

Utjecaj frekvencije elektromotora, temperature glave preše i nastavka za izlaz pogače tijekom prešanja sjemenke lana na iskorištenje ulja

Ripić, Andreja

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:800938>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Andreja Ripić

**UTJECAJ FREKVENCIJE ELEKTROMOTORA, TEMPERATURE GLAVE PREŠE
I NASTAVKA ZA IZLAZ POGAČE TIJEKOM PREŠANJA SJEMENKE LANA
NA ISKORIŠTENJE ULJA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za prehrambeno inženjerstvo
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Sveučilišni diplomski studij: Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ulja i masti

Tema rada: je prihvaćena na 1. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 31. listopada 2022.

Mentor: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

Pomoć pri izradi: Daniela Paulik, tehnički suradnik

Utjecaj frekvencije elektromotora, temperature glave preše i nastavka za izlaz pogače tijekom prešanja sjemenki lana na iskorištenje ulja
Andreja Ripić, 0113138455

Sažetak: Lan, *Linum usitatissimum* L. je uzgajan još prije 3000 godina, to je najstarija i nekad glavna tekstilna biljka na području umjerene i hladnije klime. Sjemenke lana su bogate uljem i proteinima te imaju visok udio nezasićenih masnih kiselina. Sirovo laneno ulje ima tamno žutu boju, i jak specifičan miris i okus. U ovom radu hladno prešano laneno ulje proizvedeno je na kontinuiranoj pužnoj preši te je ispitivan utjecaj procesnih parametara prešanja sjemenke lana na iskorištenje hladno prešanog ulja. Tijekom prešanja ispitivani parametri su: veličina nastavka za izlaz pogače, temperatura glave preše i frekvencija elektromotora. Na proizvedenom hladnom prešanom lanenom ulju određeni su osnovni parametri kvalitete: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vode, udio netopljivih nečistoća te je utvrđena sukladnost prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19). Rezultati pokazuju da ispitivani parametri kvalitete prešanja su u skladu s vrijednostima prema Pravilniku, osim netopljivih nečistoća koje su nešto povećane te je potrebno produžiti vrijeme taloženja krutih čestica iz sirovog ulja.

Ključne riječi: laneno ulje, pužna preša, procesni parametri, iskorištenje,

Rad sadrži: 44 stranice
9 slika
11 tablica
0 priloga
26 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

- | | |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Antun Jozinović | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. Tihomir Moslavac | član-mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. Krunoslav Aladić | član |
| 4. prof. dr. sc. Stela Jokić | zamjena člana |

Datum obrane: 28. rujna, 2023.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technologies
Subdepartment of Food Engineering
Franje Kuhača 18, 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. 1. held on October, 31, 2022.

Mentor: Tihomir Moslavac, PhD, full prof.

Technical assistance: Daniela Paulik, technical associate

The Influence of the Electric Motor Frequency, the Temperature of the Press Head and the Attachment for the Cake Outlet During the Pressing of Flax Seeds on the Oil Yield

Andreja Ripić, 0113138455

Summary: Flax, *Linum usitatissimum* L. was cultivated 3000 years ago, it is the oldest and once the main textile plant in the area of moderate and colder climate. Flax seeds are rich in oil and protein and have a high proportion of unsaturated fatty acids. Raw linseed oil has a dark yellow color, and a strong specific smell and taste. In this work, cold-pressed linseed oil was produced on a continuous screw press, and the influence of process parameters of linseed pressing on the utilization of cold-pressed oil was investigated. During pressing, the tested parameters are: the size of the attachment for the cake output, the temperature of the heater of the press head and the frequency of the electric motor. The basic parameters of oil quality were determined on the produced cold-pressed linseed oil: peroxide number, free fatty acids, water content, and insoluble impurities. Compliance with the Ordinance on Edible Oils and Fats (OG 11/19) was established. The results show that the investigated pressing parameters affect the utilization of linseed oil. The results show that the examined pressing quality parameters are in accordance with the values according to the Ordinance, except for the insoluble impurities which have increased somewhat and it is necessary to extend the settling time of solid particles from the crude oil.

Key words: flax oil, screw press, process parameters, yield

Thesis contains: 44 pages
9 figures
11 tables
0 supplements
26 references

Original in: Croatian

Defense committee:

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

Defense date: September 28, 2023

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

Veliko hvala mentoru prof.dr.sc. Tihomiru Moslavcu na mentorstvu, savjetima, uloženom trudu i vremenu prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala i tehničarki Danieli Paulik na strpljenju i velikoj pomoći prilikom izrade eksperimentalnog dijela rada.

Zahvaljujem se suprugu i mojoj obitelji koji su bili uz mene i pružali mi veliku podršku tijekom ovog perioda moga života.

Neizmjeno hvala svima koji su sudjelovali u čuvanju moje djece jer bez njih ovaj završetak ne bi bio moguć!

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. SASTAV ULJA I MASTI	4
2.1.1. Trigliceridi	5
2.1.2. Masne kiseline	6
2.1.3. Negliceridni sastojci	9
2.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BILJNIH ULJA	9
2.2.1. Uvjeti kvalitete sirovine	11
2.2.2. Kontrola kvalitete sirovine.....	11
2.2.3. Senzorska kvaliteta sirovine	12
2.2.4. Zdravstveno higijenska ispravnost sirovine	12
2.2.5. Tehnološka kvaliteta sirovine	13
2.3. LAN	14
2.3.1. Sastav i kemijske karakteristike lanenog ulja	15
2.3.2. Upotreba lana	17
2.4. PROCES PROIZVODNJE HLADNO PREŠANOG ULJA	18
2.4.1. Čišćenje	19
2.4.2. Prešanje	20
2.4.3. Odvajanje netopljivih nečistoća	22
2.5. PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE ULJA	23
3. EKSPERIMENTALNI DIO	25
3.1. ZADATAK	26
3.2. MATERIJAL I METODE	26
3.2.1. Materijali	26
3.2.2. Metode rada	26
3.2.2.1. Određivanje udjela ulja u sjemenkama i pogači	26
3.2.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja.....	27
3.2.2.3. Određivanje parametara za identifikaciju ulja	29
3.2.2.4. Određivanje sastava masnih kiselina u ulju	30
4. REZULTATI	32
5. RASPRAVA	36
6. ZAKLJUČCI	40
7. LITERATURA	42

Popis oznaka, kratica i simbola

EMK - esencijalne masne kiseline

NMK - nezasićene masne kiseline

NN - netopljive nečistoće

Pbr - peroksidni broj

SMK - slobodne masne kiseline

ZMK - zasićene masne kiseline

KOH - kalijev hidroksid

NaOH - natrijev hidroksid

KI - kalijev jodid

Na₂S₂O₃ – natrijev tiosulfat

HCN - cijanovodična kiselina

1. UVOD

Lan je najstarija i nekada glavna tekstilna biljka na području umjerene i hladnije klime. Komercijalno se uzgaja radi sjemena uglavnom u Argentini, Ukrajini, Francuskoj, Bangladešu, Etiopiji. Uzgaja se u tri svrhe, samo za vlakno (tekstilni lan), samo za sjeme (uljani lan) i za vlakno i za sjeme (kombinirano). Sjemenke lana su bogate uljem i proteinima te imaju i visok udio nezasićenih masnih kiselina. Sirovo laneno ulje ima tamno žutu boju, i jak specifičan miris i okus.

Uglavnom se koristi za proizvodnju boja, lakova, mekih sapuna i tiskarskih boja, zbog izuzetno visokog jodnog broja i velike količine linolenske kiseline. Sjeme se koristi u farmaceutskoj industriji za proizvodnju nekih lijekova, kao i u makrobiotičke svrhe. Ostaci poslije izdvajanja ulja, pogača, koristi se kao stočna hrana bogata proteinima. Zbog specifičnog sastava masnih kiselina, laneno ulje je veoma osjetljivo na oksidaciju i ima prilično slabu održivost.

Hladno prešana biljna ulja proizvode se postupkom prešanja, bez zagrijavanja, kako bi se održala potpuna kvaliteta i nutritivna vrijednost. Prije svega, za proizvodnju kvalitetnog ulja trebamo osigurati i kvalitetnu sirovinu.

Zadatak ovog diplomskog rada je ispitati utjecaj procesnih parametara prešanja sjemenki lana na iskorištenje hladno prešanog ulja. Hladno prešano ulje proizvelo se na kontinuiranoj pužnoj preši. Od procesnih parametara prešanja ispitivao se utjecaj nastavka tj. veličine otvora za izlaz pogače, frekvencija elektromotora i temperatura grijača glave preše na iskorištenje ulja.

Također su određeni osnovni parametri kvalitete hladno prešanog ulja: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vode, udio netopljivih nečistoća te je utvrđena sukladnost prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19).

2. TEORIJSKI DIO ,

2.1. SASTAV ULJA I MASTI

Jestiva ulja i masti pripadaju grupi spojeva koji imaju zajednički naziv lipidi. Lipidi predstavljaju estere trovalentog alkohola glicerola i masnih kiselina koji sadrže manje količine (1-2 %) negliceridnih komponenata. Iako su po kemijskom sastavu slični, masti i ulja se razlikuju u fizikalnim svojstvima. Biljna ulja sadrže više nezasićenih masnih kiselina (NMK) i upravo zbog toga su na sobnoj temperaturi u tekućem agregatnom stanju, dok animalne masti sadrže više zasićenih masnih kiselina (ZMK) te su na sobnoj temperaturi u čvrstom agregatnom stanju.

Za boju ulja zaslužne su različite organske komponente koje mogu biti biljnog podrijetla ili produkti koji nastaju kod razgradnje proteina i ugljikohidrata tijekom procesa oplemenjivanja ulja.

