

**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Josip Mužević  
58217162**

**PROIZVODNJA DJEVIČANSKIH MASLINOVIH ULJA IZ PLODOVA LEVANTINKE  
UZ PULSIRAJUĆE ELEKTRIČNO POLJE, UBRZANI TOPLINSKI TRETMAN I  
ULTRAZVUK KAO PREDTRETMANE MIJEŠENJU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Naziv znanstveno-istraživačkog 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, 2024.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

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

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

**Proizvodnja djevičanskih maslinovih ulja iz plodova levantinke uz pulsirajuće električno polje, ubrzani toplinski tretman i ultrazvuk kao predtretmane miješenju**

**Josip Mužević, 58217162**

### **Sažetak:**

Jedan od većih problema proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja (DMU) je relativno nisko iskorištenje samog procesa jer određeni dio ulja zaostaje u komini i vegetabilnoj vodi. Potencijalno rješenje problema se u novije vrijeme traži u inovativnim tehnologijama poput pulsirajućeg električnog polja (PEP), ubranog toplinskog tretmana (UTT) i ultrazvuka (UZV). Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj primjene navedenih tehnologija i njihovih kombinacija kao predtretmana miješenju na iskorištenje proizvodnje DMU iz sorte levantinka u laboratorijskim uvjetima. Korištenjem pojedinačne inovativne tehnologije kao predtretmana miješenju došlo je do povećanja iskorištenja proizvodnje DMU iz sorte levantinka. Najveće povećanje iskorištenja toga ulja u odnosu na kontrolni uzorak (12,17 %) pokazala je primjena tehnologije UZV-a. Sve kombinacije inovativnih tehnologija također su povećale iskorištenje proizvodnje DMU iz sorte levantinka. Najveće povećanje iskorištenja proizvodnje DMU iz sorte levantinka u odnosu na kontrolni uzorak (13,2 %) pokazala je kombinacija PEP-a i UZV-a.

**Ključne riječi:** djevičansko maslinovo ulje, pulsirajuće električno polje, ubrzani toplinski tretman, ultrazvuk, iskorištenje proizvodnje

**Rad sadrži:** 23 stranice, 3 slike, 3 tablice, 44 literaturnih 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

**Datum obrane:** 10. srpnja 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

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

Department of Food Engineering  
Laboratory for Oil and Fat Chemistry and Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Food Technology

**Production of virgin olive oils from Levantinka using pulsed electric field, flash treatment and ultrasound as pre-treatment for malaxation**

**Josip Mužević, 58217162**

**Abstract:**

One of the main problems in the production of virgin olive oil (VOO) is the relatively low production yield, as a certain amount of the oil remains in the pomace and in the vegetable water. A possible solution has recently been sought in innovative technologies such as pulsed electric field (PEF), flash thermal treatment (FTT) and ultrasound treatment (US). The aim of this work was to determine the effects of using the above technologies and their combinations as pretreatment for malaxation on the production yield of VOO of the Levantinka variety. The use of each innovative technology increased the yield of VOO production. The application of US showed the highest yield increase compared to the control sample (12.17%). All combinations of innovative technologies also increased the yield of VOO production. The combination of PEF and US showed the highest yield increase compared to the control sample (13.2%).

**Keywords:** virgin olive oil, pulsed electric field, flash thermal treatment, ultrasound, production yield

**Thesis contains:** 23 pages, 3 figures, 3 tables, 45 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, Full Professor

**Thesis defended:** July 10, 2024

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
2.1. MASLINA .....	2
2.1.1. LEVANTINKA.....	2
2.1.2. MASLINOVO ULJE .....	3
2.2. SUVREMENA PROIZVODNJA DMU .....	4
2.3. PRIMJENA INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA U PROIZVODNJI DMU .....	7
2.3.1. TEHNOLOGIJA PULSIRAJUĆEG ELEKTRIČNOG POLJA (PEP).....	7
2.3.2. TEHNOLOGIJA UBRZANOG TOPLINSKOG TRETMANA.....	8
2.3.3. TEHNOLOGIJA ULTRAZVUKA .....	9
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>10</b>
3.1. MATERIJALI .....	10
3.1.1. MASLINE.....	10
3.1.2. LABORATORIJSKA OPREMA.....	10
3.2. METODA .....	11
3.2.1. LABORATORIJSKA PROIZVODNJA DMU IZ LEVANTINKE .....	11
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>18</b>
<b>6. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>19</b>

## 1. UVOD

U Hrvatskoj se maslina udomila duž cijelog priobalja, od Istre do juga Dalmacije, uključujući i otoke. Ne zna se točno kada je u našem primorju uvedena kultura pitome masline, niti od koga smo je prvi preuzeli, od starih Grka ili od Rimljana. Jasno je samo da se kod nas masline uzgajaju vrlo dugo (Kantoci, 2006). Maslinovo ulje je biljna masnoća dobivena najvećim dijelom iz mesa ploda masline (> 95 %), a manjim dijelom iz sjemenke ploda (< 5 %), za razliku od ostalih biljnih ulja koja se dobivaju isključivo iz sjemenke. Po sastavu maslinovo ulje je uglavnom prava otopina (oko 99,7 %), koja se sastoji od ulja i masnih kiselina (osapunjivi dio oko 98,5 %) i u ulju topivih tvari iz ploda masline (neosapunjivi dio oko 1,5 %). Ostali, vrlo mali dio ulja je fino dispergirana voda (do 0,3 %) i u vodi topivi sastojci iz ploda masline (Gugić i Ordulj, 2006). Pomaže kod kancerogenih bolesti, potiče rast djece, usporava starenje, dobro je za kosti, zglobove, kožu, jetra i crijeva. Pomaže kod dijabetesa i čira na želucu te kod kardiovaskularnih bolesti (Kantoci, 2006). Prema Uredbi (EU) br. 1308/2013 djevičanska maslinova ulja (DMU) definiraju se kao „ulja dobivena od ploda masline isključivo mehaničkim ili drugim fizikalnim postupcima pod uvjetima koji ne dovode do promjena sastojaka ulja, koja nisu drugačije obrađena osim pranjem, dekantacijom, centrifugiranjem ili filtriranjem, isključujući ulja dobivena upotrebom otapala ili dodavanjem pomoćnih sredstava kemijskog ili biokemijskog djelovanja ili ulja dobivena reesterifikacijom i miješanjem s uljima drugih vrsta“. Jedan od većih problema proizvodnje DMU je relativno nisko iskorištenje samog procesa jer određeni dio ulja zaostaje u komini i vegetabilnoj vodi. Potencijalno rješenje problema se u novije vrijeme traži u inovativnim tehnologijama poput pulsirajućeg električnog polja, ubrzanog toplinskog tretmana i ultrazvuka.

Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj primjene pulsirajućeg električnog polja (PEP), ubrzanog toplinskog tretmana (UTT), ultrazvuka (UZV) i njihovih kombinacija kao predtretmana miješenju na iskorištenje proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja iz sorte levantinka.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Maslina

Maslina spada u red Ligustrales, obitelj Oleaceae, rod *Olea*, vrsta *Olea europaea sativa* – pitoma maslina. Plod masline je bobica okrugla ili eliptična oblika. Veličina i oblik ploda karakteristični su za pojedine sorte. Na meso otpada 65 – 80 % mase, a ostatak na košticu. Udjel ulja u plodu je također osobina sorte, a kreće se od 10 % do 28 %. Nezreo plod je zelene boje, a zrenjem se mijenja u žućkastu, pa crvenkastu, zatim tamno crvenu i na kraju u plavo-crnu ili crnu (Škevin, 2016). Prema Gugić i sur. (2010), u Hrvatskoj je 2010. godine postojalo 15 matičnih nasada masline među kojima je umatičeno 4105 stabala od 30 sorti masline. Matična stabla autohtonih sorti masline participirala su sa 56 %, dok su matična stabla introduciranih sorti masline participirala sa 44 % od ukupne sortne strukture matičnih nasada. Od toga je najviše umatičenih stabala sorte buža (18,4 %), oblica (15,7 %), lastovka (5,6 %), istarska bjelica (4,6 %) te levantinka (4,3 %). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (DZS, 2020) u Hrvatskoj je godišnja prosječna proizvodnja od 2015. do 2019. bila oko 28000-33000 tona ploda i oko 34000-44000 hl ulja.

