

PROIZVODNJA ULJA KONOPLJE SORTE FINOLA SA PUŽNOM PREŠOM

Berović, Nina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in
Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:797482>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



VELEUČILIŠTE U POŽEGI
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U POŽEGI



Nina Berović 1543/16

PROIZVODNJA ULJA KONOPLJE SORTE *FINOLA* SA PUŽNOM PREŠOM

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2019. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI
POLJOPRIVREDNI ODJEL
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**PROIZVODNJA ULJA KONOPLJE SORTE
*FINOLA SA PUŽNOM PREŠOM***

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA ULJA I MASTI

MENTOR: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

STUDENT: Nina Berović

Matični broj studenta: 1543/16

Požega, 2019. godine

Sažetak:

Hladno prešano konopljino ulje je nerafinirano ulje dobiveno metodom prešanja s kontinuiranom pužnom prešom. Temperatura proizvedenog ulja prešanjem ne prelazi 50 °C što dovodi do očuvanja poželjnih nutrijenata ulja. Prešanjem se izdvaja 60–80 % sirovog ulja iz sjemena, koje se u svrhu izdvajanja netopljivih nečistoća podvrgava postupcima sedimentacije i filtracije. Ovakvo dobiveno hladno prešano ulje ima sačuvana prirodna svojstva (miris, okus, boja). U ovom radu istraživana je utjecaj procesnih parametara hladnog prešanja sjemenki konoplje sorte *Finola* na iskorištenje i kvalitetu ulja. Ispitivani su procesni parametri frekvencija elektromotora, veličina otvora glave preše za izlaz pogače i temperatura grijača glave preše. Rezultati istraživanja pokazuju da procesni parametri prešanja sjemenki konoplje utječu na iskorištenje ulja. Korištenjem manje frekvencije elektromotora, manjeg nastavka za izlaz pogače i veće temperature glave preše proizvedena je veća količina konopljinog ulja. Metodom po Soxhletu određen je udio ulja u sjemenkama i pogači, kako bi se odredila djelotvornost preše i optimalni procesni parametri prešanja za proizvodnju ulja.

Ključne riječi: sjemenke konoplje, hladno prešanje, procesni parametri, iskorištenje ulja

Summary:

Cold – pressed hemp oil is unrefined oil obtained by pressing with a continuous screw press. Oil temperature in the cold – pressing process does not exceed 50 ° C, preserving the oil's desirable nutrients. Pressing extracts 60 – 80 % of raw oil from the seeds, which, for the purpose of removing insoluble impurities , then undergoes processes of sedimentation and filtration. The recovered cold – pressed oil preserves its natural properties (smell, taste, colour). In this paper, we analysed the influence of process parameters in cold – pressing *Finola* – strain hemp seeds on oil yield and quality. Examined process parameters were cold – press electric motor frequency, nozzle size, and temperature of the output press head. The result of this research show that hemp seed pressing parameters affect oil utilization. Lower electric motor frequency, a smaller size press – nozzle, and higher temperature of the output press head yield a greater amount of hemp oil. Content of oil in the seeds and the cake was determined using the Soxhlet method, in order to ascertain the efficiency of cold – pressing, as well as the optimal pressing process parameters for oil production.

Keywords: hemp seeds, cold-press, process parameters, oil utilisation

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE..... | 2 |
| 2.1. Sirovina za proizvodnju biljnih ulja | 2 |
| 2.1.1. Konoplja | 2 |
| 2.1.2. Sastav i svojstva konoplje | 3 |
| 2.1.3. Upotreba konoplje..... | 5 |
| 2.2. Priprema sirovine za skladištenje | 6 |
| 2.3. Proizvodnja hladno prešanog ulja | 7 |
| 2.3.1. Čišćenje sjemenki | 8 |
| 2.3.2. Ljuštenje sjemenki | 9 |
| 2.3.3. Mljevenje sjemenki..... | 10 |
| 2.3.4. Prešanje | 11 |
| 2.3.5. Odvajanje netopljivih nečistoća..... | 12 |
| 2.4. Pakiranje i skladištenje jestivih biljnih ulja | 13 |
| 3. MATERIJALI I METODE..... | 14 |
| 3.1. Materijali | 14 |
| 3.2. Metode | 14 |
| 3.2.1. Proizvodnja hladno prešanog konopljinog ulja | 15 |
| 3.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja | 17 |
| 3.2.3. Određivanje udjela ulja u sjemenkama konoplje i pogači..... | 19 |
| 4. REZULTATI | 22 |
| 5. RASPRAVA..... | 25 |
| 6. ZAKLJUČCI | 28 |
| 7. LITERATURA | 29 |

1. UVOD

Konoplja, *Cannabis sativa L.* poznata je od prije 5000 godina. To je uspravna biljka, zelenih razdvojenih listova sa nazubljenim rubovima. Sjeme je obogaćeno esencijalnim masnim kiselinama i aminokiselinama te se smatra kompletnim izvorom proteina. Konoplja je jedna od najstarijih tekstilnih biljaka budući da se vlakno odlikuje čvrstoćom i elastičnošću, a od vlakana se proizvode vreće, platna i odjeća. Nakon dobivanja vlakna, preostali drvenasti dio stabljike koristi se za izradu papira, izolacijskog materijala te kao ogrjev. Budući da je sjeme bogato uljem, od njega se dobiva ulje koje se koristi u prehrani i u proizvodnji boja. Čaj od samljevenog sjemena koristi se u ljekovite svrhe.

Cilj istraživanja je ispitati utjecaj procesnih parametara prešanja sjemenke konoplje sorte *Finola* na iskorištenje i kvalitetu ulja. Cijele sjemenke sa ljuskom se prešaju metodom hladnog prešanja na laboratorijskoj kontinuiranoj pužnoj preši. Od procesnih parametara prešanja ispitat će se veličina nastavka za izlaz pogače, temperatura glave preše i frekvencija elektromotora (brzina pužnice). Nakon prešanja provodi se prirodna sedimentacija sirovog ulja odležavanjem na mračnom mjestu te filtracija pomoću vakuuma. Određuju se osnovni parametri kvalitete proizvedenog hladno prešanog ulja konoplje: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vlage i hlapljivih tvari te udio netopljivih nečistoća. Kako bi se izračunala efikasnost prešanja, metodom po Soxhlet-u utvrdit će se količina ulja u sirovini i zaostalo ulje u nusproduktu pogači.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Sirovina za proizvodnju biljnih ulja

Biljna ulja i animalne masti neizbježna su skupina namirnica u prehrani, izvor su energije i esencijalnih nutrijenata te služe kao energetska rezerva. Kod biljaka se masnoće talože kao rezervna hrana, naročito u plodovima i sjemenkama. Sastavni su dio staničnih membrana, poboljšavaju okus hrane te doprinose sitosti. Masnoće se dijele prema podrijetlu i prema agregatnom stanju na sobnoj temperaturi. Prema podrijetlu razlikuju se životinjske, biljne i sintetičke masnoće, a prema agregatnom stanju dijele se na tekuće masnoće (ulje) i krute masnoće (masti). Uglavnom su ulja biljnog podrijetla, a masti životinjskog. Sirovine za dobivanje masnoća sistematiziraju se kao masna tkiva domaćih životinja (svinje, ovce, peradi) za mast, te riba i morskih sisavaca (kita, dupina, tuljana, bakalara) za dobivanje ribljih ulja. Biljna ulja dobivaju se iz uljarica ili iz uljarskih kultura. Uljarske kulture su biljne kulture koje u sebi sadrže određenu količinu ulja te se mogu koristiti za eventualnu proizvodnju ulja npr. koštice grožđa, dok se uljarice kao industrijske biljke uzgajaju i koriste isključivo za dobivanje sjemenki i plodova bogatih uljem i za proizvodnju ulja, koje se prema kemijskim svojstvima dijeli na nesusivo, polusušivo i sušivo ulje. Maslinovo ulje, ulje ricinusa, lješnjakovo ulje i ulje koštice grožđa spadaju u nesusiva ulja, dok se u polusušiva ulja ubrajaju suncokretovo, repičino, kukuruzne klice, sezamovo i pamukovo ulje. Konopljino, orahovo, makovo i laneno ulje spadaju su sušiva ulja. Jestivo ulje iz vegetabilnih sirovina nastaje metodom prešanja, pri čemu se u posebno konstruiranim prešama, uz korištenje tlaka, prešaju unaprijed pripremljene sjemenke (Tadejević i Jakovlić, 1971).

