

Utjecaj lokaliteta i sorte na iskorištenje i stabilizaciju hladno prešanog ulja soje (*Glycine max* L.)

Posavac, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:109:077567>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

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



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

Ivana Posavac

**UTJECAJ LOKALITETA I SORTE NA ISKORIŠTENJE
I STABILIZACIJU HLADNO PREŠANOG ULJA SOJE
(*Glycine max* L.)**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, studeni, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Sveučilišni diplomski studij

Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za prehrambeno inženjerstvo
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ulja i masti

Tema rada prihvaćena je na XI. izvanrednoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2023./2024. održanoj 20. rujna 2024.

Mentor: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac, trajni izbor

Komentor: izv. prof. dr. sc. Tihana Marček

Utjecaj lokaliteta i sorte na iskorištenje i stabilizaciju hladno prešanog ulja soje (*Glycine max* L.)

Ivana Posavac, 0113143623

Sažetak: Cilj rada bio je proizvesti hladno prešano ulje sjemenki različitih sorti soje s dva različita lokaliteta i tako ispitati utjecaj: lokaliteta, sorte i različitog promjera nastavaka za izlaz pogače na iskorištenje i stabilizaciju dobivenog ulja. U ovom istraživanju ulje je proizvedeno pomoću dva različita promjera nastavaka za izlaz pogače (6 mm i 8 mm). Osijek i Tovarnik dva su lokaliteta s čijih je polja uzet uzorak sjemenki različitih sorti soje. Istraživanje se provodilo sa sortama: Tena, Pedro, NS Apollo, Korana, Ika, Galina i ES Palador. Prešanje sjemenki soje provodilo se na laboratorijskoj pužnoj preši. Na dobivenim uzorcima hladno prešanog ulja analizirani su parametri kvalitete: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio vlage i netopljivih nečistoća kao i parametri identifikacije ulja jodni i saponifikacijski broj. Rezultati istraživanja pokazali su da veličina nastavka za izlaz pogače te lokalitet uzgoja i sorta soje utječu tijekom prešanja na iskorištenje ulja. Bolje iskorištenje ulja dobiveno je prešanjem sjemenki soje s oba lokaliteta primjenom nastavka za izlaz pogače 8 mm u odnosu na 6 mm. Soja uzgojena na lokalitetu Tovarnik prešanjem daje veću količinu ulja nego soja s lokaliteta Osijek. Sorta koja je prešanjem dala najviše ulja s lokaliteta Tovarnik bila je ES Palador i Galina, a s lokaliteta Osijek je Tena. Najbolju oksidacijsku stabilnost pokazuje ulje sorte NS Apollo s lokaliteta Tovarnik te Korana s lokaliteta Osijek.

Ključne riječi: sjemenke soje, sorte, hladno prešano ulje, nastavak za izlaz pogače, oksidacijska stabilnost

Rad sadrži: 52 stranice

33 slike

8 tablica

0 priloga

32 literaturne reference

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu rada:

1. izv. prof. dr. sc. Antun Jozinović
2. prof. dr. sc. Tihomir Moslavac, trajni izbor
3. izv. prof. dr. sc. Tihana Marček
4. doc. dr. sc. Krunoslav Aladić

Predsjednik
Član-mentor
Član-komentor
zamjena člana

Datum obrane: 29.11.2024.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Universiti Graduate Study Food Engineering

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. XI held on September 20th, 2024

Mentor: Tihomir Moslavac, PhD, full professor
Co-mentor: Tihana Marček, PhD, associate professor

Influence of Locality and Variety on Utilization and Stabilization of Cold-pressed Soybean Oil (*Glycine max* L.)

Ivana Posavac, 0113143623

Summary: The aim of the study was to produce cold-pressed oil from seeds of different soybean varieties grown at two different locations and to investigate the impact of the following factors: location, variety, and different diameters of the attachment for cake output on oil yield and stabilization. In this study, oil was produced using two different diameters of the attachment for cake output (6 mm and 8 mm). Osijek and Tovarnik were the two locations from which soybean seed samples of various varieties were taken. The research was conducted with the following varieties: Tena, Pedro, NS Apolo, Korana, Ika, Galina, and ES Palador. Soybean seeds were pressed using a laboratory screw press. The quality indicators of the cold-pressed oil were determined such as peroxide value, free fatty acids, moisture content, and insoluble impurities, as well as oil identification parameters such as iodine and saponification values. The research results showed that the size of the attachment for cake output, the cultivation location, and the soybean variety, all affect oil yield during pressing. The best oil yield was obtained by pressing soybeans from both locations using an 8 mm the attachment for cake output compared to the 6 mm attachment. Soybeans grown in Tovarnik produced a higher oil yield than soybeans from Osijek. The variety that yielded the most oil at the Tovarnik location was ES Palador and Galina, while at the Osijek location, it was Tena. The best oxidativite stability was shown by the oil from the NS Apolo variety from Tovarnik and the Korana variety from Osijek.

Key words: soybean seeds, varieties, cold-pressed oil, the attachment for cake output, oxidative stability

Thesis contain: 52 pages

33 figures

8 tables

0 supplementary material

32 references

Original in: Croatian

Review and defence committee:

1. **Antun Jozinović, PhD, associate professor**
2. **Tihomir Moslavac, PhD, full prof.**
3. **Tihana Marček, PhD, associate professor**
4. **Krunoslav Aladić, PhD, assistant prof.**

Chair person
Supervisor
Co-supervisor
Stand-in

Defence date: 29.11.2024.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek


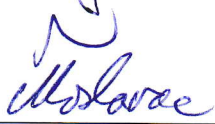

DIPLOMSKI RAD JAVNO JE OBRANJEN DANA

29. 11. 2024.

TE OCIJENJEN USPJEHOM

IZVAŠTAN (5)

Pred Povjerenstvom za obranu diplomskog rada:

- | | | | |
|----|---|-------------|--|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Antun Jozinović | predsjednik |  _____ (potpis) |
| 2. | prof. dr. sc. Tihomir Moslavac | član |  _____ (potpis) |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Tihana Marček | član |  _____ (potpis) |

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Tihomiru Moslavcu i komentorici izv. prof. dr. sc. Tihani Marček na pomoći i uloženom vremenu prilikom izrade ovog diplomskog rada. Jednako tako hvala tehničkoj suradnici Danieli Paulik na uloženom trudu, vremenu i savjetima prilikom zajedničkog laboratorijskog rada.

Zahvaljujem svim prijateljima, kolegama i ljudima koji su zajedno sa mnom koračali istim stazama u ovom prekrasnom razdoblju mogega života i time ga uljepšali.

Najveću zahvalu zaslužuju moji roditelji s obitelji koji su mi sve ove godine pružali pomoć, podršku, bezuvjetno vjerovali u mene tijekom cijelog studija te mi omogućili isto.

Jedno posebno hvala zaslužuju dida i baka za aktivno sudjelovanje te snažnu i bezgraničnu podršku kroz cijelo moje obrazovanje.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 7 |
| 2. TEORIJSKI DIO..... | 4 |
| 2.1. DEFINICIJA MASTI I ULJA..... | 5 |
| 2.2. MORFOLOŠKA SVOJSTVA SOJE | 6 |
| 2.3. KEMIJSKI SASTAV SJEMENKI SOJE | 11 |
| 2.4. HLADNO PREŠANO ULJE | 12 |
| 2.5. OKSIDACIJSKA STABILNOST I KVARENJE ULJA..... | 13 |
| 2.6. KEMIJSKI SASTAV SOJINOG ULJA | 15 |
| 2.7. BLAGOTVORNI UČINCI SOJINOG ULJA NA ZDRAVLJE | 17 |
| 2.8. SOJA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI | 18 |
| 2.9. OSNOVNI PARAMETRI KVALITETE I IDENTIFIKACIJE ULJA | 19 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO..... | 22 |
| 3.1. ZADATAK..... | 23 |
| 3.2. MATERIJALI I METODE | 24 |
| 3.2.1. Sirovina..... | 24 |
| 3.2.2. Određivanje vlage u sjemenu soje i pogačama..... | 24 |
| 3.2.3. Određivanje udjela ulja u sjemenu soje i pogačama | 26 |
| 3.2.4. Hladno prešanje, sedimentacija i filtracija sirovog sojinog ulja | 27 |
| 3.2.5. Određivanje parametara kvalitete i identifikacije ulja | 29 |
| 3.2.6. Test oksidacijske stabilnosti ulja na 98 °C | 35 |
| 4. REZULTATI | 36 |
| 5. RASPRAVA..... | 42 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 46 |
| 7. LITERATURA..... | 49 |

1. UVOD

Soja (*Glicine max* (L.) Merrill) je mahunarka, jednogodišnja biljka koja ima grmoliko stablo visine 40-50 cm. List ove biljke prekriven je sitnim dlačicama, a plod je u obliku mahune u kojoj se nalazi 1-4 sjemenke. Oblik sjemenka soje ovisno o sorti, a može biti okruglog do izduženog oblika. Boja sjemenki varira od zelene, žute do smeđe i crne boje. Hilum je dio kojim je sjeme pričvršćeno za mahunu (Dimić, 2005). Uzgoj ove kulture potječe iz istočne Azije točnije Kine gdje je uzgajana puno prije nego se uzgoj proširio po ostatku svijeta. Jedna je od pet osnovnih kultura, a danas SAD ima vodeću ulogu u proizvodnji i preradi soje, nakon njega tu su Argentina, Brazil, Kina, Indija itd.

U Republici Hrvatskoj sjemenke soje najčešće se koristi u industriji stočne hrane u proizvodnji krmnih smjesa koje služe kao izvor proteina te puno manje za proizvodnju jestivih ulja i u ljudskoj prehrani općenito (Rapčan i sur., 2024). Kao što je prethodno spomenuto sjemenke soje koristi se u prehrani ljudi, ishrani stoke te u različite industrijske svrhe poput onih u proizvodnji: sapuna, deterdženata, boja, lakova i sl. Poznata je po visokom udjelu proteina za što se danas u svijetu primarno i uzgaja. Nije tipična kultura za proizvodnju ulja iako njezina sjemenka sadrži određeni udio istog. Udio ulja u sjemenkama soje kreće se od 12 % do 24 %, a udio proteina od 35 % do 50 % (Dimić, 2005). Zbog ovog udjela ulja u sjemenkama, može se koristiti kao izvor jestivih ulja, ali i kao zamjena za meso jer zadovoljava 30 % potrebe za proteinima (Rapčan, I. i sur., 2024). Vrlo je značajno kada postoji mogućnost zamjene dijela potrebnih proteina, koji su najskuplji dio obroka s visoko vrijednim proteinima niže cijene (Tošović, 1983). Također, u odnosu na druge biljne vrste, poznato je da su sojini proteini najviše slični proteinima životinjskog podrijetla. Razlog tome je udio esencijalnih aminokiselina, posebno triptofana i lizina, kao i aminokiselina sa sumporom tj. cistina i metionina (Fegeš M., 2009).

Minerali koji dominiraju u sastavu sjemenki soje su: kalij, fosfor, sumpor, kalcij, željezo, magnezij i natrij, a vitamini koji su također prisutni su: A, B-kompleks, D, E i K (Vratarić i Sudarić, 2008).

Masne kiseline koje se u većim koncentracijama nalaze u sojinom ulju su:

- zasićene - stearinska, palmitinska,
- nezasićene - linolna ili omega-6 masna kiselina, linolenska ili omega-3 masna kiselina, oleinska i dr.

Sastav masnih kiselina govori o nutritivnoj vrijednosti ulja, a koristi se i za procjenu stabilnosti ulja (Křížová i sur., 2019).