Miris i okus biljnih ulja potječe od spektra različitih komponenata poput aldehida, ketona, estera, slobodnih masnih kiselina te ugljikovodika koje mogu nastati prilikom tehnološkog procesa ili su prirodno prisutne (Martinović, 2017.).

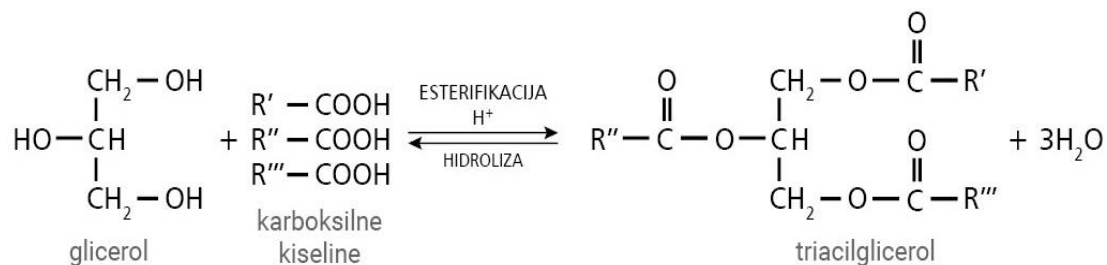
Podjela lipida prema podrijetlu:

- Biljni,
- Životinjski.

Podjela lipida prema sastavu biljnih ulja i njihovoj strukturi:

- Jednostavni lipidi,
- Složeni lipidi,
- Derivati lipida.

Jednostavni lipidi se sastoje od masnih kiselina i alkohola glicerola. Oni se mogu hidrolizirati na dvije komponente, a to su uglavnom alkohol i kiselina. U skupinu jednostavnih lipida se ubrajaju acilgliceroli, eteri acilglicerola, steroli i njihovi esteri te voskovi. Reakcija nastajanja triacilglicerola je prikazana na **Slici 1**.



Slika 1 Reakcija nastajanja triacilglicerola (Web 1)

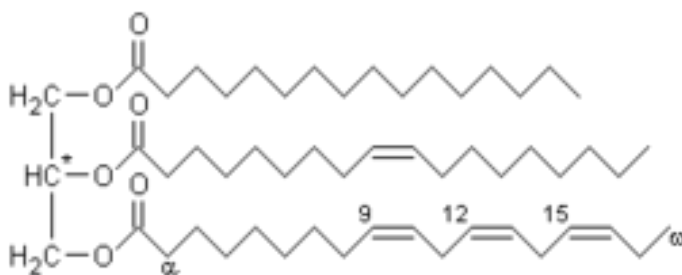
Složeni lipidi su esteri masnih kiselina koji sadrže dodatne skupine na alkohol i masnu kiselinu.

Tu ubrajamo fosfolipide, glikolipide, aminolipide, sulfolipide.

Derivati lipida su spojevi koji su dobiveni hidrolizom jednostavnih i složenih lipida. Uključuju masne kiseline, alkohole, vitamin D, vitamin E i vitamin K (Radanović, 2019.).

2.1.1. Trigliceridi

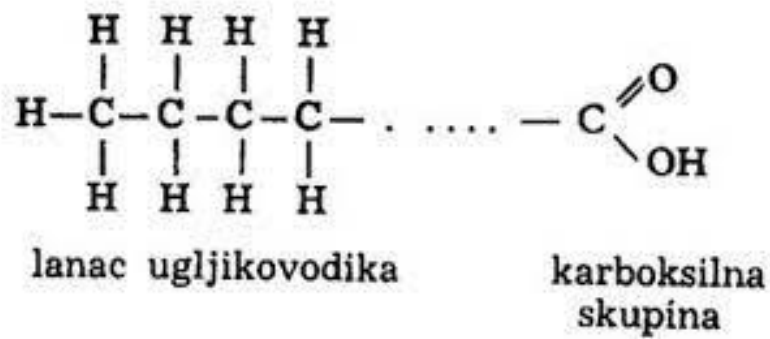
Glicerol je šećerni alkohol koji je široko rasprostranjen. Bistra je, prozirna i viskozna tekućina. Topljiv je u vodi i u alkoholu. Glicerol je trovalentni alkohol sastavljen od 3 hidroksilne skupine (-OH), prikazano na **Slici 2** i može stvarati monoestere, diestere ili triestere zbog čega u nomenklaturi imamo podjelu na monoacilglicerole, diacilglicerole i triacilglicerole. Zbog lipofilnih svojstava masnih kiselina i hidrofилnih svojstava glicerola, monogliceridi i digliceridi posjeduju emulgatorska svojstva (Rac, 1964.).



Slika 2 Strukturna formula triglicerida (Web 2)

2.1.2. Masne kiseline

Masne kiseline predstavljaju reaktivniji dio molekule u molekuli triglicerida. Opća formula masnih kiselina je R-COOH, gdje je R ugljikovodični lanac, COOH karboksilna skupina (**Slika 3**).



Slika 3 Strukturna formula molekule masne kiseline

Masne kiseline se razlikuju po broju ugljikovih atoma u molekuli, zasićenosti, broju dvostrukih veza te po prostornom rasporedu kiselinskih ostataka oko nezasićene veze.

Prema broju ugljikovih atoma masne kiseline se mogu podijeliti na:

- Masne kiseline kratkog lanca (4-8 ugljikovih atoma),
- Masne kiseline srednjeg lanca (8-12 ugljikovih atoma) i
- Masne kiseline dugačkog lanca (više od 12 ugljikovih atoma).

Prema stupnju nezasićenosti masne kiseline se mogu podijeliti na:

- Zasićene masne kiseline i
- Nezasićene masne kiseline (Čorbo, 2008.).

Prema prostornom rasporedu kiselinskih ostataka oko nezasićene veze (**Slika 4**):

- Cis,
- Trans konfiguracija (Čorbo, 2008.).



Slika 4 Konfiguracija dvostruke veze (Web 3)

Zasićene masne kiseline (ZMK) su masne kiseline koje u molekuli ne sadrže dvostruke veze između C atoma, a opća formula im je: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$. Kod zasićenih masnih kiselina radikal (R-) je jednostavan parafinski lanac u kojem je svaki C atom zasićen. Između C-atoma su prisutne samo jednostruke veze te zbog toga palmitinska i stearinska kiselina imaju oblik ravnog štapića. Najvažnije svojstvo zasićenih masnih kiselina je da su slabo reaktivne za reakcije na lancu. U prirodnim uljima i mastima dolaze zasićene masne kiseline sa 4 do 22 C-atoma. Masne kiseline koje sadrže 24 i 26 C-atoma dolaze u voskovima, dok zasićene masne kiseline sa neparnim brojem C-atoma dolaze u tragovima u prirodnim mastima. **Tablica 1** prikazuje najčešće zastupljene masne kiseline.

Tablica 1 Najčešće zasićene masne kiseline

Broj C atoma : broj dvostrukih veza	Naziv masne kiseline	Formula
12:0	Laurinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
14:0	Miristinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
16:0	Palmitinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
18:0	Stearinska	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Nezasićene masne kiseline (**Tablica 2**) (NMK) su masne kiseline koje u molekuli sadrže jednu ili više dvostrukih veza ($-\text{CH}=\text{CH}-$). Ovisno o broju dvostrukih veza dijele se na mononezasićene (jedna dvostruka veza) i polinezasićene (više dvostrukih veza). U biljnim uljima i životinjskim mastima najčešće se pojavljuju sa 18 C-atoma te s jednom, dvije ili tri dvostruke veze. Najčešće prisutna mononezasićena masna kiselina u ulju je oleinska kiselina koja se nalazi u većem udjelu

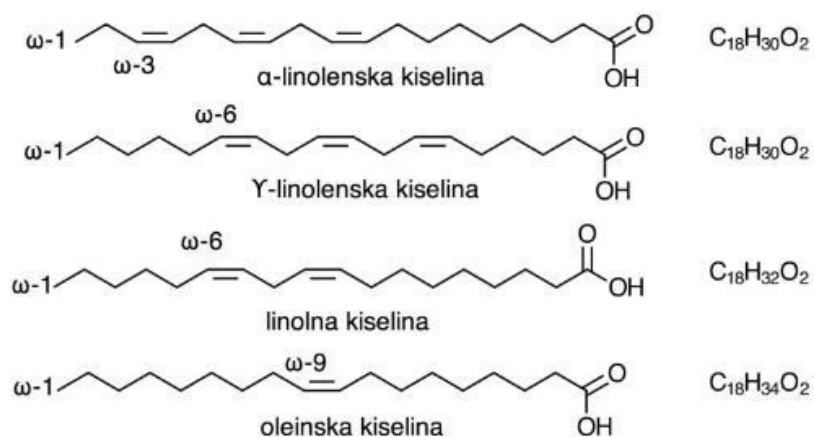
u maslinovom, repičinom te visokooleinskom suncokretovom ulju. Manje je podložna oksidaciji od polinezasićenih masnih kiselina (Rade i Škevin, 2004.). Reaktivnost nezasićenih masnih kiselina ovisi o broju i položaju dvostrukih veza, stoga je važno poznavanje stupnja nezasićenosti i položaja dvostrukih veza u molekuli masne kiseline.

Tablica 2 Najčešće nezasićene masne kiseline

Broj C atoma: broj dvostrukih veza	Naziv masne kiseline	Formula
16:1	Palmitoleinska	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_5 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:1	Oleinska	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:3	Linolenska	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 (\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3 (\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
18:2	Linolna	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Esencijalne masne kiseline imaju važnu funkciju u organizmu. Esencijalne masne kiseline (EMK) je potrebno unositi putem hrane, jer ih organizam ne može sam sintetizirati. Na **Slici 5** su prikazane jedne od najvažnijih esencijalnih masnih kiselina:

- linolna masna kiselina (do 70 % u ulju suncokreta),
- linolenska,
- arahidonska (u animalnim mastima i to u vrlo malim količinama od 0,3-1 %).



