

Utjecaj nastavka za izlaz pogače i temperature glave preše na iskorištenje konopljinog ulja sorte Finola

Pleško, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:344410>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Matea Pleško

**UTJECAJ NASTAVKA ZA IZLAZ POGAČE I TEMPERATURE
GLAVE PREŠE NA ISKORIŠTENJE KONOPLJINOG ULJA
SORTE *FINOLA***

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za prehrambeno inženjerstvo
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ulja i masti

Tema rada je prihvaćena na IX. Izvanrednoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2018./19. održanoj 13. rujna 2019.

Mentor: prof. dr. sc. *Tihomir Moslavac*

Pomoć pri izradi: *Daniela Paulik*, tehnički suradnik

Utjecaj nastavka za izlaz pogače i temperature glave preše na iskorištenje konopljinog ulja sorte *Finola*

Matea Pleško, 0113138359

Sažetak: *Cannabis sativa* L. je industrijska vrsta konoplje koja se već neko vrijeme uzgaja za potrebe tekstilne i prehrambene industrije. Njene sjemenke sadrže oko 30 % ulja, 20 % proteina, 20 % ugljikohidrata i značajne količine minerala, vitamina i prehrambenih vlakana. Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj procesnih parametara hladnog prešanja sjemenke konoplje sorte *Finola*. Ispitan je utjecaj temperature zagrijavanja glave preše, frekvencija elektromotora te veličine otvora pužne preše na iskorištenje i kvalitetu ulja. U proizvedenom ulju odredili su se sljedeći parametri kvalitete: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, netopljive nečistoće i voda. Dobiveni rezultati pokazuju da se veće iskorištenje ulja dobije s nastavkom manjeg promjera, sa manjom frekvencijom elektromotora i sa većom temperaturom grijača glave preše.

Ključne riječi: sjemenke konoplje, hladno prešanje, procesni parametri, konopljino ulje

Rad sadrži: 43 stranice
11 slika
13 tablica
0 priloga
23 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | | |
|----|---------------------------------------|---------------|
| 1. | prof. dr. sc. <i>Vedran Slačanac</i> | predsjednik |
| 2. | prof. dr. sc. <i>Tihomir Moslavac</i> | član-mentor |
| 3. | doc. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | član |
| 4. | prof. dr. sc. <i>Stela Jokić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 11. listopada 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technologies
Subdepartment of Food Engineering
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of Oils and Fats

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX held on September 13, 2019.

Mentor: *Tihomir Moslavac*, PhD, full prof.

Technical assistance: *Daniela Paulik*, technical associate

The influence of Nozzle Size and Temperature Head Presses on the Yield of Hemp Oil Varieties *Finola*

Matea Pleško, 0113138359

Summary: *Cannabis sativa* L. is a kind of industrial hemp grown for some time for the textile and food industry. Hemp seeds averagely contain about 30 % oil, 20 % protein, 20 % carbohydrates, and significant amounts of minerals, vitamins and dietary fibre. The objective of this study was to evaluate the influence of process parameters of cold pressed hemp seed variety *Finola*. The effects of temperature, temperature head presses, frequency, and nozzle size on oil recovery and quality were investigated. In obtained hemp oil the following parameters were analysed: peroxide value, free fatty acids, insoluble impurities and moisture content. The results show that a higher yield of oil was obtained with the extension of smaller diameter with a smaller frequency of electric motors and higher temperature of the press head heater.

Key words: hemp seeds, cold pressing, process parameters, hemp oil

Thesis contains: 43 pages
11 figures
13 tables
0 supplements
23 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Vedran Slačanac</i> , PhD, full prof. | chair person |
| 2. <i>Tihomir Moslavac</i> , PhD, full prof. | supervisor |
| 3. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, assistant prof. | member |
| 4. <i>Stela Jokić</i> , PhD, associate prof. | stand-in |

Defense date: October 11, 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. MASTI I ULJA.....	4
2.1.1. Glicerol	4
2.1.2. Masne kiseline.....	5
2.1.3. Negliceridni sastojci.....	10
2.2. SIROVINA ZA PROIZVODNJU ULJA	11
2.2.1. Konoplja.....	11
2.2.2. Konopljino ulje	12
2.3. PROIZVODNJA HLADNO PREŠANOG ULJA	14
2.3.1. Čišćenje sjemenki uljarica	15
2.3.2. Sušenje sjemenki uljarica	15
2.3.3. Ljuštenje sjemenki uljarica	15
2.3.4. Mljevenje sjemenki uljarica.....	15
2.3.5. Kondicioniranje	16
2.3.6. Prešanje	16
2.3.7. Sedimentacija i filtracija sirovog ulja	17
2.4. OSNOVNI PARAMETRI KVALITETE ULJA	18
3. EKSPERIMENTALNI DIO	21
3.1. ZADATAK	22
3.2. MATERIJALI I METODE	22
3.2.1. Materijali	22
3.2.2. Metode rada	23
3.2.2.1. Određivanje parametara kvalitete sjemenke konoplje	24
3.2.2.2. Određivanje parametara kvalitete ulja.....	26
4. REZULTATI	30
5. RASPRAVA	35
6. ZAKLJUČCI	39
7. LITERATURA	41

Popis oznaka, kratica i simbola

-OH	hidroksilna skupina
KOH	kalij hidroksid
ω - 6	omega 6 – masne kiseline
ω - 3	omega 3 – masne kiseline
mmol O ₂ /kg	milimol aktivnog kisika po kg ulja
Pbr	peroksidni broj
Na ₂ S ₂ O ₃	natrij tiosulfat
SMK	slobodne masne kiseline
NaOH	natrijev hidroksid
HCl	kloridna kiselina
NN	netopljive nečistoće
M	molarna masa

1. UVOD

Ulja i masti pripadaju tvarima koje su netopljive u vodi, a mogu biti biljnog i životinjskog podrijetla. To su trigliceridi sastavljeni od masnih kiselina i trovalentnog alkohola glicerola, a sadrže i 1-2 % negliceridnih sastojaka (Moslavac, 2013.).

Ulja se dobivaju fizikalnim i kemijskim postupcima. Kemijski postupak se provodi primjenom organskih otapala pomoću kojih dolazi do ekstrakcije ulja. Zbog primjene organskih otapala, ovim postupkom nastaje ulje slabije kvalitete te nakon proizvodnje ulje se obavezno podvrgava procesu rafinacije. Fizikalni postupak je postupak dobivanja ulja primjenom pužnih i hidrauličnih preša. Ovim postupkom jestivo biljno ulje zadržava svoje esencijalne masne kiseline, flavonoide, fenole, tokoferole i dr. (Jokić i sur., 2016.).

Hladno prešanje je postupak proizvodnje jestivih ulja primjenom fizikalnih metoda. Do izdvajanja ulja iz sjemenke uljarice dolazi zbog primjene mehaničke sile i visokog tlaka. Nakon prešanja sirovo ulje prolazi postupke sedimentacije i filtracije nakon kojih se dobije finalni proizvod, hladno prešano ulje (Moslavac, 2013.).

Kako ne bi došlo do oksidacijskih procesa koji dovode do nepoželjnog okusa i mirisa jestivo ulje se treba skladištiti u odgovarajućoj ambalaži i pod adekvatnim uvjetima. Oksidacijska stabilnost ulja je vrijeme tijekom kojeg se ulje može čuvati, a da ne dođe do većih promjena u kvaliteti (Dimić, 2005.).

Cilj ovog rada bio je proizvesti hladno prešano konopljino ulje primjenom kontinuirane pužne preše. Tijekom proizvodnje promatran je utjecaj procesnih parametara na iskorištenje ulja tijekom prešanja. Ispitani su procesni parametri: frekvencija elektromotora, veličina otvora glave preše za izlaz pogače i temperatura grijača glave preše.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. MASTI I ULJA

Masti i ulja su tvari koje su netopljive u vodi, a iz stanica i tkiva se mogu ekstrahirati pomoću nepolarnih otapala (Pine, 1994.). U organizmu nastaju od suviška unesenih ugljikohidrata pa zbog toga predstavljaju glavna skladišta energije. Masti i ulja se međusobno razlikuju prema agregatnom stanju na sobnoj temperaturi, a to je povezano sa udjelom zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Ulja imaju veći udio nezasićenih masnih kiselina pa su u tekućem agregatnom stanju na sobnoj temperaturi dok su masti krutine jer imaju više zasićenih masnih kiselina. Treba naglasiti da ulja uz nezasićene sadrže i zasićene masne kiseline, a masti uz zasićene sadrže i nezasićene masne kiseline (Mandić, 2007.).

Masti i ulja ulaze u skupinu lipida, građeni su od trovalentnog alkohola glicerola, masnih kiselina i negliceridnih sastojaka (Moslavac, 2013.). Osim podjele prema agregatnom stanju pri sobnoj temperaturi, lipidi se mogu podijeliti u još nekoliko skupina.

