

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

Tin Vrlika
0058217248

**KOMBINACIJA PEP, UTT I UZV KAO ZAMJENA ZA MIJEŠENJE U PROIZVODNJI
DJEVIČANSKOG MASLINOVOG ULJA IZ SORTE LEVANTINKA**

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
Prije diplomski 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

Kombinacija PEP, UTT i UZV kao zamjena za miješenje u proizvodnji djevičanskog maslinovog ulja iz sorte levantinka

Tin Vrlika, 0058217248

Sažetak:

Miješenje predstavlja ključan korak u proizvodnji djevičanskog maslinovog ulja (DMU), a moguće ga je poboljšati uvođenjem inovativnih tehnologija poput pulsirajućeg električnog polja (PEP), ubranog toplinskog tretmana (UTT) i ultrazvuka (UZV), koje imaju pozitivan učinak na iskorištenje proizvodnje i kvalitetu ulja. Cilj ovog rada bio je istražiti mogu li kombinacije PEP, UTT i UZV kao zamjena za miješenje povećati iskorištenje proizvodnje DMU iz sorte Levantinka. Plodovi su samljeveni na mlinu čekićaru a nakon tretiranja tijesta navedenim tehnologijama, ulje je izdvojeno centrifugalnom ekstrakcijom. Kombinacija UZV i PEP dovela je do najvećeg povećanja iskorištenja proizvodnje, primijenjena kao predtretman miješenju. Ista kombinacija tehnologija imala je najveće iskorištenje kada nije provedeno miješenje, no iskorištenja su i dalje bila nedostatna, zbog čega niti jedna od kombinacija tehnologija ne može zamijeniti miješenje. Kombinacija inovativnih tehnologija i prisutnost, odnosno, odsutnost procesa miješenja imaju visoko signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje DMU iz levantinke.

Ključne riječi: djevičansko maslinovo ulje, inovativne tehnologije, miješenje, iskorištenje proizvodnje, Levantinka

Rad sadrži: 25 stranica, 5 slika, 4 tablice, 29 literaturnih navoda

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: 16. 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 Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Combination of PEF, FTT and US as a substitute for malaxation in the virgin olive oil production from the Levantinka variety

Tin Vrlika, 0058217248

Abstract:

Malaxation is a crucial step in the production of virgin olive oil (VOO), which can be improved by introducing innovative technologies such as pulsed electric field (PEF), flash thermal treatment (FTT) and ultrasound (US), which have a positive effect on production yield and oil quality. The aim of this work was to investigate whether the combination of PEF, FTT and US as a substitute for malaxation would improve the production yield of VOO of the Levantinka cultivar. The olive fruits were crushed in a hammer mill and after treating the paste with the mentioned technologies, the oil was separated by centrifugal extraction. A combination of US and PEP led to the greatest yield increases, both with and without malaxation. However, no single technology combination could replace malaxation as the yields were insufficient. The combination of innovative technologies and the presence or absence of the mixing process has a highly significant impact on the production yield of Levantinka VOO.

Keywords: virgin olive oil, innovative technologies, malaxation, production yield, Levantinka

Thesis contains: 25 pages, 5 figures, 4 tables, 29 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, Full Professor

Thesis defended: July 16, 2024

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. KARAKTERISTIKE MASLINE, MASLINARSTVO U SVIJETU I HRVATSKOJ, LEVANTINKA	2
2.1.1. KARAKTERISTIKE MASLINE.....	2
2.1.2. MASLINARSTVO U SVIJETU.....	2
2.1.3. MASLINARSTVO U HRVATSKOJ	3
2.1.4. LEVANTINKA.....	4
2.2. SVOJSTVA MASLINE I MASLINOVOG ULJA.....	5
2.3. PROBLEMI U SUVREMENOJ PROIZVODNJI MASLINOVOG ULJA.....	7
2.4. ULTRAZVUK.....	8
2.5. UBRZANI TOPLINSKI TRETMAN.....	9
2.6. PULSIRAJUĆE ELEKTRIČNO POLJE.....	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO	11
3.1. MATERIJALI.....	11
3.2. METODE.....	11
3.2.1. PROBIRANJE I ČIŠĆENJE MASLINA	11
3.2.2. MLJEVENJE I DROBLJENJE	11
3.2.3. UBRZANI TOPLINSKI TRETMAN	12
3.2.4. TRETMAN ULTRAZVUKOM	12
3.2.5. TRETMAN PULSIRAJUĆIM ELEKTRIČNIM POLJEM	12
3.2.6. MIJEŠENJE	12
3.2.7. CENTRIFUGIRANJE	13

3.2.8. ODREĐIVANJE ISKORIŠTENJA LABORATORIJSKOG POSTUPKA PROIZVODNJE	14
3.2.9. ODREĐIVANJE INDEKSA EKSTRAKTABILNOSTI	14
3.2.10. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA.....	14
4. REZULTATI I RASPRAVA	15
5. ZAKLJUČCI	21
6. POPIS LITERATURE	22

1. UVOD

Drvo masline (*Olea europaea* L.) jedno je od najstarijih kultiviranih drveća na svijetu. Pripada porodici *Oleaceae* i smatra se najosebujnijim drvećem Mediteranske flore.

Nutritivna i senzorska svojstva maslinovog ulja su glavni razlog popularizacije maslinovog ulja među potrošačima, kao i rast svijesti o dobrobitima mediteranske prehrane, koje je maslinovo ulje sastavni dio. Ono se zbog toga smatra jednim od najcjenjenijih ulja na tržištu. Sve veći broj znanstvenih radova dokazuje dobrobiti maslinovog ulja na različite aspekte zdravlja, poput poboljšanog antioksidativnog statusa, povoljnijeg sastava masti u krvi, prevencija ateroskleroze i određenih vrsta raka. Spojevi koji su odgovorni za takav pozitivan učinak na zdravlje su fenoli, tokoferoli, steroli, ali i ostali spojevi prirodno prisutni u velikim količinama u djevičanskim maslinovim uljima. Maslinovo ulje je jedno od rijetkih ulja koje se proizvodi jednostavnim cijedenjem voćnog ploda. Glavni koraci u proizvodnji ulja iz ploda masline uključuju dopremanje plodova do proizvodnog pogona, čišćenje, mljevenje i drobljenje, miješenje, izdvajanje ulja iz maslinovog tijesta i završno centrifugiranje ulja na centrifugalnom separatoru (Kiritsakis i Shahidi, 2017). Jedan od glavnih nedostataka industrijske proizvodnje DMU je slaba učinkovitost danas dostupnih metoda ekstrakcije. Prema istraživanjima, samo oko 80% ulja iz ploda se može lako osloboditi. Ostatak ostaje zarobljen unutar stanice ili emulgira s vodom (Aguilera i sur., 2010, Clodoveo i sur., 2013). Također, značajan udio bioaktivnih komponenti, poput polifenola, fitosterola i tokoferola zaostaje u maslinovom tijestu (Aliakbarian i sur., 2011). Proces miješenja je prepoznat kao ključna faza u proizvodnji maslinovog ulja kojom utječemo na bolji prinos, ali i kvalitetu ulja. Glavni parametri na koje se može utjecati u procesu miješenja su temperatura i vrijeme njegovog provođenja. Pokazalo se da povećanje temperature u procesu miješenja povećava prinos ulja, ali i narušava kvalitetu ulja zbog smanjenja udjela komponenti negliceridne frakcije (Angerosa i sur., 2001). Ova spoznaja je potaknula istraživanja u svrhu pronalaženja odgovarajuće metode kojom bi se uspio povećati prinos ulja bez gubitka na kvaliteti. Brojni radovi usmjereni su na nove inovativne tehnologije, poput ubrzanog toplinskog tretmana (UTT), ultrazvuka (UZV) i pulsirajućeg električnog polja (PEP), koje su se pokazale uspješnima u povećanju prinosa i energetske uštedi prilikom proizvodnje, ali i očuvanju kvalitete ulja. Andreou i sur. (2017) su u svom radu dokazali da primjena novih tehnologija može imati različite posljedice na ulje ovisno o sorti, zbog čega je bitno ispitati svaku tehnologiju na određenoj sorti zasebno. Cilj ovog rada bio je istražiti mogu li kombinacije PEP, UTT i UZV kao zamjena za miješenje povećati iskorištenje proizvodnje DMU iz levantinke.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KARAKTERISTIKE MASLINE, MASLINARSTVO U SVIJETU I HRVATSKOJ, LEVANTINKA

