

Utjecaj tipa pužne osovine i parametara prešanja sjemenke suncokreta sorte NK Neoma pužnom prešom na prinos i kvalitetu ulja

Franjić, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:109:444476>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

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

Monika Franjić

**UTJECAJ TIPA PUŽNE OSOVINE I PARAMETARA PREŠANJA
SJEMENKE SUNCOKRETA SORTE NK NEOMA PUŽNOM PREŠOM NA
PRINOS I KVALITETU ULJA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan 2021 .

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 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambenog inženjerstva

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ulja i masti

Tema rada je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 21.07.2021.

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

Pomoć pri izradi: *Daniela Paulik*, tehnički suradnik

UTJECAJ TIPA PUŽNE OSOVINE I PARAMETARA PREŠANJA SJEMENKE SUNCOKRETA SORTE NK NEOMA PUŽNOM PREŠOM NA PRINOS I KVALITETU ULJA

Monika Franjić, 0113137799

Sažetak: Suncokretovo ulje proizvodi se iz sjemenki biljke *Helianthus annuus L.* koja je podrijetlom iz Sjeverne Amerike. Sjemenke suncokreta sadrže oko 40 - 60 % ulja. U ovom ispitivanju proizvedeno je suncokretovo ulje iz sjemenki suncokreta sorte NK Neoma koja je uzgojena s povećanim udjelom selena, cinka i željeza. Ulje je proizvedeno hladnim prešanjem uz pomoć pužne preše, a ispitivan je utjecaj dva tipa pužne osovine i različitih procesnih parametara prešanja na prinos i kvalitetu ulja. Tijekom prešanja ispitivani parametri su: veličina nastavka za izlaz pogače, temperatura grijača glave preše i frekvencija elektromotora. Na proizvedenom hladnom prešanom suncokretovom ulju određeni su osnovni parametri kvalitete ulja: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vode, udio netopljivih nečistoća, te parametri identifikacije ulja: saponifikacijski i jodni broj. Rezultati pokazuju da vrijednosti osnovnih parametara kvalitete ne prelaze maksimalno dopuštene vrijednosti prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19).

Ključne riječi: suncokretovo ulje, hladno prešano ulje, pužna preša, parametri prešanja

Rad sadrži: 43 stranice
15 slika
12 tablica
27 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

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

Datum obrane: 30. rujna 2021.

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. X. held on July 21, 2021.

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

Technical assistance: *Daniela Paulik*, technical associate

INFLUENCE OF THE WORM SHAFT TYPE AND PARAMETERS OF PRESSING SUNFLOWER SEED VARIETES NK NEOMA BY A SCREW PRESS ON THE YIELD AND QUALITY OF OIL

Monika Franjić, 0113137799

Summary: Sunflower oil is produced from the seeds of the plant *Helianthus annuus L.*, which is native to North America. Sunflower seeds contain about 40-60 % oil. In this test, sunflower oil was produced from sunflower seeds of the NK Neoma variety, which was grown with an increased content of selenium, zinc and iron. The oil was produced by cold pressing using a screw press, and the influence of two types of worm shaft and different process parameters of pressing on oil yield and quality was investigated. During the pressing, the examined parameters are: the size of the cake outlet, the temperature of the press head heater and the frequency of the electric motor. The basic parameters of oil quality were determined on the produced cold pressed sunflower oil: peroxide value, free fatty acids, water content, insoluble impurities content, and oil identification parameters: saponification and iodine number. The results show that the values of the basic quality parameters do not exceed the maximum permissible values according to the Ordinance on edible oils and fats (OG 11/19).

Key words: sunflower oil, cold pressed oil, pressing parameters, screw press

Thesis contains: 43 pages
15 figures
12 tables
27 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, assistant prof. | chair person |
| 2. <i>Tihomir Moslavac</i> , PhD, Full prof. | supervisor |
| 3. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, assistant prof. | member |
| 4. <i>Stela Jokić</i> , PhD, Full prof. | stand-in |

Defense date: September 30, 2021.

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

Najveća zahvala mojim roditeljima i braći koji su od početka do kraja studiranja vjerovali u mene i bili moja najveća podrška. Također, hvala mojim prijateljima bez kojih ovo razdoblje života ne bi bilo potpuno.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Tihomiru Moslavcu na izdvojenom vremenu, pomoći i stručnim savjetima koji su doprinjeli nastanku ovog diplomskog rada.

Veliko hvala tehničarki Danieli Paulik na pomoći prilikom provođenja eksperimentalnog dijela rada.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. SASTAV ULJA I MASTI	4
2.1.1. Triacilgliceroli.....	5
2.1.2. Masne kiseline.....	5
2.1.3. Negliceridni sastojci	9
2.2. PODJELA I SVOJSTVA PRIRODNIH ULJA	10
2.3. PROIZVODNJA HLADNO PREŠANOG ULJA	12
2.3.1 Čišćenje sjemenki uljarica	14
2.3.2. Sušenje sjemenki uljarica	14
2.3.3. Ljuštenje uljarica.....	15
2.3.4. Prešanje	16
2.3.5. Odvajanje netopljivih nečistoća iz sirovog prešanog ulja	17
2.3.6. Pakiranje i skladištenje biljnih ulja	18
3. EKSPERIMENTALNI DIO	19
3.1. ZADATAK.....	20
3.2. MATERIJAL I METODE.....	20
3.2.1. Materijali	20
3.2.2. Metode	22
3.2.2.1. Određivanje ulja u sjemenkama i pogači	22
3.2.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja	24
3.2.2.3. Određivanje parametara za identifikaciju ulja.....	27
4. REZULTATI	29
4.1. REZULTATI UTJECAJA PROMJENE PARAMETARA PREŠANJA NA ISKORIŠTENJE HLADNO PREŠANOG SUNCOKRETOVOG ULJA	30
5. RASPRAVA.....	36
6. ZAKLJUČCI	40
7. LITERATURA	43

Popis oznaka, kratica i simbola

Pbr	Peroksidni broj
SMK	Slobodne masne kiseline
NN	Netopljive nečistoće
F	Frekventni regulator
N	Veličina nastavka glave preše
T	Temperatura grijača glave preše

1.UVOD

Proizvodnja hladno prešanog ulja provodi se mehaničkim postupkom, prešanjem. Tijekom procesa proizvodnje hladno prešanih ulja provode se različiti postupci, čišćenje, odnosno bistrenje, pranje vodom, dekantiranje, filtriranje i centrifugiranje. Hladno prešana ulja su specifična po svojem intenzivnom okusu, mirisu i boji.

Suncokret, *Helianthus annuus* L. je danas među najznačajnijim uljaricama u svijetu, to je jednogodišnja biljka koja pripada porodici glavočika. Razlikuju se dvije osnovne vrste suncokreta, uljani tip suncokreta i proteinski tip suncokreta. Uljani tip suncokreta sadrži oko 40-60 % ulja i dijeli se na dva osnovna tipa, linolni i oleinski. Za proizvodnju hladno prešanog suncokretovog ulja koriste se sjemenke suncokreta, koje mogu biti neoljuštene ili oljuštene.

Zadatak ovog diplomskog rada je bio ispitiati utjecaj tipa pužne osovine i parametara prešanja sjemenki suncokreta sorte NK Neoma pužnom prešom na prinos i kvalitetu ulja. Linolna sorta suncokreta NK Neoma uzgojena je s povećanim udjelom minerala selena, cinka i željeza. Prilikom ovog ispitivanja korištena je pužna osovina dubine navoja 5 mm i 10 mm, a ispitivani su parametri prešanja: veličina nastavka za izlaz pogače (6 mm, 8 mm, 10 mm), temperatura grijača glave preše (80 °C, 100 °C) i frekvencija elektromotora (25 Hz i 35 Hz).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SASTAV ULJA I MASTI

Organski spojevi ulja i masti mogu biti biljnog ili životinjskog podrijetla, topljivi su u organskim otapalima (alkoholu, eteru, heksanu, kloroformu i dr.), dok su netopljivi u vodi (Sikorski, 2003).