U ishrani stoke, soja se koristi u obliku silaže, sijena, briketa i sl. U današnje vrijeme napretkom i razvojem novih tehnologija ostaci od prerade soje koriste se u proizvodnji biogoriva i bioenergije (Rapčan i sur., 2024). Dok se tako u prehrani ljudi, soja koristi u proizvodnji: tofu sira, hrenovki, pljeskavica, biljnog sojinog napitka te raznih slastica. Konzumacija kruha od sojinog brašna preporučuje se oboljelima od dijabetesa jer takvo brašno sadrži smanjenu količinu škroba (Vratarić i Sudarić, 2008).

Soja ima sposobnost prevencije kod liječenja kroničnih bolesti, karcinoma, srčanih, bubrežnih bolesti te osteoporoze zbog fitokemijskog sastava točnije fitoestrogena izoflavona. Izoflavoni su prirodni nesteroidni polifenoli, biljni s u spojevi koji imaju terapijski učinak na širok raspon hormonalnih poremećaja (Křížová i sur., 2019).

Jedan od pokazatelja kakvoće sjemenki soje je količina proteina, ona varira u ovisnosti od sorte i uvjeta uzgoja. Kakvoća proteina odnosi se na vrstu proteina i njezin aminokiselinski sastav. Kvalitetu ulja određuje masnokiselinski sastav, sastav triacilglicerola te količina i sastav antioksidanasa (Křížová i sur., 2019).

Sojino ulje podložno je promjeni mirisa i okusa kao posljedica posebne vrste kvarenja uslijed čega ulje poprima miris na ribu ili travu, ova pojava posebno je naglašena prilikom zagrijavanja takvog ulja, a pripisuje se prisutnosti linolenske masne kiseline (Dimić, 2005).

Hladno prešano sojino ulje ima zlatno žutu boju, blagog je mirisa i arome, a ulje proizvedeno od oštećenih sjemenki ima tamnosmeđu boju koja se teško uklanja (Dimić, 2005).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. DEFINICIJA MASTI I ULJA

Ulja i masti organski su spojevi, pripadaju skupini lipida, nisu polarni spojevi pa tako nisu topljivi u vodi, ali se otapaju u organskim otapalima. Mogu biti biljnog i životinjskog podrijetla, a razlikuju se i u agregatnom stanju. Ulja zbog većeg sadržaja nezasićenih masnih kiselina u svom sastavu, na sobnoj temperaturi u tekućem su agregatnom stanju dok su masti zbog većeg udjela zasićenih masnih kiselina, krute tvari.

Biljna ulja prehrambeni su proizvod, građeni su od triacilglicerola (triglicerida) tj. estera trovalentnog alkohola glicerola na koji su vezane tri masne kiseline. Prema vezama među ugljikovim atomima, masne kiseline mogu biti zasićene ili nezasićene. Nezasićene masne kiseline posjeduju jednu ili više dvostrukih veza unutar lanca, dok zasićene masne kiseline imaju jednostruke veze između ugljikovih atoma unutar lanca masne kiseline. Osim trigliceridnih komponenti u ulju se nalaze i negliceridni sastojci u malom udjelu 1-2 %. Negliceridni sastojci podrazumijevaju: tokoferole, karotenoide, voskove, sterole, pigmente, tragove metala i dr.

Masne kiseline dugolančane su molekule koje na jednom kraju lanca sadrže hidroksilnu, a na drugom kraju lanca metilnu skupinu. R-COOH je opća formula masnih kiselina, pri čemu je R ugljikovodikov lanac, a (-COOH) karboksilna skupina. Prema broju vezanih masnih kiselina na molekulu glicerola razlikuju se: monoacilgliceroli, diacilgliceroli i triacilgliceroli. Monogliceridi i digliceridi djeluju kao emulgatori zbog lipofilnih masnih kiselina i hidrofilnog glicerola, oni u svojoj strukturi na alkohol glicerol imaju vezanu jednu ili dvije molekule masne kiseline, a hidroksilna skupina ostaje slobodna.

Vrsta masnih kiselina koja se nalazi u strukturi triacilglicerola, duljina lanca masne kiseline i broj dvostrukih veza određuje njihova fizikalna i kemijska svojstva, a djelomično i oksidacijsku stabilnost. Tako, zasićene masne kiseline imaju višu točku tališta, ne sadrže dvostruke veze u svojoj strukturi, molekule su gušće raspoređene u obliku ravnog štapića, takve molekule teže je razdvojiti. Dok, nezasićene masne kiseline imaju oblik prelomljenog štapića, posjeduju dvostruke veze, imaju nižu točku tališta zbog čega su ulja u tekućem agregatnom stanju. Biljna ulja stoga su podložnija oksidacijskim promjenama tj. povećanjem stupnja nezasićenosti smanjuje se oksidacijska stabilnost (Kočar i sur., 2020).

Jednostavni triacilgliceroli u svojoj strukturi, za glicerol imaju vezane tri jednake masne kiseline, a složeni triacilgliceroli su oni koji za alkohol glicerol imaju vezane tri različite masne kiseline.

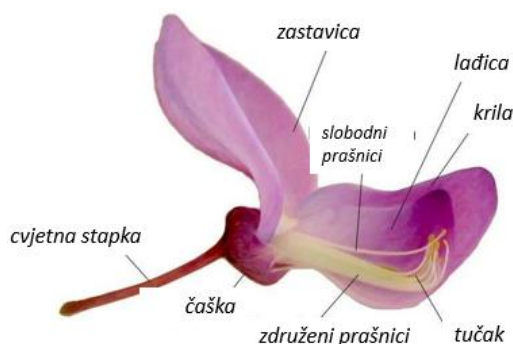
Nezasićene masne kiseline dijele se prema broju dvostrukih veza koje sadrže u svom lancu, a to su:

- mononezasićene i
- polinezasićene.

Mononezasićene masne kiseline u svom sastavu imaju samo jednu dvostruku vezu dok polinezasićene masne kiseline sadrže dvije ili više dvostrukih veza unutar strukture lanca. Zbog većeg broja dvostrukih veza tj. zbog mogućnosti njihovog kidanja, polinezasićene masne kiseline podložnije su oksidacijskim promjenama tj. reaktivnije su za razliku od mononezasićenih. Reaktivnost nezasićenih masnih kiselina raste s porastom broja dvostrukih veza.

2.2. MORFOLOŠKA SVOJSTVA SOJE

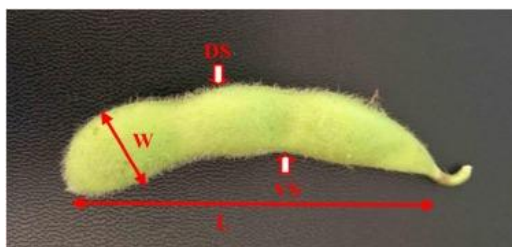
Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) je jednogodišnja biljka koja pripada razredu Magnoliopsida, porodici mahunarki, lepirnjača ili bobovki (*Fabaceae*, *Leguminosae*), potporodica *Papilionoideae* (*Faboideae*). To su uglavnom zeljaste, grmolike i rjeđe drvenaste biljke ili povijuše s često prisutnim trnovima. Apomorfna osobina porodice su cvjetovi u obliku leptira, koji združeni u cvat formiraju grozd, glavicu ili klas. Cvjetovi su zigomorfne simetrije s horipetalnim, pentamernim vjenčićem. Zastavica, najveća latica, jedina se otvara za vrijeme cvatnje. Lađicu čine dvije identične latice koje obavijaju rasplodne organe cvijeta. Posljednji par jednakih latica tvori krila, na koja slijeću kukci, zajedno s lađicom (**Slika 1**). Čaška je u porodice mahunarki uglavnom sraslih lapova (sinsepalija).



Slika 1 Cvijet mahunarki

[Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Papilionaceous_flower]

Sljedeća izražena apomorfna osobina porodice mahunarki je plod mahuna koja može biti promjenjivog oblika i veličine (**Slika 1**). U soje mahuna je nastala iz monokarpnog gineceja (ginecej građen od jednog plodničkog lista) a kada mahuna sazrije usplođe se otvaraju formiranjem rascjepa duž parenhinskog dijela dorzalnih i ventralnih šavova (Zhang i sur., 2018). U suhom obliku cijepa se na manje dijelove ili merikarpe od kojih svaki nosi po jednu sjemenku. Komercijalne sorte soje imaju otpornu mahunu koja ostaje zatvorena nakon sazrijevanja, dok se kod divljih vrsta mahune otvaraju pri zrelosti i raspršuju sjeme. Tijekom vegetacije mahune su zelene boje, a pri sazrijevanju prelaze u nijanse od svijetlo žute do crne (Kovčić, 2024).

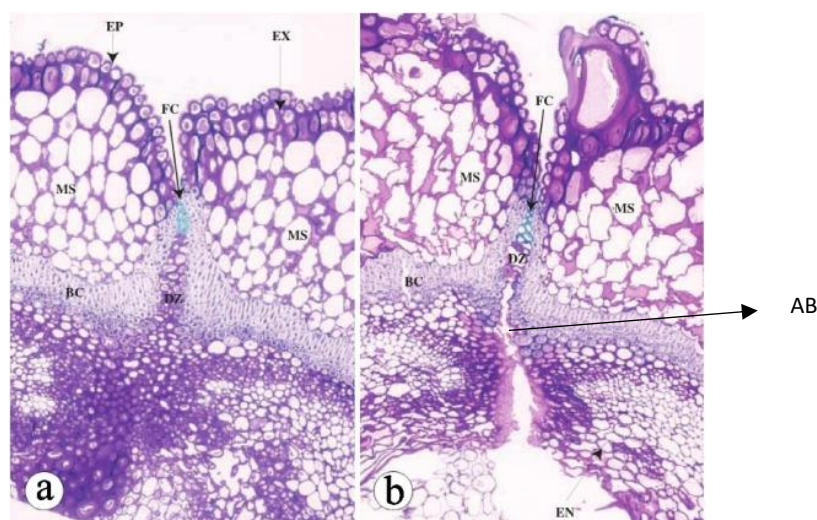


Slika 2 Mahuna soje (DS-dorzalna strana; VS-ventralna strana, W-širina i L-duljina).

[Izvor: Zhang i sur. (2018)]

U soje dorzalni (leđni) šav odgovara glavnoj žili plodničkog lista, a ventralni (trbušni) šav predstavlja mjesto dodira rubova plodničkog lista. Trbušni šav čini mjesto na mahuni na kojemu su sjemenke pričvršćene za unutrašnjost ploda, dok se leđni nalazi suprotno. Duž oba šava nalazi se pojas submarginalnih stanica koji tvori zonu dehiscencije (proces otvaranja zrelog ploda (mahune) kako bi se oslobodilo sjeme) (DZ) (**Slika 2**). Dva sloja zone dehiscencije (zona abscizije) čine stanice bez lignina što omogućuje mahuni da se lagano otvori i oslobodi zrelo sjeme (Zhang i sur., 2018). Otvaranje mahune soje počinje na dorzalnoj strani češće nego na

trbušnoj (Suzuki i sur., 2009). To je u skladu s činjenicom da ventralni DZ ne obuhvaća mezokarp; prema tome, potrebna je veća sila za lomljenje mahune na trbušnoj strani nego na dorzalnoj strani. Sekundarne stijenke stanica snopa mehaničkog tkiva jako je zadebljana kod mahune soje otporne na pucanje, dok je slabo razvijena kod mahune soje osjetljive na pucanje (Zhang i sur., 2018). Stijenka mahune podijeljena je u tri funkcionalna stanična sloja, egzokarp, mezokarp i endokarp (Bennett i sur., 2011). Egzokarp se sastoji od jednostaničnog epidermalnog sloja s pučima preko kojih se vrši izmjena plinova. Mezokarp je sastavljen od slojeva klorenhimskih stanica koje su bogate kloroplastima. Endokarp se sastoji od dva različita stanična sloja, površinskog sloja sastavljenog od velikih stanica tanke stijenke i unutarnjeg sloja koji čine male tijesno zbijene stanice kao rezultat nekoliko antiklinalnih staničnih dioba (Bennett i sur., 2011).