Podjela lipida prema sastavu:

- a) jednostavni lipidi: masti i voskovi;
- b) složeni lipidi: fosfolipidi, glikolipidi, aminolipidi, sulfolipidi;
- c) derivati lipida: masne kiseline, masni alkoholi, aldehidi, steroli i dr.

Podjela lipida prema podrijetlu:

- a) biljni (vegetabilni);
- b) životinjski (animalni) (Sadadinović, 2008.).

Iz sjemenke ili plodova biljaka proizvode se jestiva ulja. U njihovom se sastavu nalaze masne kiseline, ali i drugi sastojci kao što su voskovi, fosfolipidi, neosapunjive tvari, monogliceridi, digliceridi te slobodne masne kiseline.

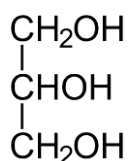
2.1.1. Glicerol

Glicerol je šećerni alkohol, bezbojna, kristalno bistra viskozna tekućina. Zauzima 4-16 % mase u sastavu neutralnih lipida. Topljiv je u vodi i alkoholu za razliku od masnih kiselina. Monogliceridi i digliceridi posjeduju emulgatorska svojstva zbog lipofilnosti masnih kiselina i hidrofilnosti glicerola (Wang i sur., 2001.; Kirk i Othmer, 1967.; Rac, 1964.).

Glicerol se sastoji od tri hidroksilne (-OH) skupine (**Slika 1**). Ako su u mastima i uljima na njega vezane tri iste masne kiseline tada nastaju jednostavni trigliceridi. Mješoviti trigliceridi nastaju vezanjem tri različite masne kiseline na glicerol. Glicerol se nalazi u

sastavu monoglicerida i diglicerida gdje su na njega vezane jedna ili dvije masne kiseline dok su jedna ili dvije hidroksilne skupine ostale slobodne. Prirodne masti i ulja su smjese estera glicerola kod kojih su pretežno zastupljene jedna ili dvije masne kiseline (Pine, 1994.).

Proizvodnja plastičnih masa, emulgatora, nitroglicerina, kao sredstvo za smrzavanje u vodenim otopinama su neke od upotreba glicerola danas (Rac, 1964.).



Slika 1 Strukturna formula glicerola (web 1)

2.1.2. Masne kiseline

Masne kiseline su većinom nerazgranate molekule koje mogu sadržavati 14-22 ugljikova atoma (Pine, 1994.). Čine reaktivni dio molekule u molekuli triglicerida. Opća formula masnih kiselina je R-COOH pri čemu je R ugljikovodikov lanac, a COOH karboksilna grupa.

Ovisno o broju ugljikovih atoma u molekuli, zasićenosti ili nezasićenosti ugljikovog atoma te položaju i broju dvostrukih veza, masne kiseline se mogu podijeliti u nekoliko skupina (Sadadinović, 2008.).

Prema broju ugljikovih atoma masne kiseline dijelimo na kiseline:

- a) kratkog lanca (do 8 ugljikovih atoma);
- b) srednjeg lanca (od 8 do 12 ugljikovih atoma);
- c) dugog lanca (preko 12 ugljikovih atoma) (Swern, 1972.);

a prema stupnju nezasićenosti na:

- a) zasićene masne kiseline;
- b) nezasićene masne kiseline.

Zasićene masne kiseline

Zasićene masne kiseline su masne kiseline koje ne sadrže dvostruke veze. Odnosno, sve veze u njihovom sastavu su jednostruke. Zastupljenije su u mastima. Imaju oblik ravnog

štapića pa se zbog toga mogu gusto slagati. Zbog toga su masti pri sobnoj temperaturi u čvrstom agregatnom stanju.

U prirodnim uljima i mastima najčešće su zastupljene zasićene masne kiseline sa 4-22 ugljikova atoma dok su one sa većim brojem ugljikovih atoma (24-26) prisutne u voskovima.

Važnije zasićene masne kiseline su navedene u **Tablici 1**. Od najzastupljenijih zasićenih masnih kiselina u mastima i uljima ističu se laurinska, stearinska, palmitinska i miristinska. Zasićene masne kiseline sa neparnim brojem ugljikovih atoma su prisutne u tragovima (Sadadinović, 2008.).

Opća formula zasićenih masnih kiselina: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

Tablica 1 Važnije zasićene masne kiseline (Moslavac, 2013.)

Naziv	Broj C atoma	Formula	Mol.težina	Talište °C	Nalazište
Maslačna (n-butanska)	4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	88,10	-7,9	Maslac
Kaprnska (n-heksanska)	6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	116,15	-3,4	Maslac, kokosova mast i sl.
Kaprilna (n-oktanska)	8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	144,21	16,7	Maslac, masti kokosa, palmi i sjemenja uljarica
Kaprinska (n-dekanska)	10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	172,26	31,6	Maslac, kokosova i kitova mast
Laurinska (n-dodekanska)	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	200,31	44,2	Masti sjemenki iz porodica lovora i palme, mliječne masti
Miristinska (n-tetradekanska)	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	228,36	53,9	Većina životinjskih i biljnih masti
Palmitinska (n-heksadekanska)	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	246,42	63,1	Skoro sve životinjske i biljne masti

Stearinska (n-oktadekanska)	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	284,47	69,6	Tamo gdje je prisutna palmitinska kiselina
Arahinska (n-eikosanska)	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	312,52	75,3	Kikiriki i riblja ulja
Behenska (n-dokosanska)	22	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	340,57	79,9	Kikiriki, repičino i gorušičino ulje
Lignocerinska (n-tetrakonsanska)	24	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	368,62	84,2	Ulje kikirikija, u malim količinama u životinjskim mastima

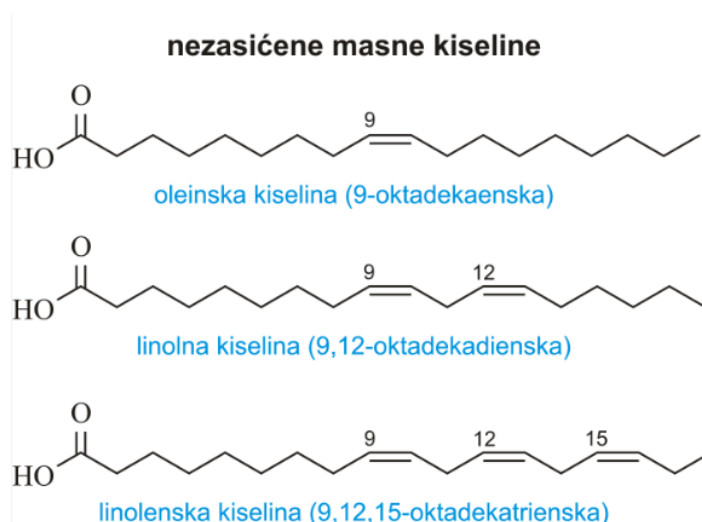
Nezasićene masne kiseline

Nezasićene masne kiseline su masne kiseline koje imaju jednu ili više dvostrukih veza. Više ih ima u uljima nego u mastima dok su one masne kiseline koje imaju osamnaest ugljikovih atoma i jednu, dvije ili tri dvostruke veze zastupljenije u prirodnim uljima i mastima.

Postoji nekoliko podjela nezasićenih masnih kiselina od kojih je jedna podjela na temelju broja dvostrukih veza. Mononezasićene masne kiseline imaju jednu dvostruku vezu te su manje reaktivne od polinezasićenih masnih kiselina koje imaju veći broj dvostrukih veza (Rac, 1964.; Rade i Škevin, 2004.).

Budući da imaju jednu dvostruku vezu, mononezasićene masne kiseline imaju niže talište od zasićenih masnih kiselina s jednakim brojem ugljikovih atoma. Zbog toga su gliceridi mononezasićenih masnih kiselina na sobnoj temperaturi u tekućem agregatnom stanju (Rac, 1964.).

Najpoznatija mononezasićena masna kiselina je oleinska (**Slika 2**).



Slika 2 Strukturne formule oleinske, linolne i linolenske masne kiseline (web 2)

Do povećanja reaktivnosti nezasićenih masnih kiselina dolazi s porastom broja dvostrukih veza. Najvažnije polinezasićene masne kiseline su linolna i linolenska (**Slika 2**) (Rac, 1964., Sadadinović, 2008.).

U **Tablicama 2 i 3** prikazane su značajnije mononezasićene i polinezasićene masne kiseline.

Tablica 2 Važnije mononezasićene masne kiseline (Moslavac, 2013.)

Naziv	Formula	Nalazište
Oleinska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	sva ulja i masti
Palmitoleinska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	prirodne masti
Vakceinska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	maslac i loj
Gadoleinska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ulje repice, gorušice i riblja ulja
Petroselinska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Ulje peršina
Eruka kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	Ulje krstašica (repica, gorušica)

Tablica 3 Važnije polinezasićene masne kiseline (Moslavac, 2013.)