#### 2.1.1. Levantinka

U Hrvatskoj je registrirano 179 matičnih stabala levantinke u šest matičnih nasada. Prema broju matičnih stabala ova sorta je na trećem mjestu iza Oblice i Lastovke. Uzgoj Levantinke ograničen je na područje južne i srednje Dalmacije (Medved, 2019). Legenda kazuje da ju je donio pomorac s „levant“ iz Grčke (Maslinar, 2014). Prvo se udomaćila na otoku Šolti gdje je i najveća populacija ove sorte zbog čega se naziva i šoltankom. Levantinka je uvrštena na popis svjetskih sorti maslina, koji se vodi pri Međunarodnom vijeću za maslinovo ulje (IOC) u Madridu (Maslinar, 2020). Povećani interes za sadnjom ove sorte vidljiv je posljednjih dvadesetak godina zahvaljujući spoznajama o gospodarskoj, agronomskoj i biološkoj vrijednosti ove sorte (Medved, 2019).

Stablo je jako bujno, visoko, s glatkom korom na granama, razgranato, okrugle, tamnozelene boje okruglaste krošnje s bujnim izbojcima. List je velik, eliptičnog oblika, širok, kratke peteljke, na vrhu oštar, po obodu lagano nazubljen, po dužini je blago uvijen, prosječno je dug oko 7 cm, i širok oko 2 cm, na sredini blago uvijen, lice je tamnozelene, a naličje svijetlozelene boje. Cvjeta obilno od sredine do kraja mjeseca svibnja, čak i početkom lipnja, resu formira od ožujka do sredine svibnja, a ima i velik postotak samooplodnje, radi čega redovito i obilno rađa. Plod je srednje krupan, rodi u grozdovima sa tri do pet plodova, koji su eliptični,

duguljastog oblika, blago uvijeni prema vrhu s malim oštrim vrhom. Tvrda kožica u fazi pune zrelosti je crne boje, dužine oko 2,2 cm, širok oko 1,3 cm, težine oko 4,3 grama, dok je randman ulja u plodu u optimalnoj fazi zrenja (berba sredinom listopada) oko 13,5 posto (Maslinar, 2014). Osjetljiva je na sušu i na hladnoću, srednje je otporna na napad maslinove muhe i raka, ali je jako osjetljiva na paunovo oko (Maslinar, 2020).



**Slika 1.** Levantinka (Maslinar, 2020)

### 2.1.2. Maslinovo ulje

Prema Međunarodnom sporazumu o maslinovu ulju i stolnim maslinama (2015) maslinovo ulje je ulje dobiveno jedino od ploda masline (*Olea europaea L.*) te ne uključuje ulje dobiveno uporabom otapala ili postupkom reesterifikacije ni bilo koju mješavinu s uljima drugih vrsta. Klasificira se u sljedeće kategorije: ekstra djevičansko maslinovo ulje, djevičansko maslinovo ulje, obično djevičansko maslinovo ulje, djevičansko maslinovo ulje lampante, rafinirano maslinovo ulje i maslinovo ulje sastavljeno od rafiniranog maslinova ulja i djevičanskih maslinovih ulja.

Ulje komine maslina je ulje dobiveno obradom otapalima ili drugim fizičkim postupcima te ne

uključuje ulja dobivena postupkom reesterifikacije ni bilo koju mješavinu s uljima drugih vrsta. Klasificira se u sljedeće kategorije: sirovo ulje komine maslina, rafinirano ulje komine maslina i ulje komine maslina sastavljeno od rafiniranog ulja komine maslina i djevičanskih maslinovih ulja.

Djevičanska maslinova ulja (ekstra djevičansko maslinovo ulje i djevičansko maslinovo ulje) dobivaju se isključivo mehaničkim ili drugim fizičkim postupcima u toplinskim uvjetima koji ne mijenjaju kemijski sastav ulja. Jedini tretman koji prolaze masline i ulje je pranje, dekantiranje, centrifugiranje i filtracija (Dawson, 2022). Ekstra djevičansko maslinovo ulje (EDMU) prvenstveno se sastoji od mononezasićenih masnih kiselina (MUFA), s oleinskom kiselinom koja predstavlja do 80 % ukupnog sadržaja masnih kiselina. Polinezasićene masne kiseline (PUFA), s linolnom kiselinom kao glavnim predstavnikom, čine oko 3-22 % maslinovog ulja, dok zasićene masne kiseline (SFA) čine oko 8-26 % (Soares i sur., 2024). Prema IOC-u EDMU ne sadrži više od 0,8 grama slobodnih masnih kiselina, izraženih kao oleinska kiselina, na 100 grama ulja, a ostale karakteristike odgovaraju onima određenim za ovu kategoriju prema IOC standardu (2024). DMU također je važan izvor nutritivno vrijednih spojeva poput tokoferola (vitamin E), fenolnih spojeva i pigmenata (klorofila i karotenoida) koji se izravno ekstrahiraju iz ploda masline ili nastaju tijekom procesa ekstrakcije ulja iz prekursora prvobitno prisutnih u plodu masline. Neki od ovih negliceridnih spojeva, koji predstavljaju manje od 2 % ulja, povezani su sa svojstvima DMU-a koja promiču zdravlje, posebno u pogledu njegovih zaštitnih učinaka protiv stanja kronične upale i popratnih bolesti i također određuju organoleptička svojstva. Među njima je važno istaknuti ulogu fenolnih spojeva, uključujući fenolne spojeve sa sekoiridoidnom strukturom i tokoferole (vitamin E), koji pokazuju snažna antioksidativna svojstva povezana s gore navedenim dobrobitima za ljudsko zdravlje. Stoga je Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) odobrila zdravstvene tvrdnje u vezi s dokazima o zaštitnom učinku fenola DMU za kardiovaskularne bolesti, što se može primijeniti na ulja koja sadrže najmanje 250 ppm hidroksitirosola i njegovih derivata te u vezi s dokazima o odnosu između unosa vitamina E hranom i zaštite od oksidativnog oštećenja (Navarro i sur., 2022). Kvaliteta maslinova ulja utvrđuje se različitim čimbenicima, uključujući geografski položaj, klimu, sezonu usjeva, starost stabla, rad na polju i tretmane, vrijeme i aktivnosti korištene za berbu maslina, tehnologiju prerade, procesne varijable i uvjete skladištenja. Ove varijable utječu na svojstva maslinovog ulja kao što su profil masnih kiselina, sadržaj fenola i senzorske kvalitete. Kontrolirajući upravo te varijable može se optimizirati kvaliteta maslinovog ulja, prinos proizvodnje, ekonomičnost i utjecaj na okoliš (Keceli, 2022). Maslinovo ulje za razliku od vina starenjem ne dobiva na kvaliteti. Čuva se u tamnim staklenim bocama ili posudama od inoksa, bez prisustva zraka, pri temperaturi od oko 15 °C (Kantoci, 2006).

## 2.2. Suvremena proizvodnja DMU



Vađenje ulja iz ploda masline složen je proces, izazov s kojim se ljudi Mediterana suočavaju tisućama godina. Uspješna proizvodnja najkvalitetnijeg maslinovog ulja uvelike ovisi o agronomiji, tehnologiji i iskustvu školovanih tehničara. Dok su proizvođači maslinova ulja nekoć brali sve svoje plodove odjednom kako bi ih preobrazili na kraju berbe, moderni proizvođači često postavljaju posebne postavke mljevenja za različite sorte maslina koje uzgajaju. Sada mogu istraživati sazrijevanje plodova masline kako bi identificirali savršeni trenutak za preradu u ulje. Svaki se kultivar često bere i prerađuje u zasebnim trenucima (DeAndreis, 2023).