Slika 5 Strukturna formula esencijalnih masnih kiselina i oleinske kiseline (Web 4)

2.1.3. Negliceridni sastojci

Skupini negliceridnih sastojaka pripadaju spojevi: karotenoidi, tokoferoli, steroli, fosfolipidi, voskovi, pigmenti, liposolubilni vitamini, glikozidi, ugljikovodici, aldehidi, ketoni, masni alkoholi i tragovi metala. Nalaze se najčešće u koncentracijama od 1 do 2 %. U sastavu masti i ulja vrlo su poželjni tokoferoli, liposolubilni vitamini te karoteni, dok su tragovi metala i voskovi vrlo nepoželjni zbog toga što umanjuju kvalitetu ulja i masti te se uklanjaju procesom rafinacije.

2.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BILJNIH ULJA

Uljarice su biljke koje se uzgajaju isključivo radi proizvodnje ulja, većina biljaka u plodu ili sjemenu sadrži ulja i masti. U nekim biljkama udio ulja može iznositi i do 70 % dok se u nekima nalazi samo u tragovima. Sirovine koje se koriste za dobivanje ulja moraju imati minimalan udio ulja koji omogućava njegovo ekonomski prihvatljivo izdvajanje i biljka mora biti pogodna za masovnu proizvodnju. Naravno, postoje i izuzetci kod sirovina čije ulje ima specifične karakteristike, pa se koriste za proizvodnju specijalnih ulja. U svijetu se za dobivanje ulja koristi više od 20 vrsta biljaka, pri čemu samo 12 uljarica ima veći ekonomski značaj (Dimić, 2005.). Ulja se mogu podijeliti prema podrijetlu sirovine i prema dijelu biljke koja se koristi za prešanje:

Ulja i masti iz mesnatog dijela ploda:

- Maslinovo ulje,
- Palmino ulje,
- Avokado ulje.

Ulja i masti iz sjemena/ploda prema dominirajućim masnim kiselinama:

- Laurinske masti i ulja (kokos palmine koštice),
- Masti palmitinske i stearinske kiseline (kakao maslac, shea maslac...),
- Ulja palmitinske kiseline (palmino ulje, pamukovo ulje...),
- Ulja oleinske i linolne kiseline (suncokretovo, sezamovo, kukuruzne klice, koštice buče, repica...),
- Ulja linolenske kiseline (lan, soja, konoplja...).

Ulja i masti prema podrijetlu biljke:

- Ulja iz leguminoza (kikiriki, soja...),
- Ulja krstašica (repica, slačica...).

Ovisno o tehnološkom postupku proizvodnje, ulja se prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) dijele u sljedeće skupine:

- Rafinirana ulja,
- Hladno prešana ulja i
- Djevičanska ulja.

Rafinirana ulja predstavljaju proizvode koji su dobiveni prilikom procesa rafinacije jedne ili više vrsta sirovih biljnih ulja. Da bi se pospješila održivost ulja potrebno je rafinacijom odvojiti sve nepoželjne sastojke iz ulja. Prilikom ovog postupka dolazi do smanjenja stabilnosti ulja jer se uz nepoželjne sastojke iz ulja uklanjaju i prirodni antioksidansi (tokoferoli, karotenoidi, lecitin, steroli) te može doći do onečišćenja ulja teškim metalima koji znatno ubrzavaju oksidaciju ulja te tako dovode do kvarenja.

Hladno prešana ulja su proizvodi koji se dobivaju prešanjem iz odgovarajućih sirovina. Prilikom prešanja temperatura ne smije preći 50 °C. Nakon postupka prešanja može se provesti i postupak čišćenja te bistrenja ulja pranjem vodom, dekantiranjem, filtriranjem i centrifugiranjem. Potrebno je osigurati da ulje nakon prešanja zadrži svoja prirodna svojstva, da ima što manje nepoželjnih sastojaka te da je ulje dobre kvalitete, ugodnog mirisa i okusa karakterističnog za sirovinu (Moslavac, 2013.).

Djevičanska ulja su proizvodi koji se dobivaju iz odgovarajućih sirovina, mehaničkim postupcima (prešanje) uz upotrebu topline. Može se provesti i postupak čišćenja, odnosno bistrenja pranjem vodom, dekantiranjem, filtriranjem i centrifugiranjem.

2.2.1. Uvjeti kvalitete sirovine

Kvaliteta sirovine obuhvaća osiguranje kvalitete tijekom proizvodnje sirovine te njeno očuvanje tijekom procesa skladištenja, prerade te postupaka izdvajanja ulja. Također, podrazumijeva spriječavanje kontaminacije sirovine tijekom različitih tehnoloških operacija proizvodnje ulja.

Proizvodnja hladno prešanih i djevičanskih ulja zahtjeva znatno strože kriterije za kvalitetu polazne sirovine, zbog toga što tijekom ove proizvodnje ne postoji faza koja bi omogućila uklanjanje nečistoća i nepoželjnih kontaminanata iz ulja (Dimić, 2005.). Kako bi se održali uvjeti očuvanja kvalitete te spriječavanje kontaminacije sirovine bili zadovoljeni tijekom cijelog ciklusa proizvodnje i prerade sirovine pa sve do konačnog proizvoda, mora se voditi računa o:

- Odabiru sirovine (vrsta, sorta, hibrid i sl.),
- Uvjetima proizvodnje sirovine (organska proizvodnja, zaštita bilja i dr.),
- Uvjetima žetve, transporta, čišćenja, sušenja i sl.,
- Primjeni kontrolnih uvjeta skladištenja sirovine i
- Kontrolu kvalitete sirovine do i tijekom prerade (Dimić, 2005.).

2.2.2. Kontrola kvalitete sirovine

Ključan korak osiguranja kontrole kvalitete predstavlja ispitivanje svakog pojedinog dijela dopremljene količine sirovine. Na temelju pregledanih uzoraka donosi se odluka o kvaliteti šarže, i utvrđuje odgovara li kvaliteta sirovine proizvodnji hladno prešanih ulja, te da li tehnološka kvaliteta sirovine zadovoljava uvijete prešanja. Kontrola kvalitete provodi se iz razloga što smjesa sirovina može sadržavati različite mikroorganizme, primjese, insekte i dr. koji mogu dovesti do kvarenja. Također je potrebno pratiti različite parametre te osigurati njihove vrijednosti u prihvaćenim granicama jer do kvarenja može dovesti i određena količina vlage i zraka koji utječu na različite biokemijske procese. Iz navedenih razloga kompletna kvaliteta sirovine sadrži:

- Kontrolu senzorskih svojstava,
- Kontrolu zdravstveno-higijenske ispravnosti,

- Mikrobiološku kvalitetu,
- Kontrolu tehnološke kvalitete,
- Kontrolu kemijske kvalitete (Dimić, 2005.).

2.2.3. Senzorska kvaliteta sirovine

Ocjenjivanjem senzorske kvalitete sirovine ispituje se boja, miris, okus i izgled sirovine u svrhu dobivanja općeg dojma o fiziološkom, zdravstvenom stanju te o svježini sirovine. Svako odstupanje mjerenih parametara od karakterističnih može značiti da je došlo do promjene kvalitete sirovine. Nesvojstvena boja može biti pokazatelj da je sirovina nedozrela, prisustvo nečistoća ili znak da je tijekom skladištenja došlo do samozagrijavanja. Ulje dobiveno od takve sirovine biti će slabije kvalitete i znatno tamnije boje. Do promijene boje može doći i uslijed razvoja mikroorganizama na površini sirovine. Promjene boje detektiraju se direktnim vizualnim promatranjem i kontrolom sirovine. Miris je svojstven za svaku vrstu uljarice i teško ga je definirati, zbog toga je kod promjene mirisa vrlo važno ustanoviti uslijed čega je došlo do promijene mirisa koji može potjecati i iz okoline skladišta ili se razviti prilikom prisustva primjesa, štetočina ili mikroorganizama. Miris se određuje postupkom trljanja sjemena među dlanovima nakon čega se miriši te ocjenjuje da li je došlo do promjene mirisa. Okus uljarica je veoma teško okarakterizirati jer može biti posve neutralan ili je svojstven za određenu vrstu uljarica. Okusi kao što su gorko, kiselo, slatko, slano, užegli okus nisu karakteristični lanu i upravo su ti okusi najčešće rezultat kvarenja koja mogu biti oksidacijska, hidrolitička, enzimska i mikrobiološka. Okus se određuje žvakanjem sjemenki (Dimić, 2005.; Karlović i Andrić, 1996.).

2.2.4. Zdravstveno higijenska ispravnost sirovine

Utvrđivanje zdravstveno-higijenske ispravnosti sirovine provodi se prema odredbama važećeg zakona. Svaki uzorak mora biti zdravstveno ispravan te se zbog toga donose propisi za provjeru sadržaja patogenih mikroorganizama, pesticida, metala, otrovnih supstanci i dr. (Karlović i Andrić, 1996.).

2.2.5. Tehnološka kvaliteta sirovine

Tehnološka kvaliteta sirovine za proizvodnju jestivih ulja utvrđuje se na bazi kemijskih analiza tri osnovna parametra:

- Sadržaja vlage,
- Sadržaja ulja,
- Sadržaja nečistoća.

Sadržaj vlage

Sadržaj vlage predstavlja ukupnu količinu slobodne i vezane vode u sirovini, a izražava se postotkom. Poznavanje sadržaja vlage u sirovini važno je zbog sigurnog skladištenja, kvalitete ulja i procesa prerade. Sadržaj vlage ovisi o stupnju zrelosti te vremenskim uvjetima tijekom žetve. Visok sadržaj vlage izaziva ubrzano mikrobiološko kvarenje, ubrzava procese hidrolize gdje dolazi do povećanja kiselosti ulja, pojave neugodnog mirisa i okusa sirovine, pojačane razgradnje organskih tvari te intenzivnih biokemijskih procesa. Da bi se ovi procesi spriječili sirovinu je prije skladištenja, potrebno osušiti ispod kritične vlažnosti. Što je veći sadržaj ulja u sirovini, kritična vlažnost je manja (Veselinović i Turkulov, 1988.).