Slika 3 Semimikrografija mahune soje u nezrelom (a) i zreom (b) stanju. DZ-zona dehiscencije; Bc-provodni snop; EN-endokarp; MC-mezokarp; EX-egzokarp; FC-snop mehaničkog tkiva; AB-zona abscizije
[Izvor: Zhang i sur. (2018)]

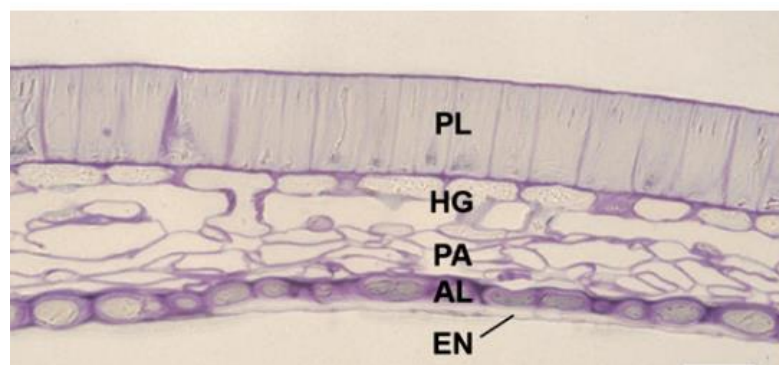
U komercijalnoj proizvodnji, masa tisuću zrna većine sorti iznosi 150-200 g. Prosječna visina koju biljka može doseći kreće se od 80 do 120 cm. Sjeme prema obliku varira od okruglastog do spljoštenog oblika (Pelin, 2024). U povoljnim uvjetima vlage i temperature korijen klija, raste prema dolje nakon 1-2 dana od sjetve. Kada korijen dosegne dužinu od 2-3 cm, učvršćen je u zemlju i kreću se razvijati postrani korjenčići. Razvoj klorofila nakon nicanja je brz te mlada biljka koristi hranjive tvari koje nastaju procesom fotosinteze. Soja ima jako korijenje koje ima visoku apsorpcijsku sposobnost, a sastoji se od glavnog (jakog) i postranog

(vretenastog) korijena (Alduk, 2024). Dubina korijena može biti i do 180 cm dok se glavina korijena nalazi na gornjem sloju tla gdje apsorbira hranjive tvari. Dobro razvijeno korijenje povećava otpornost na sušu, masu lista te urod zrna po jedinici površine. Na korijenju se razvijaju kvržice u kojima žive gram (-) štapičaste bakterije vrste *Bradyrhizobium japonicum* (Pelin, 2024). Ove bakterije koriste dušik iz zraka, bakterije su u simbiozi s biljkom. Biljka od nje uzima šećere, a ona biljku opskrbljuje dušikom tako što N_2 iz atmosfere pretvara u NH_4^+ oblik. Boja stabljike zelene je boje, a tijekom zrenja svijetlije do tamnije žute boje. Nadzemni dijelovi biljke prekrivenu su sitnim dlačicama žute, smeđe ili sivkaste boje. Cvijet može biti bijele ili ljubičaste boje, soja stvara puno više cvjetova nego što ih se može razviti u mahune. Plod je u obliku mahune koja može biti spljoštenog, okruglog ili srpastog oblika, sadrži do 5 sjemenki, zelene je boje, a tijekom zrenja svijetlo do tamno žute boje (Vratarić i Sudarić, 2008).

Tijekom procesa kultiviranja soje, morfologija biljke je doživjela ogromne promjene. Divlja soja (*Glycine soja*) ima puno manje sjemenke od kultivirane soje, a također ima ležeće i vijugave stabljike, lomljive mahune i nepropusne ovojnice sjemeni (Chen i Nelson, 2004). Ove značajne promjene pridonose prilagodbi rasta i poboljšanju prinosa soje. Stoga su neka svojstva i njihovi potencijalni geni odabrani i naslijeđeni tijekom geografske diferencijacije ili lokalnog uzgoja. Veličina sjemeni kao važno agronomsko svojstvo odabrana je tijekom pripitomljavanja usjeva (Linkies i sur., 2010). U usporedbi s divljom sojom, sjeme kultivirane soje je dulje, šire i deblje. Kultivirana soja udomaćena je iz divlje soje u središnjoj Kini prije 5000 godina odakle se proširila svijetom (Carter i sur., 2004). Sjeme je jedan od najvažnijih biljnih organa jer veličina i broj sjemenki izravno određuju konačan prinos usjeva. Veličinu sjemenke određuje nekoliko specifičnih transkripcijskih faktora. U vrsta porodice mahunarki BIG SEEDS1 (BS1), član skupine II TIFY porodice gena, nosi uputu za veličinu sjemenki i listova (Ge i sur., 2016). Tako će smanjenje ekspresije BS1 u soje značajno utjecati na povećanje veličine i težine sjemenki i listova (Ge i sur., 2016).

Tvrdoća i permeabilnost sjemenke ovisi o svojstvima sjemenne lupine (teste) koja većinom potječe od integumentnog sloja sjemenog zametka nakon oplodnje. Sjemeni lupina soje pripada tipičnoj sjemenki mahunarki (Shao i sur., 2007). Vanjski slojevi lupine sadrže makroskleride, mrtvo mehaničko sklerenhimsko tkivo organizirano u palisadni sloj (PL) (Slika 4). Stijenke palisadnih stanica osim lignina sadrže i kalozu koje se pruža paralelno s rubovima teste. Ispod palisadnog sloja nalaze se osteoskleride (HG) koje oblikom nalikuju pješčanome satu. Osteoskleride su također mrtve stanice u čijim se stijenkama odlaže velika količina lignina no

za razliku od palisadnog sloja sadrže velike međustanične prostore ispunjene zrakom. Konačno, zadnji sloj lupine je zbijeni parenhim (PA). Sjeme mahunarki pripada eksalbuminskom tipu (bez sekundarnog endosperma), što znači da se hrana za klijanje embrija nalazi samo u supkama. Oskudni endosperm sjemenke soje je diferenciran na jednoslojan aleuronski sloj (AL) i zbijeni endosperm (EN) kojeg čine veličinom male stanice nepravilnoga oblika (**Slika 4**).



Slika 4 Anatomska struktura sjemenke lupine soje. PL-palisadni sloj; osteoskleride (HG); PA-zbijeni parenhim; AL-aleuronski sloj; EN-zbijeni endosperm
[Izvor: Shao i sur. (2007)]

Soja najbolje uspijeva na dubokim, plodnim tlima koja su bogata humusom i pH 7, ako ima dovoljno vode daje dobar prinos i na siromašnim tlima. Što se tiče temperature, za klijanje soje potrebna je temperatura barem od 6 do 7 °C, a optimalna je od 15 do 25 °C. Za nicanje soja treba temperature od 8 do 10 °C, a cvatnja se odvija minimalno na temperaturama od 17 do 18 °C dok je optimalna temperatura cvatnje od 19 do 25 °C. Optimalna temperatura za intenzivni rast i razvoj soje je od 20 do 25 °C. Istraživanjem je utvrđeno da je soja biljka kratkog dana, veliki broj sorti zahtjeva od 10 pa i više sati mraka dnevno. U slučaju da dan traje duže soja neće prijeći iz vegetativne faze razvoja u generativnu. Da bi došlo do klijanja soje, apsorpcija vode trebala bi biti viša od 50 % od mase njezina sjemena. Razdoblje nicanja, do razdoblja cvatnje, soja može izdržati kratke suše bez vidljivih posljedica na krajnji urod. Vlažnost zraka koja je optimalna za razvoj soje kreće se od 70 % do 80 % (Plavuš, 2014). Žetva soje vrši se kombajnom, uvjeti žetve trebaju biti takvi da se spriječe potencijalni gubici. Optimalna vlažnost zrna spremnog za žetvu kreće se od 14 % do 16 %. Soja je spremna za žetvu kada je usjev zreo i kada zrno dostigne zadovoljavajuću vlagu. Osiguravanjem pravilne žetve osigurava se i zadovoljavajuća kvaliteta sirovine i smanjeni su gubici, ona se odvija za vrijeme tehnološke zrelosti kada je sadržaj slobodnih masnih kiselina najniži (Jakovljević, 2020).

2.3. KEMIJSKI SASTAV SJEMENKI SOJE

Proteini zauzimaju jednu trećinu udjela u sastavu sjemenke soje, ona je glavna sirovina prilikom proizvodnje proteina u usporedbi s drugim ratarskim kulturama. Soja se primarno smatra proteinskom namirnicom, a sekundarna namjena je dobivanje ulja. Sastav sjemenki soje zaslužan je za njezinu bogatu nutritivnu vrijednost, a najvećim dijelom to su proteini i ulje. Udio proteina u sjemenkama soje kreće se od 36 % do 53 %, a udio ulja od 15 % do 23 % (Tošović, 1983). Pored proteina i ulja soja sadrži i antinutritivne komponente kao što su: enzimi (peroksidaze, lipooksigenaze, lipaze, proteaze, ureaze i dr.), inhibitori proteaze (tripsin inhibitori), lektini (krvne aglutinine), saponini, fitati, alergeni itd. (Vratarić i Sudarić, 2008). Tako npr. fitati djeluju tako što vežu minerale i smanjuju njihovu bioraspoloživost, tanini ometaju apsorpciju željeza, inhibitori tripsina otežavaju probavu proteina, a oligosaharidi uzrokuju osjećaj nadutosti zbog fermentacije (Singh i sur., 2024).

Sirova, neobrađena sojina sačma sadrži prethodno nabrojane nenutritivne komponente, oni smanjuju probavljivost proteina, također neki sastojci sačme daju loš okus i miris. Termičkom obradom sačme ili soje općenito, nepoželjni sastojci mogu se uništiti ili se može smanjiti njihova aktivnost čime hranjiva vrijednost postiže maksimum, a može se čak dvostruko povećati (Moslavac, 2013).

Sadržaj proteina u sjemenkama sirovine, može se razlikovati u ovisnosti o godini, tipu zemljišta, tipu hranjiva u tlu, npr. suša ima negativan utjecaj na količinu proteina koje sjeme sadrži. Znanstvenici su utvrdili da je udio proteina u sjemenu soje obrnuto proporcionalan s udjelom ulja unutar sjemena, a često i s prinosom sirovine (Jukić i sur., 2006).

Hranjiva vrijednost soje izražava se uglavnom aminokiselinskim sastavom proteina, a stvarna vrijednost izražava se tek nakon termičkog tretmana sjemenki prilikom čega se inaktiviraju nenutritivne komponente koje utječu na iskorištenje proteina. Proteini soje pripadaju skupini lako probavljivih proteina, glicinin je jedan od značajnih proteina soje. Glicinin je jedini biljni protein koji sadrži sve esencijalne aminokiseline potrebne za organizam, po sastavu je sličan kazeinu iz kravljeg mlijeka (Tošović, 1983).

Ugljikohidrati se u sjemenkama soje nalaze u udjelu od 18 % do 30 %, u obliku netopljive celuloze i hemiceluloze i topljive saharoze i rafinoze (Fegeš, 2009).