2.1.1. Konoplja

Industrijska konoplja, *Cannabis sativa L.* spada u rod *Cannabis* i to je jednogodišnja zeljasta biljka. Poznata je od prije 5000 godina kada se koristila za proizvodnju vlakna. Konoplja je dvodomna biljka što znači da ima i muške i ženske cvjetove, ali samo ženski cvjetovi daju plod. Listovi rastu na jednoj zelenoj uspravnoj zeljastoj stabljici, zelene su boje, prstenasto razdijeljeni i nazubljeni. Sjemenka konoplje koja se koristi za proizvodnju ulja je dvokrilni orašac, sitna je, okruglasto – jajolikog oblika i zelene boje te je obavijena sjajnom

ljuskicom. Dozrijevanjem sjemena povećava se sadržaj ulja. Zdrave stabljike dosežu visinu do 6 metara, a mogu biti debele 6 – 8 mm (Gagro, 1998).



Slika 1. Konoplja (izvor: Wikipedija, url.)

Konoplja potječe iz srednje i zapadne Azije, odakle se raširila u Indiju i Kinu, pa u Europu, te se ubraja među biljke koje je čovjek najranije udomaćio. Uzgaja se više različitih sorti koje se razlikuju kvalitetom vlakna, dužinom vegetacijskog perioda i veličinom biljke. Žetva se vrši kad donji dio stabljike počne žutjeti, dakle u drugom stadiju sazrijevanja (Tadejević i Jakovlić, 1971).

2.1.2. Sastav i svojstva konoplje

Konoplja je potekla od divlje konoplje te se odlično prilagođava različitim klimatskim uvjetima što rezultira nastankom konoplje za proizvodnju vlakna na sjeveru, dok se na jugu zloupotrebljava i koristi za proizvodnju narkotika. Budući da konopljino sjeme sadrži više od 30 % ulja, ono je pogodna sirovina za proizvodnju ulja. Konopljino ulje može se koristiti u prehrani ili u proizvodnji boja i lakova. Sjeme se koristi u prehrani peradi, a nusprodukt pogača kao stočna hrana. Za proizvodnju hašiša koristi se indijska konoplja *Cannabis indica* koja je kod nas zabranjena (Gagro, 1998).

Ulje je zahvaljujući klorofilima i karotenoidima iz ljuske tamno zelenkaste boje, a odlikuju ga polinezasićene masne kiseline. Tokoferoli su iznimno važni sastojci konopljinog ulja, dominira γ tokoferol, a prisutni su i fitosteroli s dominantnim β sitosterolom (Odak, 2013).

Tablica 1. Karakteristike zrna i ulja konoplje (Rac, 1964)

| | | |
|---|---------------------|---|
| Potencijalni prinos sjemena | 0,8 – 1,6 t/ha | |
| Dužina (srednja vrijednost) | 4,1 mm | |
| Širina ili promjer \varnothing (sr. vrj.) | 3,3 mm | |
| Debljina (sr. vrj.) | 2,7 mm | |
| Sadržaj vode u sjemenu | 8 – 11 % | |
| Sadržaj ulja u sjemenu | 30 – 35 % | |
| Sadržaj izdvojenog ulja | 60 – 80 % | |
| Točka skrućivanja | 14 – 17 °C | |
| Točka topljenja | 17 – 21 °C | |
| Točka smrzavanja | -15 – -27 °C | |
| Jodni broj | 150 – 167 | |
| Saponifikacijski broj | 190 – 194 mg KOH/g | |
| Sastav masnih kiselina | 6 % zasićene | Stearinska, Palmitinska |
| | 32 % mononezasićene | Oleinska 6 – 12 % |
| | 62 % polinezasićene | Linolna 53 – 68 % Linolenska 16 – 24 % |

Točka skrućivanja ili krutište je temperatura pri kojoj ulje mijenja agregatno stanje, dakle prelazi iz tekućeg u kruto i pritom kristalizira. Točka topljenja ili talište je temperatura pri kojoj ulje mijenja agregatno stanje i iz krutog prelazi u tekuće stanje (Rac, 1964).

Jodni broj predstavlja stupanj nezasićenosti masnih kiselina, a izražava se količinom joda koji se veže na 100 g masti. Dakle masti s više nezasićenih masnih kiselina imaju veći jodni broj. Saponifikacijski broj ili broj osapunjenja predstavlja utrošak kalijeva hidroksida (KOH) potrebnog za osapunjenje 1 g masti. Budući da broj ovisi o duljini lanca masnih kiselina, tako masti s niskomolekularnim masnim kiselinama imaju visok broj (kokosova mast 246 - 268), za razliku od masti izgrađenih od visokomolekularnih masnih kiselina koje imaju nizak broj osapunjenja (repičino ulje 167 - 181) (Rac, 1964).

2.1.3. Upotreba konoplje

Običnu konopljinu sjemenku i ulje legalno je koristiti, budući da se ne mogu zloupotrijebiti za proizvodnju droge. Uzrok tome je nizak udio psihoaktivne komponente, delta – 9 – tetrahidrokanabinola, znanog kao THC. Sukladno *Pravilniku o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje i promet opojnih droga u veterinarstvu* i isključivo uz dozvolu Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ruralnog razvoja, u RH je dozvoljen uzgoj onih sorti konoplje kod kojih je sadržaj THC – a u suhoj tvari biljke ispod 0,2 % (N.N. 18/ 2012).

Temeljem dozvole za uzgoj konoplje koju izdaje nadležno Ministarstvo dozvoljen je uzgoj konoplje pravnoj ili fizičkoj osobi koja nije osuđena za kazneno djelo zlouporabe droga unatrag pet godina i koja je upisana u Upisnik poljoprivrednih gospodarstava. Zahtjev se podnosi najkasnije do 31. svibnja tekuće godine, a koristi se isključivo kupljeno certificirano sjeme, a račun se čuva (Grgačević, 2019).



Slika 2. Konopljine sjemenke (izvor: autor)

Iako se prvenstveno uzgaja kao tekstilna biljka, u posljednjih nekoliko godina razvija se proizvodnja kultiviranih biljaka kako bi se iz sjemenki dobivalo ulje. Ono je zelenkaste boje i ugodnog mirisa po orašastim plodovima. S obzirom na to da je osjetljivo na oksidaciju treba ga pakirati u tamnu ambalažu i ne izlagati temperaturama iznad 180 °C. Hladno prešano ulje konoplje u prehrani se koristi kao salatno ulje, te kao dodatak juhama, preljevima, svježim sokovima, proteinskim napitcima, a ima upotrebu i u kozmetičkoj industriji te u ljekovite svrhe. Pogača se koristi kao stočna hrana, brašno ili za izradu namaza od konoplje, a brojne studije ukazuju na pozitivan utjecaj konopljinog ulja na opće zdravstveno stanje organizma (Odak, 2013).

2.2. Priprema sirovine za skladištenje

Cilj skladištenja sirovine je očuvanje nutritivno vrlo vrijednih komponenti, prvenstveno ulja u određenom vremenskom periodu. Da bi se postigla dobra kvaliteta ulja, sirovina za proizvodnju ulja (sjemenke, koštice) trebaju biti zdrave, zrele, očišćene od nametnika i nečistoća. Prilikom žetve i tijekom transporta sirovine rukuje se oprezno da se spriječi lomljenje i ljuštenje sjemena, pri unosu u skladište vrši se kontrola kvalitete uljarice, a neophodno je da sirovina do trenutka prerade bude u najpovoljnijim uvjetima, zaštićena od vlage, stranih mirisa i nametnika (Rac, 1964).

Pravilna žetva osigurava kvalitetnu neoštećenu sirovinu, a čimbenici koji utječu na kvalitetu sjemenke i visinu gubitaka pri žetvi obuhvaćaju dva perioda: period prije žetve u koji spadaju klimatski uvjeti i šteta nastala zbog glodavaca i biljnih bolesti, te period nakon žetve gdje se ubrajaju biološki i biokemijski procesi unutar sjemena. Biološka oštećenja uzrokuju insekti, ptice, mikroorganizmi i klijanje. Biokemijske procese oksidaciju i hidrolizu, treba spriječiti kontroliranjem temperature i vlage u skladišnom prostoru (Biokšić, 2017).

Transport sirovine treba biti siguran i brz, a provodi se željeznicom, kamionima ili brodovima u kojima sirovina koja je u rasutom stanju ili u vrećama mora biti zaštićena od vanjskih utjecaja. Ukoliko je potrebno, koriste se i rashladi uređaji ili hladnjače kako bi održavali stalnu temperaturu prilikom transporta (Tadejević i Jakovlić, 1971).

Unutar industrijskog pogona za preradu uljarica posebno je važan transport sjemena do skladišnih prostora, kao i od skladišta do mjesta prerade. U industriji ulja razlikuju se horizontalni i vertikalni transport uljarica kao što su transportne trake i pužnice, lančani transporteri, protočne cijevi, elevatori i pneumatski transport (Rac, 1964).