Iako ulja i masti imaju sličan kemijski sastav, ono što ih čini različitim su fizikalna svojstva. Na sobnoj temperaturi ulja su u tekućem stanju jer sadrže više nezasićenih masnih kiselina (NMK), a masti u čvrstom stanju zbog višeg sadržaja zasićenih masnih kiselina (ZMK) (Grün, 2004).

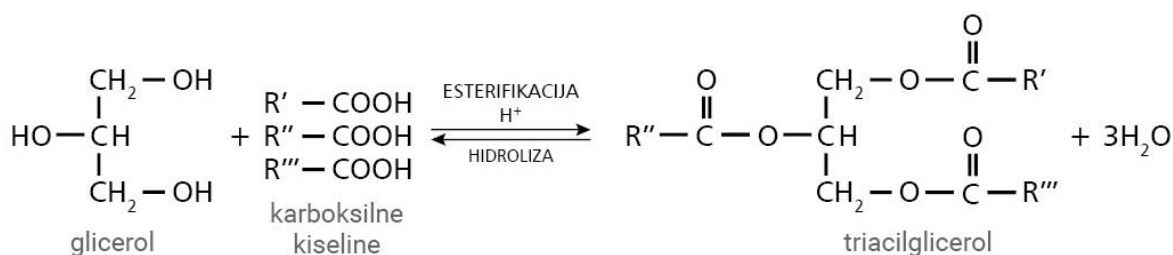
Ulja i masti su građeni od triacilglicerola, masnih kiselina i negliceridnih sastojaka (Čorbo, 2008).

Jestiva ulja i masti pripadaju skupini spojeva koji se nazivaju lipidi (grč. lipos – masti). Lipidi se mogu podijeliti na jednostavne, složene i derivate lipida (Birdi, 1989).

Jednostavni lipidi

Triacilgliceroli pripadaju jednostavnim lipidima, a nastaju reakcijom (**Slika 1**) iz jedne molekule alkohola glicerola i tri molekule masnih kiselina. Jednostavnim lipidima također pripadaju i voskovi, koji su esteri viših masnih kiselina i viših masnih alkohola (Hoffmann, 1989).

Reaktivni dio triacilglicerola čine masne kiseline pri čemu imaju veliki utjecaj na fizikalna i kemijska svojstva (Swern, 1972).



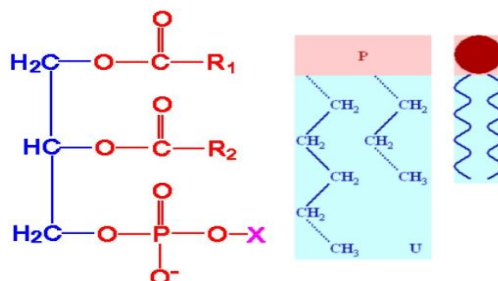
Slika 1 Reakcija nastajanja triacilglicerola (Web 1)

Složeni lipidi

U složene lipide ubrajaju se fosfolipidi, lipoproteini, sulfolipidi, glikolipidi i dr. (Odak, 2013).

Najzastupljeniji složeni lipidi su fosfolipidi, inače esteri alkohola glicerola, kojemu su prve dvije hidroksilne skupine esterificirane s masnom kiselinom, dok je treća esterificirana fosforom kiselinom. Reaktivna grupa fosforne kiseline na sebe veže organsku skupinu, kao što je amino-

alkohol ili šećerna komponenta (Hoffmann, 1989). Na **Slici 2** je prikazana osnovna struktura fosfolipida.



Slika 2 Osnovna struktura fosfolipida (Web 2)

Derivati lipida

Hidrolizom jednostavnih i složenih lipida nastaju derivati lipida. U derivate lipida ubrajaju se masne kiseline, alkoholi (steroli), vitamini D, E i K te ugljikovodici (Odak, 2013).

2.1.1. Triacilgliceroli

Triacilgliceroli se definiraju kao esteri masnih kiselina i trovalentnog alkohola glicerola. Triacilgliceroli mogu biti jednostavi i mješoviti, vezanjem tri jednake masne kiseline na molekulu glicerola nastaju jednostavni triacilgliceroli, a vezanjem različitih masnih kiselina mješoviti triacilgliceroli (Čorbo, 2008).

2.1.2. Masne kiseline

Masne kiseline su građene od ugljikovodikovog lanca na čijem je kraju vezana karboksilna skupina (-COOH) (Čorbo, 2008).

Masne kiseline se mogu podijeliti s obzirom na:

- a) Broj ugljikovih atoma
 - masne kiseline kratkog lanca (do 8 ugljikovih atoma),
 - masne kiseline srednjeg lanca (8 – 12 ugljikovih atoma),
 - masne kiseline dugačkog lanca (više od 12 ugljikovih atoma).
- b) Stupanj nezasićenosti:

-
- zasićene,
 - nezasićene (mononezasićene sadrže jednu dvostruku vezu i polinezasićene, koje sadrže 2 – 6 dvostrukih veza).

c) Prostorni raspored kiselinskih ostataka oko dvostruke veze:

- *cis* – oblik,
- *trans* – oblik (Čorbo, 2008).

Zasićene masne kiseline (ZMK)

Zasićene masne kiseline karakterizira ravan oblik lanca. Svi atomi ugljika u molekuli zasićene masne kiseline su povezani jednostrukim vezama te je svaki atom ugljika zasićen. Opća formula zasićenih masnih kiselina je $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ (Rade i Škevin, 2004).

Zasićene masne kiseline koje imaju veći broj ugljikovih atoma, to jest duži ugljikovodikov lanac pri sobnoj temperaturi imaju teksturu sličnu vosku, a zasićene masne kiseline s manjim brojem ugljikovih atoma rijeđu konzistenciju, skoro tekuću. Kako se povećava broj ugljikovih atoma u molekuli zasićene masne kiseline tako se povećava i točka topljenja, vreliše, ali i refrakcijski indeks. Naime, povećanjem dužine lanca dolazi do smanjenja gustoće, ali također i do smanjenja topljivosti u vodi (Hoffmann, 1989). U **Tablici 1** prikazane su najznačajnije zasićene masne kiseline.

Tablica 1 Najznačajnije zasićene masne kiseline (Čorbo, 2008).

Broj C atoma	Naziv masne kiseline
4	Maslačna
6	Karbonska
8	Kaprilna
10	Karpinska
12	Laurinska
14	Miristinska
16	Palmitinska
18	Stearinska
20	Arahinska
22	Behenska
24	Ligocerinska
26	Cerotinska

Nezasićene masne kiseline (NMK)

U molekulama nezasićenih masnih kiselina atomi ugljika povezani su dvostrukim vezama. S obzirom na broj dvostrukih veza u molekuli nezasićene masne kiseline mogu biti mononezasićene ako sadrže jednu dvostruku vezu ili polinezasićene ako sadrže više dvostrukih veza (dinezasićene, trinezasićene i dr.) (Hoffmann, 1989). Najvažnije nezasićene masne kiseline prisutne u uljima i mastima prikazane su u **Tablici 2**.

Nezasićene masne kiseline pojavljuju se u dva geometrijska izomerna oblika (*cis* i *trans*), ovisno o položaju vodikovih atoma oko dvostruke veze. *Cis* i *trans* masne kiseline imaju identičan kemijski sastav, ali zbog različite konfiguracije razlikuju im se fizikalna svojstva. Primjerice *cis* masne kiseline pri sobnoj temperaturi su tekuće, dok su *trans* masne kiseline topljive tek pri višim temperaturama (Hoffmann, 1989).