2.4. HLADNO PREŠANO ULJE

Hladno prešana ulja dobivaju se mehaničkim prešanjem tj. cijedenjem ulja iz sjemenki koristeći pužnu prešu i visoki tlak. Ovaj proces kontinuirani je način dobivanja ulja bez potrebnog prethodnog zagrijavanja sirovine te upotrebe organskih otapala. Ulja dobivena na ovaj način u sebi zadržavaju bioaktivne komponente što ih čini nutritivno bogatom namirnicom, ne mijenja se njihov sastav te postižu skuplju cijenu na tržištu.

Sirovina, ovisno o vrsti, prije hladnog prešanja prolazi kroz procese čišćenja i sušenja, a po potrebi i ljuštenja te mljevenja. Temperatura procesa hladnog prešanja tj. ulje koje izlazi (sirovo ulje) ne smije prelaziti 50 °C (Dimić, 2005).

Čišćenje sjemenki potrebno je provesti da bi se uklonile nečistoće koje mogu utjecati na kvalitetu sjemena te da bi se spriječila kontaminacija budućeg ulja. Odrađuje se prilikom prijema sirovine, prije i nakon sušenja te prije prerade sirovine. Primjese mogu biti organskog i anorganskog podrijetla. Proces koji uključuju čišćenje su: prosijavanje i rešetanje, sortiranje, aspiracija, flotacija i propuštanje preko magneteta. Odjeljivanje sjemena od krupnih nečistoća vrši se prosijavanjem kroz sito i rešetno, na taj način sirovina se ujedno i sortira. Strujom zraka tj. aspiracijom, od sjemena se čiste lakše primjese te prašina. Prije skladištenja sirovina se propušta preko uređaja s magnetom u slučaju da su prisutne metalne primjese koje u sirovini mogu završiti tijekom vršenja ili drugih tehnoloških operacija.

Sušenjem se uklanja dio vode iz sjemenke kako bi se očuvala njihova kvaliteta, omogućava duži period skladištenja i čuvanja uljarice bez štetnog djelovanja i promjene kvalitete same uljarice. Udio vlage utječe na prinos ulja, a može biti odgovoran za mogući razvoj mikroorganizama prilikom skladištenja. Uljarica koja se skladišti mora imati udio vlage ispod kritične vlažnosti, na taj način usporeni su biokemijski procesi. Iznad kritične vlažnosti sirovina započinje intenzivno disanje sjemenki. Cilj sušenja je, ovisno o sirovini, postići vlagu od 6 % do 8 %, a tako osušena sirovina može se duže skladištiti bez štetnog djelovanja okolnih čimbenika. Vrste sušenja razlikuju se prema načinu dovođenja temperature, a to su: kondukcija, konvekcija, struja visoke frekvencije i radijacija. U slučaju povišene vlage dolazi do povećanja troškova proizvodnje, veći je utrošak energije i potrebno je više vremena.

Pužnica pužne preše nalazi se unutar kućišta, njezin promjer povećava se prema kraju kućišta, ona gura sirovinu iz većeg u manji prostor čime dolazi do stvaranja visokog tlaka koji

omogućava istiskivanje sirovog ulja iz sirovine. Sirovo ulje razlikuje se od finalnog ulja zbog prisutnosti sitnih krutih čestica i nečistoća koje potječu od sjemenki sirovine koja se preša. Sitne i krupne čestice uklanjaju se fizikalnim procesima: centrifugiranjem, sedimentacijom (taloženjem) te filtracijom, ovi postupci ne utječu značajno na kvalitetu finalnog ulja.

Zbog niskog sadržaja ulja u sjemenkama soje u usporedbi s drugim uljaricama, sojino ulje uglavnom se izolira ekstrakcijom organskim otapalom, iz tog razloga hladno prešano ulje soje čini vrlo mali dio tržišta. Takvo ulje sadrži različite skupine lipida i njihovih derivata: neutralni lipidi, polarni lipidi, fitosteroli, fenolni spojevi, tokoferoli (antioksidansi), skvalen. Profil triacilglicerola odnosno sastav esencijalnih masnih kiselina koriste se kao pokazatelj nutritivne kvalitete. Najzastupljenije esencijalne masne kiseline su linolna i linolenska.

Uz ekstrakciju organskim otapalom, ekstrakcija superkritičnim fluidom i mehanička ekstrakcija (prešanje) potpomognuta ekstruzijom danas se pojavljuju kao alternativne tehnike. Problem koji nastaje kod hladno prešanog sojinog ulja nedostatak je koraka inaktivacije enzima lipooksigenaze koji narušava oksidacijsku stabilnost i kvalitetu ulja (Özbek i Ergönül, 2020).

2.5. OKSIDACIJSKA STABILNOST I KVARENJE ULJA

Ulje je osjetljiva prehrambena namirnica podložna kemijskim, enzimskim i mikrobiološkim promjenama, a najčešći tip kvarenja biljnih ulja upravo je oksidacijsko kvarenje. Kvarenje ulja dovodi do promjene boje, arome, gubitka nutritivnih sastojaka, esencijalnih masnih kiselina, a biološki aktivne tvari gube svoju funkcionalnost. Jedan od glavnih problema kod lipida je njihova oksidacija koja uzrokuje nutritivne, senzorske i kemijske promjene. Na tržištu postoje sintetski antioksidansi koji su jeftiniji od prirodnih, ali prirodni antioksidansi efikasnije djeluju i zdravstveno su sigurni (Moslavac i sur., 2009).

Profil masnih kiselina, prisutnost prirodnih antioksidanasa te vanjski čimbenici poput svjetlosti, temperature, ambalaže te uvjeta skladištenja utječu na otpornost ulja prema oksidacijskim promjenama. Važna je uporaba adekvatne ambalaže koja ulju pruža zaštitu od prodiranja UV-zraka, kontaminacije te prodiranja plinova, poput ambalaže od tamnog stakla, polimernih materijala ili nehrđajući čelik. Promjene koje se odvijaju unutar oksidiranog sojinog ulja uglavnom uzrokuju karbonilni spojevi (Özbek i Ergönül, 2020).

Podložnost ulja oksidaciji razlog je prisutnosti dvostrukih veza nezasićenih masnih kiselina, one su slabije od jednostrukih, u kontaktu s kisikom dolazi do stvaranja peroksida i hidroperoksida. Pucanjem dvostruke veze unutar masne kiseline dolazi do stvaranja slobodnih radikala, oni pokreću niz lančanih reakcija. Lančane reakcije slobodnih radikala odvijaju se u tri faze: inicijacija, propagacija i terminacija. Primarni produkti koji nastaju u ovim reakcijama su peroksidi i hidroperoksidi, to su nestabilni spojevi koji se raspadaju na oksidacijske produkte (aldehide, ketone i alkohole), oni su uzročnici neugodnog okusa i mirisa u ulju te imaju štetan utjecaj na zdravlje u slučaju konzumacije takvih proizvoda.

Oksidacijska stabilnost je ono vrijeme za koje je ulje stabilno i može se čuvati, do pojave prvih znakova autooksidacije, a određuje se da bi se znalo vrijeme čuvanja finalnog proizvoda te definiranje roka trajnosti. Brzina kojom nastupa oksidacija biljnog ulja ovisi o njegovu sastavu te uvjetima čuvanja (Moslavac i sur., 2009).

Antioksidansi u ulju djeluju na dva načina:

1. Vodik iz antioksidansa veže se na slobodni radikal peroksida ili masne kiseline.
2. Slobodni radikal antioksidansa veže se sa slobodnim radikalom peroksida ili masne kiseline.

Na ova dva načina prekidaju se lančane reakcije oksidacije i produžava se održivost ulja.

Oksidacijska stabilnost određuje se analitičkim metodama, postoje testovi koji se izvode u laboratorijskim uvjetima a to su: test ubrzane oksidacije, OSI indeks, rancimat test, Schaal oven test, AOM test i test održivosti na 98 °C.

Rancimat test podrazumijeva izazivanje ubranog kvarenja ulja pod utjecajem visoke temperature i propuhivanjem zraka kroz uzorak. Na temelju izdvojenih niskomolekularnih isparljivih kiselina određuje se indukcijski period. Što je indukcijski period dulji to je ulje otpornije na oksidacijske promjene. Schaal oven test jedan je od najjednostavnijih metoda određivanja oksidacijske stabilnosti tako što se uzorci ispitivanog ulja postavljaju u sušionik na 63 °C te se prati promjena peroksidnog broja u uzorcima. OAM metodom pomoću Swift uređaja ulje se zagrijava na 98 °C, a uz stalni dovod zraka dok se u pravilnim vremenskim razmacima određuje peroksidni broj uzoraka te se utvrđuje vrijeme potrebno za postizanje granične vrijednosti peroksidnog broja (Moslavac, 2013).

Za enzimsko i mikrobiološko kvarenje ulja potrebna je prisutnost enzima ili mikroorganizma te uvjeti za njihovo djelovanje da bi se proces kvarenja pokrenuo. U ovu skupinu kvarenja ulaze β -ketoosidacija i hidrolitička razgradnja. β -oksidaciju uzrokuju bakterije *Bacillus subtilis* i *Bacillus mesentericus* zajedno s plijesnima iz roda *Penicilium* i *Aspergillus*, ovi mikroorganizmi svojim djelovanjem stvaraju metil-katione i β -keto kiseline koji su uzročnici užeglosti ulja. Hidrolitička razgradnja triacilglicerola podrazumijeva prisutnost enzima lipaze koja cijepa estersku vezu između glicerola i masne kiseline. Nastaju slobodne masne kiseline i dolazi do povećavanja kiselosti ulja. Kemijsko kvarenje ulja podrazumijeva reakcije: termooksidacije, autoooksidacije i reverzije. Termooksidaciju ulja uzrokuju visoke temperature kojima se ulje izlaže, dolazi do formiranja štetnih produkata stoga nije preporučljivo više puta koristiti isto ulje za prženje hrane. Kemijske reakcije reverzije dovode do promjene okusa i mirisa ulja na ribu (Šarić, 2024).

2.6. KEMIJSKI SASTAV SOJINOG ULJA

Sojino ulje u svom sastavu sadrži 85 % nezasićenih masnih kiselina, od kojih su oko 60 % esencijalne masne kiseline (linolna i linolenska tj. omega-3 i omega-6), upravo se zbog toga između ostalog soja koristi i za proizvodnju ulja (Vratarić i Sudarić, 2008). Esencijalne masne kiseline prekursori su raznih hormona stoga su važne za normalnu funkciju organizma (Dimić, 2005). U **Tablici 1** navedene su masne kiseline sojinog ulja s njihovim prosječnim udjelima.

Tablica 1 Sastav masnih kiselina sojinog ulja (Vratarić i Sudarić, 2008)

| NAZIV MASNE KISELINE | BROJ C ATOMA | PROSJEK (%) |
|---------------------------|--------------|-------------|
| ZASIĆENE MASNE KISELINE | | |
| Laurinska | 12:0 | 0,1 |
| Miristinska | 14:0 | 0,2 |
| Palmitinska | 16:0 | 10,7 |
| Stearinska | 18:0 | 3,9 |
| Arahidonska | 20:0 | 0,2 |
| Behenska | 22:0 | <0,5 |
| Ukupno: | | 15 |
| NEZASIĆENE MASNE KISELINE | | |
| Palmitooleinska | 16:1 | 0,3 |
| Oleinska | 18:1 | 22,8 |
| Linolna | 18:2 | 50,8 |
| Linolenska | 18:3 | 6,8 |
| Ejkozenska | | <1,0 |
| Ukupno: | | 80,7 |

Sojino ulje sadrži veće količine linolenske kiseline, koja je vrlo nestabilna na oksidaciju zbog visokog stupnja nezasićenosti. Već pri niskom stupnju oksidacije ovo ulje ima okus po maslacu, ta neugodna pojava pripisuje se prisutnosti diacetila. Smatra se da je linolenska masna kiselina prekursor diacetila u sojinom ulju. Također znanstvenici su otkrili da je linolenska masna kiselina također odgovorna za aromu sojinog ulja na travu, ribu i dinju.