Naziv	Formula	Nalazište
Linolna kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	sva ulja i masti (0,5-81 %), veći broj jestivih biljnih ulja (40-60 %)
Linolenska kiselina	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	ulja visokog jodnog broja (>150), tzv. sušiva ulja
Klupanodonska kiselina	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}_2\text{COOH}$	riblja ulja

Nezasićene masne kiseline se mogu pojaviti u dva geometrijski izomerna oblika ovisno o položaju atoma vodika. To su *cis* i *trans* oblici. Kod *cis* izomernog oblika atomi vodika se nalaze na istoj strani dvostruke veze, a kod *trans* izomernog oblika atomi vodika se nalaze na suprotnim stranama dvostruke veze. Za pravilno vođenje postupka hidrogenacije te radi boljeg uvida u kvalitetu ulja i masti potrebno je odrediti udio *trans* masnih kiselina (Sadadinović, 2008.). *Trans* oblik je oblik koji nastaje industrijskom preradom masnoća. Osim u procesu hidrogenacije može nastati i dezodorizacijom ulja te kod termičke obrade ulja i masti. Nezasićene masne kiseline se u prirodi javljaju u *cis* izomernom obliku. *Cis* i *trans* oblici imaju isti kemijski sastav, a različita fizikalna svojstva. *Trans* masne kiseline imaju manju reaktivnost od *cis* masnih kiselina.

Dvostruke veze u nezasićenim masnim kiselinama mogu biti izolirane ili konjugirane. Konjugirane dvostruke veze nastaju rafinacijom, hidrogenacijom ili zagrijavanjem ulja. Kod konjugiranog oblika dvostruke veze se nalaze u susjednom položaju, a ovaj oblik je rijetko prisutan u prirodnim uljima i mastima. Izolirane dvostruke veze su one koje su međusobno odijeljene jednom ili više metilenskom skupinom (Sadadinović, 2008.).

2.1.3. Negliceridni sastojci

U uljima i mastima su prisutni u malim koncentracijama, oko 1-2 %. U negliceridne sastojke spadaju: tokoferoli, karotenoidi, steroli, fosfolipidi, voskovi, pigmenti, ugljikovodici, liposolubilni vitamini, glikozidi, aldehidi, ketoni, masni alkoholi te tragovi metala. Tokoferoli, steroli i fosfolipidi su prisutni u svim uljima i mastima. Neki sastojci su poželjni u uljima i mastima kao što su liposolubilni vitamini, tokoferoli i karotenoidi dok su tragovi metala, fosfolipidi i voskovi izrazito nepoželjni sastojci.

Voskovi

Voskovi su negliceridni sastojci, esteri masnih kiselina dugog lanca te dugolančanih alkohola (Pine, 1994.). Dovode do zamućenja biljnih ulja pa su zbog toga nepoželjni u ulju. Talože se pri temperaturama nižima od 15 °C pa se uklanjaju iz ulja kristalizacijom pri nižim temperaturama, a taj postupak se naziva vinterizacija.

Fosfolipidi

Fosfolipidi su mješoviti esteri glicerola kod kojih je jedna hidroksilna skupina glicerola esterificirana s fosfornom kiselinom (Pine, 1994.). To su površinski aktivne tvari jer imaju hidrofilne i hidrofobne skupine, a u prehrambenoj industriji se koriste kao dobri emulgatori. Uobičajeni su sastojci biljnih i životinjskih ulja i masti. Najzastupljeniji fosfolipidi u biljnim uljima su lecitin, kefalin te inozitol (Sadadinović, 2008.).

Količina fosfolipida u ulju ovisi od vrste ulja, ali i o postupku dobivanja. Sirovo ulje proizvedeno prešanjem ima manje fosfolipida u odnosu na sirovo ulje dobiveno ekstrakcijom sa organskim otapalima.

Neosapunjive tvari

Neosapunjive tvari su svi sastojci ulja i masti koji nisu trigliceridi masnih kiselina. Lipoproteini, fosfatidi, sulfolipidi, steroli, ugljikovodici, vitamini A, D, E i K su spojevi koji pripadaju ovoj skupini (Rac, 1964.).

Monogliceridi i digliceridi

Monogliceridi i digliceridi su spojevi kod kojih su na molekulu glicerola vezane jedna ili dvije masne kiseline, a preostale jedna ili dvije hidroksilne skupine (-OH) su slobodne. U prirodi se pojavljuju u malim količinama uz trigliceride (Rac, 1964.).

Slobodne masne kiseline

Slobodne masne kiseline su masne kiseline koje nastaju hidrolitičkom razgradnjom molekule triglicerida sa lipolitičkim enzimima (lipaza). Ove masne kiseline nisu vezane niti za jednu od molekula (fosfolipidi, glikolipidi...). One povećavaju kiselost biljnih ulja i animalnih masti.

2.2. SIROVINA ZA PROIZVODNJU ULJA

Više od 60 % ulja i masti se proizvodi iz biljnih sirovina. U biljci ulje služi kao rezervna tvar za njezin razvoj. Biljke koje sadrže ulje, bilo u plodu ili sjemenu, nazivamo uljaricama, a svaka uljarica ima svoja specifična svojstva.

Za proizvodnju se mogu koristiti različiti dijelovi biljke:

- a) plod (maslina, palma);
- b) dijelovi ploda (kopra);
- c) sjemenke sa ljuskom ploda (mahuna soje, kikirikija i sl.);
- d) sjeme na samoj jezgri (suncokret, sjeme bundeve);
- e) klice (kukuruzna, pšenična i dr.) (Rac, 1964.; Sadadinović, 2008.).

2.2.1. Konoplja

Konoplja, *Cannabis sativa* L. je jednogodišnja zeljasta biljka. Spada u biljke koje je čovjek najranije udomaćio. Prvenstveno se uzgaja za tekstilnu industriju radi dobivanja vlakana međutim značajna je i proizvodnja konoplje za sjeme koje se koristi za proizvodnju ulja. Vlakno i zrno industrijske konoplje imaju niski sadržaj Δ -9-tetrahidrokanabinola (THC) koji je psihoaktivna komponenta za razliku od indijske konoplje pa se industrijska konoplja ne može zloupotrebjavati za proizvodnju droge. Zbog toga je upotreba zrna i ulja industrijske konoplje legalna (Dimić, 2005.).

Novije sorte konoplje mogu dati 14-18 t/ha stabljike i 0,8-1,6 t/ha zrna koje sadrži 30-35 % ulja (Schuster, 1993.). Industrijska konoplja je biljka visine oko 2 m. Sjemenke sadrže 20-25 % proteina, 20-30 % ugljikohidrata, te 10-15 % netopljivih vlakana, što ih čini izrazito nutritivnom hranom (Sacilik i sur., 2003.). Sadrži vitamine skupine A, B, D i E, minerale od kojih se izdvajaju fosfor, željezo, kalcij, te svih 20 aminokiselina koje uključuju i 9 esencijalnih aminokiselina.

Plod konoplje je sjemenka sive boje sa zelenom nijansom, obavijena sjajnom ljuskom, perikarpom. U praksi se plod konoplje naziva zrno ili sjeme. U **Tablicama 4 i 5** navedene su tehničko-tehnološke karakteristike kao i kemijski sastav zrna konoplje. Sadržaj ulja u zrnu varira ovisno o tipu i sorti, kao i o uvjetima uzgoja konoplje (Dimić, 2005.).

Tablica 4 Tehničko-tehnološke karakteristike zrna konoplje (Dimić, 2005.)

Pokazatelj	Zrno konoplje
Dimenzije zrna (mm)	
-dužina	2,0-6,5
-širina	2,0-4,0
-debljina	2,2-3,8
Masa 1000 zrna (g)	13-26
Zapreminska masa (kg/dm ³)	0,49-0,55
Udio ljuske (%)	34-40
Udio jezgre (%)	60-66

Tablica 5 Kemijski sastav zrna konoplje (% računato na suho zrno) (Dimić, 2005.)

Pokazatelj	Zrno konoplje
Udio ulja	28-35
Proteini (N% x 6,25)	20-25
Pepeo	6-7
Glukoza	1,5
Smole	0,3

2.2.2. Konopljino ulje

Budući da sadrži relativno visoki udio ulja, tehnologija prerade sjemenke konoplje za ulje je slična tehnologiji prerade suncokreta. Zrno se može preraditi sa ili bez ljuštenja postupcima predprešanja ili konačnog prešanja. U manjim pogonima konoplja se prerađuje bez prethodnog ljuštenja postupkom hladnog prešanja na pužnim prešama manjeg kapaciteta (Dimić, 2005.).