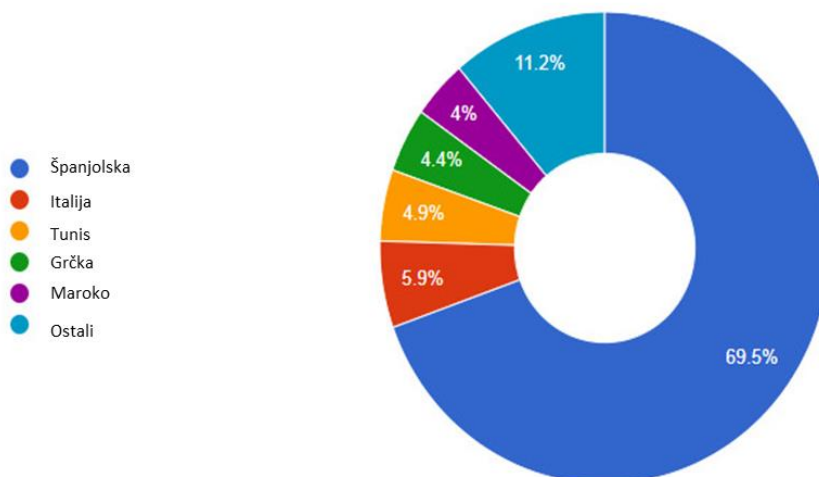
2.1.1. Karakteristike masline

Maslina je dugovječno drvo koje može doseći starost od 1000 godina i prosječnu visinu od 15-20 metara, no rezidbom se u poljoprivrednom uzgoju visina ograničava na 4-5 metara. Drvo je zimzelene boje, srebrno-zelenog lišća, tankih grančica i malenih, bijelih cvjetova koji stvaraju veliku količinu peludi. Klasificira se kao višegodišnje drvo koje se uglavnom uzgaja u suptropskim regijama pod različitim zemljišnim i klimatskim uvjetima. Za uspješan uzgoj potrebne su blage zime, a ljeta moraju biti topla i suha, dok se prosječna temperatura tijekom godine mora kretati između 15-20 °C (Kiritsakis i Shahidi, 2017).

2.1.2. Maslinarstvo u svijetu

Svjetska proizvodnja se može podijeliti u tri grupe zemalja: Europske zemlje, koje su vodeće u svijetu, od kojih prednjači Španjolska, a slijede je Italija i Grčka. Zatim ostale zemlje članice Međunarodnog vijeća za masline (IOC) poput Izraela, Tunisa, Egipta, Turske i Argentine. Posljednjoj grupi zemalja pripadaju zemlje poput Sirije, SAD-a i Australije, koje čine manji dio svjetske proizvodnje. Iako raspon proizvodnje iz godine u godinu varira, Španjolska prednjači u europskoj, ali i svjetskoj proizvodnji maslinovog ulja (IOC, 2023). Shematski prikaz najvećih svjetskih proizvođača maslinovog ulja prikazan je na Slici 1.

Raspon proizvodnje iz godine u godinu varira ovisno o prirodnom ciklusu rodnosti stabla masline, ali i o vremenskim uvjetima koji će utjecati na zametanje plodova i opterećenje usjeva. U novije doba uzgoj maslina se uspješno proširio u mnogo zemalja zahvaljujući uspješnoj mehanizaciji u uzgoju, što je omogućilo razvoj novih zemljišta za uzgoj i priliku za širenje uzgoja u zemlje koje posjeduju veliku količinu zemlje, ali imaju nedostatak radne snage ili visoku cijenu rada (Kiritsakis i Shahidi, 2017).



Slika 1. Svjetska proizvodnja maslinovog ulja (Indexbox.io, 2024)

2.1.3. Maslinarstvo u hrvatskoj

Maslinarstvo u hrvatskom priobalju i na otocima ima veliko socijalno, gospodarsko i okolišno značenje, ponajviše u kontekstu usporavanja depopulacije i gospodarske održivosti na ovim područjima. U posljednje vrijeme prisutan je povećani interes za ulaganje u proizvodnju i preradu maslina, modernizaciju i povećanje preradbenih kapaciteta te poboljšanje kvalitete djevičanskih maslinovih ulja. Maslina je jedina mediteranska voćna kultura koja u novijem razdoblju bilježi povećanje proizvodnih površina i porast proizvodnje sadnog materijala. Na ovaj pozitivni trend u našem maslinarstvu utjecalo je više čimbenika, od kojih posebno treba istaknuti visoku cijenu maslinovog ulja i popularizaciju spoznaja o njegovoj prehranbenoj vrijednosti, zbog čega maslinovo ulje zauzima središnje mjesto u mediteranskoj prehrani koja se u posljednje vrijeme na globalnoj razini promovira kao nezaobilazna sastavnica pravilne prehrane. Osim toga, maslinovo ulje je prema dosadašnjim spoznajama jedan od svega nekoliko hrvatskih poljoprivrednih proizvoda s izvoznim potencijalom. Unatoč ovom pozitivnom trendu u proizvodnji i preradi maslina, hrvatsko maslinarstvo karakterizira dominantno tradicionalni načina uzgoja s neredovitom rodnosti, neorganiziranosti tržišta proizvoda od maslina i uvozna ovisnost (Gugić, 2010).

U mediteranskoj agroekološkoj regiji maslina je najrasprostranjenija voćna kultura, a područje rasprostranjenosti obuhvaća Istru, priobalni pojas Kvarnera i otoke te priobalni pojas Dalmacije s otocima. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku u 2017.g. u Republici Hrvatskoj proizvedeno je 28.947 tona maslina, odnosno oko 37.463 hL maslinovog ulja. Prema istim podacima, površina pod maslinicima u 2017. godini iznosila je 18.683 ha. Najveće površine

pod maslinama nalaze se u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Godišnja proizvodnja sadnog materijala iznosi oko 550.000 sadnica godišnje. Većina stabala maslina (oko 96 %) je u vlasništvu obiteljskih gospodarstava, a jedan maslinar u prosjeku održava preko 100 stabala maslina. Kako se u Hrvatskoj ne proizvodi dovoljna količina maslinovog ulja za domaću potrošnju, dio potrošnje pokriva se uvozom. Potrošnja maslinovog ulja u Hrvatskoj po glavi stanovnika iznosi oko 2 L godišnje, što je relativno nisko u usporedbi s drugim zemljama proizvođačima. U Republici Hrvatskoj trenutno postoji oko 160 uljara, koje su prostorno dobro raspoređene, prosječnog kapaciteta prerade oko 1.300 kg/h (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2024).