Čišćenje uljarica je postupak odvajanja dva kruta materijala, a u industriji se provodi prosijavanjem i rešetanjem, provjetravanjem, flotacijom, sortiranjem po obliku, propuštanjem preko magneta te četkanjem. Vršiti se odmah po dolasku sirovine u tvornicu i prije same prerade u svrhu uklanjanja neželjenih primjesa i nečistoća te iz higijenskih razloga. Na taj način osigurava se kvaliteta gotovog proizvoda (Čorbo, 2008).

Sušenje sjemenja uljarica je tehnološka operacija uklanjanja tekućine (vode) od čvrste tvari, a provodi se u sušarama do najčešćeg udjela vlage sjemenja 6 – 8 % u svrhu očuvanja kvalitete i sprječavanja nepoželjnih promjena u sirovini. Sušenje se postiže provjetravanjem ili sušenjem na suncu, te isparavanjem. Tu se materijal zagrijava na određenu temperaturu ili uz vakuum na nižu temperaturu. Voda koja ispari odvodi se pomoću zraka ili plina. Prema načinu dovoda topline razlikujemo sušenje kondukcijom, konvekcijom i radijacijom, a kretanje materijala i vrućeg zraka može biti istosmjerno ili protusmjerno. Kondukcija ili sušenje kontaktom provodi se neposrednim dodiranjem materijala sa grijanom metalnom površinom, sušenje konvekcijom provodi se direktnim zagrijavanjem materijala zrakom ili plinom, dok sušenje zračenjem ili radijacijom podrazumijeva korištenje infracrvenih zraka. Kod sušenja sjemenki konoplje preporuča se sušenje na način da temperatura sjemenja ne prelazi 60 °C (Čorbo, 2008).

Budući da se u sirovini i dalje odvijaju procesi koji utječu na kvalitetu, vrijeme skladištenja i čuvanja je ograničeno. Sjemenke se u vrećama ili rasutom stanju privremeno skladište u podna skladišta bez sušare ispod nadstrešnice ili u trajna skladišta odnosno specijalne silose koji su potpuno opremljeni kako bi materijal zaštitili od vlage, povišene temperature, insekata, oborina i bolesti, te očuvali sirovinu i dobili vjerodostojan kvalitetan proizvod (Tadejević i Jakovlić, 1971).

2.3. Proizvodnja hladno prešanog ulja

Umjesto konvencionalnog postupka izdvajanja ulja organskim otapalom iz uljarica, kod proizvodnje hladno prešanog ulja ne zahtijeva se korištenje otapala ni topline.

Hladna prešana ulja dobivaju se minimalnom obradom sirovine bez primjene visoke temperature. Tehnološki proces proizvodnje obuhvaća pripremu sirovine te mehaničko izdvajanje ulja. Procesni parametri prešanja prilagođavaju se ovisno o sirovini, a priprema sirovine započinje ponovnim čišćenjem kako bi se uklonile eventualno naknadno dospjele nečistoće tijekom skladištenja. Ukoliko je potrebno, sirovina ide na sortiranje te na ljuštenje i mljevenje. Kod proizvodnje hladno prešanog konopljinog ulja nema ljuštenja ni mljevenja

sjemenki, već očišćena sjemenka direktno odlazi u pužnu prešu na prešanje. Nakon prešanja dobiva se nusproizvod pogača i sirovo ulje koje se zatim odvodi na taloženje (sedimentacija) i filtraciju. Finalni proizvod hladno prešano ulje postavlja se u inox spremnike ili se pakira u zatambljene staklene bočice različitog volumena i etiketira, te se čuva na tamnom mjestu skladišnog prostora pri određenim temperaturama prije distribucije na tržište.

2.3.1. Čišćenje sjemenki

Kako bi se izbjeglo štetno djelovanje nečistoća na sirovinu, na uređaje u proizvodnji ili na sam finalni proizvod ulje i nusproizvod brašno iz pogače, te iz higijenskih razloga, nečistoće je potrebno ukloniti kroz postupak čišćenja sjemenka koji prethodi daljnjoj preradi. Nečistoće mogu biti strane i vlastite. Strane nečistoće ne potječu od same biljke uljarice i mogu biti mineralnog podrijetla (zemlja, kamenčići, prašina, komadi željeza) ili organskog podrijetla (dijelovi stranog bilja, strano sjemenje). Šuplji dijelovi biljke uljarice kao i polomljene sjemenke i ljuske bez jezgre smatraju se vlastitom nečistoćom. Čišćenje sjemenka sastoji se od odjeljivanja dva kruta dijela na bazi različitih veličina, različitih aerodinamičnih svojstva i različite specifične težine između sjemenja i čestica nečistoća. U čišćenje spada i sortiranje po obliku te odvajanje propuštanjem preko magneta. Sitne nečistoće mogu se ukloniti s površine mehanički pranjem ili četkanjem (Rac, 1964).

Prosijavanje i rešetanje sjemenka temelji se na razlikama u veličini između prisutnih nečistoća i same sjemenke. Vršiti se pomoću isprepletenih žica ili perforiranih limova koji su postavljeni jedno iznad drugog ili jedno pored drugog (ravna planarna i okrugla cilindrična sita). Uloga sita je propuštanje sjemenka i sitne nečistoće, a zadržavanje grubih nečistoća, dok rešeto funkcionira na način da propušta finije čestice nečistoće, a zadržava sjemenke. Veličina i oblik sjemenke ključni su za odabir sita ili rešeta (Čorbo, 2008).

Provjetravanje sjemenka temelji se na različitim aerodinamičnim svojstvima između sjemenke i nečistoća. Upuhivanjem zraka određene brzine na onečišćenu sjemenku on odnosi prašinu i lakše nečistoće, a teže nečistoće podlegnu gravitaciji i padaju na dno, dok sjemenka neznatno skreće s puta. U industriji se za čišćenje sjemenka uljarica koriste tarar – aspiratori, uređaji koji kombiniraju provjetravanje i prosijavanje (Čorbo, 2008).

U slučajevima kada se ljuska teže odvaja od jezgre obavlja se čišćenje na bazi razlike u specifičnoj težini postupkom flotacija. To se provodi pomoću trećeg medija kao razdjelne tekućine (vode ili vodene otopine soli) u kojoj ljuska kao lakša ispliva na površinu, a jezgra kao teža potone na dno. Uređaji koji se koriste su hidrocikloni, rade na principu slično kao i cikloni

za uklanjanje čestica prašine iz zraka. U hidrociklon ulazi razdjelna tekućina sa ljuskom i jezgrom, u njemu se rotiraju te se teži dijelovi talože uz plašt i s malo tekućine izlaze na dnu ciklona, dok se lakši dijelovi skupe u sredini i zajedno sa tekućinom izlaze putem centralno postavljene cijevi u gornjem dijelu hidrociklona (Rac, 1964).

Sortiranje sjemena po obliku vrši se pomoću triera. To su cilindrični uređaji koji se polako rotiraju, a na unutarnjoj površini su udubljenja koja odgovaraju obliku i veličini zrna koje se želi izdvojiti. Sjeme koje dimenzijama odgovara smješta se u udubinu, cilindar se podiže, a sjemenje ispada u sabirnu pužnicu koja prolazi sredinom cilindra. Sjeme koje ne odgovara udubinama skuplja se na dnu cilindra i izlazi iz uređaja (Čorbo, 2008).

Čišćenje sirovine magnetima provodi se u svrhu uklanjanja komadića željeza i ostalih metalnih predmeta koje privlače magneti. Elektromagneti ili permanentni magneti koji su postavljeni uz transportnu traku privlače na sebe sve metalne dijelove unutar magnetskog polja (Rac, 1964).

Uklanjanje nečistoća sa uljarica pranjem s vodom danas se više ne koristi. Izuzetak je pranje plodova masline prije prerade i bučine koštice. Čišćenje četkanjem se provodi u strojevima rotor cilindrima, koji sa unutarnje i vanjske strane imaju četke koje su poredane u spiralu, a pri kretanju motora sjeme se pomiče i izlazi van očetkano sa svih strana. Ova operacija je bitna kod materijala koji se koriste kao grickalice npr. bučine koštice i kikiriki (Rac, 1964).

2.3.2. Ljuštenje sjemenki

Sjemena ljuska izrađena je od celuloznih i hemiceluloznih tvari, sadrži malo masti i drugih sastojaka te se tijekom prerade iz nje ne mogu dobiti nikakvi značajni sastojci, pa se ona odstranjuje, a prerađuje se samo jezgra bogata uljem. Ljuštenje je potrebno izvršiti jer je ljuska nosioc nepoželjnih sastojaka koji se teško izoliraju ukoliko dospiju u ulje (Tadejević i Jakovlić, 1971).