Berba maslina obično počinje u listopadu i završava u veljači. Ovisno o datumu berbe i stupnju zrelosti plodova masline, dobivena maslinova ulja mogu imati različita svojstva. Nakon što su masline ubrane u maslinicima, trebaju se što prije transportirati u uljaru, kako bi se izbjeglo kvarenje ploda (Europska komisija, 2020).

Nakon što masline stignu u mlin, lišće preostalo od berbe strojno se uklanja, a plodovi se operu pod mlazom vode kako bi se odstranile sve strane tvari kako bi se izbjegle negativne posljedice na organoleptička svojstva maslinovog ulja (DeAndreis, 2023).

Tijekom mljevenja dolazi do razbijanja stanične strukture ploda i oslobađanja ulja pohranjenog u vakuolama stanica mezokarpa. Osim toga, zbog ovog gubitka stanične cjelovitosti, enzimi i supstrati koji su prethodno bili odvojeni u različitim staničnim odjeljcima dolaze u kontakt. Pokreću se brojne biokemijske reakcije, od kojih su neke ključne za stvaranje ključnih spojeva za funkcionalna i senzorska svojstva DMU, kao što su fenolni i hlapljivi spojevi (Navarro i sur., 2022).

U tradicionalnim mlinovima, masline se melju postupkom koji je stoljećima nepromijenjen: teški mlinovi pričvršćeni na središnji stup melju plodove. Moderni mlinovi koriste napredne strojeve s čekićima, noževima ili rotirajućim diskovima, koji omogućuju bržu preradu znatno većih količina maslina. Osim toga, ovi alati uvelike ograničavaju izloženost maslina kisiku u usporedbi s tradicionalnim metodama, čuvajući njihova organoleptička svojstva. Danas visoko sofisticirana elektronički kontrolirana oprema za mljevenje brzo zamjenjuje velike kamene mlinove koji su se stoljećima koristili za mljevenje koštunica masline. Dok se ovi tradicionalni mlinovi još uvijek naširoko koriste, kontinuirani naponi sektora da se postignu optimalna organoleptička svojstva i zdravstvena svojstva doveli su do brze promjene tehnologije koja se koristi za proizvodnju maslinovog ulja.

Obje metode mljevenja rezultiraju sirovom maslinovom pastom napravljenom od pokožice ploda, njegove pulpe i fragmenata koštica. Pasta također sadrži male kapljice maslinovog ulja i vodu koja se prirodno nalazi u koštunicama masline dok se razvijaju na stablu.

U modernom mlinu, svježe proizvedena sirova pasta se prenosi u mjesilicu, koja se također

naziva malakser. Mjesilica je spremnik opremljen lopaticama koje polagano miješaju tijesto (DeAndreis, 2023). Miješenje je neophodno za razgradnju emulzije nastale mljevenjem i putem fenomena koalescencije pomaže ujedinjenju malih raspršenih kapljica ulja tvoreći veće koje pomažu povećati prinos ekstrakcije. Tijekom miješenja, neki od biokemijskih procesa započetih u koraku mljevenja ostaju aktivni, a nastali novi spojevi raspoređuju se između vodene i uljne faze (Navarro i sur., 2022). Uz otpuštanje ulja iz mesa masline, intrinzična enzimska aktivnost koja se odvija tijekom miješenja uzrokuje smanjenje viskoznosti paste (Juliano i sur., 2023). Međutim, čini se da su dominantne reakcije u ovoj fazi kemijske oksidacijske reakcije kojima pogoduje kontinuirano uključivanje kisika u maslinovo tijesto. Stoga produljenje vremena miješenja obično daje veće prinose ekstrakcije, ali također može imati negativan utjecaj na organoleptičku kvalitetu ulja (Navarro i sur., 2022). Vrijeme završetka miješenja značajno varira ovisno o vrsti strojeva koji se koriste, količini maslina, stupnju njihove zrelosti i ciljevima proizvodnje u pogledu količine i kvalitete. Da bi delikatan proces uspio, pasta od maslina lagano se zagrijava. Ipak, temperatura procesa miješanja nikada neće prijeći 27 °C u skladu sa strogim zahtjevima za ekstra djevičansko maslinovo ulje. Temperatura se smatra savršenom ravnotežom između zaštite najboljih kvaliteta maslinovog ulja i potreba proizvodnje. U tradicionalnim mlinovima, sirovo tijesto nije podvrgnuto miješenju. Umjesto toga, pažljivo se raširi na okrugle diskove s rupom u sredini. Hrpice ovih diskova polako se pritišću zajedno, odvajajući ulje i vodu od pulpe koja ostaje na diskovima. S obzirom na ciljeve visokokvalitetne proizvodnje, moderno mljevenje maslina usvojilo je nove načine ekstrakcije, koji se više ne temelje na prešanju (DeAndreis, 2023).

Nakon miješenja najčešće se provodi kontinuirana centrifugalna ekstrakcija čiji je princip separacije razlika u gustoći ulja, vegetabilne vode i komine. Ovaj postupak odvija se u dekanterima (horizontalnim separatorima). Postoje izvedbe dekantera u tri faze (izlaza) i dvije faze. U trofaznom sustavu tri faze su: kruta faza (komina) i dvije tekuće faze (uljna i vodena). U ovakvom načinu proizvodnje obavezno je dodavanje tople vode jer se samo tako može podesiti konzistencija tijesta. Dodaje se 50-100 % vode na masu tijesta kako bi se dobilo polutekuće tijesto smanjene viskoznosti. Udjel dodane vode ovisi o udjelu početne vode i udjelu koloidnih tvari u tijestu. Velik problem i osnovni nedostatak centrifugalne ekstrakcije u tri faze je velik volumen otpadne vode. Osim što se iz ulja 'ispiru' fenolne tvari, velike su poteškoće pri zbrinjavanju takvog volumena vegetabilne vode. Zbog toga se trofazni sustav zamjenjuje dvofaznim sustavom. U ovoj izvedbi 1. faza je djevičansko maslinovo ulje, a 2. fazu čine smjesa komine i vegetabilne vode. Kod integralne centrifuge s dva izlaza ne dodaje se voda (ili se dodaje minimalno). Radni kapacitet je za 10-25 % manji u odnosu na 3-fazne dekantere. Ipak, i u ovoj izvedbi postoji problem. To je vlažna komina koju je potrebno dodatno obraditi i zbrinuti. Bez obzira na to je li odabran dekanter sa 2 ili sa 3 faze, potrebno je uvođenje

vertikalnog separatora u cilju konačnog odvajanja djevičanskog maslinovog ulja i vegetabilne vode (Škevin, 2016).

Na kraju se izdvojeno maslinovo ulje pretače iz dekantera u čelične posude. Ovisno o specifičnostima strojeva, maslinovo ulje koje izlazi iz dekantera još uvijek može sadržavati tragove pulpe, zraka ili vode. Oprema za filtriranje često se koristi kako bi se ubrzao prirodni proces koji bi odvojio maslinovo ulje od tih čestica, dobivajući maslinovo ulje spremno za punjenje u boce i konzumaciju (DeAndreis, 2023).