U **Tablici 6** su prikazani rezultati eksperimentalnog prešanja zrna Novosadske sorte konoplje u pogonu mini-uljare na pužnoj preši "Reinartz" kapaciteta oko 60 kg/h, a u **Tablici 7** osnovni pokazatelji kvalitete hladno prešanog ulja.

Tablica 6 Parametri prešanja zrna konoplje na pužnoj preši (Berenji i sur., 2005.)

Pokazatelj	Zrno konoplje	Pogača
Udio vlage (%)	9,73	10,75
Udio ulja (%)	29,30	11,28
Količina prešanog ulja (%)	17,89	
Stupanj djelovanja preše (%)	61,06	
<i>Najbitniji pokazatelji kvalitete zrna sa aspekta prešanja</i>		
Kiselinski broj (mgKOH/g)	3,91	-
Peroksidni broj (mmol/kg)	4,07	-

Tablica 7 Osnovni pokazatelji kvalitete hladno prešanog ulja zrna konoplje (Berenji i sur., 2005.)

Parametar kvalitete	Vrijednost
Peroksidni broj (mmol/kg)	2,21
Kiselinski broj (mgKOH/g)	1,98
Udio vlage (%)	0,07
Udio netopljivih nečistoća (%)	0,05

Ulje dobiveno prešanjem neoljuštenih sjemenki je zeleno-smeđe boje koja potječe od klorofila i karotenoida koji su prirodno prisutni u ljusci. Od oljuštenog zrna se dobije svijetlije ulje i pogača bijele boje. Pogača koja je nusproizvod prešanja je bogata proteinima koji imaju povoljan sastav aminokiselina pa zbog toga ima različitu primjenu (lako probavljivo, hranjivo i zdravo brašno, čips, itd.). Suvremeni trend je proizvodnja ulja prešanjem i pakiranjem u atmosferi bez kisika što doprinosi boljem očuvanju kvalitete ulja (Dimić, 2005.).

U **Tablici 8** su navedene neke od osnovnih karakteristika i sastav masnih kiselina ulja sjemenke konoplje.

Tablica 8 Sastav i fizikalno-kemijske karakteristike ulja sjemenke konoplje (Karlović i sur., 1996.)

Pokazatelj	Ulje zrna konoplje
Jodni broj (g/100g)	157
Saponifikacijski broj (mgKOH/g)	193
Sastav masnih kiselina (% m/m)	
Palmitinska C16:0	6,1
Stearinska C18:0	3,1
Oleinska C18:1	13,0
<i>trans</i> -elaidinska C18:1	0,7
Linolna C18:2	56,2
α - linolenska C18:3	17,3
γ - linolenska C18:3	1,2
Arahinska C20:0	0,3
Behenska C22:0	0,4
odnos ω-6/ω-3	3,3 : 1

Ulje konoplje se posebno koristi u ljekovite svrhe koje se zasniva na sadržaju γ -linolenske kiseline. Koristi se kao pomoćno ljekovito sredstvo kod neurodermatitisa, dijabetične neuropatije, predmenstrualnog sindroma, reumatoidnog artritisa itd. Dnevno uzimanje najmanje jedne jušne žličice ulja konoplje pozitivno utječe na mentalno zdravlje, pomaže kod umora i pozitivno utječe na opće stanje organizma (Dimić, 2005.).

Proizvođači ovo ulje preporučuju kao salatno ulje, za dodavanje juhama i preljevima, proteinskim napicima, svježim sokovima i drugim jelima koja prilikom pripreme ne zahtjevaju izlaganje visokim temperaturama (iznad 180 °C). Kozmetička industrija ulje implementira u razne preparate za njegu tijela, sapune, kupke, šampone, masti za usne, ulja za masažu i tijelo, itd. kod kojih ulje omekšava i regulira vlažnost kože, pozitivno utječe na kosu, usporava proces starenja kože itd. (Dimić, 2005.).

2.3. PROIZVODNJA HLADNO PREŠANOG ULJA

Jestiva biljna ulja se mogu proizvesti na dva načina, primjenom fizikalnog i kemijskog postupka. Kemijski postupak se provodi primjenom organskih otapala, a nakon proizvodnje ulje obavezno odlazi na proces rafinacije ili pročišćavanja (Teh i Birch, 2013.).

Fizikalni postupak ne uključuje upotrebu organskih otapala pa ulje zadržava tokoferole, fenole, flavonoide, esencijalne masne kiseline i dr. Upravo zbog toga fizikalni postupak ima prednost u odnosu na kemijski. Fizikalni postupak se provodi primjenom kontinuirane pužne preše i hidrauličke preše. Djelovanje mehaničke sile protiskivanjem sjemena kroz prešu rezultira dobivanjem sirovog ulja i pogače (Teh i Birch, 2013.).

Da bi konačni produkt bio hladno prešano, finalno ulje, sirovo ulje se podvrgava postupcima sedimentacije, filtracije i centrifugalnom separatoru.

Pogača koja je nusproizvod fizikalnog postupka ne sadrži toksične tvari i bogata je proteinima koji imaju povoljan sastav aminokiselina pa zbog toga ima različitu primjenu (lako probavljivo, hranjivo i zdravo brašno, čips, itd.) (Dimić, 2005.).

Proizvodnja hladno prešanih jestivih ulja započinje tehnološkim operacijama čišćenja, sušenja, ljuštenja, mljevenja i kondicioniranja uljarica. Ove operacije nije nužno provoditi što ovisi o vrsti sirovine (Dimić, 2005.).

2.3.1. Čišćenje sjemenki uljarica

Čišćenjem se uklanjaju organske i anorganske primjese iz sjemenki uljarica. U organske nečistoće spadaju dijelovi biljke, lišće, ljuska i sl., a u anorganske prašina, komadići metala, kamenčići i sl. Čišćenje se provodi na temelju razlike u dimenzijama, obliku, specifičnoj težini, aerodinamičnim i magnetskim svojstvima. Uređaji koji se primjenjuju vrše čišćenje odjeljivanjem primjesa prosijavanjem, rešetanjem i aspiracijom, a metalne primjese se odvajaju pomoću magnetnih separatora (Sadadinović, 2008.; Dimić, 2005.).

2.3.2. Sušenje sjemenki uljarica

Sušenje omogućuje skladištenje uljarica duži vremenski period bez promjena na kvaliteti. Provodi se na nekoliko načina: kondukcijom, konvekcijom, radijacijom i strujom visoke frekvencije. Sušenje se provodi u sušarama koje ovisno o načinu sušenja mogu biti protočna (sušenje se provodi kondukcijom i konvekcijom), sušara s rotirajućim valjkom (sušenje se provodi konvekcijom), koritasta i vakuum (sušenje se provodi kondukcijom) (Moslavac, 2013.).

2.3.3. Ljuštenje sjemenki uljarica

Nakon uklanjanja primjesa i sušenja slijedi postupak ljuštenja uljarica. Ljuštenjem se uklanja tvrda ljuska sa sjemenki, a provodi se na uređajima koji se zovu ljuštilice. Ako se proizvodnja ulja provodi prešanjem radi efikasnosti potrebno je u potpunosti ukloniti ljusku jer ona može apsorbirati znatne količine ulja i time smanjiti stupanj iskorištenja ulja.

Nakon uklanjanja ljuske sa sjemena uljarice, odvaja se od ostatka jezgre i neoljuštenog sjemena primjenom vibracijskih sita i aspiracijskih uređaja (Sadadinović, 2008.).

2.3.4. Mljevenje sjemenki uljarica

Mljevenje je postupak kojim se remeti prirodna ravnoteža unutar eleoplazme stanice. Eleoplazma se sastoji od ulja i bjelančevina koje su međusobno povezane unutarnjim vezama. Da bi došlo do narušavanja te strukture i ravnoteže primjenjuju se operacije mljevenja, vlaženja i zagrijavanja ili sušenja (Dimić, 2005.).

Mljevenjem se postiže odgovarajuća granulacija usitnjenih sjemenki uljarica. Nepoželjno je da meljava uljarica bude presitna jer je onemogućeno pravilno cijedenje ulja i difuzija otapala kod proizvodnje ulja kemijskim postupkom.

Za mljevenje se koriste mlinovi koji prema izvedbi i vrsti materijala mogu biti:

- a) kameni mlinovi (kolergangi);
- b) metalni mlinovi (mlinovi na valjke, mlinovi na ploče, mlinovi čekićari).

Mlinovi se osim za mljevenje sjemenki koriste i za mljevenje nusproizvoda pogače i sačme. Za to se najčešće koriste mlinovi na ploče (Rac, 1964.).

2.3.5. Kondicioniranje

Kondicioniranje je postupak kojim se usitnjena uljarica tretira toplinom i vlagom. Tijekom ovog postupka dolazi do razgradnje i koagulacije bjelančevina, smanjenja viskoziteta ulja, inaktivacije enzima i sl. (Sadadinović, 2008.).