Ljuštenjem sjemenki jezgra postaje pristupačnija za preradu, ulje se lakše izdvaja, kvaliteta ulja i pogače poraste te se poveća iskorištenje preše. Međutim, praksa je pokazala da je potrebno 8 - 10 % ljuske koja zaostaje s jezgrom radi lakšeg izlaska ulja prilikom prešanja te bolje cirkulacije otapala kod proizvodnje ulja ekstrakcijom. Metode tehničkog ljuštenja mogu biti biološke, kemijske ili mehaničke, a prije samog ljuštenja sjeme se sortira po veličini i svaka frakcija se zasebno ljušti. U prehrambenoj industriji se koriste mehaničke metode ljuštenja na dva načina. Prvi način je odvajanje ljuske od jezgre i podudara se s principom čišćenja provjetravanjem i prosijavanjem, osim što se ovdje odvaja vlastita ljuska od jezgre. Drugi način

je razbijanje ljuske i oslobađanje jezgre udaranjem, mlačenjem ili gnječenjem gumenim valjcima. Pri tome ljuska puca i odvaja se od jezgre (Rac, 1964).

2.3.3. Mljevenje sjemenki

U svrhu pripreme materijala za prešanje ili ekstrakciju s otapalima te zbog povećanja iskorištenja ulja, vrši se mljevenje cijelog sjemena s ljuskom ili samo njegove jezgre. Mljevenjem se povećava površina sirovine iz koje izlazi ulje, smanji udaljenost od sredine do površine sjemenke te se dezintegracijom staničnog tkiva olakša izlazak ulja koje će se cijediti. Tijekom prerade mljevenje se može javiti više puta. Kod predprešanja mljevenje je grublje i pogodnije za velike stanice, tankih stjenki i struktura male čvrstoće. Drugo prešanje kao i jednokratno prešanje je finije i odgovara sitnim stanicama, jakih staničnih stjenki i čvrste strukture (laneno, sojino sjeme i kukuruzne klice). Bundevine koštice, arašidovo i pamukovo sjeme mogu se prešati i bez prethodnog mljevenja. Danas se najviše koriste mlinovi na valjke sa jednim, dva ili tri para valjka postavljenim jedno iznad ili pokraj drugog, a koriste se i mlinovi sa tri valjka (trovaljci) i pet valjaka (petovaljci). Promjer valjaka i veličina zubaca na površini mora biti usklađena s veličinom zrna, a valjci se redovito nazubljuju (Rac, 1964).

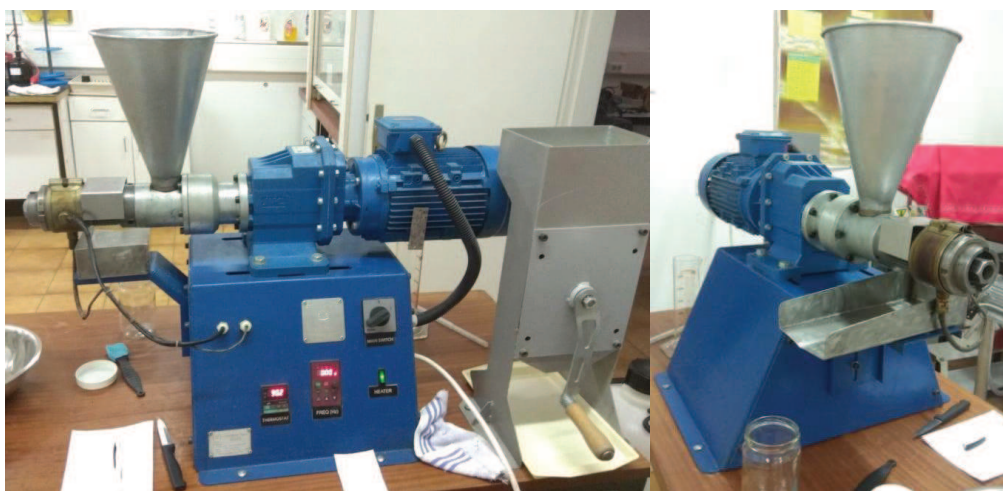


Slika 3. Laboratorijski uređaj za mljevenje (izvor: autor)

2.3.4. Prešanje

Među najstarije uređaje za proizvodnju biljnih ulja spadaju diskontinuirane hidraulične preše. Princip rada zasniva se na Pascalovu zakonu – da pomoću malih sila nastaju veliki tlakovi, te da se tlak u tekućini širi podjednako na sve strane. Ulaskom vode pod tlakom u cilindar klip se podiže i nastaje visok tlak koji uzrokuje cijedenje ulja. Preše ovakve konstrukcije mogu biti otvorenog ili zatvorenog tipa. Druga vrsta preše koja se koristi, a ima kontinuiran način rada zove se pužna preša (Čorbo, 2008).

Ekspeler ili pužna automatska preša javlja se 1905. godine u Americi, a radi na principu zagrijavanja, vlaženja ili sušenja sjemenja, nakon čega ga pužnica prenosi iz većeg u manji zatvoreni prostor, pri čemu nastaje visok tlak i cijedi se sirovo ulje, a kao nusprodukt izlazi pogača sa 12 – 15 % zaostalog ulja. Preše s jednom pužnicom su izdužene da bi materijal duže bio pod tlakom i prikladne su za manje kapacitete, s obzirom da se promjenom broja okretaja radne osovine koriste kao predpreše, završne preše pri dvostrukom prešanju, ali i za prešanje u jednom prolazu. Kapacitet preše ovisi o promjeru ulaznog dijela koša, punosti materijalom, hodu pužnice i brzini kretanja pužnice. Glavni element kontinuirane pužne preše je vodoravni puž navučen na glavnu radnu osovinu. Koš preše čine metalni štapići u obliku cijevi koji su uloženi u kućište, a trajanje izoštrenosti štapića ovisi o kvaliteti materijala, vrsti sjemenja i primijenjenom tlaku. U koš su ugrađeni i strugači noževi koji usmjere materijal prema izlazu. Neke preše su opremljene i uređajem za hlađenje koje sprječava prekomjerno zagrijavanje koša, te uređajima za doziranje materijala i regulaciju debljine pogače. Uzevši u obzir da temperatura ulja prilikom hladnog prešanja ne prelazi 50 °C, psihoaktivna komponenta THC kod konopljinog ulja ostaje u svom neaktivnom obliku (Rac, 1964).



Slika 4. Laboratorijska pužna preša (izvor: autor)

2.3.5. Odvajanje netopljivih nečistoća

Nakon prešanja sjemenki uljarica dobivena je pogača kao nusprodukt prešanja te sirovo ulje. Sirovo ulje u sebi sadrži sitne netopljive krute čestice iz uljarice koje je potrebno ukloniti jer umanjuju održivost ulja i senzorska svojstva. Kako nalaže *Pravilnik o jestivim uljima i mastima* udio netopljivih nečistoća kod jestivih djevičanskih i hladno prešanih ulja smije iznositi maksimalno 0,05 % (NN 11/ 2019).

Taloženje ili sedimentacija najjednostavniji je način odvajanja nečistoća iz sirovog ulja. Sirova ulja nakon prešanja prenose se u inoks rezervoare koji na raznim visinama imaju slavine za istakanje gornjih, izbistrenih slojeva ulja, također ih imaju na dnu, kroz koje ispuštaju istaložene čestice nečistoće. Djelovanjem gravitacije kroz određeni vremenski period, na dnu rezervoara talože se čestice nečistoće koje su teže od ulja. Nedostatak ovog postupka je slaba brzina taloženja, s obzirom da su čestice u ulju fine i mala je razlika u specifičnoj težini, a viskoznost ulja je velika. Drugi način odvajanja nečistoća iz sirovog ulja je filtracija. Tu se sirovo ulje propušta kroz filter na kojem zaostaju nečistoće, a ulje prolazi. Ova operacija ponavlja se nekoliko puta, a kao filter koriste se tkanine od pamuka, lana, vune i metalna tkiva. Izbor uređaja koji se koristi za filtraciju ovisi o vrsti taloga, stupnju onečišćenja sirovog ulja i potrebi finoće filtriranja. Za grubu filtraciju koriste se vibracijska sita i filtracijske centrifuge, dok se filter preše i centrifugalni separatori koriste za finije filtriranje. Nakon završenog procesa čišćenja sirovog ulja dobiven je finalni proizvod hladno prešano ulje (Rac, 1964).