## 2.3. Primjena inovativnih tehnologija u proizvodnji DMU

### 2.3.1. Tehnologija pulsirajućeg električnog polja (PEP)

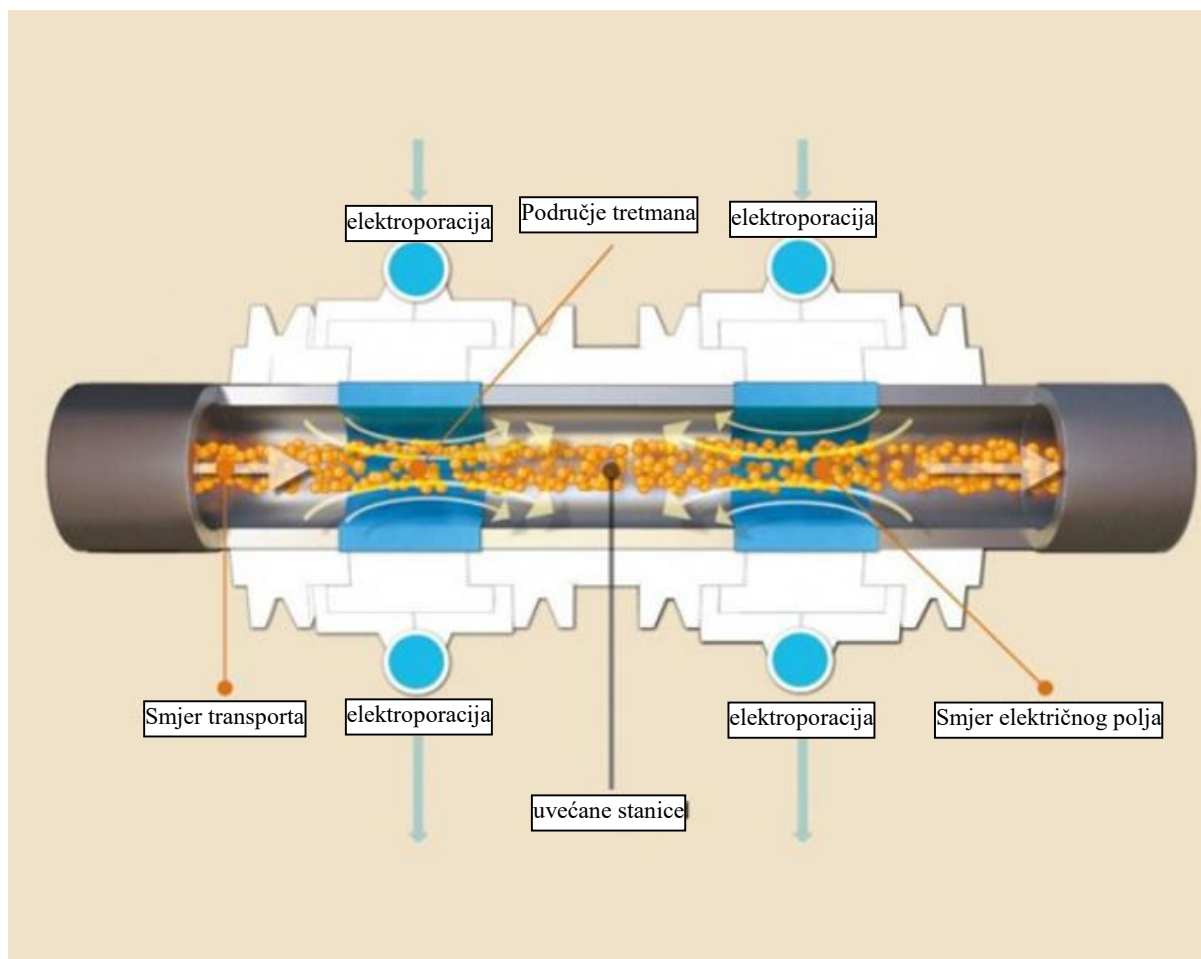
Tehnologija pulsirajućeg električnog polja (PEP) sastoji se od kratkotrajnog električnog tretmana (od nekoliko nanosekundi do nekoliko milisekundi) s jakošću pulsirajućeg električnog polja od 100-300 V/cm do 20–80 kV/cm (Barba i sur., 2015). Smatra se netoplinskom tehnologijom obrade, iako će se tvar koja se obrađuje u određenoj mjeri zagrijati zbog rasipanja električne energije, što se naziva ohmsko zagrijavanje. Visoki napon stvara električno polje između dviju elektroda, čija jakost polja ovisi o primijenjenom naponu i razmaku između elektroda (Knoerzer i sur., 2015).

Pri visokim električnim poljima ( $> 20$  kV/cm), može predstavljati alternativu tradicionalnoj termičkoj obradi za deaktivaciju alternativnih i patogenih mikroorganizama i enzima povezanih s kvalitetom, s prednošću zadržavanja ili minimalne izmjene osjetljivih, prehrambenih i zdravstvenih svojstava tekućih prehrambenih proizvoda. Pod djelovanjem PEP-a pri nižim električnim poljima, biološka membrana je električki probijena i privremeno ili trajno gubi svoju polupropusnost, odnosno dolazi do elektroporacije (Barba i sur., 2015).

Glavne komponente sustava za primjenu PEP-a su generator impulsa i komora za obradu. Generator impulsa sastoji se od punjača koji pretvara izmjeničnu u istosmjernu struju, odnosno puni uređaj za skladištenje energije, kao što je kondenzator ili induktor, a zatim otpušta taj naboj u sustav kroz elektrode u impulsu unaprijed definiranog oblika i trajanja (Juliano i sur., 2023).

Posljednjih desetljeća, pulsirajuća električna polja predložena su kao alternativa ili komplementarna tradicionalnim tehnologijama obrade hrane kako bi se poboljšala konkurentnost prehrambene industrije. Dokazano je da primjena PEP-a kao predtretmana za permeabilizaciju biljnih tkiva povećava učinkovitost prijenosa mase vode ili vrijednih spojeva iz bioloških matrica u procesima sušenja, ekstrakcije i difuzije (Elez-Martínez i sur., 2017).

PEP se već koristi u preradi hrane za sterilizaciju i konzerviranje te se pokazalo da povećava prinose u ekstrakciji drugih sokova, poput sokova od naranče (Butler, 2012). Glavne prednosti PEP tehnologije u odnosu na konvencionalnu tehnologiju su poboljšani prinos ekstrakcije, smanjeno vrijeme obrade i, posljedično, niži intenzitet konvencionalnih parametara ekstrakcije (tj. temperatura i vrijeme miješenja) te poboljšana kvaliteta maslinovog ulja. Trenutačno se također smatra da te tehnologije doprinose smanjenju troškova energije i utjecaja na okoliš. Iz navedenih razloga PEP privlači veliki interes u industriji maslinova ulja (Leone i sur., 2022).



Slika 2. Prikaz uređaja za tretiranje pulsirajućim el. poljem (prema Hercegu, 2018)

### 2.3.2. Tehnologija ubranog toplinskog tretmana

U posljednjih par desetljeća napravljena su brojna istraživanja o ubranom toplinskom tretmanu (UTT-u) kao predtretmanu miješenju maslinova tijesta. Jedna su se bavila utjecajem ubranog zagrijavanja (Kraljić i sur., 2023; Leone i sur., 2015; Veneziani i sur., 2015; Fiori i

sur., 2014; Taticchi i sur., 2014; Esposto i sur., 2013), a druga ubrzanog hlađenja (Veneziani i sur., 2021; Veneziani i sur., 2018; Veneziani i sur., 2017.) maslinova tijesta. Navedena istraživanja su pokazala da ubrzano zagrijavanje može značajno smanjiti vrijeme potrebno za toplinsko kondicioniranje prilikom miješenja, poboljšavajući radnu sposobnost postrojenja, prinos ulja i kvalitetu DMU u vidu povećanja udjela fenolnih spojeva te izmijene profila hlapljivih spojeva. Ubrzanim zagrijavanjem se povećava temperatura tijesta prije miješenja što pogoduje geografskim područjima gdje je niža temperatura prilikom berbe i skladištenja plodova. Sukladno tome, ubrzano zagrijavanje će imati veću prednost ukoliko se tretira maslinovo tijesto niže temperature (Leone i sur., 2015). S druge strane pokazalo se da ubrzano hlađenje ne utječe na prinos ulja i osnovne parametre kvalitete (slobodne masne kiseline, peroksidni broj, K-brojeve), no poboljšava kvalitetu DMU povećavajući udio fenolnih spojeva.