Tablica 2 Najznačajnije nezasićene masne kiseline (Čorbo, 2008).

Naziv masne kiseline	Broj C atoma: broj dvostrukih veza	Formula	Izvor
Palmitoleinska	16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Maslac i biljne masti
Oleinska	18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Biljne i životinjske masti
Elaidinska	18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Hidrogenirane mast
Eruka	22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	Ulja sjemenki krstašica
Linolna	18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Biljne i životinjske masti
Linolenska	18:3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}\cdot\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ulje lana, soje, konoplje i oraha
Arahidonska	20:4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CH}\cdot\text{CH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\cdot\text{COOH}$	Mozak, riblja jetra i drugi životinjski organi
Klupandonska	22:5	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Riblja ulja

Esencijalne masne kiseline (EMK)

Esencijalne masne kiseline ljudski organizam ne može sam sintetizirati te ih je potrebno unositi putem hrane. Linolna kiselina je najznačajnija esencijalna masna kiselina, a njezin nedostatak može uzrokovati različite poteškoće kod djece u rastu i probleme na koži (Hoffmann, 1989). Strukturna formula linolne kiseline prikazana je na **Slici 3**.

Esencijalne masne kiseline su polinezasićene masne kiseline, a mogu sadržavati 18, 20 i 22 atoma ugljika te imaju 2 – 6 dvostrukih veza u *cis* obliku u lancu masne kiseline (Odak, 2013).



Slika 3 Strukturna formula linolne kiseline (Web 3.)

2.1.3. Negliceridni sastojci

Negliceridni sastojci predstavljaju važne komponente životinjskih masti i biljnih ulja. Zastupljeni su u koncentraciji od 1 do 3,5 %. Neki negliceridni sastojci imaju veliku važnost u uljima i nužno ih je sačuvati prilikom prerade. Naime, pojedini negliceridni sastojci imaju loš utjecaj na kvalitetu ulja, stoga ih je potrebno ukloniti u procesu rafinacije (Čorbo, 2008).

Negliceridni sastojci u uljima i mastima:

- karotenoidi,
- liposolubilni vitamini A,D,E i K,
- steroli,
- fosfolipidi,
- pigmenti,
- voskovi,
- glikozidi,
- ugljikovodici,
- masni alkoholi,
- aldehidi i ketoni,
- tragovi metala (Čorbo, 2008).

2.2. PODJELA I SVOJSTVA PRIRODNIH ULJA

Za proizvodnju ulja i masti koriste se dijelovi uljarica s većom količinom ulja kao što su plod ili zrno. Uljarice u svom sastavu imaju od 15 – 70 % ulja. Ulja i masti mogu se podijeliti na osnovu podrijetla sirovine i dominirajućih masnih kiselina:

- a) Ulja i masti iz mesnatog dijela ploda:
 - maslinovo ulje,
 - palmino ulje,
 - ulje avokada i dr.
- b) Ulja i masti iz sjemena i ploda s obzirom na dominirajuće masne kiseline:
 - laurinska ulja i masti (kokos, palmine koštice,...),
 - masti palmitinske i stearinske kiseline (kakao maslac, shea maslac,...),
 - ulje palmitinske kiseline (palmino ulje, ulje pamuka i dr.),
 - ulja oleinske i linolne kiseline (suncokretovo, sezamovo, šafranike, kukuruzne klice, bučinih koštica, uljane repice,...),
 - ulja linolenske kiseline (lan, soja, konoplja i dr.).
- c) Ulja i masti prema podrijetlu sirovine:
 - Ulja iz leguminoza (kikiriki, soja i dr.),
 - Ulja krstašica (repica, gorušica) (Čorbo, 2008).

Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19), biljna ulja mogu se podijeliti na sljedeće skupine s obzirom na primjenjen tehnološki postupak u proizvodnji:

- rafinirana ulja,
- hladno prešana ulja i
- djevičanska ulja.

Suncokretovo ulje

Suncokret (*Helianthus annuus L.*) pripada porodici glavočika, podijetlom je iz Sjeverne Amerike, a početkom 16. stoljeća prenosi se u Europu i uzgaja kao ukrasna biljka. Danas je suncokret jedna od najznačajnijih uljarica u svijetu, a njezini najveći proizvođači su Rusija, Ukrajina, Argentina, Francuska, Španjolska, SAD i druge države. Suncokret je jednogodišnja biljka, ima jaki razgranati korijen i visoku stabljiku, čija je visina od 1,5 do 3,5 m. Na stabljici se nalaze

veliki sroliki listovi, a završava s okruglom cvjetnom glavicom, koja sadrži od 500 do 1 000 cvjetića (Čorbo, 2008). **Slika 4** prikazuje polje suncokreta, a osnovni kemijski sastav sjemenke suncokreta prikazan je u **Tablici 3**.



Slika 4 Polje suncokreta (Web 4.)

Tablica 3 Kemijski sastav sjemenke suncokreta, izražen u % na suhu tvar (Čorbo, 2008).

Komponenta	Sjeme	Jezgra	Ljuska
Sadržaj ulja	40 – 60	50 – 70	2,5 – 4,5*
Sadržaj proteina (Nx 6,25)	13,5 – 25,5	20 – 35	4,5 – 6,0
Sirova celuloza	38 – 55	3 – 5	50 – 60

*„ekstraktivne tvari“ od kojih 80 % čine voskovi

U industrijskoj proizvodnji ulja razlikuju se dvije osnovne vrste suncokreta, uljani tip suncokreta i proteinski tip suncokreta. Uljani tip suncokreta ima udio ulja oko 40-50 % te se primjenjuje za industrijsku proizvodnju ulja, dok proteinski tip suncokreta ima udio ulja oko 30 % i koriste se u proizvodnji proteinskih proizvoda (Vratarić, 2004).

Razlikuju se dva osnovna tipa uljanog suncokreta:

- **linolni tip**, standardni tip, u čijem sastavu linolna kiselina ima udio od 55 do 75 %,

- **oleinski tip**, koji se dijeli na visokooleinski (sadržaj oleinske kiseline je preko 90 %) i srednjeoleinski (sadržaj oleinske kiseline je od 60 do 65 %) (Čorbo, 2008).

Sastav masnih kiselina suncoketovog ulja varira ovisno o području uzgoja i klimatskim uvjetima. Naime temperatura u periodu sazrijevanja sjemena najviše utječe na sastav masnih kiselina. Suncokret koji se uzgaja na području s toplijom klimom ima manji sadržaj linolne kiseline, a veći oleinske i obrnuto. Veći udio oleinske kiseline kod oleinskog tipa suncokretog ulja upućuje da ulje ima dobru stabilnost, u usporedbi s linolnim tipom (Čorbo, 2008). U **Tablici 4** prikazan je sastav masnih kiselina u suncokretovom ulju linolnog i oleinskog tipa.

Tablica 4 Sastav masnih kiselina u suncokretovom ulju linolnog i oleinskog tipa (Čorbo,2008).