Sadržaj ulja

Sadržaj ulja je parametar na temelju kojega se izračunava ekonomska i materijalna bilanca prerade i jedan je od najbitnijih pokazatelja kvalitete. Referentna metoda zasniva se na ekstrakciji ulja organskim otapalom nakon čega se provodi gravimetrijsko određivanje.

Sadržaj nečistoća

Sve ono što nije sirovina koja se ispituje, predstavlja sadržaj nečistoća. Nečistoće su strane tvari koje mogu biti organskog i anorganskog podijetla. Njihovo izdvajanje vrši se prebiranjem, prosijavanjem i aspiracijom (Karlović i Andrić, 1996.).

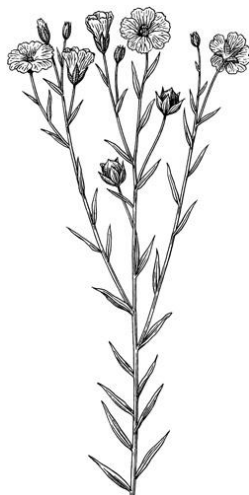
2.3. LAN

Lan, *Linum usitatissimum* L. je uzgajan još prije 3000 godina, to je najstarija i nekad glavna tekstilna biljka na području umjerene i hladnije klime. Poznato je da su lan uzgajali stari Egipćani, Grci i Rimljani. Komercijalno se radi sjemena uzgaja uglavnom u Argentini, Ukrajini, Francuskoj, Bangladešu, Etiopiji, Rusiji, Indiji, Kini, Kanadi i u SAD-u. Rusija je najveći proizvođač lanenih tekstilnih vlakana, sa 70 % učešća u svjetskom tržištu (Dimić, 2005.).

Uzgaja se u tri svrhe:

- Samo za vlakno (tekstilni lan),
- Samo za sjeme (uljani lan) i
- Za vlakno i sjeme (kombinirano).

Lan je jednogodišnja ili dvogodišnja zeljasta biljka (**Slika 6**). Visina joj varira od 20 – 120 cm, a najbolja debljina stabljike je 1,5 – 2 mm. List nema peteljku, pa je sjedeći, uzak i izdužen, na vrhu zašiljen, presvučen voštanom prevlakom. Cvjetovi su samooplodni s mogućom stranooplodnjom. Plod je tobolac okruglastog oblika, a na vrhu zašiljen. Ima pet pregrada podijeljenih u pet dijelova, a svaki je dio podijeljen na dva dijela u kojima se nalazi po jedna sjemenka, što znači da u tobolcu može biti 10 sjemenki (Panak, 2014.).



Slika 6 Lan (Web 5)

2.3.1. Sastav i kemijske karakteristike ulja lana

Jedan od najvažnijih izvora sušivih ulja je upravo sjeme lana. Vrlo je bogato uljem, što dosta ovisi o vrsti lana. Bogato je i proteinima, prikazano u **Tablici 3**. Minerali su zastupljeni do 5 % i to najviše magnezij, kalcij, cink, željezo i dr. Sjemenke lana su osobito važan izvor vlakana koja imaju povoljan utjecaj na zdravlje ljudi, vlakna su zastupljena čak do 11 %.

Tablica 3 Sastav sjemenki lana (Dimić, 2005.)

Komponenta	Karlović i Andrić, 1996.	Karleskind, 1996.	Wiley, 1996.*
Ulje (% na ST)			
-tekstilni lan	32 - 35	< 40	-
-uljani lan	38 – 45	35 – 45	34
Sirovi proteini (%)			23
Proteini (% na ST sačme)	32 – 40	36 – 40	
Nedušične tvari (%)			24
Sirova celuloza (% na ST sačme)	9 - 11		7**
Pepeo (%)			5

*podaci pri sadržaju vlage u sjemenu od 9 %; **sirova vlakna

Laneno ulje ima visok sadržaj nezasićenih masnih kiselina. Sirovo laneno ulje ima tamno žutu boju i jak, specifičan miris i okus. Laneno ulje se uglavnom koristi za proizvodnju boja, lakova, mekih sapuna i tiskarskih boja, zbog izuzetno visokog jodnog broja i velike količine linolenske kiseline, prikazano u **Tablici 4**. Sjeme se koristi u farmaceutskoj industriji za proizvodnju nekih lijekova, kao i u makrobiotičke svrhe. Ostaci poslije izdvajanja ulja, pogača, koristi se kao stočna hrana bogata proteinima, ali je neophodna hidrotermička obrada pogače kako bi se uklonio linamarin. To je cijanogeni glukozid koji pod određenim uvjetima može stvoriti HCN, sačma sa više od 250 mg HCN/kg nije za stočnu hranu (Dimić, 2005.).

Tablica 4 Fizikalno-kemijske karakteristike lanenog ulja (Dimić, 2005.)

Pokazatelj	Karleskind, 1996.	Swern, 1972	Dimid i sur., 2003.*
Rel. zaprem masa (20:C/voda 20:C)	0,928 – 0,933		
Indeks refrakcije (n _{20D}) (n _{40D})	1,479 – 1,484 -	- -	- 1,467
Viskozitet (cP) pri 20°	42 – 47	-	-
Jodni broj (g/100g)	170 – 204	165 – 204	184
Saponifikacijski broj (mg KOH/g)	189 – 196	-	189

*karakteristike ulja dobivene hladnim prešanjem lana sorte Olin

Zbog specifičnog sastava masnih kiselina, laneno ulje je veoma osjetljivo na oksidaciju i ima prilično slabu održivost, masne kiseline su prikazane u **Tablici 6**. Sadržaj i sastav neosapunjivih materijala lanenog ulja prikazan je u **Tablici 5**. U sastavu tokoferola lanenog ulja najzastupljeniji je γ -tokoferol koji je prisutan u količini od 90 – 97 % od ukupnih tokoferola (Panak, 2014.).

Tablica 5 Sadržaj neosapunjivih tvari lanenog ulja (Dimić, 2005.)

Neosapunjive tvari	Karleskind, 1996	Baza podataka, tehnološki fakultet, Novi Sad
Sadržaj neosapunjivih tvari (g/kg)	5 – 13	7 – 8
Sadržaj ukupnih sterola (mg/kg)	2000 – 4100	-
Sastav sterola: %od ukupnih sterola		-
Campesterol	28 – 29	-
Stigmasterol	9 – 10	-
β sitosterol	44 – 53	-
Δ 5-Avenasterol	10 – 13	-
Sadržaj ukupnih tokoferola (mg/kg)	1100 – 1300	585 – 638
Ugljikovodici (mg/100g)	80 – 100	-
Skvalen (mg/100g)	20 – 30	-
Triterpen alkoholi (mg/100g)	150	-

*karakteristike ulja dobivenog hladnim prešanjem lana sorte Olin

Tablica 6 Sastav masnih kiselina lanenog ulja (% m/m)

Masna kiselina	Ulje sa područja: Karleskind, 1996.			Swern, 1972.	Dimić i sur., 2003.*
	Europe	Kanade	Indije		
Palmitinska	4-6	5-6	9-10	4-7	9,14
Stearinska	2-3	3-4	7-8	2-5	2,43
Oleinska	10-20 21	19-20	10-	12-34	20,87
Linolna	12-18 15	19-20	13-	17-24	15,63
Linolenska	56-71 61	54-61	50-	35-60	51,92

*sastav masnih kiselina ulja dobivenog hladnim prešanjem lana sorte Olin

2.3.2. Upotreba lana

Od stabljike predivog lana se dobije kvalitetno vlakno, a iz njega konac koji je tanak i od kojeg se tkaju fina platna. Fina platna se najčešće koriste za odjevne predmete i za razne rukotvorine. Kada se vlakno odvaja od stabljike dobije se pozder iz kojeg se prešanjem dobiju briketi, koji se mogu koristiti za ogrjev. Iz pozdera se prešanjem mogu dobiti i ploče koje se upotrebljavaju u građevinarstvu, a pozder u rinfuzi upotrebljava se kao stelja u peradarnicama. Stabljika lana se može upotrijebiti u proizvodnji finih cigaretnih papira i papira za novčanice. Od tobolaca, kada se vršidbom izdvoji sjeme, dobiva se pljeva koja se koristi u hranidbi krava i konja. Iz sjemena predivog i uljanog lana dobije se ulje koje je hladno prešano te se može koristiti na različite načine.

Koristi se u proizvodnji boja i lakova, brzo se suše i prave tvrdi sloj. Lakosušivo je zbog visokog sadržaja nezasićenih masnih kiselina te se u industriji koristi za razne potrebe: u proizvodnji uljanog platna, tiskarske tinte, linoleuma, kitova, imitacije kože, sapuna, za pješčane kalupe koji služe za lijevanje metala te kao namaz za zaštitu cementnih i asfaltnih površina na pločnicima i autocestama (zbog otpornosti na sol). U procesu dobivanja ulja, kao nusproizvod dobije se

uljana pogača ili uljani kolač, a ona služi za dobivanje lanenog brašna. Laneno brašno se koristi kao koncentrirana stočna hrana u krmnim smjesama.