U Hrvatskoj danas postoji oko 30 različitih autohtonih kultivara, a oko 50% proizvodnje čine domaće sorte. Oblica, Lastovka i Levantinka su glavne autohtone sorte u Dalmaciji, od kojih je najzastupljenija Oblica, koja čini čak 60 % svih uzgajanih sorti maslina u Hrvatskoj. U određenim uvjetima ona ne daje zadovoljavajući prinos te se javlja potreba za uvođenje ostalih sorata masline (Gugić, 2010).

2.1.4. Levantinka

Levantinka je sorta masline koja se uzgaja u srednjoj Dalmaciji, a porijeklom je s otoka Šolte. Rasprostranjena je od Dubrovnika do Paga, a pokoji primjerak se može naći i sjevernije. Mnogi je smatraju našom najboljom autohtonom sortom. Takav epitet dobiva zbog iznimno dobre samooplodnosti, oprašivanja drugih sorti, ali i vrlo dobar prinos ulja vrhunske kvalitete koje je finog gorkastog okusa, umjerene pikantnosti i mirisa svježe trave (Botanickivrh.hr, 2023).

Također je poznata i kao dugovječna sorta obilnog i redovitog ploda. Osjetljiva je na sušu, pa ju je preporučljivo saditi u dublja tla s mogućnošću navodnjavanja, ali ne i u ponikvama. Plod je srednje krupan, rodi u grozdovima s tri do pet plodova, koji su eliptični, duguljastog oblika i blago uvijeni prema vrhu s malim oštrim vrhom. Tvrda kožica u fazi pune zrelosti je crne boje, a randman ulja u plodu u optimalnoj fazi zrenja je oko 13,5 % (Maslinar, 2023).



Slika 2. Levantinka (Slobodna Dalmacija, 2022)

2.2. SVOJSTVA MASLINE I MASLINOVOG ULJA

Prema Uredbi (EU) br. 1308/2013, djevičansko maslinovo ulje je ulje dobiveno 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.

Maslinovo ulje, zbog svoje iznimne vrijednosti i visoke cijene, često je podložno krivotvorenju i patvorenju. Iz tog razloga postoje parametri autentičnosti poput određivanja prisutnosti stigmastadiena, sastavu sterola i njihovoj koncentraciji te prisutnosti trans izomera nezasićenih masnih kiselina. Djevičansko i ekstra djevičansko maslinovo ulje moraju zadovoljiti dogovorene osnovne parametre kvalitete kako bi se mogli kategorizirati kao takvo. U te parametre ubrajamo kemijsku, ali i senzorsku analizu. Pa tako za ekstra djevičanskog ulja prilikom senzorske analize medijan mana mora biti jednak 0, a medijan voćnosti (pozitivne senzorske osobine) mora biti veći od 1. Što se tiče kemijske analize, određuje se udio SMK (slobodnih masnih kiselina), PB (peroksidni broj), K-brojevi i etil-esteri masnih kiselina.

Maslinovo ulje se smatra izvrsnim izvorom masti jer se kroz brojna istraživanja dokazalo kako je odgovorno za prevenciju raznih zdravstvenih stanja, a za to je odgovoran njegov karakterističan sastav. Ono se dijeli na osapunjivu frakciju (98,5-99,5% ulja), u koju ubrajamo slobodne masne kiseline, fosfolipide i trigliceride, a neosapunjivu frakciju (0,5-1,5% ulja) čini preko 200 različitih komponenti poput hidrokarbonata, tokoferola, pigmenta i fitosterola. Po svojim nutritivnim vrijednostima se od njih najviše izdvajaju fenoli oleuropein i hidroksitirozol.

Masne kiseline prisutne u maslinovom ulju pretežito su jednostruko nezasićene masne kiseline, od kojih je najzastupljenija oleinska (55-83%). Od ostalih masnih kiselina prisutne su linolna (2,5-21%) i α -linolenske (oko 1%), i zasićene masne kiseline poput palmitinske i stearinske (8-14%) (Marcelino i sur., 2019).

Zdravstvene dobrobiti maslinovog ulja se prema novijim istraživanjima pripisuju upravo ekstra djevičanskom maslinovom ulju, koje, za razliku od rafinirane varijante, ima znatno veći udio fenolnih komponenti u svom sastavu. Najveći udio fenola sadržavat će ulje koje je proizvedeno u što kraćem roku nakon berbe, a isto tako se preporučuje konzumacija ulja što prije nakon proizvodnje (Flynn i sur., 2023).

Koštica masline sadrži znatan udio ulja, no to predstavlja tek 5-7% od ukupne količine ulja u plodu s obzirom na njen mali maseni udio u plodu (Koprivnjak, 2006). Nakupljanje ulja linearno napreduje od faze stvrdnjavanja koštice, a vrlo brzo otprilike 9-17 tjedana tijekom ljetnog vrhunca kada plod počinje mijenjati boju iz zelene u žutu ili ljubičastu. Brzina nakupljanja ulja ovisi o kultivaru, razini vode u stablu i o klimi. Teško je predvidjeti točan prinos ulja jer ovisi o mnogo varijabli, no genetika ima veći utjecaj nego okolišni čimbenici. Industrijski prinos ulja iz modernog pogona za preradu pretežito ovisi o kultivaru, zrelosti ploda, udjelu vlage u plodu i načinu prerade (Harwood i Aparicio, 2000).

Sadržaj sterola u ulju je također blisko povezan s porijeklom kultivara i može se koristiti za njegovo određivanje. Osim po sterolima, maslinova ulja se mogu razlikovati i prema sadržaju triglicerida (Harwood i Aparicio, 2000). Trigliceridi se u stanicama ploda masline nalaze unutar vakuola obavijenih membranama koje ih štite od djelovanja staničnih enzima. Endogeni enzimi masline imaju važnu ulogu u omekšavanju pulpe ploda tijekom dozrijevanja. Njihova aktivnost pridonosi uspješnijem izdvajanju ulja tijekom prerade maslina jer razgrađuju tvari koloidnog karaktera. Prilikom razaranja stanične strukture, koje može biti uzrokovano prezrelošću, ulaskom larve maslinove mušice, udarcem, nagnječenjem ili mljevenjem ploda, endogeni enzimi dolaze u kontakt s trigliceridima. Utjecajem endogenih lipaza dolazi do hidrolize, tj. cijepanja esterske veze između glicerola i masnih kiselina (Koprivnjak, 2006).

2.3. PROBLEMI U SUVREMENOJ PROIZVODNJI MASLINOVOG ULJA

Zbog sve većeg broja spoznaja o zdravstvenim dobrobitima koje se ostvaruju redovitom konzumacijom djevičanskog maslinovog ulja, došlo je i do rasta potražnje. Rast potražnje za maslinovim uljem doveo je i do potrebe za suočavanjem s problemima u proizvodnji kako bi se osigurala potrebna količina ulja za tržište.