### 2.3.3. Tehnologija ultrazvuka

Tehnologija ultrazvuka (UZV) ima razne primjene u prehrambenoj industriji, kao što je poboljšanje brzine procesa, mogućnost pomoći pri sušenju, rezanju i emulgiranju hrane, poboljšanje ekstrakcije bioaktivnih spojeva, inaktivacija patogena hrane i kvarenja mikroorganizama, te pojačanje ili inhibicija enzimske aktivnosti ovisno o parametrima obrade i vrsti enzima (Nardella i sur., 2021). Uobičajena primjena ultrazvučnih valova u niskofrekventnom rasponu od 18-400 kHz je za razbijanje stanica i ekstrakciju unutarstaničnog materijala. Ultrazvuk se širi u tekućini stvarajući izmjenu pozitivnog i negativnog zvučnog tlaka. Kada su vrijednosti negativnog tlaka ispod tlaka pare same tekućine, ona prolazi faznu promjenu iz tekućine u plin, stvarajući plinske pore koje sadrže paru (ili mjehuriće) i uzrokuju pojavu kavitacije. Fizikalni fenomen kavitacije sastoji se od stvaranja nestabilnih mjehurića pare unutar tekućine koji implodiraju, posebno na niskim frekvencijama, proizvodeći udarne valove, tj. valove tlaka koji mogu biti iznimno intenzivni. Ako dođe do implozije u blizini stanične stijenke maslinovog tijesta, stvara se tekući mikromlaz koji razbija stanične stijenke, koje drobilica nije oštetila, oslobađajući stanični sadržaj. U određenim ultrazvučnim reaktorima, mehanički učinak akustične kavitacije koja razbija netaknute stanice masline oslobađa daljnje dijelove ulja i manjih molekula kao što su fenolni spojevi (Juliano i sur., 2023). Iako se kavitacija smatra pojavom koju treba izbjegavati u mnogim poljima, u drugim specifičnim poljima, kao što je proces ekstrakcije maslinovog ulja, može biti korisna (Taticchi i sur., 2019).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali

##### 3.1.1. Masline

Za provođenje ovog eksperimentalnog rada korištene su ručno pobrane masline sorte levantinka, koje su dan nakon branja dostavljene u laboratorij.

##### 3.1.2. Laboratorijska oprema

Za potrebe laboratorijske proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja u ovom radu korišteni su sljedeći uređaji:

- Mlin čekičar, Oleum 30 Compact (Enotecnica Pillan Oleum 30 Compact, Camisano, Italija)
- Uređaj za tretman PEP, HVG60/1 PEF (Impel d.o.o., Zagreb, Hrvatska)
- Uređaj za ubrzano hlađenje, Blast chiller TECNODOM ATT05 ATTILA ABB (Tecnodom SpA, Vigodarzere PD, Italija)
- Ultrazvučna kupelj, Sonorex digiplus (Bandelin electronic, Berlin, Njemačka)
- Miješalica, Velp Scientifica (Usmate, Italija)
- Vodena kupelj, Stuart SBS80 (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL, SAD)
- Centrifuga, Hettich Rotina 380 (Hettich, Tuttlingen, Njemačka)
- Centrifuga, Hettich Rotina 380R (Hettich, Tuttlingen, Njemačka)



**Slika 3.** Centrifuga, Hettich Rotina 380 (lijevo) i Centrifuga, Hettich Rotina 380R (desno), (vlastita fotografija)

### 3.2. Metoda

#### 3.2.1. Laboratorijska proizvodnja DMU iz levantinke

Na početku se ručno odbacuju lošiji plodovi, zaostalo lišće i grančice, nakon čega se plodovi ispiru pod mlazom vodovodne vode te izvažu. Plodovi se zatim samelju u mlinu čekićaru. Dobiveno maslinovo tijesto se zatim podvrgava tehnologiji PEP-a, UTT-a, UZV-a i njihovoj kombinaciji. U uređaju za PEP se maslinovo tijesto tretiralo 90 sekundi, pri jakosti električnog polja od 2 kV/cm, za UTT se provelo hlađenje na 19.5 °C, dok se UZV snage 576 W provodio 5 minuta. Podaci su prokazani u Tablici 1.

**Tablica 1.** Prikaz parametara korištenih tehnologija

OZNAKA	Vrijeme (min)	Snaga (W)	Jakost (kV/cm)	Vrijeme (s)	Temperatura (°C)
PEP	/	/	2	90	/
UTT	/	/	/	/	19.5
UZV	5	576	/	/	/
PEP+UTT	/	/	2	90	19.5
PEP+UZV	5	576	2	90	/
UTT+UZV	5	576	/	/	19.5
PEP+UTT+UZV	5	576	2	90	19.5
kontrola	/	/	/	/	/

Nakon odrađenih predtretmana prikazanih u tablici 1, oko 1 kg tijesta se stavlja u inoks posudu za miješenje čiji je dvostruki plašt nadopunjen vodom. Zatim se posuda stavlja u vodenu kupelj napunjenu destiliranom vodom te se uključuje miješalica. Broj okreta miješalice je 2,5, a temperatura se svakih nekoliko minuta kontrolira pomoću ubodnog termometra te bi trebala tokom čitavog miješenja iznositi 27 °C. Miješenje traje 40 min nakon čega se posuda ukloni iz kupelji, a njen sadržaj prebaci u kivete za centrifugiranje. U prvoj fazi centrifugiranja koja se provodi na Hettich Rotina 380 centrifugi, velike kivete od 250 g napunjene maslinovim tijestom centrifugiraju se 10 minuta na 5000 okretaja. Time se odvaja tekući dio (ulje i vegetabilna voda) od komine te se tekući dio prebaci u laboratorijsku čašu od 400 ml. U drugoj fazi centrifugiranja koja se provodi na Hettich Rotina 380R centrifugi, kivete od 50 ml napune se s tekućim dijelom i centrifugiraju se 5 minuta na 5000 okretaja i temperaturi od 18 °C. Time se odvaja ulja i vegetabilna voda. Vegetabilna voda ostane u donjem sloju dok se ulje iz gornjeg sloja prelije u tamne staklene boce u kojima se ulje skladišti. U Tablici 2. nalaze se mase tretiranog tijesta koje je proslijeđeno na miješenje i volumen proizvedenoga ulja.

**Tablica 2.** Podaci iz proizvodnje potrebni za izračun iskorištenja postupka

OZNAKA UZORKA	Masa tijesta na miješenje (g)	Volumen ulja (mL)
PEP 1	1004,02	215
PEP 1.1	1001,45	
PEP 2	1002,4	210
PEP 2.1	1028,4	
PEP 3	1000,23	180
PEP 3.1	1001,55	
UTT 1	990,35	180
UTT 1.1	985,94	



**Tablica 2.** Podaci iz proizvodnje potrebni za izračun iskorištenja postupka - nastavak

UTT 2	996,7	
UTT 2.1	985,07	190
UTT 3	991,74	
UTT 3.1	994,07	200
UZV 1	999,51	
UZV 1.1	997,34	210
UZV 2	1004,01	
UZV 2.1	995,54	210
UZV 3	993,29	
UZV 3.1.	1002,08	220
UTT+PEP 1	999,15	
UTT+PEP 1.1	1001,97	220
UTT+PEP 2	1003	
UTT+PEP 2.1	1001,68	200
UTT+PEP 3	1002,06	
UTT+PEP 3.1	1005,2	220
PEP+UZV 1	998,16	
PEP+UZV 1.1	999,12	210
PEP+UZV 2	998,94	
PEP+UZV 2.1	984,71	215
PEP+UZV 3	994,72	
PEP+UZV 3.1	1007,6	220
UTT+UZV 1	970,43	
UTT+UZV 1.1	975,54	180
UTT+UZV 2	984,23	
UTT+UZV 2.1	992,74	200
UTT+UZV 3	983,88	
UTT+UZV 3.1	972,67	205
UTT+PEP+UZV 1	998,88	
UTT+PEP+UZV 1.1	993,97	185
UTT+PEP+UZV 2	998,41	
UTT+PEP+UZV 2.1	1047,96	210
UTT+PEP+UZV 3	996,34	
UTT+PEP+UZV 3.1	998,75	240
kontrola nova 1	998,3	
kontrola nova 1.1	991,99	180
kontrola nova 2	1003,02	
kontrola nova 2.1	1000,51	200
kontrola 3	997,73	
kontrola 3.1	998,28	190