Za ovaj postupak se koriste kondicioneri koji mogu biti vertikalni i horizontalni (Dimić, 2005.).

2.3.6. Prešanje

Prešanje je postupak kojim se primjenom visokih tlakova omogućuje proizvodnja ulja s temperaturom nižom od 50 °C. Tijekom prešanja dolazi do povećanja temperature zbog trenja u materijalu i preši (Bockisch, 1998.).

Pužna preša

Proizvodnja ulja na pužnoj preši se temelji na zagrijavanju i sušenju sjemenki. Puž zahvaća materijal te ga potiskuje prema manjem suženom prostoru pri čemu dolazi do povećanja tlaka, a kao rezultat nastaje sirovo ulje i pogača (Dimić i Turkulov, 2000.).

Dijelovi pužne preše:

- a) vodoravni puž na glavnoj osovini;
- b) koš;
- c) uređaj za punjenje i doziranje materijala u prešu;
- d) uređaj za reguliranje debljine isprešane pogače;
- e) zupčani prijenosnik;

f) kućište.

Pužne preše se mogu koristiti kao predpreše i završne preše. Kod predpreša materijal brže prolazi te udio ulja koji zaostaje u pogači je 12-20 %. Preše za drugo prešanje su manjeg kapaciteta i imaju sporiji prolazak materijala.

Osim mogućnosti prešanja u dva navrata, postoji i tzv. jednostruko prešanje koje se postiže ugradnjom dva puža ili produženjem i pojačanjem konstrukcije jednog puža (Rac, 1964.).

Hidraulička preša

Princip rada hidrauličkih preša se zasniva na Pascalovom zakonu kod kojeg se primjenom malih sila dobivaju visoki tlakovi te dolazi do ravnomjerne raspodjele tlakova u tekućem mediju.

Dijelovi hidrauličke preše:

- a) tlačni cilindar;
- b) klip ili stap;
- c) spojna osovina;
- d) matica;
- e) glava preše;
- f) protustap (Rac, 1964.).

2.3.7. Sedimentacija i filtracija sirovog ulja

Nakon prešanja proizvedeno sirovo ulje se podvrgava sedimentaciji, filtraciji ili centrifugalnom separatoru kojima se uklanjaju netopljive nečistoće, krute čestice iz uljarica.

Sedimentacija se provodi na principu razlike u specifičnoj masi čestica i ulja. Nečistoće imaju veću specifičnu masu te se talože na dno posude, a iznad njih se izdvaja bistro ulje. Naložene nečistoće se zatim uklanjaju postupkom dekantiranja. Uklanjanje krutih čestica se najefikasnije provodi primjenom centrifugalnih separatora, ali se može provoditi i na filter prešama, vakuum filterima i sl. Brzina odvajanja nečistoća ovisi o veličini pora filtera, osobinama taloga i viskozitetu ulja (Dimić, 2005.).

2.4. OSNOVNI PARAMETRI KVALITETE ULJA

Kvaliteta jestivog biljnog ulja se ocjenjuje na temelju osnovnih parametara: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udjelu netopljivih nečistoća i udjelu vlage.

Peroksidni broj

Peroksidnim brojem (Pbr) se određuje stupanj oksidacijskog kvarenja ulja i masti koji je u direktnoj korelaciji s oksidacijskom stabilnošću ulja i masti. To je jedna od najviše korištenih kemijskih metoda za ispitivanje primarnih produkata oksidacije ulja i masti (Moslavac, 2011.).

Oksidacijska stabilnost ovisi o sastavu ulja (sastavu masnih kiselina) te sastavu i udjelu bioaktivnih komponenti. Na stabilnost ulja utječu brojni čimbenici poput kvalitete sirovine, načina proizvodnje i skladištenja.

Za određivanje peroksidnog broja se koristi jodometrijska metoda kojom se određuje količina joda oslobođenog od strane peroksida prisutnih u ulju. Rezultat se izražava kao mmol O₂/kg. Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) definiran je Pbr za hladno prešana i za djevičanska ulja. Maksimalna vrijednost peroksidnog broja iznosi 7 mmol O₂/kg. Vrijednosti niže od maksimalne dopuštene dokazuju da nije došlo do značajnog oksidacijskog kvarenja i da uvjeti proizvodnje ulja nisu narušili kvalitetu ulja.

$$\text{Peroksidni broj} = \frac{(a - b) \times 5}{c}$$

gdje je:

a – mL 0,01 M Na₂S₂O₃ utrošeni za titraciju uzorka ulja,

b – mL 0,01 M Na₂S₂O₃ utrošeni za titraciju slijepe probe,

c – masa uzorka (g).

Slobodne masne kiseline

Konopljino ulje ima vrlo specifičan sastav masnih kiselina. Skupini ω-3 masnih kiselina pripadaju α-linolenska (18:3) i stearidonska (18:4) koje imaju protuupalnu aktivnost i pomažu u prevenciji kroničnih bolesti. U reguliranju metaboličkih funkcija pomaže γ-linolenska masna kiselina. Ova masna kiselina je esencijalna pa ju je potrebno unositi hranom.

Najveći udio u konopljinom ulju ima linolna masna kiselina (54 %), a slijede ju oleinska (17 %), α-linolenska (14 %), γ-linolenska (2,3 %). Omjer ω-6/ω-3 masnih kiselina

iznosi 3,3:1 što je optimalan omjer višestruko nezasićenih masnih kiselina. Da ne bi došlo do oksidacijskog kvarenja vrlo je važno obratiti pozornost na skladištenje. Hladno prešano ulje konoplje se čuva u tamnim staklenim bocama manjeg volumena te nije predviđeno za zagrijavanje i kuhanje, koristi se kao salatno.

Udio masnih kiselina se određuje plinskom kromatografijom prilikom koje se masne kiseline najprije prevode u metilne estere. Identifikacija pojedinih masnih kiselina se određuje usporedbom vremena zadržavanja metilnih estera pojedine masne kiseline s vremenima zadržavanja metilnih estera standardne smjese 37 masnih kiselina poznatog sastava.

Hidrolitičkom razgradnjom molekula triglicerida u biljnim uljima, uz prisustvo enzima lipaze, dolazi do stvaranja slobodnih masnih kiselina (SMK). Njihov udio je reguliran Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/19), a maksimalno dozvoljen udio u hladno prešanim i djevičanskim uljima iznosi 2 %. Udio veći od 2 % predstavlja povećanu kiselost jestivog biljnog ulja i takvo ulje se ne smije koristiti u prehrani ljudi.

$$SMK (\% \text{ oleinske kiseline}) = \frac{10 \times b}{a} \times 0,282$$

gdje je:

a – masa uzorka (g),

b – volumen (mL) 0,1 M NaOH utrošenih za titraciju ulja,

0,282 – molekularna masa oleinske kiseline (kg/mol).

Udio vlage

Udio vlage predstavlja količinu slobodne i vezane vode u sjemenu. Sadržaj vlage ovisi o stupnju zrelosti sirovine i vremenskim uvjetima tijekom žetve. Veći sadržaj vlage u sirovini znači manji udio suhe tvari čime se smanjuje vrijednost uljarice.

Veći udio vlage dovodi do ubrzanog mikrobiološkog kvarenja i hidrolitičkih procesa što rezultira povećanjem kiselosti ulja, stvaranjem neugodnog mirisa i okusa, razgradnje organskih tvari i intenzivnih biokemijskih procesa. Važno je pravilno skladištiti sirovinu i smanjiti udio vode u sjemenu ispod kritične vrijednosti da bi se spriječilo kvarenje sirovine i dobije što kvalitetniji konačni proizvod. Sadržaj vlage izražava se u postocima.

Udio vlage u ulju izračunava se prema formuli:

$$\% \text{ vode} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

gdje je:

m_0 – masa prazne posudice (g),

m_1 – masa posudice sa uzorkom prije sušenja (g),

m_2 – masa posudice sa uzorkom nakon sušenja (g).

Udio vode u hladno prešanim i djevičanskim jestivim biljnim uljima je definiran Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) i prema njemu maksimalno dozvoljeni udio iznosi 0,4 %, a u rafiniranim uljima maksimalno 0,2 %.

Udio netopljivih nečistoća

Netopljive nečistoće u ulju predstavljaju mehaničke nečistoće koje mogu biti mineralne tvari ili organski sastojci, dijelovi biljke uljarica. Udio netopljivih nečistoća u jestivom biljnom ulju dobre kvalitete uglavnom je niži od 0,03 % (Moslavac, 2011.).

Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) maksimalno dozvoljena količina netopljivih nečistoća u jestivom hladno prešanom i djevičanskom ulju je 0,05 %, a u rafiniranom ulju 0,05 %.

$$\text{Udio netopljivih nečistoća} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

gdje je:

m_0 – masa uzorka (g),

m_1 – masa osušenog filter lijevka (g),

m_2 – masa filter lijevka s nečistoćama nakon sušenja (g).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj procesnih parametara prešanja na efikasnost proizvodnje hladno prešanog ulja konoplje. Korišteno je neoljušteno sjeme konoplje sorte *Finola*. Ispitivao se utjecaj veličine nastavka za izlaz pogače (16 mm, 11 mm i 9 mm), frekvencija elektromotora (34 Hz, 27 Hz i 22 Hz) i temperatura grijača glave preše tijekom prešanja (80 °C, 90 °C, 100 °C i 110 °C) na iskorištenje ulja. Nakon sedimentacije i vakuum filtracije sirovog ulja ispitani su osnovni parametri kvalitete proizvedenog hladno prešanog ulja konoplje (peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio netopljivih nečistoća i udio vlage).

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

U ovom diplomskom radu korišteno je sjeme konoplje sorte *Finola*. Na **Slici 3** prikazani su uzorci očišćenog, osušenog i neoljuštenog sjemena konoplje korišteni za proizvodnju hladno prešanog ulja.



Slika 3 Ispitivani uzorci neoljuštene sjemenke konoplje sorte *Finola*

3.2.2. Metode rada

U ovom diplomskom radu za proizvodnju hladno prešanog ulja konoplje korištena je laboratorijska kontinuirana pužna preša tvrtke „ElektroMotor-Šimon“ iz Srbije (**Slika 4**). Snaga elektromotora je 1,5 kW.



Slika 4 Kontinuirana pužna preša tvrtke ElektroMotor-Šimon

Masa konoplje za prešanje u jednom uzorku iznosila je 1 kg, a sveukupno je pripremljeno četrnaest uzoraka. Proizvedeno sirovo ulje je sakupljano u menzuru te su mjereni volumen i temperatura. Sirovo ulje je potom preneseno u staklenke (**Slika 5**) te ostavljeno u njima u tamnom prostoru 10 dana. Tijekom tog perioda odvijala se prirodna sedimentacija pri čemu su se zaostale krute čestice zbog svoje veće specifične mase nataložile na dno staklenke. Nakon provedene sedimentacije izdvojeno ulje se filtriralo vakuum filtracijom (**Slika 6**) te je stavljeno na skladištenje u hladnjak u tamnim bocama. Pogača nastala tijekom prešanja se sakupljala i vagala na laboratorijskoj vagi.



Slika 5 Sirovo ulje konoplje u staklenkama i pogače



Slika 6 Vakuum filtracija sirovog ulja

Ispitivao se utjecaj sljedećih procesnih parametara na iskorištenje ulja tijekom prešanja sjemenki konoplje:

- a) veličina nastavka za izlaz pogače: 16 mm, 11 mm, 9 mm,
- b) frekvencija elektromotora: 34 Hz, 27 Hz, 22 Hz,
- c) temperatura grijača glave preše: 80 °C, 90 °C, 100 °C, 110 °C.

3.2.2.1. Određivanje parametara kvalitete sjemenke konoplje

Određivanje vlage u konoplji i pogačama

Sjemenke konoplje, kao i pogače, su samljevene na laboratorijskom mlinu (**Slika 7**) te su raspoređene u čašice od 100 mL prije vaganja isto kao i konoplja (**Slika 8**).

Od samljevenih pogača i cijelih sjemenki konoplje izdvojeno je po 5 g usitnjenog materijala od svakog uzorka i stavljeno u prethodno osušenu i izvaganu posudicu. Posudica je zatim stavljena u sušionik na temperaturu 103 °C. Nakon 2 h sušenja posudice s uzorcima su ohlađene i izvagane. Postupak sušenja, hlađenja i vaganja ponovljen je dok nije postignuta konstantna masa.

Izračun:

$$\% \text{ vlage} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

gdje je:

m_0 – masa prazne posudice (g),

m_1 – masa posudice s uzorkom prije sušenja (g),

m_2 – masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g).



Slika 7 Laboratorijski mlin



Slika 8 Samljevene pogače konoplje

Određivanje ulja u konoplji i pogačama

Za određivanje udjela ulja u konoplji kao i pogači korištena je metoda po Soxhlet-u (Slika 9).

U tuljak za ekstrakciju se izvaže oko 5 g samljevenog uzorka. Tuljak se zatim zatvori vatom te stavi u ekstraktor. Ekstraktor je spojen sa hladilom i tikvicom te je, nakon dodatka 150 mL petroletera, provedena ekstrakcija. Ekstrakcija traje 3-6 sati ovisno o uzorku čiji se udio ulja određuje. Nakon ekstrakcije, otapalo je predestilirano, a zaostalo ulje u tikvici stavljeno na sušenje, hlađenje i na kraju vaganje.

Izračun:

$$\text{Udio ulja} = \frac{(a - b)}{c} \times 100 (\%)$$

a – masa tikvice s uljem (g),

b – masa prazne tikvice (g),

c – masa ispitivanog uzorka (g).



Slika 9 Soxhlet metoda

3.2.2.2. Određivanje parametara kvalitete ulja

Primjenom standardnih metoda određeni su parametri kvalitete konopljinog ulja (peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio netopljivih nečistoća i udio vlage).

Peroksidni broj (Pbr)

Oko 1 g ulja je izvagano te je dodano 10 mL smjese ledene octene kiseline i kloroforma. Nakon miješanja uzorka dodano je 0,2 mL kalijevog jodida (KI). Uzorak je miješan jednu minutu nakon čega mu je dodano 20 mL prokuhane i ohlađene destilirane vode. Zatim je uzorku dodano 0,5 mL škroba koji služi kao indikator nakon čega je provedena titracija sa 0,01 M natrijevim tiosulfatom ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Titracija je završena kada je došlo do promjene boje.

Izračun:

$$Pbr = \frac{(a-b) \times 5}{c} \text{ (mmol O}_2\text{/kg)}$$

gdje je:

a – volumen 0,01 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošenog za titraciju uzorka ulja (mL),

b – volumen 0,01 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošenog za titraciju slijepa probe (mL),

c – masa uzorka (g).

Udio slobodnih masnih kiselina (SMK)

Izvagano je 5 g uzorka ulja te je dodano 50 mL neutralne smjese etera i etanola. Slijedi homogenizacija nakon koje je dodano nekoliko kapi fenolftaleina te je provedena titracija sa 0,1 M NaOH. Titracija je završena kada je došlo do promjene boje (**Slika 10**). Rezultat se prikazuje u % SMK izražen kao oleinska kiselina.

Izračun:

$$\% SMK = \frac{V \times c \times M}{10 \times m} \text{ (% oleinske kiseline)}$$

gdje je:

V – volumen utrošenog 0,1 M NaOH za titraciju,

c – koncentracija utrošenog NaOH za titraciju,

M – molekulska masa oleinske kiseline, $M=282$ g/mol,

m – masa uzorka ulja (g).



Slika 10 Titracija ulja s NaOH

Udio vlage u ulju

U prethodno osušenu, ohlađenu u eksikatoru i izvaganu posudicu s poklopcem izvagano je 5-10 g uzorka ulja. Posudica s uzorkom je zatim stavljena u sušionik na temperaturu 103 °C pri čemu je posudica u sušioniku bila otvorena. Nakon 2 h uzorak je u zatvorenoj posudici ohlađen u eksikatoru te izvagan. Postupak sušenja, hlađenja i vaganja je ponovljen sve dok gubitak mase između dva vaganja nije bio manji od 0,002 g.

Izračun:

$$\% \text{ vlage} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

gdje je:

m_0 – masa staklene posudice (g),

m_1 – masa staklene posudice i uzorka prije sušenja (g),

m_2 – masa staklene posudice i uzorka nakon sušenja (g).

Udio netopljivih nečistoća (NN)

U Erlenmyerovu tikvicu s brušenim grlom i čepom je izvagano 20 g uzorka te mu je dodano 100 mL n-heksana. Nakon toga je uzorak homogeniziran u začepljenoj tikvici te ostavljen 30 minuta da stoji. Potom je filtriran vakuum filtracijom (**Slika 11**) sa prethodno osušenim na temperaturi 103 °C, ohlađenim u eksikatoru i izvaganim staklenim lijevkom sa

sinteriranim dnom. Uzorak je filtriran tako da je ispran nekoliko puta sa otapalom do potrošnje 200 mL. Stakleni lijevak, na kojem je zaostao netopljivi talog, je potom osušen u sušioniku na temperaturi 103 °C te ohlađen i izvagan. Postupak sušenja, hlađenja i vaganja ponovljen je nekoliko puta do pojave konstantne mase.