Sastav masnih kiselina sojinog ulja karakterističan je za skupinu ulja oleinsko-linolne kiseline, a ove dvije nezasićene masne kiseline čine gotovo 75 % ukupnih masnih kiselina. Iz **Tablice 1** vidljivo je da linolna i oleinska masna kiselina prevladavaju u svom udjelu, a takav profil masnih kiselina sojino ulje čine jednim od najzdravijih jestivih ulja (Özbek i Ergönül, 2020).

Nezasićene masne kiseline unutar građe triacilglicerola u biljnim uljima, obično zauzimaju sn-2 poziciju. Visoke razne nezasićenih masnih kiselina upravo na sn-2 poziciji doprinose oksidacijskoj stabilnosti hladno prešanih ulja. Stereospecifičnost i duljina lanaca masnih kiselina također utječu na metabolički put masti tijekom probave i njezinu apsorpciju u organizmu (Özbek i Ergönül, 2020).

Otkrivena je prisutnost trans-masnih kiselina (0,10 – 0,15 %) u hladno prešanom sojinom ulju, trans-masne kiseline mogu se pojaviti zbog sušenja sjemenki na visokoj temperaturi prije hladnog prešanja, dezodorizacije hladno prešanih ulja ili miješanja hladno prešanih ulja s rafiniranim (Özbek i Ergönül, 2020).

Ulje dobiveno odmah nakon prešanja, a prije taloženja sitnih i krupnih čestica naziva se sirovo ulje. Sirovo ulje dobre kvalitete zlatno žute je boje, u slučaju zelenih nezrelih sjemenki poprimit će zelenkastu boju. Sirovo ulje dobiveno ekstrakcijom sadrži visoki udio fosfolipida (1,5 - 2,5 %), izolirani i pročišćeni fosfolipidi koriste se u prehrambenoj industriji kao emulgatori npr. lecitin (Dimić, 2005). Nadalje, ulje je bogato neosapunjivim tvarima koje se djelomično u slučaju rafinacije proizvedenog ulja gube. Predstavnicima neosapunjivih tvari su: tokoferoli, tokotrienoli, fitosteroli, karotenoidi, fenoli, voskovi, skvalen i orizanol, oni čine oko 5 % ukupnog sadržaja lipida.

Tokoferoli su fenolni antioksidansi prirodno prisutni u ulju soje (Božanić, 2006). Tokoferoli i steroli koriste se kod provjere autentičnosti ulja i patvorenja ulja. U hladno prešanom ulju identificirani su: stigmasterol, kampesterol, β -sitosterol, avenasterol. Dominantni tokoferol ovog ulja je γ -tokoferol, a prate ga α , β i δ tokoferoli. Hladno prešano ulje soje sadrži veću količinu

tokoferola (vitamina E) od rafiniranog sojinog ulja dobivenog ekstrakcijom organskim otapalom (Dimić, 2005).

Karotenoidi i klorofil mogu utjecati na oksidacijsku stabilnost i izgled ulja. β -karoten djeluje kao inhibitor fotooksidacije, karotenoidi mogu oksidirati, tako u slučaju izloženosti ulja svjetlosti ili kisika dolazi do pojave visoko reaktivnog kisika (slobodni radikal O_2) oni imaju mogućnost „zarobiti“ i inaktivirati takvu molekulu kisika, te tako djeluje kao antioksidans.. Klorofil u odsutnosti svjetlosti također djeluje kao slab antioksidans, suprotno u prisutnosti svjetlosti, klorofil djeluje kao prooksidans.

2.7. BLAGOTVORNI UČINCI SOJINOG ULJA NA ZDRAVLJE

Hladno prešana ulja sadrže veći udio bioaktivnih sastojaka od rafiniranih ulja, unatoč malom prinosu postupak hladnog prešanja smatra se pouzdanijim od ekstrakcije organskim otapalom zbog odsutnosti kemikalija.

Blagotvorni učinak sojinog ulja na ljudsko zdravlje povezuje se s bioaktivnim spojevima koje ono sadrži. Najvažnije bioaktivne komponente ulja su masne kiseline, kod sojinog ulja to je već spomenuta linolna masna kiselina tj. esencijalna omega-6 masna kiselina koja smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti. Ona također ima sposobnost snižavanja razine lipoproteina niske gustoće (LDL) u krvi. Još neki od zdravstvenih učinaka omega-6 masne kiseline: omogućava poboljšanje osjetljivosti na inzulin, štiti od oštećenja DNK, apoptoze (odumiranje stanica).

Zdravstveni doprinos ovog ulja imaju i steroli, oni imaju mogućnost smanjenja kolesterola u krvi, otkriveno je i antioksidacijsko djelovanje β -sitosterola, dominantnog sterola sojinog ulja. Osim toga dokazana je antimikrobna učinkovitost β -sitosterola, a u reakcijama keliranja teških metala s β -sitosterolom nastaju kompleksi koji imaju antifugalno djelovanje.

γ -tokoferol dominantni je tokoferol sojinog ulja, on djeluje kao antioksidans, ali i kao jako protuupalno sredstvo. Dokazano je da ima kemopreventivno djelovanje, a posebno u slučajevima raka prostate, debelog crijeva, dojke i pluća.

Fenoli su organski spojevi koji imaju hidroksilnu skupinu direktno vezanu za aromatski prsten, poznati su po svom antioksidacijskom djelovanju. Žitarice, voće i povrće izvor su fenolnih spojeva. Sojino ulje sadrži p-kumaričnu kiselinu koja ima protuupalna svojstva i smanjuje rizik

od kardiovaskularnih bolesti. Prilagodбом metabolizma lipida i glukoze p-kumarinska kiselina može inhibirati inzulinsku rezistenciju, također ima antibakterijska svojstva (Özbek i Ergönül, 2020).

2.8. SOJA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Soja se u prehrambenoj industriji koristi kao sirovina za dobivanje različitih prehrambenih proizvoda. U početku soja se uglavnom koristila samo za proizvodnju sačme, ulja i lecitina. Tradicionalna hrana od soje zauzima važno mjesto u azijskoj kuhinji (Özbek i Ergönül, 2020). Danas je to široka lepeza različitih proizvoda, a neki od njih su: natto (fermentirane sjemenke soje), sojin biljni napitak (mlijeko), tofu (sir od soje), soju (sos od soje), okara (sojino meso ili nusproizvod kod proizvodnje tofua ili sojinog mlijeka) (Vratarić i Sudarić, 2008).

Kod proizvodnje sojinih proteina, oni se koriste u nekoliko oblika te sadrže različite udjele proteina:

- sačma, brašno, ekstrudati – oko 50 % proteina,
- koncentri – oko 70 % proteina i
- izolati – 90-95 % proteina soje (Vratarić i Sudarić, 2008).

Punomasno brašno soje dobiva se procesom mljevenja sojinih sjemenki, nakon što su sjemenke prošle proces čišćenja i spremno je za daljnju preradu. Takvo brašno koristi se u konditorskoj industriji, zamjena je za određene orašide, a može se koristiti i u različitim nadjevima. Sojino ulje u prehrambenoj industriji koristi se u proizvodnji margarina, majoneza, ulja za kuhanje, preljeva za salate itd.

Nusproizvod hladnog prešanja (čvrsti ostatak) naziva se pogača, nutritivno vrlo vrijedna sirovina, a može sadržavati 7-20 % ulja. Sačma je nusproizvod procesa ekstrakcije ulja organskim otapalom te sadrži 0,6-2 % ulja. Pogača i sačma sadrže: ugljikohidrate, proteine, celulozu, minerale i dr. te se uglavnom koriste u proizvodnji mješavina za stočnu hranu.

Posebna karakteristika sojine pogače značajna je količina leucina. Leucin je jedna od esencijalnih aminokiselina, on potiče sintezu proteina i rast skeletnih mišića, jetre i crijevnog trakta. S druge strane, sojina pogača sadrži nekoliko antinutritivnih spojeva: inhibitori tripsina, lektini, saponini, antigeni (glicinin i β -konglicinin), fitinska kiselina. Nabrojani spojevi imaju sposobnost: smanjiti probavljivost proteina, uzrokovati toksičnost, stvarati kemijske strukture

koje se ne mogu apsorbirati. Kod prerade pogače, zbog antinutritivnih komponenti posebno se treba voditi računa i takvu pogaču potrebno je naknadno termički obraditi da bi se dobio zdravstveno ispravan proizvod. Neki od takvih spojeva (inhibitori tripsina i lektini) iz pogače uklanjaju se pomoću različitih procesa na visokim temperaturama poput ekstruzije, enzimske obrade te fermentacije (Özbek i Ergönül, 2020).

Soja je bogat izvor lecitina, od njega je građeno živčano tkivo i tkivo jetre. Lecitin se proizvodi od fosfolipidnog taloga koji se dobiva degumiranjem sirovog ulja (Moslavac, 2013). Udio fosfolipida u sojinom ulju kreće se od 2 % do 4 %. Sojin lecitin se koristi u industrijama za proizvodnju ulja, mastila, boja, sapuna, kozmetike, u petrolejskoj industriji, proizvodnji ulja za podmazivanje. U prehrambenoj industriji lecitin se koristi kao emulgator, stabilizator, površinski aktivna tvar u konditorskoj industriji posebno kod proizvodnje čokolade, za proizvodnju sladoleda, margarina, u pekarskoj industriji i dr. (Tošović, 1983).

2.9. OSNOVNI PARAMETRI KVALITETE I IDENTIFIKACIJE ULJA

Osnovni parametri za ocjenu kvalitete jestivih biljnih ulja su određivanje: peroksidnog broja, slobodnih masnih kiselina, udjela vlage i udjela netopljivih nečistoća.

PEROKSIDNI BROJ govori koliki je stupanj oksidacije tj. procesa kvarenja ulja ili masti, što je veći peroksidni broj to je u ulju nastalo više oksidacijskih promjena. Pomoću ovog parametra određuje se prisutnost peroksida i hidroperoksida (primarnih produkata oksidacije). Koristi se jodometrijska metoda, rezultat se izražava kao mmol aktivnog O_2/kg . Kod određivanja peroksidnog broja vrši se titracija pomoću Na-tiosulfata ($Na_2S_2O_3$) te se očitavaju mL istog koji su potrebni za redukciju one količine joda koju oslobode peroksidi iz kalijevog jodida sadržani u ulju. U izvagani uzorak dodaje se ledena octena kiselina i kloroform, uzorak se promiješa nakon čega se dodaje otopina kalijevog jodida. Tako pripremljen uzorak s reagensima miješa se s prokuhanom i ohlađenom destiliranom vodom. Prije titracije u uzorak se dodaje nekoliko kapi škroba kao indikator. Princip metode je određivanje količine joda kojega su peroksidi oslobodili iz kalijeva jodida. Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 11/2019.) definirana je maksimalna količina dozvoljenog peroksidnog broja za hladno prešana ulja, a iznosi 7 mmol O_2/kg ulja.

SLOBODNE MASNE KISELINE (SMK) nastaju hidrolitičkom razgradnjom, djelovanjem lipolitičkih enzima na triacilglicerole, tako cijepanjem esterske veze u molekuli nastaje slobodna masna kiselina. Stupanj hidrolitičke razgradnje mjeri se određivanjem SMK u ulju. Udio SMK u ulju može ovisiti o sirovini, načinu dobivanja ulja te uvjetima skladištenja, a izražava se kao: kiselinski broj, kiselinski stupanj ili postotak oleinske kiseline. Titracijom uzorka s NaOH ili KOH uz dodatak indikatora fenolftaleina, računaju se mL lužine potrebni za neutralizaciju SMK prisutnih u ulju, a rezultat se izražava kao % oleinske kiseline. Udio SMK u hladno prešanim uljima uređen je Pravilnikom, maksimalno dozvoljeni udio iznosi 2 %, a udio veći od maksimalno dopuštenog predstavlja povišenu kiselost ulja te takvo ulje nije za konzumaciju.

