009) Improved extraction of virgin olive oil using calcium carbonate as coadjuvant extractant. *J Food Eng* **92**, 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2008.10.038>

Frankel., E.N. (1996) Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality, *Food Chem* **57**, 51-55. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00067-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00067-2)

Guderjan M, Toepfl S, Angersbach A, Knorr D (2005) Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. *J Food Eng* **67**, 281-287. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.029>

Gugić J, Tratnik M, Strikić F, Gugić M, Kursan P (2010) "Pregled stanja i perspektiva razvoja hrvatskoga maslinarstva." *Pomologia Croatica* **16**, 121-146. <https://hrcak.srce.hr/69062>

IOC (1996), World Olive Encyclopedia. International Olive Council. <https://www.internationaloliveoil.org/product/world-olive-encyclopedia/>. Pristupljeno 17. veljače 2023.

Janositz A, Noack AK, Knorr D (2011) Pulsed electric fields and their impact on the diffusion characteristics of potato slices. *Lwt - Food Sci Technol* **44**, 1939-1945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.04.006>

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

Maslinovo ulje Nadin (2023) O maslinama <https://www.maslinovoulje-hr.com/o-maslinama>. Pristupljeno 17. veljače 2023.

Peres, F, Martins, LL, Ferreira-Dias, S (2014). Laboratory-scale optimization of olive oil extraction: Simultaneous addition of enzymes and microtalc improves the yield. *Eur J Lipid Sci Technol* **116**, 1054-1062. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400060>

Provedbena uredba Komisije (EU) 2022/2105 od 29. srpnja 2022. o utvrđivanju pravila o provjerama sukladnosti u pogledu tržišnih standarda za maslinovo ulje i metodama analize svojstava maslinova ulja

Puértolas E, Martínez de Marañón I (2015) Olive oil pilot-production assisted by pulsed electric field: impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties. *Food chem*, **167**, 497–502. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.029>

UREDBA (EU) br. 1308/2013 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 17. prosinca 2013. o uspostavljanju zajedničke organizacije tržišta poljoprivrednih proizvoda i stavljanju izvan snage uredbi Vijeća (EEZ) br. 922/72, (EEZ) br. 234/79, (EZ) br. 1037/2001 i (EZ) br. 1234/2007

Veneziani G., Esposto, S., Taticchi, A., Selvaggini, R., Sordini, B., Lorefice, A., Daidone, L., Pagano, M., Tomasone, R., & Servili, M. (2019). Extra-Virgin Olive Oil Extracted Using Pulsed Electric Field Technology: Cultivar Impact on Oil Yield and Quality *Front Nutr*, **6**. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00134>

Vorobiev E, Lebovka N (2008) Pulsed-Electric-Fields-Induced Effects in Plant Tissues: Fundamental Aspects and Perspectives of Applications. U: Vorobiev E, Lebovka N (ured.) *Electrotechnologies for Extraction from Food Plants and Biomaterials*. Springer Link. Str. 39-81. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79374-0>

Zhang ZH, Wang LH, Zeng XA, Han Z, Brennan C (2018). Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *Int J Food Sci Tech* **54**, <https://doi.org/10.1111/ijfs.13903>

Izjava o izvornosti

Ja Ana Vrbica 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.

Vlastoručni potpis