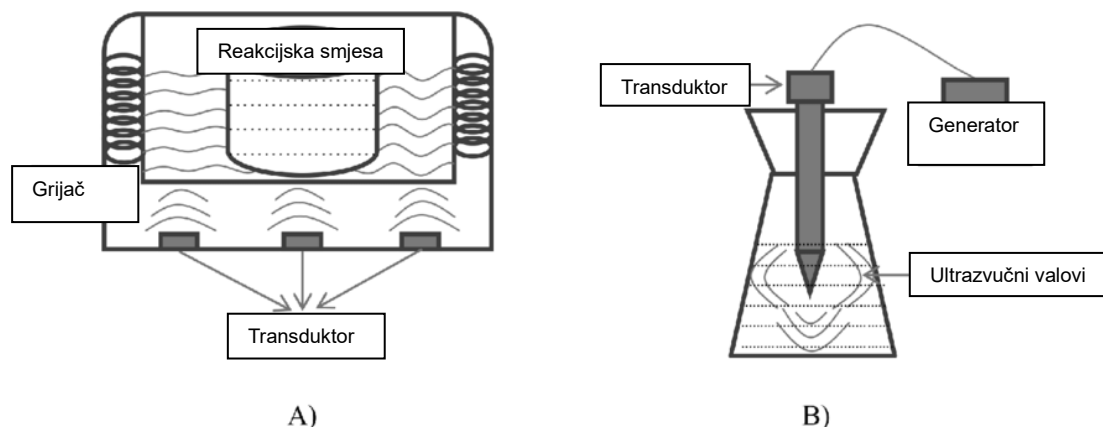
Miješenje je prepoznat kao ključni korak u proizvodnji maslinovog ulja i brojna istraživanja se provode kako bi, utječući na ovaj korak u proizvodnji, pronašli rješenje za slabu ekstrakciju ulja. Ono se provodi u malaksatorima, polucilindričnim spremnicima od inoksa s metalnim mješačima. Stijenke malaksatora su šuplje kako bi kroz njih mogla teći topla ili hladna voda koja može zagrijavati ili hladiti maslinovu pastu. Sam postupak može se opisati kao konstantno miješanje maslinovog tijesta pri određenoj temperaturi. Cilj miješenja je razbijanje emulzija formiranih u fazi mljevenja, kako bi došlo do spajanja manjih kapljica ulja u veće, koje se mogu lako odvojiti centrifugiranjem, ali i zbog stvaranja povoljnih uvjeta za aktivnost endogenih enzima, poput lipoksigenaze i glukoizidaze, koji utječu na bolje izdvajanje ulja i prelazak fenolnih spojeva iz vodene u uljnu fazu. Provođenjem miješenja prinos ulja može biti povećan i do 5%, što je značajan udio za industriju. Sam postupak se može podijeliti u dvije faze. U prvoj fazi dolazi do temperiranja maslinove paste na temperaturu do 25 °C i ta faza čini oko 50% vremena proizvodnje ulja, a na nju utječe i temperatura prostora gdje se proizvodnja provodi. Druga faza se definira kao faza efektivnog miješenja. Malaksator je izmjenjivač topline kojeg karakterizira nizak koeficijent prijenosa topline, što predstavlja glavni razlog zašto se najveći dio vremena miješenja utroši u prvoj fazi. Diskontinuiranost procesa miješenja je također problem u proizvodnji zbog mogućeg gubitka ulja. Kako bi se nadoknadili nedostaci miješenja koji smanjuju njegovu efikasnost u povećanju iskorištenja, ono se može dulje provoditi. Međutim, ovakva praksa je pogodna jedino za ulja slabije kvalitete budući da dolazi do negativnog utjecaja na sensoriku ulja (Angerosa i sur., 2001).

Enzimski preparati koji u sastavu sadrže polisaharolitičke enzime, pektinaze i β -glukoizidazu mogu ubrzati razgradnju stanične stijenke i povećati dostupnost kapljice ulja, što bi dovelo do bolje mogućnosti ekstrakcije, no njihovo korištenje je zakonski zabranjeno budući da je prema važećim propisima zabranjeno dodavanje pomoćnih sredstava s kemijskim ili biokemijskim djelovanjem u DMU (Škevin, 2016). Kako bi se poboljšao prinos proizvodnje DMU, dopušteno je korištenje sredstava koja razbijaju emulzije i smanjuju gubitak ulja, koje bi u suprotnom završilo u nusproizvodima, odnosno vegetabilnoj vodi i komini. To su sredstva s fizikalnim djelovanjem poput mikroniziranog talka ili silvagela.

Drugi način za poboljšanje prinosa je primjena inovativnih tehnologija kako bi poboljšali proizvodnju djevičanskog i ekstra djevičanskog maslinovog ulja. Inovativne tehnologije poput ubranog toplinskog tretmana (UTT), pulsirajućeg električnog polja (PEP) i ultrazvuka (UZV) pokazale su vrlo visok potencijal za primjenu u industriji, a mogu se koristiti kao samostalne tehnike ili kao predtretman miješenju. Clodoveo i sur. (2013) su svojim istraživanjem potvrdili da primjenom UZV na masline uronjene u vodu prije mljevenja dolazi do znatno bolje ekstrakcije ulja i povećanog udjela komponenti negliceridne frakcije u ulju.

2.4. ULTRAZVUK

Ultrazvuk podrazumijeva energiju koju stvaraju zvučni valovi frekvencija iznad 16 kHz. Poput ubranog toplinskog tretmana, ultrazvučna tehnologija također može smanjiti vrijeme potrebno za zagrijavanje maslinove paste. Ultrazvuk je isto tako sposoban razoriti staničnu stijenku biljnog tkiva čime se oslobađaju komponente negliceridne frakcije u ulje, koje imaju antioksidacijsko djelovanje poput klorofila, tokoferola, fenola i karotenoida. Izdvajanje ovih komponenti može znatno utjecati na kvalitetu ulja, poboljšavajući stabilnost, okus i boju. Ovakva tehnologija može biti ključna za pretvorbu miješenja u kontinuirani proces, što bi smanjilo troškove proizvodnje i potrebu za energijom, olakšalo i ubrzalo čišćenje uređaja te smanjilo stupanj onečišćenja koju tvornica proizvede (Clodoveo i sur., 2013).



Slika 3. Građa ultrazvučne kupelji i ultrazvučne sonde (Singla i Sit, 2021)

2.5. UBRZANI TOPLINSKI TRETMAN

Zbog slabe izmjene topline pri tradicionalnom načinu miješenja, koje podrazumijeva istovremeno miješanje maslinovog tijesta i njegovo zagrijavanje, potrebno je dugotrajno zagrijavanje tijesta kako bi se postigla optimalna temperatura miješenja. To utječe na aktivnost endogenih enzima masline poput peroksidaze, pektinaze, celulaze, hemicelulaze i polifenoloksidaze. Primjena ubrzanog toplinskog tretmana (UTT) predstavlja novi pristup klasičnom provođenju miješenja, kojim bi se smanjilo vrijeme potrebno za zagrijavanje tijesta, što može značajno utjecati na radni kapacitet proizvodnog pogona, prinos ulja, ali i njegovu kvalitetu (Esposto i sur., 2013).