UDIO VLAGE i hlapljivih tvari važan su pokazatelj kvalitete biljnih ulja, njezina prisutnost smatra se „nečistoćom“. Prisutnost vlage u ulju pri određenim uvjetima može uzrokovati hidrolitičke promjene zbog čega raste kiselost ulja, povećava se udio SMK, a time se narušava kvaliteta ulja. Princip određivanja vlage u ulju temelji se na zagrijavanju ulja u sušioniku na 103 °C, zagrijavanjem ulja dolazi do isparavanja vode i hlapljivih tvari te gubitka mase koji se utvrđuje vaganjem uzoraka. Pravilnikom je propisan maksimalni dozvoljeni udio vode i hlapljivih tvari koji za hladna prešana ulja iznosi 0,4 %.

NETOPLJIVE NEČISTOĆE su mehaničke nečistoće koje mogu biti mineralnog ili organskog podrijetla. U sirovom ulju mogu se pronaći dijelovi biljke, pijesak, tlo, ugljikohidrati, tvari s dušikom, smole, kalcijevi sapuni i dr. Prema Pravilniku maksimalno dopuštena količina netopljivih nečistoća u hladno prešanom ulju ne bi trebala prelaziti 0,05 %. Za njihovo određivanje uzorak ulja tretira se organskim otapalom, to su heksan ili petrol-eter. Dobivena otopina propušta se kroz lijevak sa sinteriranim dnom uz ispiranje taloga otapalom. Netopljivi talog koji zaostaje na dnu lijevka suši se do konstantne mase, a nakon sušenja računa se njegova masa.

Osnovni parametri za identifikaciju i kontrolu patvorenja ulja su saponifikacijski i jodni broj.

JODNI BROJ pokazatelj je prisutnosti nezasićenih masnih kiselina, njegova vrijednost za određene vrste ulja kreće se oko određenog broja, na taj način može se utvrditi postoji li mogućnost patvorenja ispitivanog uzorka. Princip ove metode je adicija halogena na dvostruke veze nezasićene masne kiseline, a rezultat se prikazuje kao količina joda u gramima koji se adirao na 100 g ulja. U uzorak ulja dodaju se kloroform, jodni monobromid te se uzorak promiješa i ostavlja se 30 min na tamnom mjestu. Nakon toga u uzorak se dodaje kalijev jodid,

prokuhana, ohlađena, destilirana voda te se titrira s Na-tiosulfatom do pojave svijetlo žute boje. Titracija se zaustavlja, dodaje se škrob kao indikator i nastavlja se titracije do obezbojenja. Kod ulja s visokom nezasićenošću očekuje se visoka vrijednost jodnog broja. U **Tablici 2** prikazani su primjeri nezasićenih masnih kiselina i njihovog jodnog broja.

Tablica 2 Zasićene masne kiseline s pripadajućom vrijednosti jodnog broja (Rac, 1964)

| <i>MASNA KISELINA</i> | <i>JODNI BROJ (g/100g)</i> |
|-----------------------|----------------------------|
| Oleinska | 89,96 |
| Linolna | 181,2 |
| Linolenska | 273,8 |

SAPONIFIKACIJSKI BROJ podrazumijeva koliko je mg KOH potrebno za saponifikaciju jednog grama ulja, broj saponifikacije obrnuto je proporcionalan duljini lanca masne kiseline tj. njezinoj relativnoj molekularnoj masi. Hidrolizom estera viših masnih kiselina tj. saponifikacijom, nastaju soli viših masnih kiselina (sapuni) i glicerol. U tikvicu se dodaju uzorak ulja u koji se dodaje alkoholna otopina KOH te staklene kuglice. Tako pripremljena otopina zagrijava se uz povratno hladilo pola sata do jedan sat od vrenja. Nakon završetka kuhanja, hladilo se skida i u još vrući uzorak dodaje se fenolftalein kao indikator te višak KOH i titrira se s otopinom HCl. Ona razlika u mL između utrošenog HCl za slijepu probu i glavnu probu s uzorkom ulja prikazuje koliko je KOH potrošeno na saponifikaciju ulja.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je proizvesti hladno prešano ulje soje te ispitati utjecaj veličine otvora glave preše za izlazak pogače kao i različitih lokaliteta uzgoja i sorte soje na iskorištenje dobivenog ulja te njegovu stabilnost. Nadalje, zadatak je odrediti parametre kvalitete dobivenih uzoraka ulja i pogače te ih usporediti. Za istraživanje korišteno je 7 različitih sorti soje s dva lokaliteta, a istraživanje se vršilo na osnovu 1 kg svakog od uzoraka. Sorte koje su ispitivane su: Tena, Pedro, NS Apolo, Korana, Ika, Galina i ES Palador. Osijek i Tovarnik dva su lokaliteta s čijih polja su uzeti uzorci soje. Ulje je proizvedeno laboratorijskom pužnom prešom, ispitivan je utjecaj veličine otvora za izlaz pogače (6 mm i 8 mm) na iskorištenje ulja te se pratilo vrijeme za koje je potrebno prešanje 1 kg svakog uzorka. Razlika u veličini i izgledu pogače pri korištenju različitih nastavaka za njezin izlazak prikazan je na **Slici 5**. Nakon prešanja, dobiveno sirovo ulje prošlo je proces sedimentacije, vakuum filtracije te su određeni parametri kvalitete (peroksidni broj, slobodne masne kiseline, vlaga, netopljive nečistoće) i identifikacije ulja (jodni i saponifikacijski broj). Cilj istraživanja bio je uvidjeti s kojim nastavkom za izlaz pogače, koja sorta, s kojeg lokaliteta će dati najveću količinu ulja i koje ulje ima najbolje rezultate pri laboratorijskom određivanju parametara kvalitete. Osim navedenog ispitana je i održivost hladno prešanog sojinog ulja provođenjem testa oksidacije na 98 °C bez dodanog antioksidansa. Prije testa održivosti, primjenom standardnih metoda utvrđeni su osnovni parametri kvalitete ulja.



Slika 5 Pogača dobivena prešanjem s nastavkom za izlaz pogače D6 i D8

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Sirovina

Za ovo istraživanje korištene su sjemenke soje sedam različitih sorti (s područja Osijeka i Tovarnika) Poljoprivrednog instituta Osijek koje je dostavljeno očišćeno i osušeno te spremno za daljnju preradu. Na **Slici 6** prikazani su uzorci soje od kojih je proizvedeno hladno prešano ulje, na kojem se provodilo ovo istraživanje.



Slika 6 Sjemenke različitih sorti soje

3.2.2. Određivanje vlage u sjemenu soje i pogačama

Voda i isparljive tvari u uzorcima sjemena i pogače određuju se sušenjem u sušioniku na temperaturi od 103 °C do konstantne mase. Uzorke različitih sorti soje i dobivenih pogača nakon hladnog prešanja, prije određivanja vlage, potrebno je usitniti u laboratorijskom mlinu IKA MF20. Tako samljeveni uzorci raspoređuju se u staklene laboratorijske čašice (**Slika 7**). Prethodno osušene i u eksikatoru ohlađene posudice s poklopcima važu se na analitičkoj vagi, u njih se dodaje oko 5 g uzorka (**Slika 8**). Nakon vaganja metalne posude se otklope i odlažu u sušionik na 103 °C (**Slika 9**), sušenje se provodi 4 sata nakon čega se posudice s poklopcima vade iz sušionika i hlade se u eksikatoru. Nakon hlađenja posudice s uzorkom se ponovno važu. Postupak sušenja vrši se do konstantne mase. Rezultat se izražava u obliku postotka, a računa se prema formuli (1):

$$\% \text{ vlage} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 \quad [\%] \quad (1)$$

gdje je:

m_0 - masa prazne posudice (g),

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

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



Slika 7 Uzorci sjemenki i pogače nakon mljevenja



Slika 8 Vaganje posudica s uzorkom



Slika 9 Sušenje uzoraka u sušioniku

3.2.3. Određivanje udjela ulja u sjemenu soje i pogačama

Za određivanje udjela ulja u prethodno samljevenim uzorcima sjemenki soje i pogačama, koristi se SoxROC metoda. SoxROC ima ekstrakcijsku jedinicu, automatizirani je uređaj za ekstrakciju ulja iz uzorka. Metoda koristi zagrijano otapalo i zatvoreni sustav, time se skraćuje vrijeme trajanja analize u usporedbi sa Soxhlet metodom. Određivanje ulja vrši se u 7 uzoraka različitih sorti soje s dva lokaliteta (14 uzoraka soje) te iz 2x7 uzoraka pogače nastale prešanjem s nastavkom 6 mm i 8 mm s dva lokaliteta (28 uzoraka pogače).

Potrebno je izvagati tuljke s kuglicama za vrenje u koje će se staviti samljeveni uzorak. Ova metoda temelji se na ekstrakciji ulja iz uzorka, ekstrakcija se provodi u dva koraka:

- vrenje i ispiranje,
- naknadno sušenje.

Uređaj u kojem se vrši određivanje ulja naziva se SoxROCK Extraction Unit (**Slika 10**). Posudice s uzorcima postavljaju se u uređaj te se odabire program rada. Odabirom programa, započinje zagrijavanje uzorka, što uzrokuje njegovo isparavanje. Pare kondenziraju te prelaze u spremnik koji se nalazi iznad posuda s uzorcima. Kada se spremnik napuni kondenzat se prelijeva u čaše preko tuljaka, čime se ispire sadržaj tuljaka. Tako su uzorci u čaši ekstrahirani, a zadnji korak ove metode je sušenje uzoraka u sušioniku. Nakon sušenja, uzorci se važu, a udio ulja računa se prema formuli (2):

$$Udio\ ulja = \frac{(a-b)*100}{c} \quad [\%] \quad (2)$$

gdje je:

a - masa tikvice s uzorkom (g),

b - masa prazne tikvice (g),

c - masa uzorka (g).



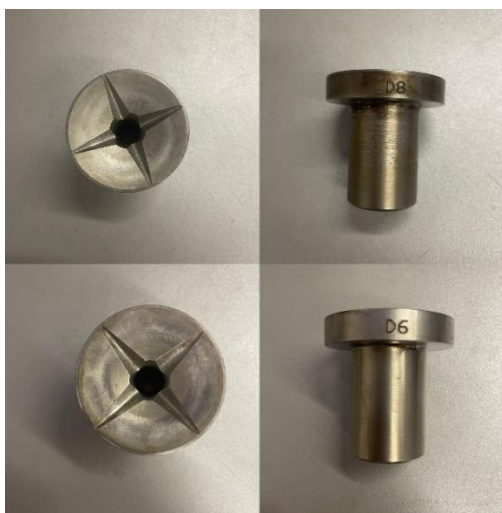
Slika 10 SoxROCK Extraction Unit

3.2.4. Hladno prešanje, sedimentacija i filtracija sirovog sojinog ulja

Za proizvodnju hladno prešanog ulja soje u laboratorijskim uvjetima korištena je laboratorijska pužna preša njemačkog proizvođača, u vlasništvu Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek. Pužna preša sastoji se od prihvatnog lijevka, kućišta, puža koji rotira unutar kućišta, izlaza za ulje te izlaza za pogaču. Na **Slici 11** prikazana je pužna preša koja je korištena za hladno prešanje. Masa pripremljenih uzoraka iznosila je 1 kg, prilikom prešanja mijenjani su nastavci za izlazak pogače (**Slika 12**) 6 mm i 8 mm, tako je ukupno bilo 28 uzoraka, 14 s lokaliteta Osijek, a 14 s lokaliteta Tovarnik. S nastavkom 6 mm prešalo se 7 uzoraka od svake prethodno navedene sorte, a isto tako i s nastavkom 8 mm.