Masne kiseline	Linolni tip (sadržaj %)	Oleinski tip (sadržaj %)
Palmitinska (C _{16:0})	5 – 7	4,0 – 4,4
Stearinska (C _{18:0})	4 – 6	4,3 – 4,5
Arahidonska (C _{20:0})	< 1,0	1,0 – 1,1
Oleinska (C _{18:1})	15 – 25	77,4 – 79,2
Linolna (C _{18:2})	62 – 70	11,1 – 12,5
Linolenska (C _{18:3})	≤ 0,2	0,1 – 0,4

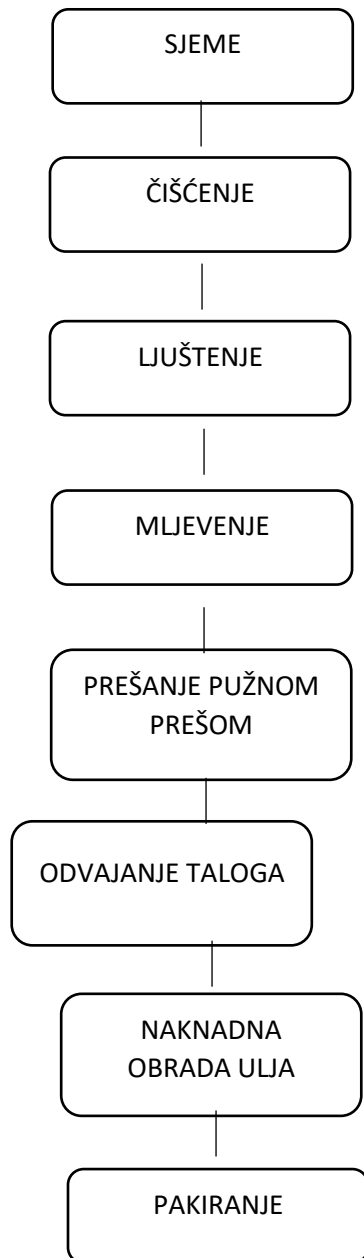
2.3. PROIZVODNJA HLADNO PREŠANOG ULJA

Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/19) hladno prešana ulja proizvode se primjenom mehaničkih postupaka, bez topline, primjerice prešanjem. U procesu proizvodnje mogu se primjenjivati postupci čišćenja, to jest bistrenja pranjem vodom, dekantiranjem, filtriranjem i centrifugiranjem.

Hladno prešana ulja su karakteristična po intezivnijem okusu, mirisu i boji, ali tijekom prešanja daju manji prinos ulja. Iz tog razloga hladno prešana ulja imaju nešto višu cijenu nego toplo prešana gdje je temperatura ulja koje izlazi iz preše viša od 50 °C (Bockish, 1998). **Slika 5** prikazuje proces proizvodnje hladno prešanog ulja.

Proces proizvodnje hladno prešanog ulja se sastoji od dvije osnovne faze:

-
- priprema sirovine za prešanje,
 - izdvajanje ulja prešanjem (Dimić, 2005).



Slika 5 Shematski prikaz proizvodnje hladno prešanog ulja (Dimić i sur., 2002).

2.3.1 Čišćenje sjemenki uljarica

Sirovina koja dolazi na preradu u većini slučajeva sadrži nečistoće, koje mogu biti prisutne u manjoj ili većoj mjeri. Nečistoće mogu biti organskog ili anorganskog podrijetla. Svrha odvajanja nečistoća iz sirovine je postizanje bolje senzorske i kemijske kvalitete proizvedenog ulja. Dok se izdvajanjem komadića metala otklanja mogućnost oštećenja uređaja za preradu sirovine (Dimić, 2005).

Organske nečistoće čine dijelove same biljke, odnosno listovi, drška, glavica, polomljene sjemenke, ljuska i sl. Dok su anorganske nečistoće zemlja na kojoj se biljka uzgajala, kamenčići, metalni dijelovi i dr. Organske nečistoće karakterizira veći sadržaj vlage od samog zrna, a anorganske nečistoće imaju niži sadržaj vlage u usporedbi s organskim nečistoćama. Također organske nečistoće imaju utjecaj na smanjenje sadržaja ulja u zrnu uljarice, a kod pogača i sačmi primaju vlagu (Čorbo, 2008).

Principi čišćenja sjemenki su sljedeći:

- odvajanje zrna i nečistoća na osnovu različitih dimenzija (prosijavanje i rešetanje),
- odvajanje na osnovi različitih aerodinamičkih svojstava (provjetranje),
- odvajanje na osnovu oblika,
- odvajanje na temelju magnetizma,
- mehaničko odvajanje primjenom pranja i četki,
- odvajanje na osnovu razlike u specifičnoj težini (flotacija) (Čorbo, 2008).

2.3.2. Sušenje sjemenki uljarica

Kako bi se sirovina mogla pravilno skladištiti, sadržaj vlage u sjemenkama uljarice mora biti ispod kritične vlažnosti. Kritična vlažnost je granična vlažnost iznad koje započinje intenzivnije disanje zrna. Žetva uljarica se provodi kad je prosječna vlažnost za suncokret u rasponu od 10 do 14 %, za soju od 13 do 17 %, a za druge uljarice od 10 do 17 %. Sadržaj vlage ovisi o vremenu žetve, primjerice ako se žetva obavlja tijekom jutra, sadržaj vlage u zrnu je viši u odnosu na zrno koje je brano u poslijepodnevnim satima. Isto tako na različitu vlažnost zrna može imati

utjecaj i neujednačeno sazrijevanje. Sadržaj vlage unutar sjemenke nije ravnomjerno raspoređen između jezgre i ljuske što je prikazano u **Tablici 5** (Čorbo, 2008).

Tablica 5 Sadržaj vlage u različitim dijelovima sjemenke suncokreta prije i nakon sušenja (Oštrić – Matijašević i Turkulov, 1980).

Suncokret	Vlažnost (%) prije sušenja	Vlažnost (%) nakon sušenja
Zrno	10,40	6,55
Jezgra	6,55	5,53
Ljuska	12,78	8,55

Sušenje sjemenki uljarica može se provoditi na nekoliko načina:

- konvekcijom – najviše se primjenjuje u industriji ulja,
- kondukcijom – ovaj način ima veću primjenu tijekom prerade sirovine, nego za sušenje sjemenki,
- radijacijom (zračenjem) – ima malu primjenu u industriji ulja zbog visokih troškova procesa,
- strujom visoke frekvencije (Čorbo, 2008).

2.3.3. Ljuštenje uljarica

Ljuštenjem se odvaja ljuska od jezgre uljarice primjenom različitih ljuštilica, čija je izvedba prilagođena pojedinoj uljarici. Kod proizvodnje ulja prešanjem ljuska se potpuno uklanja, kako ne bi došlo do smanjenja iskorištenja tijekom prešanja, jer ljuska može apsorbirati određenu količinu ulja. Naime, u nekim slučajevima ljuska se ostavlja u količini od oko 10 %, jer tijekom ekstrakcije otapalima olakšava prolaz otapala (Petrić, 2019).

Kod suncokreta sjemenke su različitih veličina te ih je potrebno prije ljuštenja sortirati. Sortiranje se provodi kako tijekom ljuštenja manja zrna ne bi ostala neoljuštena, a veća zrna se polomila, zato se sortirana mala zrna posebno ljušte od onih većih. Za ljuštenje suncokreta koristi se ljuštilica s nizom sita i bubnjem. U unutrašnjosti bubnja su izbočine na kojima se nalaze željezne mlatilice, one se kreću u bubnju u kojemu su smještene i rebra, u koja udaraju

sjemenke pri čemu im puca ljuska. Odvajanje ljuske od jezre provodi se pomoću nekoliko tehnoloških operacija: rešetanjem, prosijavanjem i provjetravanjem (Čorbo, 2008).



Slika 6 Oljuštene sjemenke suncokreta (Web 5.)

2.3.4. Prešanje

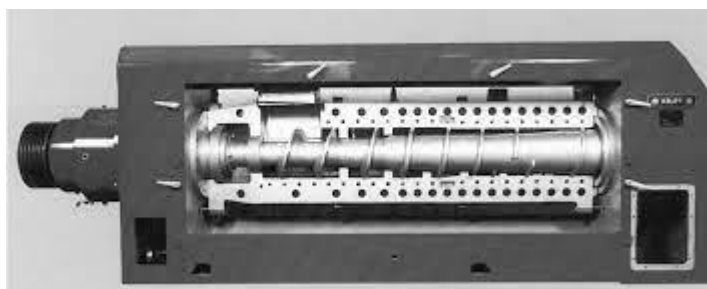
Nakon što se sirovina pripremi provodi se prešanje, tehnološki postupak izdvajanja ulja iz sirovine pomoću visokog tlaka. Prešanje se provodi na pužnim i hidrauličkim prešama (Petrić, 2019).