Slika 5. Proizvedeno sirovo ulje konoplje i nusprodukt pogača (izvor: autor)

2.4. Pakiranje i skladištenje jestivih biljnih ulja

Tekućini poput ulja neophodno je osigurati prikladnu ambalažu jer se na taj način sačuva vrijednost i svježina proizvoda. Pri transportu i manipulaciji koristi se transportna ambalaža, najčešće željezna ili plastična te staklene posude i boce. U komercijalnu ambalažu spada ambalaža koja se koristi pri neposrednoj prodaji kupcima, a tu se koriste boce i staklenke. Budući da jestivo biljno ulje u prisustvu kisika, temperature i svjetlosti mijenja svoja svojstva i gubi na kvaliteti, važno je paziti kako i na koji način rukovati s istim, ali i na higijenske zahtjeve prilikom izbora ambalaže (Tadejević i Jakovlić, 1971).

Materijal koji se koristi štiti biljno ulje od vanjskih utjecaja. Nakon pripreme, odmjeravanja i razlijevanja, jestivo ulje se hermetički puni u čiste tamne staklene boce ili inoks spremnike i zatvara. Materijal mora biti inertan u odnosu na ulje i ne smije propuštati svjetlost. Zadnji korak u proizvodnji i pakiranju ulja jest etiketiranje i paletiziranje. Na etiketi se navodi naziv proizvoda, rok trajanja, datum proizvodnje i proizvođač te podaci o porijeklu i tehnološkom postupku. Boce se skladište u suhe, prozirne i tamnije prostorije, a predlaže se da se ulje ne skladišti zajedno s drugim namirnicama radi svoje sposobnosti navlačenja mirisa. Temperatura ulja mora biti između 12 i 20 °C, a vlažnost skladišta mora se kontrolirati, kao i održavanje stalne temperature od 3 do 5 °C da bi se izbjegle negativne promjene u ulju (Rac, 1964).



Slika 6. Finalni proizvod – hladno prešano konopljino ulje (izvor: autor)

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Materijali

U ovom eksperimentu za ispitivanje utjecaja procesnih parametara prešanja koristi se 10 kg osušene i neoljuštene sjemenke konoplje sorte *Finola* proizvedene na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu OPG Siladi, Hrvatska.

3.2. Metode

Zadatak ovog rada je ispitivanje utjecaja procesnih parametara prešanja sjemenke konoplje na efikasnost proizvodnje i kvalitetu hladno prešanog ulja. Parametri prešanja koji se ispituju su veličina otvora za izlaz pogače, temperatura grijača glave preše i frekvencija elektromotora (brzina pužnice). Osnovni parametri kvalitete proizvedenog ulja: slobodne masne kiseline, peroksidni broj, udio vlage i udio netopljivih nečistoća određeni su primjenom standardnih metoda. Metodom po Soxhlet-u provedeno je određivanje udjela ulja u sjemenkama konoplje te udio zaostalog ulja u pogačama, iz čega se matematičkim putem izračuna efikasnost proizvodnje konopljinog ulja.



Slika 7. Sjemenke konoplje sorte *Finola* (izvor: autor)

3.2.1. Proizvodnja hladno prešanog konopljinog ulja

Za proizvodnju hladno prešanog konopljinog ulja koristi se očišćena, osušena, neoljuštena i nesamljevena sjemenka konoplje. Postupak prešanja provodi se na laboratorijskoj kontinuiranoj pužnoj preši kapaciteta 20-25 kg/h i snage elektromotora 1,5 kW.



Slika 8. Pužna preša prilikom prešanja (izvor: autor)

Mijenjajući veličinu otvora za izlaz pogače i frekvenciju elektromotora (brzinu pužnice) pri određenim temperaturama grijača glave preše kroz 10 uzoraka (pokusa) dobivene su različite količine sirovog ulja i nusproizvoda pogače.

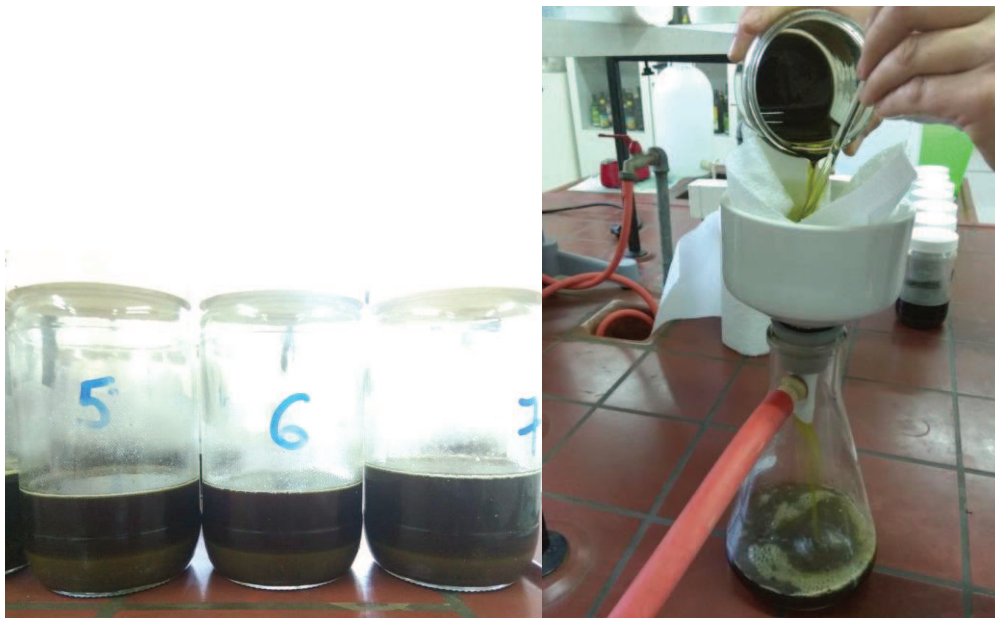


Slika 9. Pužnice pužne preše i nastavci različitog promjera za izlaz pogače (izvor: autor)



Slika 10. Usporedba pogača dobivenih pomoću nastavaka veličine 7 mm i 9 mm (izvor: autor)

Zatim se kroz deset dana provodi prirodna sedimentacija tj. taloženje proizvedenog sirovog ulja na tamnom mjestu, nakon čega slijedi vakuum filtracija, što se vidi na Slici 11. Ovim postupcima uklanjaju se netopljive nečistoće (sitne krute čestice iz sirovine) i povećava kvaliteta hladno prešanog konopljinog ulja kao finalnog proizvoda.



Slika 11. Taloženje i vakuum filtracija sirovog ulja konoplje (izvor: autor)

3.2.2. Određivanje osnovnih parametara kvalitete ulja

Primjenom standardnih metoda određuju se osnovni parametri kvalitete proizvedenog hladno prešanog konopljinog ulja: slobodne masne kiseline, peroksidni broj, udio vlage i udio netopljivih nečistoća. Metodom po Soxhlet-u odredi se udio ulja u sjemenkama konoplje i pogači (nusproizvod prešanja).

Određivanje slobodnih masnih kiselina (SMK)

U sastav ulja i masti, pored triacilglicerola, ulaze i slobodne masne kiseline, a njihov udio ovisi o kvaliteti sirovine, načinu dobivanja i uvjetima skladištenja. Izražava se kao postotak oleinske kiseline, kiselinski broj ili kiselinski stupanj, a pokazatelj je degradacije i kvarenja ulja uslijed djelovanja enzima lipaze tijekom lošeg skladištenja sirovine. Postotak oleinske kiseline je maseni udio oleinske kiseline u 100 g ulja (g OLAC/100 g ulja). Kiselinski broj služi također za određivanje kiselosti ulja koja potječe od slobodnih masnih kiselina, a izražava se kao broj mg kalijevog hidroksida (KOH) potrebnih za neutralizaciju slobodnih masnih kiselina u 1 g ulja. Ova karakteristika kao kiselost ulja može se izraziti i stupnjem kiselosti koji je definiran brojem mL natrijevog hidroksida (NaOH) potrebnog za neutralizaciju 100 g ulja.

Princip određivanja SMK u uzorcima konopljinog ulja temelji se na titraciji ulja otopljenog u smjesi etera i etanola sa otopinom NaOH koncentracije 0,1 mol/ L uz indikator fenolftalein. Udio slobodnih masnih kiselina u ulju konoplje određen je standardnom metodom ISO 660:1996), izražen je kao % oleinske kiseline, a izračunava se prema formuli:

$$\text{SMK (\% oleinske kiseline)} = \frac{10 \times V}{m} \times 0,282 \quad (1)$$

- m – masa uzorka ulja (g),
- V – utrošak otopine 1 M NaOH za titraciju uzorka (mL),
- 0,282 – molekulska masa oleinske kiseline (M = 282 g/ mol).