Iskorištenje laboratorijskog postupka proizvodnje (Y) izračunato je iz eksperimentalnih podataka, konkretno, mase tijesta nakon tretmana inovativnom tehnologijom ili kombinacijama, volumena proizvedenoga ulja iz masline levantinke, prema Peres i sur. (2014):

$$Y(\%) = \frac{V(\text{ulje}) \cdot \rho}{m(\text{tijesto})} \cdot 100$$

Y – iskorištenje laboratorijskog postupka proizvodnje (%)

V (ulje) - volumen proizvedenog djevičanskog maslinovog ulja (mL)

$\rho$  - gustoća djevičanskog maslinovog ulja (0,915 g/cm<sup>3</sup>)

m (tijesto) - masa tijesta maslina korištena za proizvodnju (g)

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

$$EI = \frac{Y}{OC}$$

Y - iskorištenje proizvodnje (%)

OC - udjel ulja u svježem plodu masline (%), koji se računa na sljedeći način:

$$OC = \text{suha tvar}(\text{tijesto}) (\%) \cdot \text{udjel ulja u suhom tijestu} (\%)$$

Suha tvar tijesta izračunata je na sljedeći način:

$$\text{suha tvar} = \frac{m(\text{suho tijesto})}{m(\text{svježe tijesto})}$$

Udjel ulja u svježem plodu levantinke iznosio je 15,9.

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

Jedan od većih problema proizvodnje DMU je relativno nisko iskorištenje samog procesa jer određeni dio ulja zaostaje u komini i vegetabilnoj vodi. Potencijalno rješenje problema se u novije vrijeme traži u inovativnim tehnologijama poput pulsirajućeg električnog polja, ubranog toplinskog tretmana i ultrazvuka. Cilj ovog rada je odrediti utjecaj primjene pulsirajućeg električnog polja, ubranog toplinskog tretmana, ultrazvuka i njihovih kombinacija kao predtretmana konvencionalnom miješenju na iskorištenje proizvodnje djevičanskog maslinovog ulja iz sorte levantinka.

Parametri korišteni za kombinaciju tretmana su sljedeći: za PEF: 90 s, 2 kV/cm, za UTT: hlađenje na 19.5 °C i za UZV: 5 min, 576 W, kao što je prikazano u tablici 1. Ukupno je proizvedeno 48 uzoraka i to: 24 uzoraka za proizvodnju DMU uz kombinaciju tretmana (za svaki tretman 6 proizvodnji), 18 uzoraka za pojedinačne tehnologije (za svaku tehnologiju 6 proizvodnji) i 6 kontrolnih uzoraka (za svaku kontrolu 2 proizvodnje). Podaci iz proizvodnje prikazani su u Tablici 2.

Iz dobivenog volumena ulja dalje smo izračunali iskorištenje i ekstraktibilnost prema Peres i sur. (2014). Dobiveni rezultati su prikazani u tablici 3. kao srednja vrijednost uz propadajuću standardnu devijaciju (6 proizvodnji za DMU uz pojedinačne ili kombinaciju tehnologija) i 6 proizvodnji za kontrolni uzorak.

**Tablica 3.** Iskorištenje (Y) i indeks ekstraktibilnosti (EI) laboratorijske proizvodnje ulja

Predtretman	Y(%)	EI
PEP	9,17 ± 0,83	0,58 ± 0,05
UTT	8,77 ± 0,44	0,55 ± 0,03
UZV	9,77 ± 0,27	0,61 ± 0,02
PEP+UTT	9,74 ± 0,53	0,61 ± 0,03
PEP+UZV	9,86 ± 0,22	0,62 ± 0,01
UTT+UZV	9,10 ± 0,58	0,57 ± 0,04
PEP+UTT+UZV	9,63 ± 1,27	0,61 ± 0,08
Kontrola	8,71 ± 0,43	0,55 ± 0,03

Predtretmani PEP i UZV su povećali iskorištenje proizvodnje i ekstraktibilnost u odnosu na kontrolni uzorak, a ekstraktibilnost se nije promjenila kod primjene UTT-a.

Najveće povećanje iskorištenja i ekstraktibilnosti u odnosu na kontrolni uzorak pokazuje tehnologija UZV-a kod koje je povećanje iskorištenja 12,17 %, odnosno povećanje ekstraktibilnosti 10,91 %.

U novije vrijeme napisano je mnogo radova u kojima se koristi PEP kao predtretman miješenju. Dias i sur. (2024) koristili su PEP tretman na portugalskoj sorti Galega Vulgar.

Primijenjeno električno polje bilo je jakosti 2 kV/cm u monopolarnom pozitivnom pulsu sa širinom pulsa od 40  $\mu$ s na frekvenciji od 100 Hz. Miješenje je provedeno pri 31-33 °C. Tretman PEP-om rezultirao je nešto većim prinosom ulja (povećanje od 1,7 %).

Yang i sur. (2024) su tretirali maslinovo tijesto sorte Koroneiki PEP-om, koji je uključivao unos energije od 4,6 KJ/kg, jakost električnog polja od 1,6 KV/cm i radnu temperaturu od 25 °C. Rezultati pokazuju da je PEP tretman povećao prinos ulja 5,6 %.

Martínez-Beamonte i sur. (2022) su proveli istraživanje s plodovima maslina sorte Empeltre iz nasada koji se nalaze u Zaragozi (Aragón, Španjolska). PEP tretman uključivao je 12 monopolarnih pravokutnih pulseva od 20  $\mu$ s pri jakosti električnog polja od 2 kV/cm. Početna temperatura maslinove paste bila je oko 20 °C i nikada nije prešla 22 °C ni u jednom od testiranih uvjeta. Primjena PEP-a rezultirala je povećanjem prinosa ulja od 17 % i minimalnim promjenama u kemijskom sastavu fitosterola, fenolnih spojeva i mikroRNA.

Romaniello i sur. (2019) proveli su istraživanje u kojem su koristili PEP kao predtretman miješenju na maslinama sorte Coratina. Parametri PEP stroja bili su: električna snaga: 0,2 kJ/puls x 25 Hz = 5 kJ/sec = 5 kW; trajanje pulsa (50 %): 100  $\mu$ sec; impulsni napon: 16 kV (maks.); pulsna snaga: 2,3 MW; nazivni maseni protok: 2200 kg h<sup>-1</sup>. Utvrdili su da primjena PEP-a prije miješenja povećava iskorištenje proizvodnje ulja 4,6 % i ekstraktibilnost ulja 4,7 %.

Veneziani i sur. (2019) ispitali su utjecaj PEP-a na tri talijanske sorte maslina (Carolea, Coratina i Ottobratica). PEP je postavljen na jakost električnog polja od 1,7 kV/cm i specifičnu energiju od 17 kJ/kg. Rezultati su pokazali pozitivan utjecaj nove tehnologije na prinos ulja, s povećanjem u rasponu od 2,3 do 6 %.

Abenoza i sur. (2013) tretirali su maslinovo tijesto sorte Arbequina PEP-om jakosti električnog polja od 1 kV/cm i 2 kV/cm i frekvencije od 125 Hz. Kada je maslinovo tijesto miješano na 26 °C 30 minuta, prinos ekstrakcije u usporedbi s kontrolom se povećao 3,5 %. Međutim, na 15 °C, PEP tretman od 2 kV/cm poboljšao je prinos ekstrakcije 14,1 %, što je odgovaralo povećanju od 1,7 kg ulja na 100 kg plodova masline.