Slika 11 Laboratorijska pužna preša



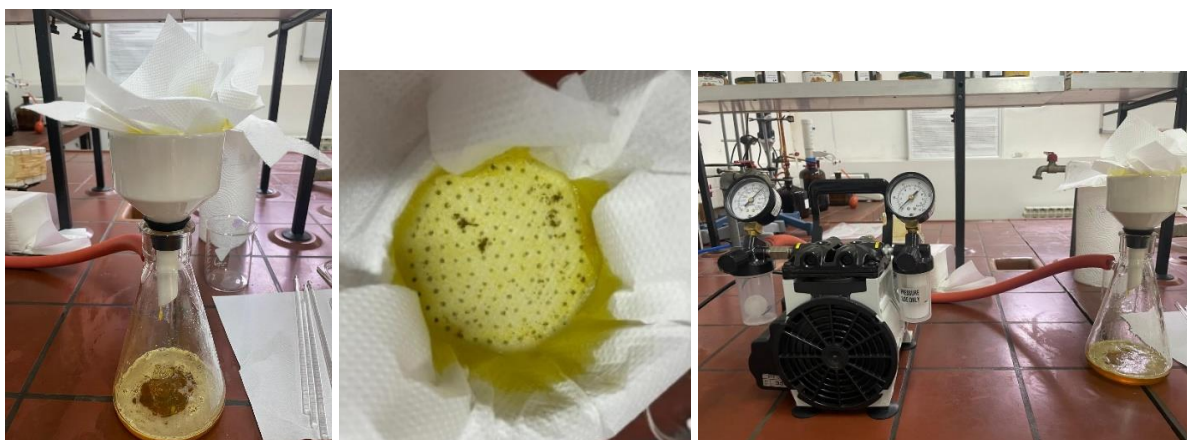
Slika 12 Nastavci za izlaz pogače D6 i D8

Dobiveno sirovo ulje koje istječe iz preše ne smije prelaziti temperaturu od 50 °C što se prati termometrom uronjenim u menzuru u koju se sakuplja sirovo ulje. Prilikom prešanja pojedinog uzorka, prati se: vrijeme koje je potrebno za potpuno isprešavanje jednog kilograma soje, količina sirovog ulja, temperatura sirovog ulja. Nakon prešanja svakog uzorka bilježi se masa dobivene pogače. Na **Slici 13** prikazan je proces hladnog prešanja, istjecanje sirovog ulja te izlazak i izgled pogače (nusproizvod prešanja).



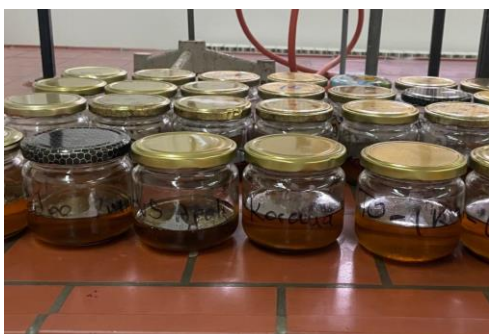
Slika 13 Proces hladnog prešanja soje

Sirovo ulje nakon prešanja pohranjuje se u staklenke i ostavlja se sedam dana na tamnom mjestu i sobnoj temperaturi da bi se sitne krute čestice koje imaju veću specifičnu masu prirodno sedimentirale na dnu. Nakon što se čestice istalože, ulje se podvrgava vakuum filtraciji pomoću vakuum pumpe, što je prikazano na **Slikama 14-16**.



Slika 14, 15, 16 Proces vakuum filtracije sirovog hladno prešanog ulja soje

Nakon vakuum filtracije dobiva se finalno ulje (hladno prešano) kojemu se mjeri volumen, pohranjuje se ponovno u staklene posude te se 14 uzoraka, po 7 sa svakog lokaliteta, odlaže u hladnjak do određivanja osnovnih parametara kvalitete. Na **Slikama 17 i 18** prikazani su uzorci sirovog i hladno prešanog ulja prije i nakon filtracije s vidljivom promjenom boje.



Slika 17 Sirovo ulje prije filtracije



Slika 18 Finalno ulje nakon filtracije

3.2.5. Određivanje parametara kvalitete i identifikacije ulja

- Određivanje peroksidnog broja u hladno prešanom ulju soje

Određivanje peroksidnog broja (Pbr) provodi se prema standardnoj metodi, pripremljeni su uzorci ulja od 7 sorti s dva lokaliteta, analiza se provodila u 2 paralele. U Erlenmeyerove tikvice izvaže se 1g ulja, dodaje se 10 mL smjese ledene octene kiseline i kloroforma te se sadržaj tikvica promiješa. U tako pripremljenu otopinu dodaje se 0,2 mL otopine kalijevog jodida (KI), mućka se pa se dodaje 20 mL prokuhane, ohlađene destilirane vode. Prije titracije u uzorak se dodaje 0,5 mL škroba kao indikatora, titrira se s 0,01 M otopinom Na-tiosulfata do promjene boje (**Slika 19**) koja treba biti postojana barem 15 sekundi. Slijepa proba priprema se na isti način, ali bez uzorka (ulja).



Slika 19 Promjena boje ulja kod određivanja Pbr-a

Rezultat se izražava u mmol aktivnog kisika na 1 kg ulja ($\text{mmol O}_2/\text{kg}$), a vrijednost peroksidnog broja računa se po formuli (3):

$$Pbr = \frac{(a-b)*5}{c} \quad [\text{mmol O}_2/\text{kg}] \quad (3)$$

gdje je:

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

b - volumen utrošenog 0,01 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za titraciju slijepe probe bez uzorka (mL),

c – masa uzorka (g).

- Određivanje slobodnih masnih kiselina (SMK) u hladno prešanom ulju soje

Određivanje SMK provodi se prema standardnoj metodi, pripremljeni su uzorci ulja od 7 sorti s dva lokaliteta, analiza se provodila u 2 paralele. U Erlenmeyerove tikvice izvaže se 5g ulja, dodaje se 50 mL smjese etera i etanola, sadržaj tikvice se promućka te se dodaje fenolftalein kao indikator. Slijedi titracija (Slika 20) s 0,1 M otopinom NaOH do promjene boje (Slika 21) koja se mora zadržati barem 15 s, očitava se utrošeni volumen utrošene lužine za neutralizaciju SMK. Rezultat se izražava kao % SMK, a udio SMK u uzorku računa se po formuli (4):

$$\% SMK = \frac{V*c*M}{10*m} \quad [\% \text{ oleinske kiseline}] \quad (4)$$

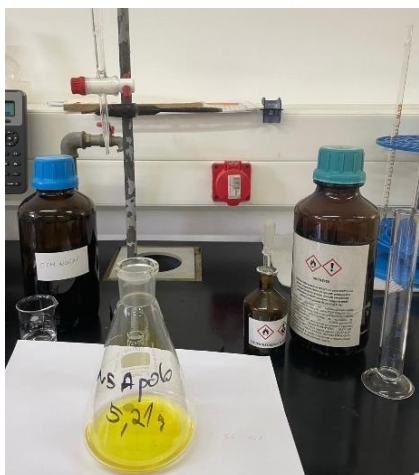
gdje je:

V - volumen 0,1 M otopine NaOH utrošene za titraciju (mL),

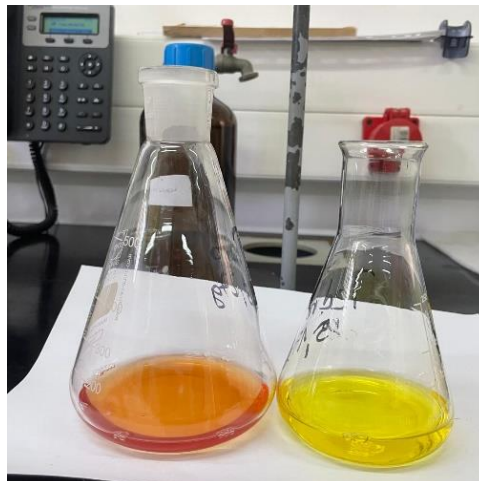
C - koncentracija 0,1 M otopine NaOH,

M - molekulska masa oleinske masne kiseline (282 g/mol),

m - masa uzorka (g).



Slika 20 Postupak titracije



Slika 21 Promjena boje nakon titracije (SMK)

- Određivanje udjela vlage u hladno prešanom ulju soje

Kod određivanja udjela vlage u ulju, koriste se staklene posudice sa staklenim štapićem i poklopcem. Na dno posudice stavlja se kvarcni pijesak, tako pripremljena posudica suši se u sušioniku i hladi u eksikatoru. Nakon hlađenja u staklenu posudicu, zajedno sa štapićem i pijeskom važe se 5-10 g uzorka (**Slika 22**). Posudica s uzorkom pohranjuje se u sušionik (**Slika 23**) na 103 °C, suši se 2 sata prikom čega dolazi do isparavanja vlage u ulju, zatim se vadi iz sušionika te odlaže u eksikator na hlađenje. Osušena i ohlađena posudica s uzorkom, ponovno se važe na analitičkoj vagi, mase se zapisuju. Ovaj postupak sušenja, hlađenja i vaganja ponavlja se sve dok razlika mase između dva uzastopna mjerenja ne bude manja od 0,002 g. Rezultat se izražava u obliku postotka, a računa se prema formuli (5):

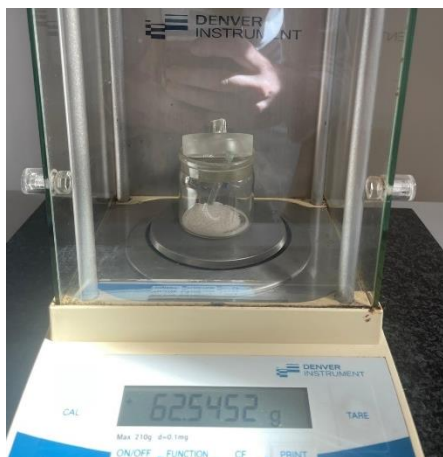
$$\% \text{ vode} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 [\%] \quad (5)$$

gdje je:

m_0 - masa prazne posudice (g),

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

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



Slika 22 Vaganje posudica i uzoraka



Slika 23 Sušenje uzoraka u sušioniku

- Određivanje netopljivih nečistoća u hladno prešanom ulju soje

U Erlenmeyerove tikvice s brušenim grlom izvaže se 20 g uzorka ulja, dodaje se 100 mL otapala petrol-eter, začepi se staklenim čepom te se uzorak dobro promućka. Tako pripremljeni uzorak ostavi se 30 minuta na sobnoj temperaturi. Za to vrijeme sastavi se aparatura za vakuum filtraciju na kojoj se vrši filtriranje ulja kroz staklene lijevke sa sinteriranim dnom (**Slika 24**). Kroz prethodno osušene, ohlađene i izvagane lijevke propušta se uzorak uz ispiranje s dodatnom količinom petrol-etera (**Slika 25**). Nakon filtracije lijevak se kratko vrijeme ostavlja na zraku da bi organsko otapalo isparilo zatim se lijevci suše u sušioniku na 103 °C, 1 sat te se hlade u eksikatoru i važu, ovaj postupak ponavlja se do postizanja konstantne mase. Rezultat se izražava u obliku postotka, a računa se prema formuli (6):

$$NN = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 \text{ [%]} \quad (6)$$

gdje je:

m_0 - masa uzorka (g),

m_1 - masa čistog, osušenog i ohlađenog filter lijevka (g),

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



Slika 24 Stakleni lijevci sa sinteriranim dnom



Slika 25 Vakuum filtracija

- Određivanje jodnog broja po Hanušu u hladno prešanom ulju soje

U Erlenmeyerove tikvice s brušenim grlom odvažuje se do 0,2 g ulja, dodaju se 10 mL kloroforma, 25 mL otopine jodnog monobromida, dobro se promućka, začepi se staklenim čepom i ostavi se u tami 30 minuta. Nakon pola sata u otopinu s uzorkom dodaje se 15 mL otopine kalijevog jodida i 150 mL prokuhane i ohlađene destilirane vode. Uzorak se titrira s 0,1 M otopinom Na-tiosulfata do svijetložute boje, nakon promjene boje dodaje se 1-2 mL otopine škroba kao indikator, zatim se titracija nastavlja do nestanka plave boje (**Slika 26**). Usporedno se napravi slijepa proba sa svim reagensima, ali bez uzorka. Rezultat se izražava u gramima joda koji se adira na 100 g ulja ($\text{g I}_2/100 \text{ g}$), a računa se prema formuli (7):

$$\text{Jodni broj} = \frac{(a-b) \cdot 0,01269}{c} * 100 \quad [\text{g I}_2/100 \text{ g}] \quad (7)$$

gdje je:

a - volumen utrošene 0,1 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za slijepu probu (mL),

b - volumen utrošene 0,1 M otopine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ za uzorak ulja (mL),

c - masa uzorka (g).