Određivanje peroksidnog broja (Pbr)

Peroksidni broj je indikator svježine odnosno užeglosti nekog biljnog ulja. Peroksidi odnosno hidroperoksidi nastaju kada se kisik veže na dvostruku vezu nezasićene masne kiseline, a do toga dolazi kad je ulje izloženo prooksidansima: kisiku, toplini, svjetlosti ili tragovima metala. Daljnjim kvarenjem dolazi do razgradnje ovih spojeva što uzrokuje neugodan užegnut miris ulja. Preko peroksidnog broja određuju se primarni produkti oksidacije

ulja, a metoda se zasniva na sposobnosti peroksida da oslobode jod iz otopine kalijeva jodida (KI).

Princip određivanja je otapanje ulja u otopini kloroforma i ledene octene kiseline u omjeru 2 : 3 te dodavanje otopine KI. Iz otopine KI djelovanjem peroksida oslobađa se jod koji se zatim određuje titracijom s 0,01 M otopinom natrijevog tiosulfata ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) uz 1 % otopinu škroba kao indikatora. Rezultat se izrazi kao broj milimola aktivnog kisika (mmol O_2) koji potječe od nastalih peroksida prisutnih u 1 kg ulja.

Peroksidni broj (Pbr) se određuje standardnom metodom ISO 3960:2007), a računa prema formuli:

$$\text{Pbr (mmol O}_2\text{/ kg)} = \frac{(V_1 - V_2) \times 5}{m} \quad (2)$$

- V_1 - mL 0,01 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošenog za titraciju uzorka ulja,
- V_2 - mL 0,01 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utrošenog za titraciju slijepa probe,
- m - masa uzorka ulja (g).

Određivanje vlage

Prisustvo vlage u sirovom ulju smatra se nečistoćom te može dovesti do nepoželjnih promjena u ulju, stoga je bitno poznavati njenu količinu u uzorku. Standardna metoda određivanja vlage (ISO 662:1992) temelji se na isparavanju vode i hlapljivih tvari iz ulja zagrijavanjem u sušioniku. Pri sušenju na 103 ± 2 °C tijekom 2 sata dolazi do gubitka mase i vrši se do konstantne mase, a gubitak se utvrdi izračunom prema formuli:

$$\text{Udio vlage i isparljivih tvari (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (3)$$

- m_0 – masa staklene posudice (g),
- m_1 – masa staklene posudice i uzorka prije sušenja (g),
- m_2 – masa staklene posudice i uzorka nakon sušenja (g).



Slika 12. Uzorak sirovog ulja prije sušenja (izvor: autor)

Određivanje netopljivih nečistoća (N. N.)

Udio netopljivih nečistoća u biljnom ulju određuje se standardnom metodom ISO 663:1992 na način da se uzorak ulja tretira sa organskim otapalom (petrol – eter, temperature vrelišta 40 – 60 °C) nakon čega se otopina filtrira kroz lijevak sa perforiranim dnom uz ispiranje taloga. Netopljivi zaostali talog se filtrira te suši u sušioniku do konstantne mase tijekom 1 sata na temperaturi 103 °C. Uzorak se zatim važe te se udio netopljivih nečistoća računa prema formuli:

$$\text{Udio N. N. (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (4)$$

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

3.2.3. Određivanje udjela ulja u sjemenkama konoplje i pogači

Sadržaj ulja u sjemenkama konoplje i pogači određuje se primjenom otapala petrol – etera standardnom metodom po Soxhlet-u. Ovom metodom po Soxhlet-u s organskim otapalom petrol – eterom provodi se i određivanje udjela ulja u sjemenkama i pogačama, iz čega se preračunava efikasnost proizvodnje konopljinog ulja tijekom prešanja. Aparatura za ekstrakciju sastoji se od tikvice, ekstraktora i hladila, a zagrijavanje se vrši na vodenoj kupelji. Na suhu izvaganu tikvicu stavlja se ekstraktor sa papirnatim tuljkom u kojem je uzorak te se zatvara vatom. Stavlja se hladilo i provodi se kontinuirana ekstrakcija koja traje dokad se ne iscrpi sav

uzorak. Ekstrakcija traje 3 – 6 sati. Na završetku se uzorak predestilira te se zaostalo ulje važe i suši. Udio ulja računa se prema formuli:

$$\text{udio ulja (\%)} = \frac{(a-b) \times 100}{c} \quad (5)$$

- a – masa tikvice sa uljem (g),
- b – masa prazne tikvice (g),
- c – masa ispitivanog uzorka (g).



Slika 13. Aparatura za ekstrakciju ulja po Soxhlet-u (izvor: autor)

Određivanje udjela vode u sjemenu i pogači

Određivanje udjela vode provodi se standardnom metodom sušenja uljarica u sušioniku pri 103 ± 2 °C tijekom 2 sata do konstantne mase. Sitne sjemenke konoplje kao i pogaču potrebno je prethodno samljeti. Kao rezultat se uzima srednja vrijednost dva paralelna određivanja, a udio vode računa se prema formuli:

$$\text{udio vode (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (6)$$

- m_0 – masa prazne posudice (g),
- m_1 – masa posudice s uzorkom prije sušenja (g),
- m_2 – masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g).

Prinos prešanog ulja

Na temelju udjela ulja i suhe tvari u sirovini i pogači računa se prinos prešanog ulja prema formuli:

$$U (\%) = U_o - U_p \times \left(\frac{a}{b} \right) \quad (7)$$

- U – količina prešanog ulja (%),
- U_o, U_p – udio ulja u sirovini i pogači (%),
- a, b – suha tvar u sirovini i pogači (%).

Stupanj djelovanja preše

Stupanj djelovanja preše računa se iz količine prešanog ulja i udjela ulja u sirovini prema formuli:

$$P (\%) = \left(\frac{U}{U_o} \right) \times 100 \quad (8)$$

- P – stupanj djelovanja preše (%),
- U – količina prešanog ulja (%),
- U_o – udio ulja u sirovini (%).

4. REZULTATI

Tablica 2. Utjecaj frekvencije elektromotora kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje ulja.

| Uzorak | Masa sirovine (kg) | Volumen sirovog ulja (mL) | Temperatura sirovog ulja (°C) | Volumen hladno prešanog ulja (mL) | Masa pogače (g) | Udio ulja u pogači (%) | Udio vode u pogači (%) | Stupanj djelovanja preše (%) |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| T = 90 °C | | | | | | | | |
| N = 9 mm F = 25 Hz | 1 | 230 | 48 | 170 | 760 | 15,01 | 6,79 | 53,12 |
| N = 9 mm F = 32 Hz | 1 | 230,5 | 49 | 165 | 770 | 16,38 | 7,28 | 48,84 |
| T = 100 °C | | | | | | | | |
| N = 9 mm F = 25 Hz | 1 | 230 | 50 | 190 | 751 | 13,24 | 7,37 | 58,65 |
| N = 9 mm F = 32 Hz | 1 | 230 | 49,5 | 140 | 732 | 15,96 | 6,78 | 50,16 |
| N = 9 mm F = 40 Hz | 1 | 225 | 50 | 130 | 780 | 17,71 | 6,97 | 44,69 |
| T = 110 °C | | | | | | | | |
| N = 9 mm F = 25 Hz | 1 | 280 | 51 | 200 | 758 | 13,01 | 7,14 | 59,37 |
| N = 9 mm F = 32 Hz | 1 | 250 | 51 | 165 | 761 | 14,06 | 6,78 | 56,09 |
| T = 110 °C | | | | | | | | |
| N = 7 mm F = 25 Hz | 1 | 300 | 53 | 220 | 730 | 11,60 | 6,86 | 63,77 |
| N = 7 mm F = 32 Hz | 1 | 290 | 51 | 194 | 741 | 12,25 | 6,38 | 61,74 |

Udio ulja u sjemenkama konoplje je 32,02%, a udio vode 6,34%. Hladno prešano ulje dobiveno nakon 10 dana taloženja i vakuum filtriranja. N – veličina otvora glave preše, definira promjer pogače (mm); F – frekventni regulator, regulira brzinu pužnice preše (Hz); T – temperatura grijača glave preše kod izlaza pogače (°C).