Osnovni zahtjevi kod prešanja:

- ulje nakon prešanja mora imati svoja prirodna svojstva,
- ulje mora sadržati što manje nepoželjnih sastojaka, kako bi se rafinacija provela blagim sredstvima,
- ulje mora biti dobre kvalitete i imati senzorska svojstva karakteristična za sirovinu iz koje je proizvedeno (Čorbo, 2008).

Hidrauličke preše predstavljaju jedne od najstarijih uređaja namjenjenih za proizvodnju ulja. Najčešće se koriste za preradu maslina i bučinih koštica, a mogu biti otvorenog i zatvorenog tipa. Kod hidrauličkih 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).

Prve pužne preše pojavljuju se u 20. stoljeću. Dijelovi pužne preše su pužnica, koš koji je oko pužnice, uređaj za doziranje i punjenje, uređaj za reguliranje debljine isprešane pogače, župčani prijenosnik i kućište. S obzirom na način rada pužne preše su kontinuirane. Prešanje sirovine provodi se na način da puž potiskuje materijal iz većeg dijela u manji dio zatvorenog prostora, prilikom čega dolazi do stvaranja visokog tlaka i slabljenja materijala te cijeđenja ulja (Gunstone, 2002). Na **Slici 7** prikazana je pužna preša na kojoj se vidi pužnica, dio koša, ulaz i izlaz materijala.



Slika 7 Kontinuirana pužna preša (Web 6.)

2.3.5. Odvajanje netopljivih nečistoća iz sirovog prešanog ulja

Nečistoće koje zaostaju u sirovom ulju nakon prešanja su: mehaničke (netopljive) nečistoće, voda i sluzne tvari. Mehaničke (netopljive) nečistoće čine masna prašina, dijelovi sjemenki ili plodova koji zajedno s uljem izlaze iz preše. Udio netopljivih nečistoća u ulju ovisi o konstrukciji preše, tlaku u preši, vrsti uljarice, mljevenju sirovine prije prešanja i ostalim čimbenicima. Netopljive nečistoće iz sirovog ulja mogu se ukloniti taloženjem (sedimentacijom), filtracijom uz pomoć vibracijskih sita, filter preša i centrifugalnim separatorom (Čorbo, 2008).

Odvajanje netopljivih nečistoća taloženjem temelji se na razlici u specifičnoj masi čestica. Čestice mehaničkih nečistoća koje su veće specifične mase od ulja, talože se na dnu posude ili rezervoara te se uklanjaju dekantiranjem. Naime centrifugalni separatori pokazali su se kao najučinkovitiji način za odvajanje nečistoća iz sirovog ulja (Petrić, 2019).

2.3.6. Pakiranje i skladištenje biljnih ulja

Biljna ulja i masti jako su osjetljiva, jer se tijekom skladištenja njihova kvaliteta može promijeniti pod utjecajem čimbenika kao što su temperatura, svjetlost i kisik iz zraka. Ambalaža za pakiranje ulja i masti mora pružiti potpunu zaštitu proizvoda do trenutka njegove upotrebe. Upakirano ulje i mast potrebno je čuvati na nižoj temperaturi, u tamnom prostoru i bez interakcije proizvoda s tvarima iz ambalaže. Skladišta moraju biti prostorije koje su suhe, prozirne i bez direktnog prodiranja dnevnog svjetla. Ulja i masti mogu se čuvati duži vremenski period, ako se skladište na temperaturi od 0 do -5 °C, ali ako se skladište na temperaturi od +18 °C vrijeme čuvanja se skraćuje (Čobro, 2008). Na **Slici 8** prikazana je ambalaža za hladno prešana ulja, tamna staklena boca, koja se koristi kako bi se ulje zaštitilo od oksidacije uzrokovane djelovanjem sunčeve svjetlosti.



Slika 8 Staklena ambalaža za hladno prešana ulja (Web 7)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak rada bio je ispitati:

- Utjecaj tipa pužne osovine i parametara prešanja (promjer/veličina nastavka za izlaz pogače, temperatura grijača glave preše, frekvencija elektromotora preše) sjemenki suncokreta sorte NK Neoma (linolni tip) s pužnom prešom na prinos i kvalitetu hladno prešanog ulja;
- Osnovne parametre kvalitete proizvedenog hladno prešanog suncokretovog ulja (Pbr, SMK, udio vode, udio netopljivih nečistoća).

U istraživanju su korištene dvije vrste pužne osovine s različitom dubinom navoja na osovini (5 mm, 10 mm).

Tijekom prešanja ispitani su određeni procesni parametri: veličina nastavka za izlaz pogače (8 mm, 10 mm i 12 mm), temperatura grijača glave preše (80 °C i 100 °C) i frekvencija elektromotora (25 Hz i 35 Hz). Određeni su i osnovni parametri kvalitete ulja: peroksidni broj, slobodne masne kiseline (SMK), udio vlage te udio netopljivih nečistoća u hladno prešanom suncokretovom ulju te je utvrđena sukladnost prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima. Udio ulja u sjemenkama i dobivenoj pogači određivao se metodom po Soxhlet-u kako bi se odredila efikasnost proizvodnje ulja (iskorištenje ulja).

3.2. MATERIJAL I METODE

3.2.1. Materijali

Sirovina za proizvodnju hladno prešanog ulja je očišćena, osušena i neoljuštena sjemenka suncokreta (linolni tip) uzgojena s povećanim udjelima minerala selena, cinka i željeza.

Neoljuštene sjemenke suncokreta prešane su korištenjem laboratorijske kontinuirane pužne preše tipa SPU 20, snagom elektromotora od 1,5 kw. Tijekom prešanja podešavani su određeni procesni parametri. Mijenjanjem procesnih parametara (veličina otvora za izlaz pogače, temperatura grijača glave preše, frekvencija elektromotora preše) prilikom svakog pokusa dobivena je različita količina sirovog ulja (mL) te debljina i masa pogače (g). **Slika 9** prikazuje

proces proizvodnje hladno prešanog suncokretovog ulja te nastajanje sirovog ulja i pogače (nusproizvod prešanja).



Slika 9 Hladno prešanje sjemenki suncokreta na kontinuiranoj pužnoj preši

Nakon prešanja proizvedeno zamućeno sirovo ulje skladištilo se u tamnoj prostoriji 5 dana kako bi se prirodno istaložile krute netopljive nečistoće, koje su se nakon toga uklonile vakuum filtracijom. **Slike 10 i 11** prikazuju sirovo ulje prije i nakon sedimentacije te vakuum filtraciju sirovog ulja.



Slika 10 Sirovo ulje prije i nakon sedimentacije



Slika 11 Vakuum filtracija sirovog ulja - lijevo, filtrirano ulje suncokreta – desno

3.2.2. Metode

3.2.2.1. Određivanje ulja u sjemenkama i pogači

Određivanje je provedeno na uređaju SOXTEC SYSTEM 1040 Extraction Unit (Foss Tecator)

Slika 12. Za analizu korišteno je oko 3 g uzorka prethodno usitnjenog na GRINDOMIX GM 200 na 6000 okretaja tijekom 8 sekundi, prikazanoj na **Slici 13**. Uzorci su izvagani u tuljke i stavljeni u ekstrakcijsku jedinicu. Kao otapalo korišten je petroleter 40-60 °C u količini od 50 mL. Petroleter se dodao u prethodno osušene i izvagane aluminijske posude. Aluminijske posudice s petroleterom stavljene su u ekstrakcijsku jedinicu na ploče za zagrijavanje u koje se tijekom ekstrakcije skuplja ulje. Temperatura ekstrakcije bila je 70-75 °C. Ekstrakcija je provedena u dvije faze u trajanju 30 i 15 minuta. Ukupno vrijeme ekstrakcije je 45 minuta. Nakon ekstrakcije posude s ekstrahiranom masnoćom sušene su na 103 °C do konstantne mase (2,5 sata). Udio ulja računa se prema formuli **(1)**:

$$\text{Udio ulja} = \frac{(a-b)}{c} \times 100 \quad (1)$$

gdje je:

- a- masa tikvice s uzorkom (g),
- b- masa prazne tikvice (g),
- c- masa ispitivanog uzorka (g).