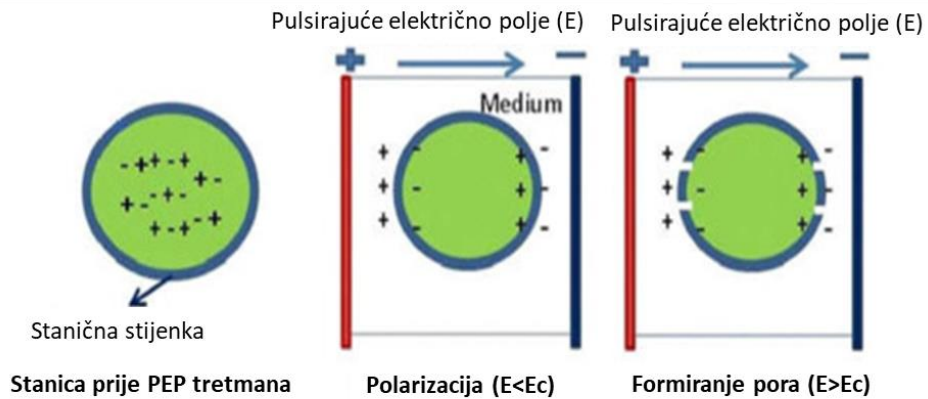
Veneziani i sur. (2015) u svom su radu ispitali primjenu ubrzanog toplinskog tretmana kao predtretmana miješenju na pet talijanskih sorti maslina. Izmjenjivač topline za provođenje ove tehnike postavili su iza mlina čekićara kojim je provedeno mljevenje, a ispred malaksatora. Koristili su UTT kako bi brzo zagrijali tijesto na temperature od 25 °C i 30 °C. Rezultati su pokazali da je došlo do povećanog udjela fenola u ulju, a stupanj povećanja je ovisio o samom kultivaru. S druge strane, ovaj tretman nije imao statistički značajan utjecaj na prinos ulja. Međutim, pokazalo se i kako nije došlo do negativnih promjena u parametrima kvalitete, pa ova tehnologija ima svoje mjesto u proizvodnji DMU budući da može pozitivno utjecati na kvalitetu. Kao optimalne parametre za provođenje miješenja navode temperaturu od 30 °C i vrijeme od 20 min, kada je ekstrahiran najveći udio fenolnih komponenti.

2.6. PULSIRAJUĆE ELEKTRIČNO POLJE

Pulsirajuće električno polje je tretman koji uključuje primjenu kratkotrajnih visokonaponskih impulsa kroz materijal koji se nalazi između dvije elektrode, pri čemu dolazi do stvaranja pora u staničnoj stijenci i, posljedično, bolje permeabilnosti, što pospješuje lakšu difuziju tvari kroz membranu. Tako dolazi do bubrenja stanične stijenke i njezinog razaranja. Smatra se netermalnom tehnologijom iako će se tretirana tvar zagrijati do neke mjere zbog oslobađanja električne energije.

U svom su istraživanju Puértolas i Martínez de Marañón (2015) utvrdili kako je PEP pogodan tretman za primjenu prilikom proizvodnje djevičanskog i ekstra djevičanskog maslinovog ulja jer je povećao prinos ulja za 13,3 %, ali je povećao i udio fenola, sterola i tokoferola primjenom na španjolskoj sorti Arroniz. Abenoza i sur. (2012) proveli su istraživanje utjecaja PEP zajedno s miješenjem na prinos ulja iz sorte Arbequina. Dokazali su da ova tehnologija dozvoljava

mogućnost smanjenja temperature miješenja bez smanjenja prinosa ulja, što utječe na bolju senzorsku kvalitetu ulja, ali i na manji utrošak energije prilikom proizvodnje, zbog čega je i povećana financijska isplativost proizvodnje.



Slika 4. Elektroporacija stanične membrane izloženoj pulsirajućem električnom polju (Swarzc, 2021)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Za provođenje proizvodnje ulja koristili smo masline sorte Levantinka ubrane iz maslinika u Kaštel Starom. Pobrane su ručno zbog čega je izbjegnuto preveliko oštećenje plodova, a od berbe do prerađivanja je prošao maksimalno jedan dan.

3.2. METODE

3.2.1 Probiranje i čišćenje maslina

Kako bi pripravili masline za proizvodnju, prvo ih je bilo potrebno probirati kako bi uklonili nagnečene plodove. Nakon toga smo ih isprali vodom kako bi uklonili nečistoće s plodova.

3.2.2. Mljevenje i drobljenje

Mljevenje smo provodili na poluindustrijskom mlinu čekićaru Oleum 30 Compact (Enotecnica Pillan Oleum 30 Compact, Camisano, Italija) čime smo dobili maslinovo tijesto.



Slika 5. Uljara Oleum 30 Compact (Vrbica, 2023)

3.2.3. Ubrzani toplinski tretman

Nakon što smo dobili maslinovo tijesto, određeni uzorci su podvrgnuti pojedinačnim inovativnim tehnologijama ili nekoj od kombinacija istih sa svrhom povećanja prinosa ulja. Kontrolne uzorke su predstavljali uzorci maslinovog tijesta proizvedeni iz istih maslina, ali bez provođenja predtretmana. Ubrzani toplinski tretman se provodio u uređaju za ubrzano hlađenje Blast chiller TECNODOM ATT05 ATTILA ABB (Tecnodom SpA, Vigodarzere PD, Italija). Na pladnjeve od inoksa nanijelo se 830 g maslinovog tijesta u sloju visine 1 do 1,5 cm. Toplinska energija se iz tijesta odvodila konvekcijom, a temperatura tijesta se provjeravala ubodnim termometrom (Quartz). Hlađenje tijesta do željene temperature se trebalo postići za 1 do 3 minute, a tijesto se nije hladilo dulje od 10 minuta.

3.2.4. Tretman ultrazvukom

Nakon UTT, na određenim uzorcima provodili smo i predtretman ultrazvukom u ultrazvučnoj kupelji Sonorex digiplus (Bandelin electronic, Berlin, Njemačka), također sa svrhom povećanja prinosa ulja. Maslinovo tijesto se ravnomjerno raspodijelilo u dvije staklene čaše tako da masa u svakoj iznosi oko 400 g. Čaše se zatim postavljaju u ultrazvučnu kupelj točno iznad izvora ultrazvučnih valova.

3.2.5. Tretman pulsirajućim električnim poljem

Maslinovo tijesto smo na određenim uzorcima zatim podvrgnuli tretmanu pulsirajućim električnim poljem, koje se provodilo na uređaju HVG60/1 PEP (Impel d.o.o., Zagreb, Hrvatska). Otprilike 1 kg tijesta masline se prenese u reaktor, promjera 23 cm, koji je posebno dizajniran za ovaj eksperiment. Kod punjenja reaktora, potrebno je istisnuti višak preostalog zraka s ciljem sprječavanja potencijalnog nastanka plazma izboja u zračnim džepovima. Napunjeni reaktor se potom zabrtvi i spaja na visokonaponsku elektrodu uzemljenu unutar sigurnosne ćelije.

3.2.6. Miješenje

Na određenim uzorcima koje smo podvrgnuli tretmanima smo provodili i miješenje. Ova faza proizvodnje se provodila u Stuart SBS80 (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL, SAD) vodenoj kupelji napunjennoj s 35 L destilirane vode uz dodatak obične vode kako bi se spriječilo hrđanje kupelji. Kupelj je zagrijana na 30,5 °C te su u nju stavljene posude za miješenje s dvostrukim plaštom čija je stijenka također napunjena vodom. U posudu za miješenje stavljeno je 2 kg tijesta maslina nakon određenog tretmana ili njihove kombinacije, a u slučaju kontrolnog uzorka

odmah nakon mljevenja bez ikakvog predtretmana. Miješalica koja je korištena je Velp Scientifica (Usmate, Italija) postavljena na 2,5 okretaja. Miješenje je trajalo 40 minuta nakon čega je miješalica isključena, posuda za miješenje uklonjena iz kupelji i sadržaj posude prebačen u posudice za centrifugiranje. Za vrijeme miješenja povremeno je kontrolirana temperatura tijesta koja je 20 do 25 minuta nakon postavljanja na kupelj trebala iznositi 27 °C.