Tablica 3. Utjecaj veličine otvora glave preše kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje ulja.

| Uzorak | Masa sirovine (kg) | Volumen sirovog ulja (mL) | Temperatura sirovog ulja (°C) | Volumen hladno prešanog ulja (mL) | Masa pogače (g) | Udio ulja u pogači (%) | Udio vode u pogači (%) | Stupanj djelovanja preše (%) |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| T = 90 °C | | | | | | | | |
| N=12 mm F = 25 Hz | 1 | 220 | 45 | 140 | 780 | 18,48 | 6,39 | 42,29 |
| N = 9 mm F = 25 Hz | 1 | 230 | 48 | 170 | 760 | 15,01 | 6,79 | 53,12 |
| T = 110 °C | | | | | | | | |
| N = 9 m F = 25 Hz | 1 | 280 | 51 | 200 | 758 | 13,01 | 7,14 | 59,37 |
| N = 7 mm F = 25 Hz | 1 | 300 | 53 | 220 | 730 | 11,60 | 6,86 | 63,77 |
| T = 110 °C | | | | | | | | |
| N = 9 mm F = 32 Hz | 1 | 250 | 51 | 165 | 761 | 14,06 | 6,78 | 56,09 |
| N = 7 mm F = 32 Hz | 1 | 290 | 51 | 194 | 741 | 12,25 | 6,38 | 61,74 |

Tablica 4. Utjecaj temperature grijača glave preše kod prešanja konoplje na iskorištenje ulja.

| Uzorak | Masa sirovine (kg) | Volumen sirovog ulja (mL) | Temperatura sirovog ulja (°C) | Volumen hladno prešanog ulja (mL) | Masa pogače (g) | Udio ulja u pogači (%) | Udio vode u pogači (%) | Stupanj djelovanja preše (%) |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| N = 9 mm F = 25 Hz T = 90 °C | 1 | 230 | 48 | 170 | 760 | 15,01 | 6,79 | 53,12 |
| N = 9 mm F = 25 Hz T = 100 °C | 1 | 230 | 50 | 190 | 751 | 13,24 | 7,37 | 58,65 |
| N = 9 mm F = 25 Hz T = 110 °C | 1 | 280 | 51 | 200 | 758 | 13,01 | 7,14 | 59,37 |

Tablica 5. Osnovni parametri kvalitete proizvedenog ulja konoplje

| Parametar kvalitete | Ulje konoplje |
|---|---------------|
| Peroksidni broj (Pbr) (mmol O ₂ /kg) | 0,79 |
| Slobodne masne kiseline (SMK) (% oleinske kiseline) | 2,51 |
| Voda (%) | 0,093 |
| Netopljive nečistoće (%) | 0,083 |

5. RASPRAVA

Utjecaj parametara prešanja

Prije samog postupka prešanja određen je udio ulja u sjemenkama konoplje sorte *Finola* te je dobivena srednja vrijednost iznosila 32,02%. Određen je i udio vlage u sjemenkama pri čemu je dobivena vrijednost 6,34%.

Rezultati ispitivanja utjecaja parametara prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje sirovog ulja i finalnog hladno prešanog ulja prikazani su u tablicama 2-4. Rezultati ispitivanja utjecaja frekvencije elektromotora (25 Hz, 32 Hz, 40 Hz) koja regulira brzinu pužnice tijekom prešanja, na iskorištenje sirovog ulja i hladno prešanog ulja konoplje prikazani su u tablici 2. Prešanjem sjemenke konoplje kod uvjeta frekvencije elektromotora 25 Hz (F), veličine otvora za izlaz pogače (N) promjera 9 mm i temperature grijača glave preše 90°C (T) proizvedeno je 230 mL sirovog ulja temperature 48°C. Dobiveno sirovo ulje sadrži sitne krute čestice (netopljive nečistoće) iz sjemenke uljarice, a moraju se ukloniti iz sirovog ulja kako bi dobili finalni proizvod hladno prešano ulje koje ne smije imati talog na dnu spremnika ili boce. Nakon 10 dana prirodnog taloženja (sedimentacije) te vakuum filtracije sirovog ulja dobiveno je 170 mL hladno prešanog ulja konoplje. Analizom pogače kao dobivenog nusproizvoda prešanja utvrđeno je 15,01% zaostalog ulja pri čemu je izračunat stupanj djelovanje preše 53,12%. Povećanjem frekvencije elektromotora sa 25 Hz na 32 Hz, uz konstantne uvjete prešanja N= 9 mm i T= 90°C, proizvedena je približno jednaka količina sirovog ulja (230,5 mL) temperature 49°C, a nakon sedimentacije i filtracije imamo nešto manju količinu hladno prešanog ulja (165 mL) uz nešto veći udio zaostalog ulja u pogači 16,38% te manji stupanj djelovanja preše (48,84%). Ova serija ispitivanja utjecaja frekvencije elektromotora na iskorištenje ulja provedena je i kod veće temperature grijača glave preše (T=100°C). Dobiveni rezultati pokazuju da se kod frekvencije 25 Hz prešanjem proizvela veća količina hladno prešanog ulja konoplje (190 mL) uz manji udio zaostalog ulja u pogači (13,24%). Korištenjem veće frekvencije elektromotora 32 Hz i 40 Hz, povećava se brzina pužnice što rezultira smanjenjem volumena proizvedenog hladno prešanog ulja uz porast udjela zaostalog ulja u pogači. Daljnjim porastom temperature grijača glave preše na 110°C vidljivo je da i kod ove temperature frekvencija elektromotora utječe na iskorištenje ulja tijekom prešanja konoplje. Također je zapaženo da se veće iskorištenje sirovog ulja i hladno prešanog ulja dobije kod niže frekvencije 25 Hz u odnosu na 32 Hz. Ista pojava uočena je kod primjene nastavka za izlaz pogače manjeg promjera (N= 7 mm) uz T= 110°C, gdje je također kod manje frekvencije elektromotora (25 Hz) proizveden

veći volumen sirovog ulja (300 mL) i hladno prešanog ulja (220 mL) uz manji udio zaostalog ulja u pogači u odnosu na primjenu 32 Hz. Na osnovu dobivenih rezultata istraživanja utjecaja frekvencije elektromotora (brzine pužnice) na iskorištenje konopljinog ulja može se zaključiti da se porastom frekvencije elektromotora, kod navedenih uvjeta prešanja sjemenke konoplje, smanjuje volumen proizvedenog hladno prešanog ulja. Također, dolazi do porasta udjela zaostalog ulja u pogači što doprinosi manjem stupanju djelovanja preše. Objašnjenje ove pojave da se tijekom prešanja s pužnom prešom, primjenom manje frekvencije elektromotora, proizvede veća količina ulja iz sjemenke konoplje može se tumačiti tako što se materijal u sustavu preše duže vrijeme zadržava što utječe na iskorištenje izdvajanja ulja.

Rezultati istraživanja utjecaja veličine otvora glave preše (N) kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje sirovog ulja i hladno prešanog ulja vidljivi su u tablici 3. Prešanjem sjemenke konoplje sorte *Finola* kod uvjeta: nastavak koji definira veličinu otvora glave preše za izlaz pogače $N = 12$ mm, $T = 90$ °C i $F = 25$ Hz dobiveno je 220 mL sirovog ulja čija je temperatura 45°C. Nakon 10 dana sedimentacije (taloženja pri sobnoj temperaturi) i vakuum filtracije proizvedeno je 140 mL hladno prešanog ulja konoplje uz udio zaostalog ulja u pogači 18,48%. Korištenjem otvora za izlaz pogače manjeg promjera $N = 9$ mm proizvedena je veća količina sirovog ulja (230 mL) i finalnog hladno prešanog ulja (170 mL) uz manji udio zaostalog ulja u pogači (15,01%). Kod ovog istraživanja povećali smo temperaturu grijača glave preše sa 90°C na 110°C te ispitali utjecaj veličine nastavka za izlaz pogače na iskorištenje ulja. Utvrdili smo da se i kod temperature glave preše 110°C korištenjem nastavka za izlaz pogače manjeg promjera (7 mm), kod konstantne frekvencije elektromotora $F = 25$ Hz, dobije veći volumen sirovog ulja i hladno prešanog ulja u odnosu na nastavak promjera 9 mm, ali je temperatura ulja malo iznad maksimalne vrijednosti za hladno prešano ulje prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima NN 11/19. Kod ispitivanja utjecaja nastavka za izlaz pogače (9 i 7 mm) i $T = 110$ °C, ali kod veće frekvencije elektromotora (32 Hz) zapažena je ista pojava da se kod nastavka manjeg promjera (7 mm) dobio veći volumen sirovog i hladno prešanog ulja. Analizom zaostalog ulja u pogači, dobivena je manja vrijednost udjela zaostalog ulja u pogači (12,25%). Iz navedenih rezultata istraživanja možemo zaključiti da veličina otvora glave preše za izlaz pogače utječe na iskorištenje ulja kod proizvodnje hladno prešanog ulja konoplje. Što je otvor za izlaz pogače na glavi preše manjeg promjera, to je procesni tlak tijekom prešanja veći pa se proizvede veća količina sirovog ulja i hladno prešanog ulja uz manje zaostalog ulja u pogači (Rac, 1964).