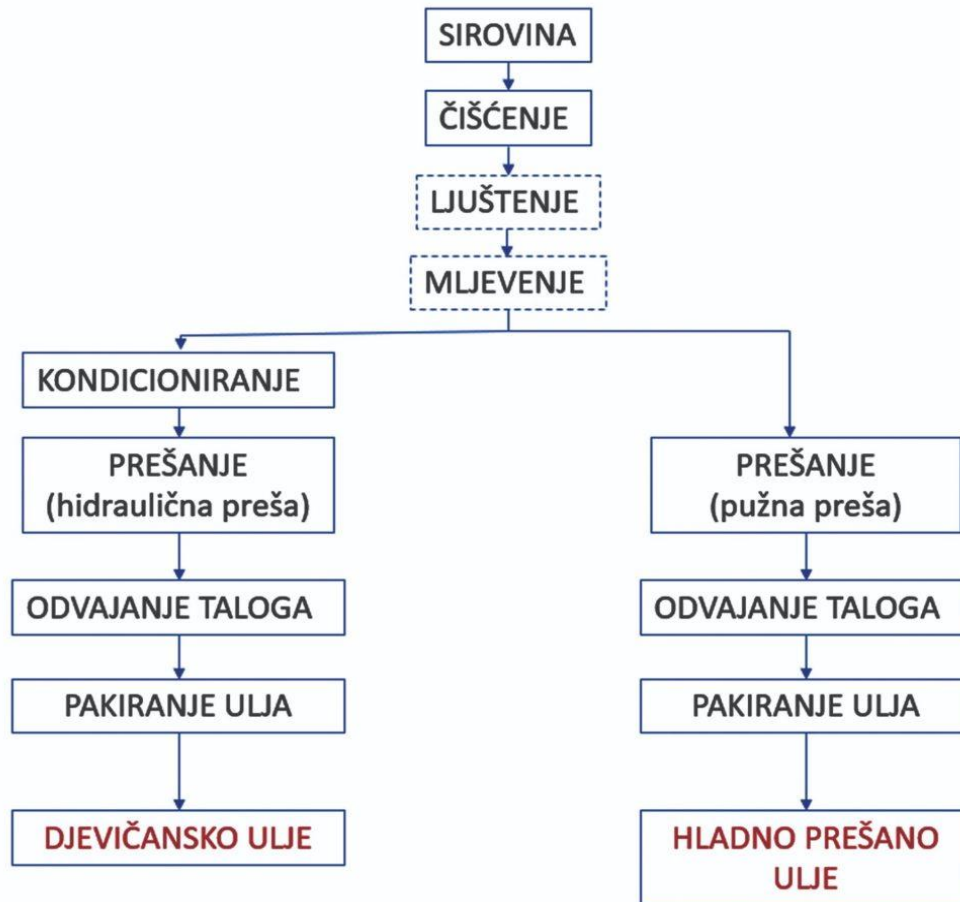
S medicinskog stajališta, laneno ulje je dobro za bolesti na koži (ekcemi, psorijaza, akne ili opekline). Laneno ulje, sjeme, lanena pogača i lanena sluz su dobri protiv kašlja, za grčeve u želucu, žučne kamence, čireve, hemoroide i sl. Kao sredstvo za grgljanje kod upala u ustima, ždrijelu, desnima te kod upala želučane sluznice se koristi čaj od lanenog sjemena. Lan je također dobar za zdravlje srca i krvožilnog sustava, smanjuje razinu lošeg kolesterola te smanjuje rizik od nastanka raka jajnika i dojke. Lignini iz lana umanjuju aktivnost estrogena, pomažu zdravlju debelog crijeva te smanjuju mogućnost pojave zatvora (Šimetić, 2008.)

2.4. PROCES PROIZVODNJE HLADNO PREŠANOG ULJA

Hladno prešana biljna ulja proizvode se postupkom prešanja, bez zagrijavanja sirovine, kako bi se održala potpuna kvaliteta i nutritivna vrijednost. Kako bismo dobili što veće iskorištenje i što kvalitetnije ulje potrebno je posebno prilagoditi parametre prešanja ovisno o polaznoj sirovini.

Sirovinu treba pripremiti tako da se ulje može što lakše izdvojiti, ulje mora biti što bolje kvalitete zbog odsustva procesa rafinacije. Priprema sirovine obuhvaća: čišćenje, sušenje, ljuštenje i mljevenje, međutim, na prešanje može ići sirovina i bez ljuštenja i mljevenja, što ovisi o vrsti sirovine (Dimić, 2005.).

Kod proizvodnje hladno prešanog lanenog ulja nema ljuštenja i mljevenja sjemenki. Koristi se samo očišćena sjemenka koja odmah ide na proces prešanja u pužnoj preši, zbog toga je u nastavku opisan samo dio procesa koji se odnosi na proizvodnju lanenog ulja. Tehnološki proces proizvodnje hladno prešanog ulja prikazan je na **Slici 7**. Iako je proces proizvodnje hladno prešanih ulja relativno jednostavan, postoji velik broj čimbenika koji su od presudne važnosti i koji mogu utjecati na kvalitetu dobivenog ulja.



Slika 7 Tehnološki proces proizvodnje jestivih hladno prešanih ulja i djevičanskih ulja iz sjemenki uljarica (Web 6)

2.4.1. Čišćenje

Prerada započinje čišćenjem sjemena s ciljem uklanjanja neželjenih primjesa i nečistoća koje bi mogle štetno djelovati na sjemenke/jezgru, onečistiti dobiveno ulje, pogaču ili sačmu pa time smanjiti njihovu nutritivnu vrijednost. Nečistoće mogu i oštetiti strojne uređaje za njihovu preradu.

Osnovni postupci čišćenja su prosijavanje, rešetanje i provjetravanje, a za neke plodove moguće je koristiti i dodatne postupke pranja i četkanja. Prosijavanjem se izdvajaju grube nečistoće, a

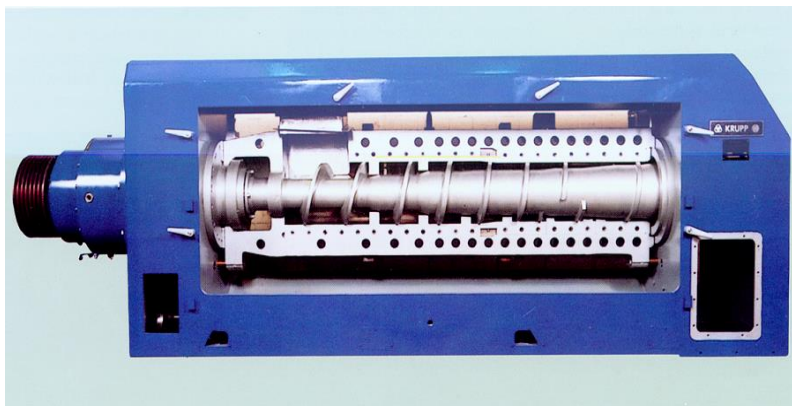
rešetanjem sitne. Za oba postupka koriste se perforirana sita odnosno odvajanje na bazi različitosti dimenzija sjemenki i čestica nečistoća. Provjetravanje je postupak koji uključuje upuhavanje zraka, a temelji se na različitim aerodinamičkim svojstvima sjemenki i nečistoća.

2.4.2. Prešanje

Prešanje je tehnološki proces kojim se iz sirovina izdvaja sirovo ulje, mehaničkim putem, primjenom visokog tlaka. Prešanje se može provoditi na pužnim ili hidrauličnim prešama, iako se danas više koriste pužne preše. One se mogu upotrijebiti za predprešanje, pri čemu se iz materijala uklanja samo dio ulja, ili za završno prešanje gdje se uklanja skoro cjelokupna količina ulja i pri tome zaostaje pogača sa oko 5 % zaostalog ulja (Dimić, 2005.).

Pužne preše

Prema načinu rada, pužne preše mogu biti kontinuirane (**Slika 8**) i diskontinuirane. Glavni dijelovi kontinuirane pužne preše su: vodoravna pužnica, prostor koji se nalazi oko pužnice, posuda za punjenje i doziranje materijala, uređaj za regulaciju debljine pogače, zupčani prijenosnik i kućište preše. Puž potiskuje materijal iz većeg u manji zatvoreni prostor, pri čemu se stvara tlak koji izaziva sabijanje materijala te dolazi do cijedenja ulja. Radni tlak preše regulira se debljinom izlazne pogače, a to se regulira na izlazu konusa preše. Kao predpreše imaju stupanj djelovanja 50-60 % u odnosu na sadržaj ulja, a kod završnog prešanja stupanj djelovanja može doseći i do 80-90 %.



Slika 8 Kontinuirana pužna preša (Moslavac, 2020.)

Drugi tip pužne preše je onaj gdje je promjer pužnice kroz cijelu prešu jednak, a razlikuje se promjer kućišta koje se postepeno sužava i omogućava sabijanje materijala odnosno cijedenje ulja. Pužnica ima samo ulogu transporta materijala od većeg promjera kućišta prema manje. Pužnica se okreće konstantnom brzinom. Razlika između kontinuiranih i diskontinuiranih preša je u kapacitetu proizvodnje, diskontinuirane se koriste kada imamo manji kapacitet proizvodnje, dok se kontinuirane pužne preše koriste kada je kapacitet proizvodnje veći. Trenje u materijalu i preši je veliko pa uslijed toga dolazi do porasta temperature sirovine. Visoka trenja mogu povisiti temperaturu materijala do 170 °C.

Kod proizvodnje hladno prešanih ulja visina temperature sirovog ulja koje napušta prešu je vrlo bitna i ona ne bi smjela preći više od 50 °C. Da bi se to postiglo potrebne su posebno konstruirane preše ili se prešanje provodi pri blažim uvjetima odnosno pri nižem tlaku. U tom slučaju sadržaj zaostalog ulja u pogači je u pravilu veći odnosno prinos ulja je manji (Bockisch, 1998.).