Izračun:

$$NN = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 (\%)$$

gdje je:

m_0 – masa uzorka (g),

m_1 – masa osušenog filter lijevka (g),

m_2 – masa filter lijevka nakon sušenja s nečistoćama (g).



Slika 11 Vakuum filtracija staklenim lijevkom sa sinteriranim dnom

4. REZULTATI

PARAMETRI KVALITETE SJEMENKI KONOPLJE

Tablica 9 Rezultati ispitivanja parametara kvalitete sjemenki konoplje sorte *Finola*

Ulje (%)	Vlaga (%)
33,82	8,33

UTJECAJ PROCESNIH PARAMETARA PREŠANJA NA ISKORIŠTENJE ULJA

Sedimentacija sirovog ulja je trajala 10 dana te je provedeno dekantiranje ulja i vakuum filtracija kako bi se proizvelo hladno prešano konopljino ulje.

Tablica 10 Utjecaj nastavka za izlaz pogače na iskorištenje ulja tijekom prešanja

Parametri prešanja			Sirovo i hladno prešano ulje			Pogača		
N (mm)	T (°C)	F (Hz)	V sirovog ulja (mL)	T sirovog ulja (°C)	V finalnog ulja (mL)	m pogače (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
16	80	34	120	34	60	868,23	26,75	8,07
11	80	34	230	39	140	764,48	17,52	8,96
9	80	34	260	43	190	756,08	14,92	8,30

N – nastavak, veličina otvora glave preše za izlaz pogače

T – temperatura grijača glave preše

F – frekvencija elektromotora, brzina okretaja pužnice

V – volumen

finalno ulje – hladno prešano ulje

Tablica 11 Utjecaj frekvencije elektromotora na iskorištenje ulja tijekom prešanja

Parametri prešanja			Sirovo i hladno prešano ulje			Pogača		
N (mm)	T (°C)	F (Hz)	V sirovog ulja (mL)	T sirovog ulja (°C)	V finalnog ulja (mL)	m pogače (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
11	80	34	230	39	140	764,48	17,52	8,96
11	80	27	255	41	185	758,73	15,89	9,09
11	80	22	270	42	200	649,81	9,80	8,83
9	80	34	260	43	190	756,08	14,92	8,30
9	80	27	270	44	200	746,45	13,44	8,71
9	80	22	270	42	210	741,15	8,75	9,02
9	90	34	265	44	190	757,66	14,06	8,50
9	90	27	275	43	210	745,91	13,50	8,47
9	90	22	280	43	220	734,32	10,96	8,66

N – nastavak, veličina otvora glave preše za izlaz pogače

T – temperatura grijača glave preše

F – frekvencija elektromotora, brzina okretaja pužnice

V – volumen

Tablica 12 Utjecaj temperature grijača glave preše na iskorištenje ulja tijekom prešanja

Parametri prešanja			Sirovo i hladno prešano ulje			Pogača		
N (mm)	T (°C)	F (Hz)	V sirovog ulja (mL)	T sirovog ulja (°C)	V finalnog ulja (mL)	m pogače (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
9	80	34	260	43	190	756,08	14,92	8,30
9	90	34	265	44	190	757,66	14,06	8,50
9	100	34	270	43	210	750,56	13,55	8,64
9	110	34	275	45	210	745,50	13,58	8,64
9	80	22	270	42	210	741,15	8,75	9,02
9	90	22	280	43	220	734,32	10,96	8,66
9	100	22	285	45	230	737,32	11,82	8,74
9	110	22	285	42	240	732,42	13,14	8,15

N – nastavak, veličina otvora glave preše za izlaz pogače

T – temperatura grijača glave preše

F – frekvencija elektromotora, brzina okretaja pužnice

V – volumen

PARAMETRI KVALITETE HLADNO PREŠANOG ULJA KONOPLJE**Tablica 13** Rezultati ispitivanja osnovnih parametara kvalitete proizvedenog hladno prešanog ulja konoplje

Pbr (mmol O ₂ /kg)	SMK (%)	Vlaga (%)	NN (%)
0	0,56	0,048	0,51

Pbr – peroksidni broj

SMK – slobodne masne kiseline

NN – netopljive nečistoće

5. RASPRAVA

Analitičkim metoda je određen udio vlage i ulja u sjemenkama konoplje te su dobiveni rezultati prikazani u **Tablici 9**.

Ispitivao se utjecaj procesnih parametara prešanja sjemenki konoplje sorte *Finola* na iskorištenje ulja tijekom postupka prešanja. U **Tablici 10** su prikazani rezultati ispitivanja utjecaja veličine otvora glave preše na iskorištenje ulja. Korištene su sljedeće veličine nastavka za izlaz pogače: 16 mm, 11 mm i 9 mm. Ostali parametri (temperatura glave preše i frekvencija elektromotora) u ovom istraživanju su bili konstantni ($T=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $F=34\text{ Hz}$).

Korištenjem nastavka veličine 16 mm dobiveno je 120 mL sirovog ulja temperature $34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon sedimentacije koja je trajala 10 dana dobiveno je 60 mL hladno prešanog ulja konoplje. Udio zaostalog ulja u pogači je bio 26,75 %, a udio vlage 8,07 %.

Korištenjem nastavka veličine 11 mm proizvedena je veća količina ulja u odnosu na količinu ulja koja je dobivena prešanjem konoplje sa nastavkom veličine 16 mm. Dobilo se 230 mL sirovog ulja temperature $39\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon provedene sedimentacije dobiveno je 140 mL hladno prešanog ulja. Primjenom nastavka ove manje veličine u pogači je zaostalo manje ulja i ono je iznosilo 17,52 % dok je udio vode u pogači iznosio 8,96 %.

Posljednja korištena veličina nastavka je bila 9 mm. Primjenom ove veličine nastavka nastalo je malo više sirovog ulja u odnosu na nastavak 11 mm. Dobiveno je 260 mL sirovog ulja čija je temperatura bila $43\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon sedimentacije dobilo se 190 mL hladno prešanog ulja. Primjenom ovog nastavka dobili smo veću količinu hladno prešanog ulja nego korištenjem prethodnih nastavaka za izlaz pogače. Udio ulja u pogači se također smanjio i iznosio je 14,92 %, a udio vode u pogači je bio 8,30 %.

Najveća količina hladno prešanog ulja te pogača u kojoj je zaostalo najmanje ulja su dobiveni korištenjem nastavka 9 mm. Primjenom nastavka manjeg promjera u preši dolazi do stvaranja većih tlakova što rezultira izdvajanjem veće količine sirovog ulja uz zaostajanje manjih količina ulja u pogači.

Drugi analizirani procesni parametar prešanja je bila frekvencija elektromotora pužne preše. Korištene su sljedeće frekvencije: 22 Hz, 27 Hz i 34 Hz. Temperatura grijača te veličina otvora glave preše su bili konstantni ($N=11\text{ mm}$, $T=80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Rezultati ove analize su prikazani u **Tablici 11**.

Primjenom frekvencije elektromotora preše od 22 Hz (kod nastavka veličine 11 mm i temperature glave preše $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) dobiveno je 270 mL sirovog ulja temperature $42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon provedene sedimentacije dobilo se 200 mL hladno prešanog ulja konoplje. Udio zaostalog ulja u pogači je 9,80 %, a udio vlage je 8,83 %.

Kod frekvencije 27 Hz dobilo se 255 mL sirovog ulja temperature 41 °C, a nakon sedimentacije je ostalo 185 mL finalnog ulja. Udio vode i ulja zaostao u pogači je veći od onog kod frekvencije 22 Hz i iznosili su: udio ulja 15,89 % i udio vode 9,09 %.

Rezultati prikazuju da se uz primjenu još veće frekvencije elektromotora od 34 Hz proizvela još manja količina sirovog ulja (230 mL) i finalnog ulja (140 mL) uz veći udio zaostalog ulja u pogači (17,52 %).

Razlog zbog kojeg je primjenom manje frekvencije elektromotora (22 Hz) proizvedena najveća količina ulja je taj da je brzina okretaja pužnice manja tj. materijal se zadržava duže vrijeme u preši te dolazi do boljeg izdvajanja ulja. Veće količine ulja zaostaju u pogači primjenom većih frekvencija elektromotora.

Kod frekvencije elektromotora od 22 Hz (kod nastavka veličine 9 mm i temperature glave preše 80 °C) dobiveno je 270 mL sirovog ulja temperature 42 °C. Nakon sedimentacije dobilo se 210 mL hladno prešanog ulja konoplje. Udio zaostalog ulja u pogači je 8,75 %, a udio vode je 9,02 %.

Primjenom frekvencije 27 Hz dobilo se 270 mL sirovog ulja temperature 44 °C, a nakon sedimentacije je ostalo 200 mL finalnog ulja. Udio ulja zaostao u pogači je veći od onog kod frekvencije 22 Hz i iznosi 13,44 %, a udio vode je bio 8,71 %.