Slika 12 Soxtec uređaj za određivanje udjela ulja



Slika 13 Uređaj za usitnjavanje materijala

3.2.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja

Određivanje udjela vlage

Udio vode određuje se standardnom metodom (ISO 665:1991) koja se temelji na zagrijavanju uzorka u sušioniku na temperaturi $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ i isparavanju vode do konstantne mase.

U prethodno osušene i izvagane posude s podignutim poklopcima dodavano je oko 5 g samljevenog uzorka pogače ili sjemena i stavljeno u sušionik na 103 °C (Slika 14).



Slika 14 Određivanje udjela vlage sušenjem

Nakon 2 sata sušenja, posude su zatvorene poklopcem i stavljene u eksikator na hlađenje do sobne temperature a potom su ponovno izvagane i vraćene s podignutim poklopcem u sušionik na još 1 h. Postupak se ponavlja do konstantne mase. Udio vode izražava se u postotcima (%), a izračunava po formuli (2):

$$\% \text{ vode} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

Gdje je:

m_0 - masa prazne posudice (g),

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

m₂- masa posudice s uzorkom nakon sušenja (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)**:

$$\text{SMK (\% oleinske kiseline)} = \frac{V_{xc} \times M}{10 \times m} \quad (3)$$

Gdje je:

V- količina vodene otopine NaOH utrošene za titraciju (mL),

c- koncentracija otopine NaOH za titraciju (c(NaOH)=0,1 mol/L),

M- molekularna masa oleinske kiseline (M= 282 g/mol),

m- masa uzorka (g).

Određivanje peroksidnog broja (Pbr)

Peroksidni broj predstavlja indikator užeglosti odnosno svježine masti ili ulja. Tijekom čuvanja ulja, pod utjecajem prooksidana na ulja, dolazi do povezivanja molekule kisika na dvostruke veze nezasićenih masnih kiselina te nastajanja peroksida tj. hidroperoksida. Primarni produkti oksidacijskog kvarenja ulja su hidroperoksidi, a sekundarni produkti nastaju razgradnjom hidroperoksida (aldehidi, ketoni, alkoholi, kiseline i dr.) i daju užegnut miris i okus uljima. (Broadbent i Pike, 2003.; Ergović Ravančić, 2017.) .

Peroksidni broj uzorka ulja određen je standardnom metodom (HRN EN ISO 3960:2007.). Metoda se zasniva na principu otapanja uzorka ulja u smjesi ledene octene kiseline i kloroforma te nakon miješanja dodavanje kalij-jodida. Nakon 1 minute mućkanja slijedi razrjeđivanje s prethodno prokuhanom i ohlađenom destiliranom vodom. Dolazi do

oslobađanja joda koji se određuje titracijom s 0,01 M otopinom natrijeva tiosulfata ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), uz djelovanje škroba kao indikatora, do promjene boje koja je prikazana na **Slici 15**.

Rezultat se izražava kao mmol aktivnog kisika koji potječe iz nastalih peroksida prisutnih u 1 kg ulja ($\text{mmol O}_2/\text{kg}$) prema formuli **(4)**:

$$Pbr = (V_1 - V_0) \times 5 / m \text{ [mmol O}_2/\text{kg]} \quad \text{(4)}$$

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).



Slika 15 Određivanje Pbr (lijevo-uzorak prije titracije; desno-uzorak nakon titracije)

Određivanje netopljivih nečistoća u ulju

Netopljive nečistoće u ulju su uglavnom krute čestice koje mogu biti organskog ili mineralnog podrijetla (dijelovi uljarice). Ispitivani uzorak ulja tretiran je organskim otapalom petrol-eterom, nakon čega se uzorak filtrira uz istovremeno ispiranje taloga otapalom. Talog koji zaostaje, ispiru se i suši do konstantne mase, a potom važe. Udio netopljivih nečistoća izračunava se prema formuli **(5)**:

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

gdje je:

m_0 = masa uzorka (g);

m_1 = masa osušenog filter-lijevka (g);

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

3.2.2.3. Određivanje parametara za identifikaciju ulja

Saponifikacijski broj

Saponifikacijski broj služi u identifikaciji ulja i masti, odnosno za utvrđivanje autentičnosti, a označava mg KOH koji je potreban za potpunu saponifikaciju slobodnih i esterski vezanih masnih kiselina u 1 g masti. Vrijednost ovog broja je karakteristična konstanta za pojedina ulja i masti. Na osnovu konstante može se razlikovati ulje suncokreta od drugih ulja. Na vrijednost saponifikacijskog broja utječe sadržaj stranih primjesa. Saponifikacija ulja vrši se pomoću alkoholne otopine KOH, poznatog molariteta. Izvaga se oko 2 g uzorka i doda se alkoholna otopina KOH, zagrijava uz povratno hladilo sve dok smjesa ne postane bistra. Nakon završene saponifikacije, doda se nekoliko kapi fenolftaleina i titrira 0,5 M otopinom HCl do nestanka crvene boje. Izračunava se po formuli (8):

$$\text{Saponifikacijski broj} = (A - B) \times 28,1 / O_k \quad (8)$$

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 cm^3 0,1 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za slijepu probu,
- b- broj utrošenih cm^3 0,1 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za glavnu probu,
- c- masa ispitivanog uzorka ulja ili masti (g).

4. REZULTATI

4.1. REZULTATI UTJECAJA PROMJENE PARAMETARA PREŠANJA NA ISKORIŠTENJE HLADNO PREŠANOG SUNCOKRETOVOG ULJA

Suncokret (kontrolni): udio ulja 37,04 %, udio vlage 5,35 %

Suncokret (Fe): udio ulja 35,30 %, udio vlage 5,45 %

Suncokret (Zn): udio ulja 38,18 %, udio vlage 5,48 %

Suncokret (Se): udio ulja 40,41%, udio vlage 5,39 %.

Tablica 6 Utjecaj veličine nastavka glave preše za izlaz pogače, dubine navoja pužnice 10 mm na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija elektromotora (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrolni	12	80	25	410	41	280	628,9	22,87	7,13
	10	80	25	420	44	300	504,84	21,36	7,05
	8	80	25	450	49	360	590,00	18,95	6,76
Fe	12	80	25	330	40	270	653,16	27,34	6,57
	10	80	25	390	45	290	648,26	23,7	6,94
	8	80	25	420	48	320	619,45	20,29	7,00
Zn2	12	80	25	430	51	315	623,39	22,2	6,87
	10	80	25	420	52	325	626,76	20,7	7,27
	8	80	25	460	52	340	585,83	18,49	7,38
Se2	12	80	25	400	48	320	589,34	21,7	7,56
	10	80	25	440	52	385	603,25	19,57	8,01
	8	80	25	460	54	415	587,34	17,65	7,71

N- veličina nastavka glave preše za izlaz pogače (mm)