U tablici 4 prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja temperature grijača glave preše (90, 100, 110) kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje ulja. Dobiveni rezultati pokazuju da se

porastom temperature glave preše povećava iskorištenje ulja. Prešanjem konoplje kod 110°C (N= 9 mm, F= 25 Hz) proizveden je veći volumen sirovog ulja i hladno prešanog ulja uz manji udio zaostalog ulja u nusproizvodu pogači u odnosu na temperature glave preše 90°C i 100°C.

Parametri kvalitete ulja

U tablici 5 prikazani su osnovni parametri kvalitete svježe proizvedenog hladno prešanog ulja konoplje sorte *Finola* peroksidni broj (Pbr), slobodne masne kiseline (SMK), udio vode i udio netopljivih nečistoća. Izračunate vrijednosti ovih parametara ukazuju na to da je ulje dobre kvalitete jer su ispitivani parametri u skladu s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/2019), osim SMK koji je malo povećan. Pravilnik navodi kako kiselost hladno prešanog ulja ne smije imati veću vrijednost od 2 % SMK, a u dobivenom ulju iznosi 2,51 % SMK izraženih kao % oleinske kiseline. Peroksidni broj ove kategorije jestivih ulja ne smije iznositi više od 7 mmol O₂/kg. U dobivenom konopljinom ulju Pbr iznosi 0,79 mmol O₂/kg što je unutar granica. Pravilnik također navodi kako hladno prešana ulja smiju sadržavati maksimalno 0,4 % vode i maksimalno 0,05 % netopljivih nečistoća. Udio vode i hlapivih tvari u dobivenom ulju iznosi 0,093 % što je unutar Pravilnika, a udio netopljivih nečistoća je neznatno povećan 0,083 % stoga je potrebno malo produžiti vrijeme sedimentacije sirovog ulja.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenog istraživanja zaključuje se da procesni parametri veličina otvora za izlaz pogače, temperatura grijača glave preše i frekvencija elektromotora (brzina pužnice) kod prešanja sjemenke konoplje sorte *Finola* utječu na iskorištenje ulja i na stupanj djelotvornosti preše. Doneseni su sljedeći zaključci:

1. Primjena nastavka za izlaz pogače različitog promjera utječe na iskorištenje ulja tijekom prešanja na način da smanjenjem promjera izlaza pogače raste iskorištenje ulja i stupanj djelotvornosti preše.
2. Primjenom nastavka za izlaz pogače veličine 7 mm dobiveno je najviše konopljinog ulja i najmanje zaostalog ulja u pogači te je stupanj djelotvornosti veći, dok se primjenom nastavka promjera 12 mm smanjuje količina dobivenog ulja i djelotvornost preše je najniža.
3. Frekvencija elektromotora (brzina kretanja pužnice) također utječe na iskorištenje ulja prilikom prešanja konoplje.
4. Što je manja frekvencija elektromotora, to je veća količina dobivenog ulja i manja količina zaostalog ulja u pogači.
5. Prešanjem kod frekvencije 25 Hz dobiveno je više ulja i manje zaostalog ulja u pogači, a porastom frekvencije do 40 Hz smanjuje se količina proizvedenog ulja i raste udio zaostalog ulja u pogači.
6. Temperatura zagrijavanja glave preše također utječe na iskorištenje konopljinog ulja, porastom temperature glave preše povećava se iskorištenje ulja.
7. Prešanjem konoplje kod 110°C proizveden je veći volumen sirovog ulja i hladno prešanog ulja uz manji udio zaostalog ulja u nusproizvodu pogači u odnosu na temperature glave preše 90°C i 100°C.
8. Pri zagrijavanju glave preše na 110 °C temperatura proizvedenog sirovog ulja prelazi 50 °C što je izvan granica prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima.
9. Osnovni parametri kvalitete hladno prešanog konopljinog ulja su unutar Pravilnika osim udjela SMK koji je malo iznad granice.

7. LITERATURA

1. Biokšić, J. (2017): *Utjecaj hladnog prešanja na proizvodnju lanenog ulja*. Diplomski rad. Mostar: Agronomski i prehrambeno – tehnološki fakultet
2. Čorbo, S. (2008): *Tehnologija ulja i masti*. Sarajevo: Bemust
3. Gagro, M. (1998): *Industrijsko i krmno bilje: Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu
4. Grgačević, M. (2019): *Financijska isplativost ulaganja u uzgoj industrijske konoplje*. Završni rad. Požega: Veleučilište u Požegi
5. Narodne novine (2012): *Zakon o suzbijanju zlouporabe opojnih droga: Pravilnik o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje i promet opojnih droga u veterinarstvu*. Zagreb: Narodne novine d.d., NN 18/2012, 505
6. Narodne novine (2019): *Zakon o hrani: Pravilnik o jestivim uljima i mastima*. Zagreb: Narodne novine d.d., NN 11/2019, 1052
7. Odak, I. (2013): *Utjecaj antioksidansa na oksidacijsku stabilnost ulja konoplje*. Diplomski rad. Osijek: Sveučilište J. J. Strossmayera
8. Rac, M. (1964): *Sirovine, kemija i tehnologija jestivih ulja i masti*. Beograd: Poslovno udruženje proizvođača biljnih ulja
9. Tadejević, V. i Jakovlić, V. (1971): *Poznavanje robe s osnovama tehnologije i nauke o ishrani*. Zagreb: Školska knjiga

POPIS SLIKA, TABLICA, KRATICA, FORMULA

POPIS SLIKA

Slika 1. Konoplja (izvor: Wikipedija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Konoplja>)

Slika 2. Konopljne sjemenke (izvor: autor)

Slika 3. Laboratorijski uređaj za mljevenje bez i sa poklopcem (izvor: autor)

Slika 4. Laboratorijska pužna preša (izvor: autor)

Slika 5. Dobiveno sirovo ulje i nusprodukt pogača (izvor: autor)

Slika 6. Finalni proizvod – hladno prešano konopljino ulje (izvor: autor)

Slika 7. Sjemenke konoplje sorte finola (izvor: autor)

Slika 8. Pužna preša prilikom prešanja (izvor: autor)

Slika 9. Pužnice kontinuirane pužne preše skinute sa osovine i nastavci za izlaz pogače (izvor: autor)

Slika 10. Usporedba pogača dobivenih pomoću nastavaka veličine 7 mm i 9 mm (izvor: autor)

Slika 11. Taloženje i vakuum filtracija sirovog ulja (izvor: autor)

Slika 12. Uzorak prije sušenja (izvor: autor)

Slika 13. Aparatura za ekstrakciju po Soxhlet-u (izvor: autor)

POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristike zrna i ulja konoplje (Rac, 1964: 109, 474)

Tablica 2. Utjecaj frekvencije elektromotora kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje ulja

Tablica 3. Utjecaj veličine otvora glave preše kod prešanja sjemenke konoplje na iskorištenje ulja

Tablica 4. Utjecaj temperature grijača glave preše kod prešanja konoplje na iskorištenje ulja

Tablica 5. Osnovni parametri kvalitete proizvedenog ulja konoplje

POPIS KRATICA

γ – gama

β – beta

KOH – kalijev hidroksid

THC – delta – 9 – tetrahidrokanabinol

SMK – slobodna masna kiselina

NaOH – natrijev hidroksid

mol – mjerna jedinica za množinu tvari

V – volumen

m – masa

M – molekulska masa

Pbr – peroksidni broj

KI – kalijev jodid

Na₂S₂O₃ – natrijev tiosulfat

mmol O₂ – milimola aktivnog kisika

N.N. – netopljive nečistoće

U – količina prešanog ulja

P – djelotvornost preše

N – nastavak za izlaz pogače

T – temperatura

F – frekvencija elektromotora

Hz – herc

POPIS FORMULA

Određivanje slobodnih masnih kiselina (% oleinske m.k.)

Određivanje peroksidnog broja (mmol O₂/ kg)

Određivanje vlage i isparljivih tvari (%)

Određivanje netopljivih nečistoća (%)

Određivanje udjela ulja u sjemenu i pogači (%)

Određivanje udjela vode u sjemenu i pogači (%)

Prinos prešanog ulja (%)

Stupanj djelovanja preše (%)

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Nina Berović**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom **Proizvodnja ulja konoplje sorte *Finola* sa pužnom prešom** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni djelovi tuđih radova.

U Požegi, 03. 09. 2019.

Nina Berović