Povećanje iskorištenja primjenom PEP-a u prikazanim radovima bilo je od 1,7 do 17 %, a u ovom radu iznosilo je 5,3 % (Tablica 3) što je vrlo dobar rezultat. Što se tiče ekstraktibilnosti, koja je izražena samo u radu Romaniella i sur. (2019) gdje povećanje iznosi 4,7 %, rezultat u ovom radu je bolji (povećanje 5,5 %).

Veneziani i sur. su proveli tri istraživanja u kojima su koristili tehnologiju ubrzanog hlađenja pri temperaturama od 15 °C i od 18 °C (Veneziani i sur., 2021., Veneziani i sur., 2018, Veneziani i sur., 2017). U sva tri provedena istraživanja UTT nije bitno utjecao na iskorištenje proizvodnje DMU, što je slučaj i u ovom radu (Tablica 3).

Mahmod i sur. (2023) tretirali su maslinovo tijesto ultrazvukom snage 150 W i frekvencije 40 KHz pri vremenu od 0, 2, 4, 6, 8 i 10 minuta. Nakon 10 minuta ultrazvučnog tretmana, prinos je porastao 16,65 % za sortu Coratina i 18,33 % za sortu Koroneiki što je nešto više nego u ovome radu.

Romaniello i sur. (2019) proveli su istraživanje u kojem su koristili UZV kao predtretman miješenju na maslinama sorte Coratina. Ukupna snaga ultrazvuka primijenjena na sustav bila je 4 kW, a vrijednost tlaka postavljena je na približno 3,1 bar. Utvrdili su da primjena UZV-a prije miješenja povećava iskorištenje proizvodnje ulja 5,3 % i ekstraktibilnost 4,3 %.

U ovome radu povećanje iskorištenja proizvodnje ulja uz UZV je 12,17 % i ekstraktibilnosti 10,91 % (Tablica 3) što je puno više nego kod Romaniella i sur. (2019).

Što se tiče kombinacije predtretmana, sve kombinacije također su rezultirale sa povećanjem iskorištenja i ekstraktibilnosti u odnosu na kontrolni uzorak.

Najbolje rezultate pokazala je kombinacija PEP-a i UZV-a gdje se iskorištenje povećalo 13,2 %, a ekstraktibilnost 12,73 %. U literaturi nema mnogo radova u kojima je istraženo korištenje kombinacije inovativnih tehnologija korištenih u ovome radu (PEP, UTT i UZV) u proizvodnji DMU.

Grillo i sur. (2022) ispitali su kombinaciju PEP-a i UZV-a na maslinama talijanske sorte Coratina. Korišteni parametri PEP-a su: jakost polja od 1,6 kV/cm i frekvencija od 15 Hz, dok je snaga ultrazvučnih valova bila 0,8 kW. Nije provedeno miješenje. Navedenim tretmanom iskorištenje se povećalo 11 %. U ovom radu kombinacija sve tri inovativne tehnologije primijenjene kao predtretman miješenju rezultirale su povećanjem iskorištenja od 10,6%.

Iz navedenih rezultata da se zaključiti da kombinacija PEP-a i UZV-a kao predtretman miješenju daje najveće iskorištenje proizvodnje DMU. Odmah iza toga slijedi sam UZV te kombinacija PEP-a i UTT-a. Razlike u iskorištenju proizvodnje ulja u raznim radovima ovise svakako o parametrima provedenih tehnologija, no kao što je već poznato iz literature iskorištenje najviše ovisi o sorti masline, odnosno njenim biološkim i gospodarskim osobinama.

## 5. ZAKLJUČCI

1. Korištenjem pojedinačne inovativne tehnologije (PEP i UZV) kao predtretmana miješenju dolazi do povećanja iskorištenja proizvodnje DMU iz sorte levantinka. Najveće povećanje iskorištenja toga ulja u odnosu na kontrolni uzorak (12,17 %) pokazala je primjena tehnologije UZV-a.
2. Sve kombinacije inovativnih tehnologija (PEP, UZV i UTT) također povećavaju iskorištenje proizvodnje DMU iz sorte levantinka. Najveće povećanje iskorištenja proizvodnje DMU iz sorte levantinka u odnosu na kontrolni uzorak (13,2 %) pokazala je kombinacija PEP-a i UZV-a.

## 6. POPIS LITERATURE

Abenoza M, Benito M, Saldaña G, Álvarez I, Raso J, Sánchez-Gimeno AC (2013) Effects of pulsed electric field on yield extraction and quality of olive oil. *Food Bioproc Tech* **6**, 1367–1373. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0817-6>

Barba F, Parniakov O, Pereira SA, Wiktor A, Grimi N, Boussetta N i sur. (2015) Current Applications and New Opportunities for the Use of Pulsed Electric Fields in Food Science and Industry. *Food Res Int* **77**, 773-798. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.015>

Butler J (2012) 'Zapping' May Make Olive Oil Extraction Faster, Cheaper - Olive Oil Times. <https://www.oliveoiltimes.com/production/zapping-olive-oil-extraction/25781>. Pristupljeno 14. lipnja 2024.

Dawson D (2022) The Categories of Olive Oil - Olive Oil Times. <https://www.oliveoiltimes.com/basics/understanding-the-different-categories-of-olive-oil/100111>. Pristupljeno 14. lipnja 2024.

DeAndreis P (2023) How Olives Are Processed Into Oil - Olive Oil Times. <https://www.oliveoiltimes.com/basics/how-olives-are-processed-into-oil/117686>. Pristupljeno 14. lipnja 2024.

Dias S, Pino-Hernández E, Gonçalves D, Rego D, Redondo L, Alves M (2024) Challenges and Opportunities for Pilot Scaling-Up Extraction of Olive Oil Assisted by Pulsed Electric Fields: Process, Product, and Economic Evaluation. *Appl Sci* **14**, 3638. <https://doi.org/10.3390/app14093638>

DZS (2020) Poljoprivredna proizvodnja u 2019. DZS-Državni zavod za statistiku, [https://web.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2020/SI-1655.pdf](https://web.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/SI-1655.pdf). Pristupljeno 14. lipnja 2024.

Europska komisija (2020) EU Olive Oil. EC - European Commission, [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/cb848d45-397b-4266-ac32-3e2e4394f9cd\\_en?filename=factsheet-olive-oil\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/cb848d45-397b-4266-ac32-3e2e4394f9cd_en?filename=factsheet-olive-oil_en.pdf). Pristupljeno 12. lipnja 2024.

Elez-Martínez P, Odriozola-Serrano I, Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2017) Effects of Pulsed Electric Fields Processing Strategies on Health-Related Compounds of

Plant-Based Foods - Food Engineering Reviews. *Food Eng Rev* **9**, 213–225.  
<https://doi.org/10.1007/s12393-017-9162-x>

Esposito S, Veneziani G, Taticchi A, Selvaggini R, Urbani S, Di Maio I, i sur. (2013) Flash Thermal Conditioning of Olive Pastes during the Olive Oil Mechanical Extraction Process: Impact on the Structural Modifications of Pastes and Oil Quality. *J Agric Food Chem* **61**, 4953–4960. <https://doi.org/10.1021/jf400037v>

Fiori F, di Lecce G, Boselli E, Pieralisi G, Frega NG (2014) Effects of olive paste fast preheating on the quality of extra virgin olive oil during storage. *LWT-Food Sci Technol* **58**, 511–518.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.021>

Grillo G, Boffa L, Calcio Gaudino E, Binello A, Rego D, Pereira M i sur. (2022) Combined Ultrasound and Pulsed Electric Fields in Continuous-Flow Industrial Olive-Oil Production. *Foods* **11**, 3419. <https://doi.org/10.3390/foods11213419>

Gugić A, Ordulj I (2006) Prerada plodova maslina i kvaliteta djevičanskog maslinovog ulja. *Glasnik Zaštite Bilja* **29**, 15-25. <https://hrcak.srce.hr/164199>

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>

Herceg Z (2018) Opremanje poluindustrijskog praktikuma za razvoj novih prehrambenih tehnologija. <https://foodprocessinghub.pbf.hr/pulsirajuće-elektricno-polje/>. Pristupljeno 2. lipnja 2024.