Tablica 7 Utjecaj temperature grijača glave preše, dubine navoja pužnice 10 mm, na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija elektromotora (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrola	8	80	25	450	49	360	590,00	24,60	6,76
	8	100	25	450	53	370	580,06	21,02	6,86
Fe	8	80	25	420	48	320	619,48	20,29	7,00
	8	100	25	420	55	350	622,53	20,25	6,96
Zn2	8	80	25	460	52	340	585,83	18,49	7,38
	8	100	25	470	58	360	591,08	17,46	7,21
Se2	8	80	25	460	54	415	587,34	17,65	7,71
	8	100	25	460	57	420	593,38	17,75	7,57

N- veličina nastavka glave preše za izlaz pogače (mm)

Tablica 8 Utjecaj frekvencije elektromotora preše (Hz) na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja, dubina navoja pužnice preše 10 mm.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija elektromotora (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrolni	8	80	25	450	49	360	590,00	24,6	6,76
	8	80	35	440	51	340	618,7	18,95	6,66
Fe	8	80	25	420	48	320	619,48	20,29	7,00
	8	80	35	390	53	280	655,9	23,56	6,68
Zn2	8	80	25	460	52	340	585,83	18,49	7,38
	8	80	35	430	54	330	615,51	20,75	7,17
Se2	8	80	25	460	54	415	587,34	17,65	7,71
	8	80	35	450	55	390	614,79	19,2	7,69

Tablica 9 Utjecaj veličine nastavka glave preše za izlaz pogače, dubine navoja pužnice 5 mm, na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija elektromotora (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrolni	12	80	25	470	44	390	580,93	15,04	7,44
	10	80	25	480	47	395	570,4	13,73	7,90
	8	80	25	490	49	400	561,2	13,53	7,47
Fe	12	80	25	450	48	330	593,82	16,51	7,46
	10	80	25	460	50	350	589,61	15,24	7,73
	8	80	25	460	50	370	581,64	15,29	7,09
Zn2	12	80	25	460	50	395	583,38	14,95	7,88
	10	80	25	480	52	405	584,39	14,82	7,81
	8	80	25	490	50	410	571,95	14,35	7,38
Se2	12	80	25	460	48	400	545,96	15,31	8,00
	10	80	25	470	50	415	570,45	15,03	7,97
	8	80	25	490	52	430	563,24	14,48	7,54

Tablica 10 Utjecaj temperature grijača glave preše, dubine navoja pužnice 5 mm, na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrolni	8	80	25	490	49	400	561,20	13,53	7,47
	8	100	25	490	53	395	566,08	14,03	7,24
Fe	8	80	25	460	50	370	581,64	15,29	7,09
	8	100	25	450	48	380	560,51	16,43	6,91
Zn2	8	80	25	490	50	410	571,95	14,35	7,38
	8	100	25	460	53	420	545,52	14,32	7,39
Se2	8	80	25	490	52	430	563,24	14,48	7,54
	8	100	25	480	58	430	570,38	15,20	7,40

Tablica 11 Utjecaj frekvencije elektromotora preše (Hz) na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja, dubina navoja pužnice 5 mm.

Uzorak	Parametri prešanja			Ulje			Pogača		
	Nastavak N (mm)	Temp.glave preše (°C)	Frekvencija (Hz)	Volumen sirovog ulja (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Volumen finalnog ulja (mL)	Masa (g)	Udio ulja (%)	Udio vode (%)
Kontrolni	8	80	25	490	49	400	561,20	13,53	7,47
	8	80	35	470	50	380	573,73	14,9	7,10
Fe	8	80	25	460	50	370	581,64	15,29	7,09
	8	80	35	460	50	330	596,71	17,28	6,98
Zn2	8	80	25	490	50	410	571,95	14,35	7,38
	8	80	35	470	53	390	586,6	15,62	7,20
Se2	8	80	25	490	52	430	563,24	14,48	7,54
	8	80	35	470	55	420	572,38	15,79	7,42

Tablica 12 Osnovni parametri kvalitete hladno prešanog suncokretovog ulja i parametri identifikacije ulja.

Uzorak	Parametri kvalitete ulja suncokreta				Parametri za identifikaciju ulja	
	Pbr (mmol O2/kg)	SMK (%)	Vlaga (%)	NN (%)	Saponifikacijski broj mg KOH/g ulja	Jodni broj g I ₂ /100 g
Kontrolni	0,74	0,28	0,054	0,071	191,25	126,09
Fe	0,99	0,28	0,052	0,059	195,18	134,62
Zn2	1,47	0,28	0,14	0,077	191,93	123,61
Se2	0,73	0,28	0,066	0,06	191,76	134,09

5. RASPRAVA

U **Tablicama 6-11** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara prešanja na proizvodnju hladno prešanog suncokretovog ulja. Tijekom prešanja ispitivani su: promjer/veličina nastavka za izlaz pogače (12 mm, 10 mm i 8 mm), temperatura grijača glave preše (80 °C i 100 °C), frekvencija elektromotora preše (25 Hz i 35 Hz).

Prešanje je provedeno sa masom pojedinog uzorka sjemenke suncokreta od 1 kg i primjenom pužnice dubine navoja 10 mm i 5 mm.

U **Tablicama 6 i 9** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja veličine nastavka glave preše za izlaz pogače (N), korištenjem različite dubine navoja pužnice preše (10 mm i 5 mm) na iskorištenje sirovog i finalnog hladno prešanog ulja suncokreta, dobiveno iz sjemenki suncokreta koje su prilikom uzgoja obogaćene željezom, cinkom i selenom. Primjenom pužnice dubine navoja 10 mm, mijenja se veličina nastavka glave preše (N), dok su temperatura grijača glave preše (T) koja iznosi 80 °C i frekvencija elektromotora preše koja iznosi 25 Hz, konstantne veličine. Prešanjem kod primjene najmanjeg promjera glave preše (N=8 mm) dobiven je najveći volumen sirovog i finalnog hladno prešanog ulja suncokreta. Primjenom najvećeg promjera glave preše (N=12 mm) dobiven je najmanji volumen sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja kod svakog uzorka. Vidljivo je da se smanjenjem promjera nastavka glave preše (N), smanjuje i udio zaostalog ulja u pogači, što je i očekivano jer je proizvedena veća količina ulja. Kod dubine navoja pužnice od 5 mm dobije se veći volumen sirovog ulja i finalnog ulja uz manji zaostatak ulja u pogači, u odnosu na pužnicu dubine navoja 10 mm.

Prešanjem suncokreta uzgojenog uz dodatak željeza primjenom obje pužnice dubine navoja 10 mm i 5 mm, prikazani rezultati proizvedenog ulja pokazuju da je dobivena manja količina finalnog hladno prešanog ulja u odnosu na kontrolni uzorak (suncokret uzgojen bez dodanog željeza, cinka i selena). Međutim, uzgojem suncokreta uz dodatak cinka i selena prešanjem dobivena je veća količina ulja u odnosu na količinu ulja iz kontrolnog uzorka suncokreta. Vidljivo je da se najveća količina hladno prešanog ulja proizvela prešanjem suncokreta (N=8 mm) kod obje pužnice uzgojenog uz dodatak selena.

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).

U **Tablicama 7 i 10** prikazani su rezultati utjecaja temperature grijača glave preše (80 °C i 100 °C), različitih dubina navoja pužnice preše (10 mm i 5 mm) na iskorištenje sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja suncokreta. Veličina nastavka za izlaz pogače (8 mm) i frekvencija elektromotora (25 Hz) konstantne su veličine tijekom prešanja. Primjenom temperature 80 °C i 100 °C, kod uzoraka gdje se koristila dubina navoja pužnice 10 mm, nije došlo do značajne promjene volumena sirovog ulja, dok se primjenom veće temperature (100 °C) volumen finalnog ulja povećao. 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 cijedenjem ulja, a to znači i veće iskorištenje tijekom prešanja. Kod uzoraka gdje je primjenjena dubina navoja pužnice 5 mm, došlo je do smanjenja volumena sirovog ulja primjenom veće temperature grijača glave preše (100 °C).