3.2.7. Centrifugiranje

Ulje iz maslinovog tijesta izdvojeno je procesom centrifugiranja. Provođeno je u dva koraka; prvi korak bio je odvajanja ulja od komine, provedeno u velikim kivetama od 250 g na Hettich Rotina 320R (Hettich, Tuttlingen, Njemačka) centrifugi nakon čega u drugom koraku odvajamo ulje i vegetabilnu vodu, što provodimo u falkonicama od 50 ml na istom tipu centrifuge. Velike kivete napunjene maslinovim tijestom centrifugirane su 90 sekundi na 3500 okretaja nakon čega je tekući dio (ulje i vegetabilna voda) odvojen u laboratorijsku čašu od 400 ml. U drugoj fazi centrifugiranja falkonice od 50 ml su napunjene s tekućim dijelom i centrifugirane 4 minute na 5000 okretaja. Vegetabilna voda ostala je u donjem sloju dok se ulje prelijeva iz gornjeg sloja. Ulje je skladišteno u tamnim staklenim bocama od 250 mL pri temperaturi do 20 °C.

Tablica 1. Parametri inovativnih tehnologija primijenjenih na uzorcima DMU

Inovativna tehnologija kao predtretman miješenju	Parametri primijenjene inovativne tehnologije
Ubrzani toplinski tretman (UTT)	Temperatura 19,5 °C
Ultrazvuk (UZV)	Vrijeme trajanja 300 s
	Snaga 576 W
Pulsirajuće električno polje (PEP)	Vrijeme trajanja 90 s
	Jakost električnog polja 2 kVcm ⁻¹

3.2.8. Određivanje iskorištenja laboratorijskog postupka proizvodnje

Iskorištenje laboratorijskog postupka proizvodnje (Y) 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)

3.2.9. Određivanje indeksa ekstraktabilnosti

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

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

Y= iskorištenje proizvodnje (%)

OC= udio ulja u svježem plodu masline (%)

Udio ulja u svježem plodu masline (OC) računa se prema formuli:

$$OC = \text{suha tvar (tijesto)}(\%) \cdot \text{udjel ulja u suhom tijestu}(\%) \quad [3]$$

Suha tvar tijesta računa se na sljedeći način:

$$\text{Suha tvar(tijesto)}(\%) = \frac{m(\text{suho tijesto})}{m(\text{svježe tijesto})} \quad [4]$$

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

3.2.10. Statistička obrada podataka

Statistička obrada dobivenih podataka provedena je Two Factor – ANOVA analizom s 95 %-tnom vjerojatnošću ($p \leq 0,05$) napravljenom u programu Excel (Microsoft).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Maslinovo ulje ima tradiciju proizvodnje koja traje stoljećima, no u zadnjih par desetljeća je sve veća pažnja usmjerena na poboljšanje metoda proizvodnje kako bi se povećala efikasnost ekstrakcije. Tradicionalnu proizvodnju karakterizira relativno nisko iskorištenje zbog ulja koje zaostaje zarobljeno u stanicama. Primjenom inovativnih tehnologija moguće je povećati pri-nose u proizvodnji DMU, smanjiti vrijeme prerade, ali i poboljšati njegovu kvalitetu povećanjem udjela fenolnih komponenti. Proizvođači DMU su posljednjih godina počeli primjenjivati takve tehnologije u svojim pogonima, poput UZV, PEP i UTT. Ove tehnologije se u industriji najčešće koriste kao predtretmani miješenju, što se prema velikom broju istraživanja pokazalo kao naj-bolji način njihove primjene. Postoji i nova hipoteza da je kombinacijom nekih od tehnologija moguće i u potpunosti zamijeniti miješenje, ključni korak koji je neizostavan u modernoj proi-zvodnji maslinovog ulja. Budući da je takva primjena navedenih tehnologija vrlo slabo istra-žena, cilj ovog rada bio je istražiti mogu li kombinacije PEP, UTT i UZV kao zamjena za mije-šenje povećati iskorištenje proizvodnje DMU iz levantinke.

Za jednu kombinaciju inovativnih tehnologija provele su se tri proizvodnje, a svaka se sastojala od dva ponavljanja. Znači, za jedan uzorak provedeno je 6 šarži proizvodnje. Proizvedeni volumeni DMU iz uzoraka tijesta levantinke tretiranog kombinacijom tehnologija uz i bez miješenja prikazani su u Tablici 2. Miješenje je provedeno pri temperaturi od 27 °C u trajanju od 40 min.

Tablica 2. Volumen ulja (mL) iz tijesta podvrgnutog kombinacijama inovativnih tehnologija uz i bez miješenja (bm)

Oznaka uzorka	m tijesta (g)	V ulja (mL)
PEP+UZV 1	998,16	210
PEP+UZV 1.1	999,12	
PEP+UZV 2	998,94	215
PEP+UZV 2.1	984,71	
PEP+UZV 3	994,72	220
PEP+UZV 3.1	1007,6	
PEP+UZV 1 bm	996,95	67
PEP+UZV 1.1 bm	1000,52	
PEP+UZV 2 bm	1000	98
PEP+UZV 2.1 bm	1000	
PEP+UZV 3 bm	1000	83
PEP+UZV 3.1 bm	1000	
UTT+PEP 1	999,15	220
UTT+PEP 1.1	1001,97	

Tablica 2. Volumen ulja (mL) iz tijesta podvrgnutog kombinacijama inovativnih tehnologija uz i bez miješenja (bm) - nastavak

UTT+PEP 2	1003	200
UTT+PEP 2.1	1001,68	
UTT+PEP 3	1002,06	220
UTT+PEP 3.1	1005,2	
UTT+PEP 1 bm	1000,53	30
UTT+PEP 1.1 bm	1002,2	
UTT+PEP 2 bm	1001,43	39
UTT+PEP 2.1 bm	1003,01	
UTT+PEP 3 bm	1003,81	49
UTT+PEP 3.1 bm	972,38	
UTT+PEP+UZV 1	998,88	185
UTT+PEP+UZV 1.1	993,97	
UTT+PEP+UZV 2	998,41	210
UTT+PEP+UZV 2.1	1047,96	
UTT+PEP+UZV 3	996,34	240
UTT+PEP+UZV 3.1	998,75	
UTT+PEP+UZV 1 bm	996,72	63
UTT+PEP+UZV 1.1 bm	1016,65	
UTT+PEP+UZV 2 bm	998,24	65,5
UTT+PEP+UZV 2.1 bm	1000,41	
UTT+PEP+UZV 3 bm	1004,03	72
UTT+PEP+UZV 3.1 bm	997,95	
UTT+UZV 1	970,43	180
UTT+UZV 1.1	975,54	
UTT+UZV 2	984,23	200
UTT+UZV 2.1	992,74	
UTT+UZV 3	983,88	205
UTT+UZV 3.1	972,67	
UTT+UZV 1 bm	973,08	20
UTT+UZV 1.1 bm	976,2	
UTT+UZV 2 bm	979,07	37
UTT+UZV 2.1 bm	981,31	
UTT+UZV 3 bm	987,4	57
UTT+UZV 3.1 bm	978,51	
kontrola nova 1	998,3	180
kontrola nova 1.1	991,99	
kontrola nova 2	1003,02	200
kontrola nova 2.1	1000,51	
kontrola 3	997,73	190
kontrola 3.1	998,28	

Učinkovitost proizvodnje DMU iz levantinke uz primjenu inovativnih tehnologija pratili smo izračunavanjem iskorištenja proizvodnje. U tablici 3. su navedeni podaci o dobivenim iskorištenjima proizvodnje prikazani kao srednja vrijednost od iskorištenja tri ista uzorka uz pripadajuću

standardnu devijaciju. Kontrolni uzorak predstavlja DMU proizvedeno bez primjene inovativnih tehnologija.