IOC (2024) Designations and Definitions of Olive Oils. IOC-International Olive Council, <https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/>. Pristupljeno 10. lipnja 2024.

Juliano P, Gaber MAFM, Romaniello R (2023) Advances in Physical Technologies to Improve Virgin Olive Oil Extraction Efficiency in High-Throughput Production Plants. *Food Eng Rev* **15**, 625-642 <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09347-1>

Kantoci D (2006) Maslina. *Glasnik zaštite bilja* **29**, 4-14. <https://hrcak.srce.hr/file/241986>

Keceli TM (2022) The impact of innovative processing technologies and chemometric methods



on virgin olive oil quality (a review). *Riv Ital Sostanze Gr* **100**, 217-226. [https://en.innovhub-ssi.it/kdocs/2120189/2023\\_4\\_risq\\_keceli.pdf](https://en.innovhub-ssi.it/kdocs/2120189/2023_4_risq_keceli.pdf)

Knoerzer K, Buckow R, Trujillo FJ, Juliano P (2015) Multiphysics Simulation of Innovative Food Processing Technologies. *Food Eng Rev* **7**, 64–81. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9098-3>

Kraljić K, Jukić ŠM, Žanetić M, Filipan K, Trputec M, Obranović M i sur. (2023) The influence of different thermal treatments on the antioxidant capacity and oxidative stability of virgin olive oil. *Olive, an Ancient crop for a Sustainable Future, Book of Abstracts of IX International Olive Symposium*. Davis, USA: University of Davis, str. 45-45

Leone A, Tamborrino A, Esposito S, Berardi A, Servili M (2022) Investigation on the Effects of a Pulsed Electric Field (PEF) Continuous System Implemented in an Industrial Olive Oil Plant. *Foods* **11**, 2758. <https://doi.org/10.3390/foods11182758>

Leone A, Esposito S, Tamborrino A, Romaniello R, Taticchi A, Urbani S i sur. (2015) Using a tubular heat exchanger to improve the conditioning process of the olive paste: Evaluation of yield and olive oil quality. *Eur J Lipid Sci Technol* **118**, 308–317. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400616>

Mahmod A, Zetoun A, Hamad G, Elsorady M, Zeitoun M (2023) Impact of Using Ultrasound on Chemical Properties and Bioactive Compounds of Olive Oil Extracted from Olive Paste. *J Food Dairy Sci* **14**, 109-114. <https://doi.org/10.21608/jfds.2023.202208.1105>

Martínez-Beamonte R, Ripalda M, Herrero-Continente T, Barranquero C, Dávalos A, López de las Hazas MC i sur. (2022) Pulsed electric field increases the extraction yield of extra virgin olive oil without loss of its biological properties. *Front Nutr* **9**, 1065543. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1065543>

Maslinar (2020) Koje su različitosti levantinke, oblice i buharice. *Maslinar, časopis za maslinare i uljare* **63**, 63-65, <https://www.maslinar.com/broj-63/>

Maslinar (2014) Sorta koja daje odlično ulje. *Maslinar, časopis za maslinare i uljare* **28**, <https://www.maslinar.com/levantinka-daje-odlicno-ulje/>

Medved I (2019) Levantinka, sorta koja redovito i obilno rađa- Agroportal. <https://www.agroportal.hr/maslinarstvo/25801>. Pristupljeno 3. lipnja 2024.

Međunarodni sporazum o maslinovu ulju i stolnim maslinama (2015) Ured za publikacije  
Europske unije, <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HR/ALL/?uri=LEGISSUM%3A4401803>

Nardella M, Moschetti R, Chakravartula SSN, Bedini G, Massantini R (2021) A review on highpower ultrasound-assisted extraction of olive oils: Effect on oil yield, quality, chemical composition and consumer perception. *Foods* **10**, 2743. <https://doi.org/10.3390/foods10112743>

Navarro A, Ruiz-Méndez MV, Sanz C, Martínez M, Rego D, Pérez AG (2022) Application of Pulsed Electric Fields to Pilot and Industrial Scale Virgin Olive Oil Extraction: Impact on Organoleptic and Functional Quality. *Foods* **11**, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11142022>

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>

Romaniello R, Tamborrino A, Leone A (2019) Use of Ultrasound and Pef Technologies Applied to the Olive Oil Extraction Process. *Chem Eng Trans* **75**, 13-18. <https://doi.org/10.3303/CET1975003>

Soares TF, Alves RC, Oliveira MBPP (2024) From Olive Oil Production to By-Products: Emergent Technologies to Extract Bioactive Compounds. *Food Rev Int* **40**, 1–28. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2354331>

Škevin D (2016) Proces prerade maslina i kontrola kvalitete proizvoda (interna skripta), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 7-8.

Taticchi A, Selvaggini R, Esposito S, Sordini B, Veneziani G, Servili M (2019) Physicochemical characterization of virgin olive oil obtained using an ultrasound-assisted extraction at an industrial scale: Influence of olive maturity index and malaxation time, *Food Chem* **289**, 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.041>

Taticchi A, Veneziani G, Esposto S, Urbani S, Di Maio I, Selvaggini R i sur. (2014) Introduction of the Flash Thermal Conditioning of the Olive Paste in the Oil Mechanical Extraction Process: Impact on the Virgin Oil Quality. *Acta Horti* **1057**, 725-730. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1057.92>

Uredba (EU) br. 1308/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 17. prosinca 2013. o uspostavljanju zajedničke organizacije tržišta poljoprivrednih proizvoda i stavljanju izvan 33 snage uredbi Vijeća (EEZ) br. 922/72, (EEZ) br. 234/79, (EZ) br. 1037/2001 i (EZ) br. 1234/2007

Veneziani G, Nucciarelli D, Taticchi A, Esposto S, Selvaggini R, Tomasone R i sur. (2021) Application of Low Temperature during the Malaxation Phase of Virgin Olive Oil Mechanical Extraction Processes of Three Different Italian Cultivars. *Foods* **10**, 1578. <https://doi.org/10.3390/foods10071578>

Veneziani G, Esposto S, Taticchi A, Selvaggini R, Sordini B, Loreface A i sur. (2019) Extra-Virgin Olive Oil Extracted Using Pulsed Electric Field Technology: Cultivar Impact on Oil Yield and Quality. *Front Nutr* **6**, 134. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00134>

Veneziani G, Esposto S, Taticchi A, Urbani S, Selvaggini R, Sordini B i sur. (2018) Characterization of phenolic and volatile composition of extra virgin olive oil extracted from six Italian cultivars using a cooling treatment of olive paste. *LWT - Food Sci Technol* **87**, 523-528. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.034>

Veneziani G, Esposto S, Taticchi A, Urbani S, Selvaggini R, Di Maio I i sur. (2017) Cooling treatment of olive paste during the oil processing: Impact on the yield and extra virgin olive oil quality. *Food Chem* **221**, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.067>

Veneziani G, Esposto S, Taticchi A, Selvaggini R, Urbani S, Di Maio I, i sur. (2015) Flash Thermal Conditioning of Olive Pastes during the Oil Mechanical Extraction Process: Cultivar Impact on the Phenolic and Volatile Composition of Virgin Olive Oil. *J Agric Food Chem* **63**, 6066-6074. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01666>

Yang S, Li S, Li G, Li C, Li W, Bi Y i sur. (2024) Pulsed electric field treatment improves the oil yield, quality, and antioxidant activity of virgin olive oil. *Food chem* **22**, 101372. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101372>

## Izjava o izvornosti

Ja                     Josip Mužević                     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