Hidraulične preše

Hidraulične preše (**Slika 9**) predstavljaju jedne od najstarijih uređaja namjenjenih za proizvodnju ulja. Najčešće se koriste za prerađivanje maslina i bučinih koštica, a mogu biti otvorenog i zatvorenog tipa. Kod hidrauličnih preša otvorenog tipa materijal se stavlja na slojnice koje mogu biti različitog oblika, a one su razdvojene čeličnim pločama. S druge strane hidrauličke preše zatvorenog tipa sačinjene su od cilindra u koji dolazi materijal u tankom sloju, potom čelična ploča, pa opet materijal te na kraju slojnica. Princip rada hidrauličkih preša temelji se na Pascalovom zakonu, pri čemu se pomoću malih sila dobivaju visoki tlakovi te dolazi do podjednake raspodjele tlakova u tekućinama (Čorbo, 2008.).



Slika 9 Hidraulična preša otvorenog tipa (Moslavac, 2020.)

2.4.3. Odvajanje netopljivih nečistoća

Prešanjem dobivamo sirovo prešano ulje koje sadrži i sitne netopljive nečistoće, vodu i sluzave tvari, koje mogu nepovoljno utjecati na kvalitetu i senzorska svojstva ulja. Količina nečistoća u ulju ovisi o konstrukciji preše, finoći usitnjavanja materijala prije prešanja, tlaku u preši, vrsti sirovine itd.

Postupci pomoću kojih se vrši izdvajanje netopljivih nečistoća iz sirovog ulja su:

- Sedimentacija (taloženje),
- Filtracija i
- Pomoću centrifugalnog separatora.

Ako se koristi postupak taloženja, sirovo prešano ulje se stavlja u odgovarajuću posudu (inox spremnik) da bi došlo do odvajanja mehaničkih nečistoća. Odvajanje nečistoća vrši se na principu razlike u specifičnoj masi čestica. Čestice nečistoća koje imaju veću specifičnu masu od ulja, prirodnim putem se talože na dno posude i na taj način ih izdvajamo iz ulja. S obzirom na to da je brzina taloženja mala, taloženje sirovog ulja može trajati i do nekoliko tjedana, a to je

predugo da bi se ovaj postupak primjenjivao u industriji. Filtracija je postupak kojim se netopljive nečistoće uklanjaju pomoću filtera. Kao materijali za filtersko sredstvo koriste se filtracijske tkanine od lana, sintetičkih vlakana, pamuka ili fina metalna sita. Brzina filtracije ovisi o viskoznosti ulja, veličini pora filtera i osobinama taloga koji zaostaje na filterskom sredstvu. Brzina filtracije se može povećati dodatkom pomoćnog filtracijskog sredstva (Dimić, 2005.). Nakon uklanjanja netopljivih nečistoća iz sirovog ulja proizvedeno je hladno prešano ulje.

2.5. PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE ULJA

Jestivo biljno ulje je osjetljiv prehrambeni proizvod. Za vrijeme čuvanja odnosno skladištenja kvaliteta ulja se mijenja pod utjecajem temperature, svjetlosti, kisika i drugih čimbenika. Ambalaža treba pružati zaštitu zapakiranom ulju do trenutka uporabe pa je bitno izabrati adekvatan ambalažni materijal. Materijali se biraju na osnovi svojstava proizvoda koji se želi zapakirati, predviđenog procesa pakiranja.

Karakteristike ambalažnog materijala:

- potpuno zaštititi proizvod,
- onemogućiti interakcije s proizvodom,
- imati poželjna barijerna svojstva na plinove, vodenu paru, svjetlost i otopine,
- imati dobra fizikalno-mehanička svojstva,
- pružiti mogućnost lakog otvaranja i
- biti pravilno deklarirana (Curaković i sur., 1996.).

Ambalaža je sredstvo koje prihvaća proizvod i štiti ga do upotrebe, čineći zajedno s proizvodom jednu cjelinu. Pakiranje je tehnološki proces punjenja proizvoda u ambalažu, a praćeno je operacijama pripreme, odmjeravanja, podešavanja odnosa komponenata, razlijevanja, zatvaranja, obilježavanja pojedinačnih pakiranja, zbirnog pakiranja, etiketiranja paletizacije. Kao ambalažni materijal za pakiranje jestivih biljnih ulja koristi se staklo, polimerni, kombinirani materijali i inoks spremnici. Važno je da ambalaža osim zaštitne funkcije ima i oblik i dizajn koji su oku privlačni, pa se tako može utjecati na želje potrošača (Dimić, 2005.).

Za pakiranje i distribuciju na tržište hladna prešana biljna ulja se stavljaju u staklene tamne boce radi zaštite od utjecaja svjetla koje ubrzava oksidacijsko kvarenje ulja. Tamna staklena boca (zelena, smeđa) štiti ulje od utjecaja svjetla čime se produžuje rok trajanja ulja.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak diplomskog rada je ispitati utjecaj procesnih parametara prešanja sjemenki lana na iskorištenje hladno prešanog ulja. Hladno prešano ulje proizvedeno se na kontinuiranoj pužnoj preši. Od procesnih parametara prešanja ispitivao se utjecaj nastavka tj. veličine otvora za izlaz pogače (6 mm, 8 mm, 11 mm), frekvencija elektromotora (22 Hz, 28 Hz, 34 Hz, 40 Hz) i temperatura glave preše (90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C) na iskorištenje ulja. Na proizvedenom hladno prešanom ulju određeni su osnovni parametri kvalitete: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vode, udio netopljivih nečistoća te je utvrđena sukladnost prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19). Također je određen sastav masnih kiselina u lanenom ulju.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Sirovina za proizvodnju hladno prešanog lanenog ulja je očišćena, osušena, nesamljevena sjemenka lana. Prešanje lana provodi se na laboratorijskoj kontinuiranoj pužnoj preši, snage elektromotora 1,5 kW i kapaciteta 20-25 kg/h. Tijekom prešanja podešavani su određeni procesni parametri. Mijenjanjem procesnih parametara (veličina otvora za izlaz pogače, temperatura glave preše, frekvencija elektromotora preše) prilikom svakog pokusa dobivena je različita količina sirovog ulja (mL).

3.2.2. Metode rada

3.2.2.1. Određivanje udjela ulja u sjemenkama i pogači

Udio ulja u sjemenkama lana i pogači zaostaloj nakon prešanja određen je standardnom metodom ekstrakcija ulja po Soxhletu. Otapalo korišteno u ovom postupku je petrol-eter. Ekstrakcija uzorka provodi se u odgovarajućoj aparaturi, koja se sastoji od tikvice, ekstraktora i hladila. Na osušenu i izvaganu tikvicu stavlja se ekstraktor sa tuljkom u kojem je uzorak. Dodano je otapalo, pričvršćeno hladilo i provedena ekstrakcija do iscrpljenja uzorka. Otapalo se na kraju

predestilira, a zaostalo ulje u tikvici se suši i važe. Udio ulja računa se prema **formuli (1)**:

$$\text{Udio ulja \%} = (a-b) * 100 / c \quad (1)$$

gdje je:

a – masa tikvice sa uzorkom (g)

b – masa prazne tikvice (g)

c – masa ispitivanog uzorka (g)

3.2.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja

Određivanje peroksidnog broja (Pbr)

Peroksidni broj predstavlja indikator svježine odnosno užeglosti neke masti ili ulja. Čuvanje masti i ulja pod utjecajem prooksidanasa (kisik iz zraka, toplina, svjetlost, tragovi metala i dr.) dolazi do vezanja kisika na dvostruke veze nezasićenih masnih kiselina, te nastaju peroksidi odnosno hidroperoksidi. Oni nastaju u prvoj fazi kvarenja tzv. indukcionom periodu, kada još uvijek nisu vidljive organoleptičke promjene na mastima i uljima. U drugoj fazi kvarenja (propagacija) period aktivne oksidacije gdje se peroksidi razgrađuju i nastaju oksii- i keto masne kiseline, aldehidi i ketoni koji su nosioci neugodnog (užeglog) mirisa. Ova metoda određivanja se zasniva na sposobnosti peroksida da oslobode jod iz otopine kalij jodida, koji se zatim određuje titracijom s otopinom natrij tiosulfata. Peroksidni broj su mL 0,002 M otopine natrij tiosulfata (Na₂S₂O₃) potrebnog za redukciju one količine joda koju oslobodi 1 g masti ili ulja iz kalij jodida. Peroksidni broj se računa po **formuli (2)** :

$$Pbr = (V1 - V0) \times 5 / m \text{ [mmol O}_2\text{/kg]} \quad (2)$$

gdje je:

V_1 - volumen 0,01 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošen za titraciju uzorka ulja (mL),
 V_0 - volumen 0,01 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošen za titraciju slijepa probe (mL),
 m - masa uzorka (g).

Određivanje slobodnih masnih kiselina (SMK)

Masti i ulja pored triacilglicerola sadrže i slobodne masne kiseline koje su pokazatelj kiselosti biljnih ulja, a udio slobodnih masnih kiselina može se izraziti kao: kiselinski broj, kiselinski stupanj ili kao postotak oleinske kiseline. Slobodne masne kiseline u biljnim uljima određuju se primjenom standardne metode (HRN EN ISO 660:1996). U 5 g izvaganog uzorka ulja dodaje se smjesa etera i EtOH, te titrira sa 0,1 M otopinom NaOH uz dodatak indikatora fenolftaleina, do promjene boje. Udio slobodnih masnih kiselina izračunava se prema **formuli (3)** :

$$\text{SMK (\% oleinske kiseline)} = V * c * M / 10 * m \quad \mathbf{(3)}$$

gdje je:

V - utrošak vodene otopine NaOH za titraciju uzorka, (mL),
 c - koncentracija NaOH za titraciju, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$,
 M - molekulska masa oleinske kiseline, $M = 282 \text{ g/mol}$,
 m - masa uzorka za ispitivanje, (g).