Tablica 3. Iskorištenje laboratorijske proizvodnje ulja iz levantinke uz kombinacije inovativnih tehnologija s i bez miješenja

Primijenjena tehnologija	Iskorištenje (%)	
	S miješenjem	Bez miješenja
Kontrola	8,71 ± 0,43	//
PEP+UZV	9.86±0.22	3.78±0.71
UTT+PEP	9.74±0.53	1.81±0.45
UTT+UZV	9.1±0.58	1.77±0.86
UTT+PEP+UZV	9.63±1.27	0.61±0.08

Nakon tretmana tijesta nekom od kombinacija tehnologija, vidi se da je njihovom primjenom povećano iskorištenje proizvodnje od 4,5 % do 13,2 %. Povećanje iskorištenja od čak 13,2 % postiglo se primjenom PEP+UZV kao predtretmana miješenju.

Za sada je dostupno vrlo malo radova koji opisuju primjenu kombinacije inovativnih tehnologija uz i bez miješenja, no dobro su istraženi utjecaji primjene pojedinačnih inovativnih tehnologija u procesu proizvodnje DMU. Veneziani i sur. (2019) istraživali su primjenu PEP na kvalitetu i prinos ulja u poluindustrijskom pogonu na talijanskim sortama Coratina, Carolea i Ottobratica. Iz rezultata se pokazalo kako je primjena ove tehnologije kao predtretman miješenju povećala propusnost nerazorene stanične stijenke masline i dovela do njezinog pucanja, što je rezultiralo boljom ekstrakcijom i većim udjelom fenolnih komponenti u ulju. Povećanje prinosa ulja kretalo se od 2,3 do 6 %, a razlog tako širokom rasponu najvjerojatnije leži u različitom indeksu zrelosti i genetskim razlikama između sorti.

Puértolas i Martínez de Maraón (2015) svojim su istraživanjem željeli ustanoviti mogućnosti primjene PEP prilikom proizvodnje djevičanskog i ekstra djevičanskog maslinovog ulja. Uspješno su potvrdili tu hipotezu povećavši prinos ulja za 13,3 %, što je usporedivo s rezultatima koje su dobili Abenoza i sur. (2012) u svom radu. Također je došlo do povećanja udjela fenola, sterola i tokoferola primjenom na španjolskoj sorti Arroniz. Isto tako, nije došlo do negativnog utjecaja na kemijska i senzorska svojstva, čime ulje zadržava najvišu moguću kvalitetu. No, razlika između njihovog i ovog istraživanja je da su oni koristili PEP nakon što su proveli miješenje, dok je u ovom radu ono provedeno prije. Druga razlika je u parametrima miješenja, koje su provodili na 24 °C, 60 min naspram 27 °C, 40 min kako je u ovom radu.

Navode kako ova tehnologija ima najbolju mogućnost povećanja prinosa ulja od dosadašnjih istraživanja, gdje jedino uporaba enzimatskih preparata može proizvesti slično povećanje.

Clodoveo i sur. (2013) su istraživali primjenu UZV kao predtretman miješenju. Zaključili su da njegova primjena u trajanju od 4 min nema statistički značajan utjecaj na prinos ulja, dok je duljim tretmanom od 8 min postignuto značajno povećanje od 6 %. Ipak, u njihovom radu je korišten UZV slabijeg intenziteta (150 W), dok je u ovom radu imao snagu od 576 W. Ulje je također zadržalo svoju izvornu kvalitetu i po parametrima kvalitete se i dalje moglo kategorizirati kao ekstra djevičansko. Važno je naglasiti i to da su ovi rezultati dobiveni u laboratorijskom mjerilu, a kada su prešli na industrijsko mjerilo, nisu uspjeli ponoviti vlastite rezultate.

Juliano i sur. (2023) istraživali su kako primjena inovativnih tehnologija, među kojima su UTT, UZV i PEP, utječu na poboljšanje iskorištenja proizvodnje, smanjenje vremena prerade i povećanje udjela fenolnih komponenti u ulju. Njihovo istraživanje se razlikuje od ovoga po tome što je ono provedeno na industrijskoj razini (s protokom maslinovog tijesta preko 1 T/h), dok je ovo provedeno na laboratorijskoj. Također, način na koji su primjenjivali UTT je drugačiji, budući da je spomenuta tehnologija u njihovom radu služila za zagrijavanje maslinovog tijesta, dok je u ovom istraživanju korištena za hlađenje. Zaključili su da primjena inovativnih tehnologija može povećati iskorištenje proizvodnje do 6 %. Također su dokazali da one mogu povećati udio fenolnih komponenti, no to se pretežito odnosi na sorte maslina koje već sadrže veći udio tih komponenti. S druge strane, kada se UTT upari zajedno s miješenjem, moguće je smanjiti vrijeme prerade ulja budući da se skraćuje vrijeme potrebno za postizanje optimalne temperature miješenja te značajno povećati udio fenolnih i aromatskih komponenti u ulju. Isto tako, kada se UZV i PEP primjenjivao kao predtretman miješenju, uočili su da je dobiveno slično iskorištenje kada se miješenje provodilo 30 ili 60 min. Iz toga zaključuju da sve tri tehnologije omogućuju skraćivanje vremena miješenja. Kao najefektivnije tehnologije za povećanje ekstraktibilnosti ulja prvu navode PEP, zatim UZV i na kraju UTT. Primjenom PEP kao predtreatmana došlo je do povećanja iskorištenja do 6 %, a kod UZV za 5,9 %. Treba napomenuti i da su koristili kraće vrijeme miješenja u trajanju od 30 min, dok se u ovom radu provodilo 40 min. Navode kako je teško donijeti definitivan zaključak oko efektivnosti korištenja PEP i UZV zbog genetskih razlika u sortama maslina, kao i različitim temperaturama miješenja u odnosu na druge radove.

Abenoza i sur. (2012) nastojali su istražiti mogućnost primjene UZV kao predtretman ali i kao zamjenu za miješenje. Miješenje su provodili 15 i 30 min, a temperatura tijesta je iznosila 15 i 26 °C. Dokazali su da UZV može povećati iskorištenje za 54 % u slučaju kada se ne provodi miješenje. Kada je ova tehnologija korištena kao predtretman miješenju pri 26 °C, nije došlo

do povećanja iskorištenja, dok je prilikom miješenja pri 15 °C iskorištenje povećano za 14,4 %. Za istraživanje su koristili masline sorte Arbequina i jednaku jačinu električnog polja kao u ovom istraživanju (2 kVcm⁻¹). Autori navode kako ova tehnologija dozvoljava skraćanje vremena miješenja s 30 na 15 min bez negativnog utjecaja na iskorištenje proizvodnje.

Pristup ispitivanja mogućnosti zamijene miješenja primijenjen je i u ovom radu, a rezultati utjecaja kombinacije inovativnih tehnologija na iskorištenje proizvodnje DMU iz levantinke, prikazani su u Tablici 3. Kao najmanje efektivna pokazala se kombinacija sve tri ispitivane tehnologije, UTT+PEP+UZV, gdje je iskorištenje iznosilo samo 0.61 %, a najefektivnijim kombinacija PEP+ UZV s iskorištenjem od 3.78 %. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je kombinacija PEP+UZV najefikasnija kombinacija u slučaju kada je, ali i kada nije primijenjeno miješenje. Ipak, možemo zaključiti i da niti jedna od kombinacija inovativnih tehnologija ne može zamijeniti miješenje zbog slabog iskorištenja naspram kontrolnog uzorka, gdje ono iznosi 8,71 %. Sličan zaključak donijeli su i Juliano i sur. (2023): primjenom UTT umjesto miješenja dolazi do znatno manje ekstrakcije ulja.