Ispitivanjem utjecaja temperature grijača glave preše (80 °C i 100 °C), primjenom obje pužnice, vidljivo je da se najveća količina finalnog hladno prešanog ulja dobila prešanjem suncokreta obogaćenog sa selenom, a najmanja količina ulja prešanjem suncokreta obogaćenog željezom. Primjenom pužnice manje dubine navoja 5mm proizvedena je veća količina ulja u odnosu na pužnicu 10 mm.

Tablice 8 i 11 prikazuju utjecaj brzine pužnice (frekvencij elektromotora: 25 Hz i 35 Hz) na iskorištenje ulja tijekom prešanja suncokreta, kod konstantnih parametara (nastavak 8 mm, temperatura glave preše 80 °C). Prešanjem različitih uzoraka suncokreta kod manje frekvencije elektromotora (25 Hz) dobiven je veći volumen sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja kod svakog uzorka (kontrolni, Fe, Zn₂, Se₂), dok se udio ulja u pogači smanjio osim kod kontrolnog uzorka. Primjenom dubine navoja pužnice od 5 mm, dobiven je veći volumen sirovog ulja i finalnog ulja u odnosu na dubinu navoja pužnice od 10 mm.

Također se iz tablica može zapaziti da se prešanjem suncokreta obogaćenog selenom kod obje pužnice, proizvela veća količina ulja u odnosu na kontrolni suncokret, obogaćen željezom i cinkom.

U **Tablici 12** prikazani su rezultati ispitivanja osnovnih parametara kvalitete hladno prešanog suncokretovog ulja za sve uzorke. Vrijednosti peroksidnog broja, udjela slobodnih masnih kiselina i vlage, ne prelaze maksimalno dopuštene vrijednosti prema Pravilniku o jestivim

uljima i mastima (NN 11/19). Udio netopljivih nečistoća u ulju je malo povećan u odnosu na Pravilnik.

Iz rezultata je vidljivo da suncokretovo ulje proizvedeno iz suncokreta obogaćenog željezom, cinkom i selenom pokazuje veće vrijednosti peroksidnog broja (Pbr) u odnosu na kontrolni uzorak. Razlog tome je činjenica da ioni metala djeluju kao prooksidansi, oni ubrzavaju oksidacijsko kvarenje ulja, a to dovodi do porasta Pbr (Dimić, 2005.).

6. ZAKLJUČCI

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

1. Promjena procesnih parametara prešanja utječe na iskorištenje hladno prešanog suncokretovog ulja.
2. Korištenjem manje veličine otvora glave preše (N= 8 mm), kod pužnice dubine navoja 10 mm i 5 mm, dobije se veći volumen sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja te manji udio zaostalog ulja u pogači, u odnosu na nastavke 10 mm i 12 mm.
3. Zagrijavanje glave preše utječe na iskorištenje sirovog ulja i finalnog hladno prešanog suncokretovog ulja.
4. Zagrijavanjem glave preše sa 80 °C na 100 °C, nema značajne promjene dobivenog volumena sirovog ulja, dok se volumen finalnog hladno prešanog ulja povećava, a smanjuje se udio zaostalog ulja u pogači. To je više izraženo kod primjene pužnice dubine navoja 10 mm.
5. Korištenjem frekvencije elektromotora 25 Hz, kod obje vrste pužnice, dobije se veći volumen sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja u odnosu na frekvenciju elektromotora 35 Hz. Smanjenjem frekvencije elektromotora, smanjuje se i udio zaostalog ulja u pogači.
6. Korištenjem pužnice dubine navoja 5 mm proizvede se veći volumen sirovog ulja i finalnog hladno prešanog suncokretovog ulja u odnosu na dubinu navoja pužnice 10 mm.
7. Prešanjem suncokreta koji je tijekom uzgoja obogaćen selenom, kod obje pužnice, proizveo se veći volumen hladno prešanog ulja u odnosu na kontrolni uzorak, uzorak obogaćen željezom i cinkom.
8. Prešanjem suncokreta obogaćenog sa željezom dobio se najmanji volumen hladno prešanog ulja.
9. Osnovni parametri kvalitete ispitivanog hladno prešanog suncokretovog ulja u skladu su s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima, stoga je ulje dobre kvalitete.

10. Suncokretovo ulje proizvedeno iz kontrolnog uzorka imalo je nižu vrijednost peroksidnog broja. Obogaćivanjem suncokreta tijekom uzgoja sa željezom, cinkom i selenom dovelo je do porasta vrijednosti peroksidnog broja u ulju što ukazuje na njihovo prooksidacijsko djelovanje.

7. LITERATURA

-
- Bockish M: *Fats and Oils Handbook*. AOCS Press, Champaign, Illinois, 1998.
- Broadbent CJ, Pike OA: Oil stability index correlated with sensory determination of oxidative stability in canola oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* 80:59-63, 2003.
- Birdi KS: *Lipid and Biopolymer Monolayers at Liquid interfaces*. Plenum Press, New York, 1989.
- Čobro S: *Tehnologija ulja i masti*. Bemust, Sarajevo, 2008.
- Dimić E: *Hladno ceđena ulja*. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 2005.
- Dimić E, Radoičić J, Lazić V, Vukša V: Jestiva nerafinisana ulja suncokreta - Problemi i *perspektive*. Tematski zbornik, Novi Sad, 2002.
- Ergović Ravančić M: Tehnologija ulja i masti - priručnik za vježbe. Veleučilište u Požegi, Požega, 2017.
- Grün IU: Fats: Edible Fat and Oil Processing. U *Food Processing: Principles and Applications*, str. 353 – 360. Blackwell Publishing, USA, 2004.
- Gunstone DF: *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. C.H.I.P.S, 2002.
- Hoffmann G: The Chemistry of Edible Fats. U *The Chemistry and Technology of Edible Oils and Fats and their High Fat Products*, str. 1-28. Academic Press, London, 1989.
- 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.
- Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o jestivim uljima i mastima*. Narodne novine 11/19, 2019.
- 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.
- Odak I: Utjecaj antioksidanasa na oksidacijsku stabilnost ulja konoplje. *Diplomski rad*. Prehrambeno – tehnološki fakultet, Osijek, 2013.
- Oštrić – Matijašević B, Turkulov J: *Tehnologija ulja i masti. I deo*. Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1980.

Petrić S: Proizvodnja i stabilizacija lješnjakovog ulja s prirodnim i sintetskim antioksidansima. *Diplomski rad*. Prehrambeno – tehnološki fakultet, Osijek, 2019.

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

Rade D, Škevin D: *Maslinovo ulje i zdravlje-važnost maslinovog ulja u prehrani*. Prehrambeno biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2004.

Sikorski ZE: *Chemical and functional properties of food componensts*. CRC Press, USA, 2003.

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

Vratarić M: *Suncokret Helianthus annus L*. Poljoprivredni institut Osijek, 2004.

Web1. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m04/j04/index.html> [3.9.2021.]

Web 2. <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/lipidi> [3.9.2021.]

Web 3. <https://hr.andamanislandtrip.com/linolna-kiselina-koristi-i-steta-824> [9.9.2021.]

Web 4. <https://www.agroportal.hr/ljekovite-biljke/27658> [10.9.2021.]

Web 5. <https://www.tablicakalorija.com/sjemenke/sjemenke-suncokreta.html> [11.9.2021.]

Web6. <http://www.sraspopovic.com/Baza%20znanja%20dokumenti/Polj.i%20prehr/III%20razred/Osnove%20teh.ulja.pdf> [12.9.2021.]

Web 7. <http://www.vistpro.com/hr/proizvodi/staklene-boce> [12.9.2021.]