Određivanje vlage

Vlaga je određena u sjemenkama lana i u ulju. Metoda je jednaka, temelji se na isparavanju vode i hlapljivih tvari zagrijavanjem u sušioniku. Udio vlage izračunava se po **formuli (4)** :

$$\% \text{ vlage i hlapljivih tvari} = (m_1 - m_2 / m_1 - m_0) * 100 \quad \mathbf{(4)}$$

gdje je:

m_0 – masa staklene čaše (g),

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

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

Određivanje netopljivih nečistoća

Uzorak ulja se tretira organskim otapalom petrol-eterom i otopina se filtrira kroz lijevak sa perforiranim dnom, uz ispiranje taloga istim otapalom. Zaostali talog je osušen do konstantne mase i izvagan. Udio netopljivih nečistoća računa se prema **formuli (5)** :

$$\% \text{ netopljive nečistoće} = (m_2 - m_1 / m_0) * 100 \quad \mathbf{(5)}$$

gdje je:

- m_0 – masa uzorka (g),
- m_1 – masa osušenog lijevka (g),
- m_2 – masa lijevka s nečistoćama nakon sušenja (g).

3.2.2.3. Određivanje parametara za identifikaciju ulja

Saponifikacijski broj

Saponifikacijski broj označava broj mg KOH koji je potreban za potpunu saponifikaciju slobodnih i esterski vezanih masnih kiselina u 1 g masti. U tikvicu je odvagano 2 g ulja, dodano 25 mL 0,5 M kalij hidroksida te stavljeno nekoliko staklenih kuglica i zagrijavano na vodenoj kupelji oko pola sata. Nakon završene saponifikacije u vruću otopinu je dodano nekoliko kapi 1 %-tnog fenolftaleina i višak KOH titriran je s 0,5 M klorovodikom do nestanka crvene boje. Saponifikacijski broj izračunava se po **formuli (6)** :

$$\text{Saponifikacijski broj} = (A-B) \times 28,1 / O_k \quad (6)$$

gdje je:

A = 0,5 M otopine HCl utrošeno za slijepu probu (mL),

B = 0,5 M otopine HCl utrošeno za glavnu probu (mL),

O_k = količina uzorka (g).

Jodni broj

Jodni broj je fizikalno-kemijska konstanta koja je mjera nezasićenosti, odnosno broja dvostrukih veza u nezasićenim masnim kiselinama. Označava prisutnost nezasićenih masnih kiselina u ulju a izražava se u gramima joda koji se veže na 100 g masti ili ulja. Postupak se temelji na titraciji uzorka 0,1 M otopinom natrij tiosulfata do promjene boje u svijetložutu. Izračunava se po **formuli (7)** :

$$\text{Jodni broj} = (a-b) \times 0,01269 \times 100 / c \quad (7)$$

gdje je:

a - broj utrošenih mL 0,1 M otopine Na₂S₂O₃ za slijepu probu,

b - broj utrošenih mL 0,1 M otopine Na₂S₂O₃ za uzorak ulja,

c - masa ispitivanog uzorka ulja ili masti (g).

3.2.2.4. Određivanje sastava masnih kiselina u ulju

Metilni esteri masnih kiselina pripremljeni su prema normi HRN EN ISO 12966-2: 2011. Pripremljeni metil esteri masnih kiselina analizirani su plinskom kromatografijom prema HRN EN ISO 12966-4: 2015. Za analize su korišteni plinski kromatograf 7890A (Agilent Technologies, Lake Forest, SAD) sa kapilarnom kolonom ZB-WAX duljine 25 m, promjerom od 0,25 mm i debljinom stacionarne faze 0,25 mikrona (Phenomenex, USA), injektor split-splitless tehnologijom

(temperatura 260 °C) i plameno ionizacijski detektor (temperatura 280 °C). Uzorak (5 µL) je injektiran s omjerom podjele od 1:40. Početna temperatura kolone bila je 60 °C s vremenom zadržavanja 2 min. Temperatura pećnice povećava se brzinom od 13 °C/min do 150 °C, zatim brzinom od 2 °C/min se zagrijava do 240 °C. Plin nosač je bio helij (99,9999 %) pri konstantnoj brzini protoka od 3 mL/min. Protok vodika je bio 70 mL/min, protok zraka je 450 mL/min, a protok plina za pripremu (dušik) bio je 15 mL/min. Metilni esteri masnih kiselina su identificirani usporedbom s retencijskim vremenima standarda od 37 metilnih estera masnih kiselina analiziranih u istim uvjetima. S uzorcima i standardima, za svaki set analiza, certificirani referentni materijal (CRM – Supelco® 37 Komponenta FAME Mix, Bellefonte, Pennsylvania, SAD), pripremljen je i analiziran pod istim uvjetima. Rezultat je izražen kao postotak (%) pojedinačnih masnih kiselina u odnosu na ukupne masne kiseline. Limit detekcije metode je 0,1 %.

4. REZULTATI

Tablica 7 Utjecaj temperature grijača glave preše na iskorištenje ulja

	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temperatura sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)
N = 8 mm T = 90 °C F = 22 Hz	1	400	47	330	634,10	14,67	7,71
N = 8 mm T = 100 °C F = 22 Hz	1	390	49,5	330	641,15	14,68	7,55
N = 8 mm T = 110 °C F = 22 Hz	1	385	51	330	641,01	14,23	7,18
N = 8 mm T = 120°C F = 22 Hz	1	370	52	320	644,44	13,72	7,30

N – nastavak na glavi preše koji definira promjer izlaza pogače (mm),

F – frekventni regulator, regulira brzinu pužnice preše (Hz),

T – temperatura glave preše kod izlaza pogače (°C).

Tablica 8 Utjecaj frekvencije elektromotora (brzine pužnice) na iskorištenje ulja

	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temperatura sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)
N = 11 mm T = 90 °C F = 22 Hz	1	370	46	310	650,40	15,26	8,60
N = 11 mm T = 90 °C F = 28 Hz	1	360	48	295	666,83	17,73	8,13
N = 11 mm T = 90 °C F = 34 Hz	1	340	44	270	676,46	18,69	8,17
N = 11 mm T = 90 °C F = 40 Hz	1	335	45	260	687,15	20,79	7,89

N – nastavak na glavi preše koji definira promjer izlaza pogače (mm),

F – frekventni regulator, regulira brzinu pužnice preše (Hz),

T – temperatura glave preše kod izlaza pogače (°C).

Tablica 9 Utjecaj nastavka na glavi preše, koji definira promjer izlaza pogače na iskorištenje ulja

	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temperatura sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)
N = 6 mm T = 90 °C F = 22 Hz	1	405	47	340	620,37	12,55	8,15
N = 8 mm T = 90 °C F = 22 Hz	1	400	47	330	634,10	14,67	7,71
N = 11 mm T = 90 °C F = 22 Hz	1	370	46	310	650,40	15,26	8,60

N – nastavak na glavi preše koji definira promjer izlaza pogače (mm),

F – frekventni regulator, regulira brzinu pužnice preše (Hz),

T – temperatura glave preše kod izlaza pogače (°C).

Tablica 10 Osnovni parametri kvalitete hladno prešanog lanenog ulja

Uzorak	Pbr (mmol O ₂ /kg)	SMK (% oleinske kiseline)	Vlaga (%)	NN (%)
Hladno prešano laneno ulje	0	0,39	0,067	0,16

SMK – slobodne masne kiseline (%),

Pbr – peroksidni broj (mmol O₂/kg),

NN – netopljive nečistoće (%).

Tablica 11 Sastav masnih kiselina hladno prešanog lanenog ulja

Masna kiselina	Udio (%)
Palmitinska kiselina C16:0	6,28
Stearinska kiselina C18:0	4,73
Oleinska kiselina C18:1	18,11
Linolna kiselina C18:2	16,65
Linolenska kiselina C18:3	54,21

5. RASPRAVA

Analizom sjemenki lana utvrđeno je da sadrži 39,72 % ulja i 6,69 % vode.

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara prešanja na iskorištenje hladno prešanog lanenog ulja prikazani su u **Tablicama 7 – 9**.

U **Tablici 7** prikazan je utjecaj temperature zagrijavanja glave preše na iskorištenje ulja tijekom prešanja. Ispitivane temperature glave preše su 90, 100, 110 i 120 °C. Nastavak na glavi preše koji je korišten pri ovim ispitivanjima je 8 mm, a frekventni regulator je podešen na 22 Hz i osigurava konstantnu brzinu pužnice. Prešanjem lana pri temperaturi glave preše 90 °C dobiven je volumen sirovog ulja 400 mL; kod 100 °C volumen sirovog ulja je 390 mL; kod 110 °C je 385 mL; kod 120 °C je 370 mL.

Vidljivo je da je najveći volumen sirovog ulja dobiven pri 90 °C, a pri većim temperaturama volumen se snižava. Nakon taloženja proizvedenog sirovog ulja kroz devet dana i vakuum filtracije, radi uklanjanja zaostalih netopljivih nečistoća, dobiveni volumen hladno prešanog ulja pri temperaturama 90, 100 i 110 °C je 330 mL, dok je pri 120 °C 320 mL. Temperatura glave preše kod ovih parametara nema značajan utjecaj na količinu dobivenog ulja. Kod viših temperatura glave preše volumen ulja je nešto manji. Moslavac i sur. (2016.) i Martinez i sur. (2013.) u svojim studijima objašnjavaju kako porastom temperature grijača glave preše, raste i količina dobivenog ulja, tako što se porastom temperature povećava procesni tlak i snižava viskozitet ulja, što rezultira većim cijeđenjem ulja, a to znači i veće iskorištenje tijekom prešanja. Temperatura proizvedenog sirovog ulja se povećavala kako se povećavala i temperatura zagrijavanja glave preše. Pri temperaturama 110 i 120 °C, temperatura sirovog ulja je nešto malo prešla uvjet za kategoriju hladno prešanog ulja (50°C); (Pravilnik o jestivim uljima i mastima, NN 11/19).