Količina nastalog sirovog ulja, uz primjenu još veće frekvencije elektromotora 34 Hz iznosi još manje (260 mL) kao i količina finalnog ulja (190 mL).

Primjenom frekvencije elektromotora preše od 22 Hz (kod nastavka veličine 9 mm i temperature glave preše 90 °C) dobiveno je 280 mL sirovog ulja s temperaturom 43 °C. Nakon provedene sedimentacije dobilo se 220 mL hladno prešanog ulja konoplje. Udio zaostalog ulja u pogači je 10,96 %, a udio vlage je 8,66 %.

Kod frekvencije 27 Hz dobilo se 275 mL sirovog ulja temperature 43 °C, a nakon sedimentacije je ostalo 210 mL finalnog ulja. Udio ulja zaostao u pogači je veći od onog kod frekvencije 22 Hz i iznosio je 13,50 %, a udio vode je bio 8,47 %.

Uz primjenu još veće frekvencije elektromotora 34 Hz, količina nastalog sirovog ulja iznosila je 265 mL. Temperatura tog ulja je bila 44 °C, a nakon sedimentacije je ostalo 190 mL finalnog ulja. Udio ulja u pogači je bio 14,06 %, a udio vlage 8,50 %.

Tablica 12 prikazuje rezultate utjecaja temperature glave preše na iskorištenje ulja. Ispitivao se utjecaj promjene temperature glave preše kod 80 °C, 90 °C, 100 °C i 110 °C dok su ostali parametri (veličina nastavka za izlaz pogače i frekvencija elektromotora) bili konstantni.

Primjenom temperature glave preše 80 °C i 90 °C i veličine otvora glave preše 9 mm te brzine okretaja pužnice 34 Hz proizvedena je jednaka količina hladno prešanog ulja (190 mL).

U **Tablici 12** prikazano je da se kod temperature glave preše 100 °C dobilo 270 mL sirovog ulja, a od toga 210 mL hladno prešanog ulja konoplje nakon sedimentacije. Temperatura sirovog ulja iznosila je 43 °C. Udio ulja zaostalog u pogači bio je 13,55 % dok je udio vlage iznosio 8,64 %.

Primjenom temperature glave preše 110 °C proizvedena je najveća količina sirovog ulja koja je iznosila 275 mL. Nakon sedimentacije dobiveno je 210 mL finalnog ulja. Temperatura sirovog ulja bila je 45 °C. Udio vlage u pogači bio je 8,64 % dok je zaostalog ulja bilo 13,58 %.

Primjenom veličine otvora glave preše 9 mm i brzine okretaja pužnice 22 Hz, a kod temperature glave preše 80 °C proizvelo se 270 mL sirovog ulja i 210 mL finalnog ulja. Porastom $T=90$ °C dobila se nešto veća količina sirovog i finalnog ulja.

Kod temperature glave preše 100 °C dobilo se 285 mL sirovog ulja, a od toga 230 mL hladno prešanog ulja konoplje nakon sedimentacije. Temperatura sirovog ulja iznosila je 45 °C.

Primjenom najveće temperature glave preše 110 °C nastalo je 285 mL sirovog ulja. Nakon sedimentacije dobiveno je 240 mL hladno prešanog ulja konoplje. Temperatura sirovog ulja bila je 42 °C. Udio vlage u pogači bio je 8,15 % dok je zaostalog ulja bilo 13,14 %.

Promatranjem ovih rezultata vidimo da porastom temperature grijača glave preše tijekom prešanja raste i količina proizvedenog hladno prešanog ulja.

Ispitivanjem osnovnih parametara kvalitete ulja primjenom standardnih metoda dobili smo rezultate za ispitivano ulje konoplje: peroksidni broj 0 mmol O₂/kg; 0,56 % slobodnih masnih kiselina; 0,048 % vlage te 0,51 % netopljivih nečistoća. Navedeni rezultati su prikazani u **Tablici 13**. Rezultati pokazuju da je proizvedeno ulje konoplje dobre kvalitete te u skladu s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) osim vrijednosti netopljivih nečistoća pa je potrebno produžiti vrijeme sedimentacije sirovog ulja.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata dobivenih prilikom istraživanja u ovom diplomskom radu dolazimo do sljedećih zaključaka:

- 1) Na iskorištenje ulja tijekom prešanja sjemenki konoplje utječe veličina otvora glave preše. Primjenom najmanjeg nastavka za izlaz pogače, $N=9$ mm, proizvedene su najveće količine sirovog i hladno prešanog ulja dok je udio ulja zaostalog u pogači bio manji u odnosu na udio kod drugih primijenjenih nastavaka za izlaz pogače. Razlog tomu je nastanak većeg procesnog tlaka koji utječe na iskorištenje ulja.
- 2) Ispitivanjem utjecaja frekvencije elektromotora (brzine okretaja pužnice preše) uz konstantne vrijednosti nastavka za izlaz pogače i temperature glave preše dolazimo do zaključka da ovaj parametar ima utjecaj na iskorištenje ulja tijekom prešanja. Primjenom manje frekvencije elektromotora dolazi do proizvodnje veće količine ulja što je rezultat dužeg zadržavanja materijala u preši pa je i udio ulja zaostalog u pogači manji.
- 3) Na iskorištenje ulja utječe i temperatura grijača glave preše. Iskorištenje ulja tijekom prešanja raste povišenjem temperature glave preše, ujedno raste i temperatura sirovog ulja. Najveća količina ulja dobivena je primjenom temperature 110 °C.
- 4) Najveće iskorištenje ulja tijekom prešanja postignuto je primjenom veličine otvora glave preše od 9 mm, temperature preše 110 °C te frekvencije elektromotora 22 Hz.
- 5) Proizvedeno hladno prešano ulje konoplje je dobre kvalitete, osnovni parametri kvalitete su u skladu s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/19).

7. LITERATURA

Berenji J, Dimić E, Romanić R: *Konoplja-potencijalna sirovina za hladno ceđena ulja*, 46. savetovanje industrije ulja: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, (127-137), Petrovac na moru, 2005.

Bockisch M: *Fats and Oils Handbook*, AOCS Press, Champaign, Illinois, 1998.

Dimić E, Turkulov J: *Kontrola kvaliteta u tehnologiji jestivih ulja*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2000.

Dimić E: *Hladno ceđena ulja*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2005.

Jokić S, Moslavac T, Aladić K, Bilić M, Ačkar Đ, Šubarić D: Hazelnut oil production using pressing and supercritical CO₂ extraction. *Hemijska Industrija* 70 (4): 359-366, 2016.

Karlović Đ, Turkulov J, Berenji J, Verešbaranji I: *Esencijalne masne kiseline i ulje zrna konoplje*, Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 26 (137-148), 1996.

Kirk R. E, Othmer D. F: *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley Interscience, New York, 1967.

Mandić M: *Znanost o prehrani*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2007.

Ministarstvo poljoprivrede: Pravilnik o jestivim uljima i mastima. Narodne novine 11/19, 2019.

Moslavac T, Jokić S, Šubarić D, Kelnerić L, Berović N: Utjecaj prešanja i mikrovalnog zagrijavanja na proizvodnju i održivost ulja konoplje sorte Finola. *Glasnik zaštite bilja* 4: 56-67, 2019.

Moslavac T: Tehnologija ulja i masti, Interna skripta. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.

Moslavac T: Tehnologija ulja i masti, Propisi za laboratorijske vježbe. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.

Pine SH.: *Organska kemija*, Školska knjiga, Zagreb, 1994.

Rac M: *Ulja i masti*, Poslovno udruženje proizvođača biljnih ulja, Beograd, 1964.

Rade D, Škevin D: Maslinovo ulje i zdravlje – važnost maslinovog ulja u prehrani. *Popularni stručni članci iz područja PBN-a*, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2004.

Sacilik K, Öztürk R, Keskin R: *Some Physical Properties of Hemp Seed*. *Biosyst. Eng.* 86, 191– 198, 2003.

Sadadinović J: *Organska tehnologija*, Ars grafika, Tuzla, 2008.

Schuster W: *Ölpflanzen in Europe*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 1993.

Swern D: *Industrijski proizvodi ulja i masti*. Nakladni zavod Znanje, Zagreb, 1972.

Teh S. S, Birch J: Physicochemical and quality characteristics of cold-pressen hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30 (26-31), 2013.

Wang ZX, Zhuge J, Fang H, Prior BA: Glycerol production by microbial fermentation; Areview, *Biotechnology Advances*, 19, 201-223, 2001.

Web 1: Wikipedija: Glicerol, 2002. (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Glicerol>) [14.9.2019.]

Web 2: Chemistry image gallery: Fatty Acids, 2018. (<https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=fatty+acid>) [15.9.2019.]