Vrbica (2023) je u svom istraživanju sagledavala utjecaj PEP kao predtretmana miješenju na iskorištenje iz sorte levantinka, koja je korištena i u ovom istraživanju. Iskorištenja proizvodnje kreću se od 14,98 % do 17,02 %, što su veća iskorištenja od onih dobivenih kombinacijama tehnologija u vlastitom istraživanju (9.1±0.58 % do 9.86±0.22 %). Iz toga možemo zaključiti kako kombinacije tehnologija naspram istih tehnologija u pojedinačnoj primjeni ne dovode do većeg povećanja iskorištenja.

U Tablici 4 prikazana je statistička obrada rezultata iskorištenja proizvodnje DMU iz levantinke uz kombinacije inovativnih tehnologija, s i bez miješenja, koja je provedena je pomoću Two-Factor ANOVA-e.

Tablica 4. Statistička obrada rezultata iz tablice 3.

ANOVA						
<i>Izvor varijabilnosti</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
kombinacije inovativnih tehnologija*	19.7444024	4	4.9361006	12.62582	≤0.001	2.866081
Primjena miješenja**	458.02308	1	458.02308	1171.556	≤0.001	4.351244
Kombinacije tehnologija x primjena miješenja	8.27458428	4	2.0686461	5.291294	≤0.01	2.866081

* kombinacije inovativnih tehnologija – visoko signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje s/bez miješenja** - visoko signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje

interakcije- signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje

Statistička obrada podataka pokazala je da i kombinacija inovativnih tehnologija i prisutnost, odnosno, odsutnost procesa miješenja imaju visoko signifikantan utjecaj na iskorištenje

proizvodnje DMU iz levantinke. Interakcija te dvije varijable ima signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje.

5. ZAKLJUČCI

1. Svaka od kombinacija inovativnih tehnologija primijenjena kao predtretman miješenju uspješno je povećala iskorištenje proizvodnje
2. Kombinacija PEP+UZV s miješenjem pokazala je da najbolje utječe na povećanje iskorištenja procesa proizvodnje DMU iz levantinke
3. Niti jedna od ispitanih kombinacija inovativnih tehnologija ne može zamijeniti miješenje zbog iznimno niskih iskorištenja proizvodnje
4. Kombinacija inovativnih tehnologija i prisutnost, odnosno, odsutnost procesa miješenja imaju visoko signifikantan, a njihova interakcija signifikantan utjecaj na iskorištenje proizvodnje DMU iz levantinke
5. Poboljšanje iskorištenja, osim što ima velik značaj za isplativost proizvodnje, bitna je i zbog ekoloških razloga, jer se na taj način smanjuje količina otpada. Potrebna su daljnja istraživanja na različitim sortama budući da se efikasnost tehnologija uvelike razlikuje ovisno o tome koja sorta masline se koristi za proizvodnju

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>

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>

Aliakbarian B, Casazza AA, Perego P (2011) Valorization of olive oil solid waste using high pressure–high temperature reactor. *Food Chem* **128**, 704–710. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2011.03.092>

Andreou V, Dimopoulos G, Alexandrakis Z, Katsaros G, Oikonomou D, Toepfl S, Heinz V, Taoukis P (2017) Shelf-life evaluation of virgin olive oil extracted from olives subjected to nonthermal pretreatments for yield increase. *IFSET* **40**, 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.009>.

Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., & Vito, R. (2001) Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chem* **72**, 19–28. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00194-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00194-1)

Botanickivrh.hr (2024) Maslina levantinka <https://botanickivrh.hr/proizvod/maslina-levantinka/>
Pristupljeno 27.veljače 2024

Clodoveo ML, Durante V, La Notte D (2013) Working towards the development of innovative ultrasound equipment for the extraction of virgin olive oil. *Ultrason Sonochem* **20**, 1261–1270. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2013.02.001>

Eduardo Puértolas, Iñigo Martínez de Marañón (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>.

Esposito, S., Veneziani, G., Taticchi, A., Selvaggini, R., Urbani, S., Di Maio, I., Sordini, B., Minnocci, A., Sebastiani, L., & Servili, M. (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>

Flynn MM, Tierney A, Itsiopoulos C (2023) Is Extra Virgin Olive Oil the Critical Ingredient Driving the Health Benefits of a Mediterranean Diet? A Narrative Review. *Nutr* **15**, 2916 <https://doi.org/10.3390/nu15132916>

Gugić, J., Tratnik, M., Strikić, F., Gugić, M. i Kursan, P. (2010). Pregled stanja i perspektiva razvoja hrvatskoga maslinarstva. *Pomologia Croatica*, 16 (3-4), 121-146. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/69062>

Harwood, J., Aparicio, R. (2000). *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties.*, Springer New York, NY <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7777-8>

Indexbox.io (2024) World - Olive Oil (Virgin) - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights https://www.indexbox.io/store/world-olive-oil-virgin-market-report-analysis-and-forecast-to-2020/?utm_source=ikdn&utm_medium=nasty Pristupljeno 22.lipnja 2024.

IOC (2023) Olive oil production <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/IOC-Olive-Oil-Dashboard-2.html#section> Pristupljeno 22.lipnja 2024.

Juliano, P., Fouad, M. A., Gaber, M., Romaniello, R., Tamborrino, A., Berardi, A., Leone, A. (2023). Advances in Physical Technologies to Improve Virgin Olive Oil Extraction Efficiency in High-Throughput Production Plants. *Food Engineering Reviews*, 15, 625–642. <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09347-1>

Kiritsakis, AK, Shahidi, F (2017) *Olives and olive oil as functional foods: bioactivity, chemistry and processing.* Functional Food Science and Technology Series. Hoboken, New Jersey: Wiley 10.1002/9781119135340

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

Marcelino G, Aiko Hiane P, de Cássia Freitas K, Figueiredo Santana L, Pott A, Rodrigues

Donadon J, i sur. (2019) Effects of Olive Oil and Its Minor Components on Cardiovascular Diseases, Inflammation, and Gut Microbiota. *Nutr* **11**, 1826
<https://doi.org/10.3390/nu11081826>

Maslinar (2023) Sorta koja daje odlično ulje <https://www.maslinar.com/levantinka-daje-odlicno-ulje/> Pristupljeno 27. veljače 2024.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (2024) Maslinarstvo <https://poljoprivreda.gov.hr/maslinarstvo/194> Pristupljeno 22. lipnja 2024.

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>

Singla, M., Sit, N. (2021). Application of Ultrasound in Combination with Other Technologies in Food Processing: A Review. *Ultrason Sonochem* **73**, 105506. 10.1016/j.ultsonch.2021.105506.

Slobodnadalmacija.hr (2022) Levantinka <https://maslina.slobodnadalmacija.hr/maslina/maslinarstvo/dr-ivica-vlatkovic-levantinka-je-za-mene-hrvatski-leccino-1166764> Pristupljeno 27. veljače 2024.

Szwarc, D, Szwarc, K (2021) Use of a Pulsed Electric Field to Improve the Biogas Potential of Maize Silage. *Energies*, **14**, 119. <https://doi.org/10.3390/en14010119>.

Škevin D (2016) Proces prerade maslina i kontrola kvalitete proizvoda (interna skripta), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 14-32

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, 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>

Veneziani G, Esposito, 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>

Vrbica A (2023) Proizvodnja djevičanskih maslinovih ulja iz plodova oblice i levantinke uz pulsirajuće električno polje kao predtretman miješenju (završni rad), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

Izjava o izvornosti

Ja _____ Tin Vrlika _____ 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