Udio ulja zaostalog u pogači najmanji je pri najvišoj temperaturi glave preše 120 °C, iznosi 13,72 %, a najveći pri 100 °C i iznosi 14,68 %. Ovdje se vidi utjecaj temperature glave preše na zaostalu količinu ulja u pogači. Što je temperatura niža, to više ulja zaostaje u pogači.

U **Tablici 8** prikazan je utjecaj frekvencije elektromotora (brzine pužnice) na iskorištenje ulja. Frekvencije elektromotora koje su korištene tijekom prešanja lana su 22, 28, 34 i 40 Hz.

Temperatura grijača glave preše kod izlaza pogače je 90 °C, a nastavak na glavi preše koji definira promjer izlaza pogače je 11 mm. Prešanjem lana pri 22 Hz dobivena je najveća količina sirovog ulja 370 mL, pri 28 Hz volumen sirovog ulja iznosi 360 mL, pri 34 Hz količina sirovog ulja iznosi 340 mL, pri 40 Hz, 335 mL. Vidi se direktan utjecaj brzine pužnice na količinu dobivenog sirovog ulja, što je pužnica sporija kod ispitivanih brzina, to je veća količina dobivenog sirovog ulja. Nakon devet dana taloženja sirovog ulja i vakum filtracije jasno je zapažen utjecaj brzine pužnice na količinu dobivenog hladno prešanog ulja, jer je najviše ulja dobiveno pri 22 Hz (310 mL), a najmanje pri 40 Hz (260 mL). Temperatura sirovog ulja odgovara uvjetima o hladno prešanim uljima (Pravilnik o jestivim uljima i mastima NN 11/19), jer je kod svih ispod 50 °C. Udio ulja zaostao u pogači najmanji je pri 22 Hz, iznosi 15,26 %. Pri 28 Hz udio ulja je 17,73 %, pri 34 Hz iznosi 18,69 % te pri 40 Hz iznosi 20,79 %. Vidljiv je dakle direktan utjecaj brzine pužnice na količinu ulja zaostalog u pogači. Što je niža frekvencija elektromotora (brzina pužnice) to je niža i količina zaostalog ulja u pogači, a time i veće iskorištenje ulja prešanjem lana, dakle veća je količina proizvedenog lanenog ulja.

U **Tablici 9** prikazan je utjecaj nastavka na glavi preše, koji definira promjer otvora izlaza pogače na iskorištenje ulja. Nastavci koji su korišteni su 6, 8 i 11 mm. Temperatura glave preše koja je korištena je 90 °C i frekvencija elektromotora 22 Hz. Tijekom prešanja najveći volumen sirovog ulja dobiven je kod nastavka promjera 6 mm i iznosi 405 mL. Ovdje se stvara najveći procesni tlak tijekom prešanja. Najmanji volumen sirovog ulja dobiven je kod primjene nastavka promjera 11 mm i iznosi 370 mL. Nakon devet dana taloženja i vakum filtracije također najveći volumen finalnog hladno prešanog ulja je pri nastavku promjera 6 mm, iznosi 340 mL. Temperatura sirovog ulja na izlazu je u granicama Pravilnika o jestivi uljima i mastima.

Udio ulja zaostalog u pogači najmanji je kod primjene nastavka 6 mm te iznosi 12,55 %. Rac (1964.) i Moslavac i sur. (2016.) objašnjavaju kako smanjenjem veličine nastavka za izlaz pogače na glavi preše dolazi do povećanja radnog tlaka tijekom prešanja sjemenki što rezultira proizvodnjom veće količine sirovog i finalnog hladno prešanog ulja te manje ulja zaostaje u pogači (nusproizvod prešanja). Najviše ulja zaostalog u pogači je kod nastavka 11 mm, iznosi 15,26 %, što je i očekivano u ovom istraživanju jer je manji procesni tlak tijekom prešanja.

Osnovni parametri kvalitete proizvedenog hladno prešanog lanenog ulja, prikazane su u **Tablici 10**. Ispitivano hladno prešano laneno ulje ima peroksidni broj 0 mmol O₂/kg, udio slobodnih masnih kiselina 0,39 %, udio vlage 0,067 % te udio netopljivih nečistoda 0,16 %.

Ispitivani parametri kvalitete pokazuju da je proizvedeno laneno ulje dobre kvalitete i da je u skladu s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/19), osim NN koja je nešto veća od maksimalno dozvoljene (0,05 %). Zato je potrebno produžiti vrijeme taloženja krutih čestica iz sirovog ulja.

U **Tablici 11** prikazan je sastav masnih kiselina prisutnih u hladno prešanom lanenom ulju. Analiza je provedena plinskom kromatografijom sa FID detektorom. Analizom sastava masnih kiselina na uzorku lanenog ulja, utvrđeno je da dominira u najvećem udjelu polinezasićena linolenska kiselina (C18:3) čiji udjel iznosi 54,21 %, a nakon nje je mononezasićena oleinska kiselina (C18:1) s udjelom 18,11 % te linolna kiselina 16,65 %. Od zasićenih masnih kiselina dominira palmitinska kiselina (C16:0) 6,28 %. Ovi dobiveni podatci su u skladu s literaturnim navodima.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovi rezultata istraživanja utjecaja procesnih parametara prešanja na iskorištenje i kvalitetu hladno prešanog lanenog ulja doneseni su sljedeći zaključci:

1. Temperatura zagrijavanja glave preše kod ispitivanih parametara prešanja neznatno utječe na iskorištenje ulja tijekom prešanja lana.
2. Prešanjem lana kod temperature glave preše 90 °C (N = 8 mm, F = 22 Hz) dobivena je najveća količina sirovog i hladno prešanog lanenog ulja.
3. Frekvencija elektromotora (brzina pužnice) tijekom prešanja lana utječe na iskorištenje ulja.
4. Primjenom niže frekvencije elektromotora (22 Hz) proizvedena je veća količina lanenog ulja (sirovog i finalnog), - i manji je udio zaostalog ulja u pogači.
5. Primjena različitog nastavka na glavi preše koji određuje veličinu otvora za izlaz pogače, utječe na iskorištenje ulja tijekom prešanja sjemenke lana što je promjer nastavka manji (6 mm), to je veći volumen dobivenog lanenog ulja
6. Temperatura dobivenih sirovih ulja odgovara uvjetima o hladno prešanim uljima (Pravilnik o jestivim uljima i mastima, NN 11/19), jer je kod svih ispod 50 °C, osim pri temperaturama glave preše 110 i 120 °C.
7. Proizvedeno hladno prešano laneno ulje je dobre kvalitete. Ispitivani parametri kvalitete su u skladu s vrijednostima prema Pravilniku, osim netopljivih nečistoća koje su nešto povećane te je potrebno produžiti taloženje krutih čestica iz sirovog ulja.
8. Primjenom plinske kromatografije utvrđeno je da u hladno prešanom lanenom ulju dominira linolenska masna kiselina.

7. LITERATURA

Bockisch M: Fats and oils handbook, AOCS Press, Champaign, Illinois, 1998.

Curaković M, Lazić V, Gvozdanović J: Osnovne karakteristike ambalažnih materijala za pakovanje ulja, Zbornik radova, Budva, 1996.

Čorbo S: Tehnologija ulja i masti, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo, 2008.

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

Dimić E., Dimić V, Romanid R: Essential fatty acids and nutritive value of edible nonrefined linseed oil, 9th Symposium: Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, Proceedings, pp. 480-483, Jena Thuringen, 2003.

Karleskid A: Oils and fats Manual, Intercept Ltd, Andover, Hampshire, UK, 1996.

Karlović Đ, Andrić N: Kontrola kvalitete semena uljarica, Tehnološki fakultet, Novi sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1996.

Martinez M, Penci C, Marin A, Ribotta P: Screw press extraction of almond: Oil recovery and oxidative stability. Journal of Food Engineering 72: 40-45, 2013.

Martinović A: Tehnologija proizvodnje hladno prešanog lanenog ulja, Završni rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2017.

Moslavac T, Jokić S, Aladić K, Galović M, Šubarić D: Proizvodnja hladno prešanog makovog ulja. Hranom do zdravlja: 9. međunarodni znanstveno-stručni skup 132- 143, 2016.

Moslavac T: Materijali s predavanja na kolegiju "Tehnologija ulja i masti", Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013.

Moslavac T: Materijali s predavanja na kolegiju "Tehnologija ulja i masti", Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2020.

Panak J: Proizvodnja i stabilizacija hladno prešanog lanenog ulja, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek 2014.

Rac M: Ulja i masti, Privredni pregled, Beograd, 1964.

Radanović T: Utjecaj antioksidansa na održivost ulja smeđeg lana, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet , Osijek, 2019.

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.

Swern D: Industrijski proizvodi ulja i masti po Baileyu, Znanje, Zagreb, 1972

Šimetić S: Lan u proizvodnji i upotrebi, Zavod za sjeme i rasadničarstvo Osijek, 217-220,2008.

Veselinović S, Turkulov J: Uber die Selbsterwärmung der SonnenBlumensaat beim Lagern, Fat Sci, Technol, 1988.

Wiley J & Sons: Baileys industrial oil & fat products, Edited by Y. H. Hui, Volume 2, Edible oils and fat products: Oils and oil seeds, Fifth Edition, Inc., New York, 1996.

Web 1 <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m04/j04/index.html> [7.9.2023.]

Web 2 <https://lekar-savetnik.com/analiza/krvi/trigliceridi.html> [7.9.2023.]

Web 3 <https://www.proteini-outlet.com/trans-masti-sto-trebamo-znati/> [13.9.2023.]

Web 4 <https://www.plantagea.hr/aromaterapija/kemizam-masnih-kiselina/> [7.9.2023.]

Web 5 <https://tehnika.lzmk.hr/lan/> [7.9.2023.]

Web 6 <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/proizvodnja-nerafiniranih-ulja-presanjem/> [7.9.2023]