Slika 26 Promjena boje nakon titracije kod određivanja jednog broja

- Određivanje saponifikacijskog broja u hladno prešanom ulju soje

U Erlenmeyerove tikvice, na analitičkoj vagi izvaže se oko 2 g ulja, dodaju se 25 mL, 0,5 M alkoholne otopine KOH, dodaje se nekoliko kuglica za vrenje te se zagrijava uz povratno hladilo 30 minuta od ključanja (**Slika 27**). Nakon završetka saponifikacije, skida se povratno hladilo te se u vruću otopinu s uzorkom dodaje nekoliko kapi 1 %-tne otopine fenolftaleina i višak KOH. Titrira se s 0,5 M HCl-om do nestanka crvene boje (**Slika 28**). Usporedno se napravi slijepa proba sa svim reagensima, ali bez uzorka. Rezultat se izražava kao miligrami KOH utrošenih za saponifikaciju jednog grama ulja (mg KOH/g), a računa se prema formuli (**8**):

$$\text{Saponifikacijski broj} = \frac{(A-B) \cdot 28,1}{Ok} \quad [\text{mg KOH/g}] \quad (8)$$

gdje su:

A - volumen 0,5 M otopine HCl utrošenog za slijepu probu (mL),

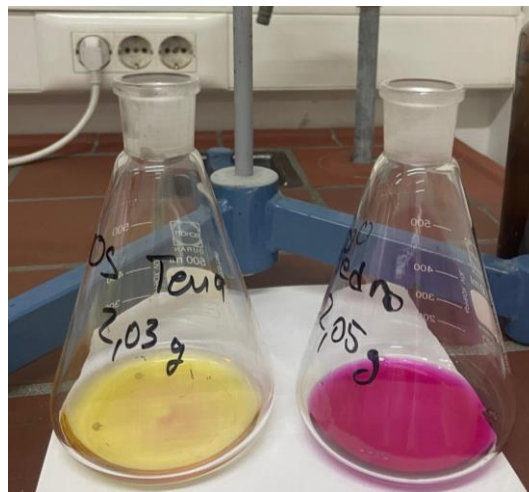
B - volumen 0,5 M otopine HCl utrošenog za glavnu probu (mL),

Ok - masa uzorka (g),

1 mL 0,5 M otopine HCl ekvivalentna je 28,1 mg KOH.



Slika 27 Aparatura s povratnim hladilom



Slika 28 Promjena boje

3.2.6. Test oksidacijske stabilnosti ulja na 98 °C

Oksidacijska stabilnost hladno prešanog ulja soje ispitivana je primjenom testa održivosti na 98 °C. Izaziva se ubrzano kvarenje ulja djelovanjem topline na temperaturi od 98 °C, utjecaj topline izaziva stvaranje primarnih produkata oksidacije, a stupanj kvarenja iskazuje se preko peroksidnog broja. Ispitivanje održivosti vrši se na 14 uzoraka ulja (7 Osijek, 7 Tovarnik), masa svakog od uzoraka je 30 g, uzorci se pohranjuju u sušionik (Slika 29), podese se temperatura. Nakon prvog sata uzorci se vade iz sušionika te im se određuje peroksidni broj. Ovaj postupak ponavlja se nakon 2., 4. i 7. sata od početka testa, računa se peroksidni broj, prati se njegova promjena da bi se utvrdila održivost tj. oksidacijska stabilnost ulja.



Slika 29 Određivanje oksidacijske stabilnosti ulja

4. REZULTATI

Tablica 3 Prikaz udjela vlage i ulja u sirovinama svih sorti soje s oba lokaliteta

| SORTA | Udio vlage (%) | | Udio ulja (%) | |
|------------|----------------|------|---------------|-------|
| | OS | TO | OS | TO |
| Tena | 7,22 | 7,64 | 11,77 | 13,47 |
| Pedro | 7,89 | 7,57 | 9,92 | 14,81 |
| NS Apolo | 7,35 | 7,53 | 10,40 | 15,12 |
| Korana | 7,54 | 7,64 | 8,41 | 12,72 |
| Ika | 7,00 | 7,54 | 10,38 | 13,84 |
| Galina | 8,21 | 7,58 | 10,13 | 15,83 |
| ES Palador | 7,27 | 9,54 | 11,43 | 17,39 |

OS – lokalitet Osijek, TO – lokalitet Tovarnik

Tablica 4 Mjereni parametri tijekom i nakon hladnog prešanja soje s nastavkom za izlaz pogače 6 mm. Masa uzorka soje je 1 kg.

| <i>Nastavak za izlaz pogače 6 mm</i> | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------|------------------------------------|-----|-------------------------------|----|----------------------------------|-----|--------------------|-------|---------------------------|-------|------------------------------|------|
| UZO RAK (sorta soje) | Vrijeme (min) | | Volumen sirovog ulja (mL) | | Temp. sirovog ulja (°C) | | Volumen finalnog ulja (mL) | | Masa pogače (g) | | Udio ulja u pogači (%) | | Udio vode u pogači (%) | |
| | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO |
| 6 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| Tena | 34,50 | 36,44 | 115 | 127 | 37 | 46 | 80 | 90 | 877,3 | 852,5 | 10,92 | 11,39 | 6,48 | 7,44 |
| Pedro | 23,56 | 49,40 | 105 | 90 | 40 | 42 | 73 | 71 | 880,2 | 859,5 | 11,36 | 12,87 | 7,3 | 6,98 |
| NS Apolo | 23,31 | 47,30 | 85 | 85 | 40 | 44 | 65 | 75 | 899,9 | 880,4 | 12,64 | 13,05 | 6,45 | 7,12 |
| Korana | 32 | 54,30 | 90 | 140 | 43 | 43 | 60 | 116 | 885 | 845,6 | 11,12 | 7,97 | 6,09 | 6,78 |
| Ika | 33,18 | 42,30 | 113 | 135 | 41 | 47 | 58 | 111 | 878,2 | 860,3 | 11,55 | 10,68 | 6,3 | 6,71 |
| Galina | 26,30 | 45,25 | 67 | 135 | 45 | 41 | 45 | 120 | 894,8 | 850,1 | 12,10 | 10,50 | 6,33 | 7,09 |
| ES Palador | 31 | 51,18 | 110 | 123 | 42 | 38 | 86 | 115 | 884,6 | 862,6 | 10,85 | 11,49 | 6,35 | 6,99 |

OS – lokalitet Osijek, TO – lokalitet Tovarnik

Tablica 5 Mjereni parametri tijekom i nakon hladnog prešanja soje s nastavkom za izlaz pogače 8 mm

| <i>Nastavak za izlaz pogače 8 mm</i> | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------|---------------------------------|-----|-------------------------------|----|----------------------------------|-----|--------------------|-------|---------------------------|-------|------------------------------|------|
| UZO RAK (sorta soje) | Vrijeme (min) | | Volumen sirovog ulja (mL) | | Temp. sirovog ulja (°C) | | Volumen finalnog ulja (mL) | | Masa pogače (g) | | Udio ulja u pogači (%) | | Udio vode u pogači (%) | |
| | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO |
| 8 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| Tena | 31,30 | 35 | 115 | 135 | 46 | 39 | 100 | 120 | 871,9 | 839,8 | 10,77 | 9,60 | 6,77 | 6,96 |
| Pedro | 24,23 | 32,35 | 85 | 110 | 44 | 40 | 70 | 100 | 889,6 | 860,2 | 11,50 | 13,06 | 6,95 | 7,04 |
| NS Apolo | 27,45 | 38,12 | 100 | 85 | 42 | 38 | 90 | 78 | 868,3 | 877,8 | 10,93 | 14,79 | 6,9 | 6,93 |
| Korana | 41 | 35,48 | 130 | 140 | 35 | 39 | 87 | 135 | 880,1 | 849,2 | 9,43 | 8,15 | 6,67 | 7,16 |
| Ika | 32 | 31,04 | 115 | 145 | 37 | 45 | 80 | 135 | 876,9 | 836,1 | 11,53 | 9,50 | 6,47 | 6,87 |
| Galina | 32,17 | 34 | 90 | 147 | 45 | 40 | 70 | 140 | 905,9 | 850,5 | 9,97 | 9,10 | 6,64 | 7,04 |
| ES Palador | 33,19 | 31,74 | 120 | 148 | 45 | 39 | 90 | 141 | 863 | 825 | 10,01 | 7,64 | 6,56 | 6,9 |

OS – lokalitet Osijek, TO – lokalitet Tovarnik

Tablica 6 Parametri kvalitete hladno prešanog ulja soje

| UZORAK (sorta soje) | Pbr (mmol O ₂ /kg) | | SMK (%) | | Vlaga (%) | | NN (%) | |
|------------------------|----------------------------------|------|---------|------|-----------|-------|--------|-------|
| | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO |
| Tena | 2,22 | 0,93 | 0,42 | 0,62 | 0,24 | 0,095 | 0,030 | 0,020 |
| Pedro | 2,17 | 0,88 | 0,63 | 1,44 | 0,26 | 0,098 | 0,047 | 0,023 |
| NS Apolo | 1,80 | 0,67 | 0,58 | 2,55 | 0,26 | 0,11 | 0,012 | 0,024 |
| Korana | 1,62 | 0,37 | 0,57 | 0,43 | 0,31 | 0,12 | 0,031 | 0,027 |
| Ika | 1,25 | 1,13 | 0,40 | 0,63 | 0,29 | 0,15 | 0,016 | 0,030 |
| Galina | 3,20 | 0,91 | 0,84 | 0,76 | 0,32 | 0,13 | 0,027 | 0,027 |
| ES Palador | 2,08 | 0,32 | 0,50 | 1,32 | 0,27 | 0,12 | 0,033 | 0,021 |

OS - lokalitet Osijek, TO - lokalitet Tovarnik, Pbr - peroksidni broj, SMK - slobodne masne kiseline, NN - netopljive nečistoće

Tablica 7 Parametri identifikacije hladno prešanog ulja soje

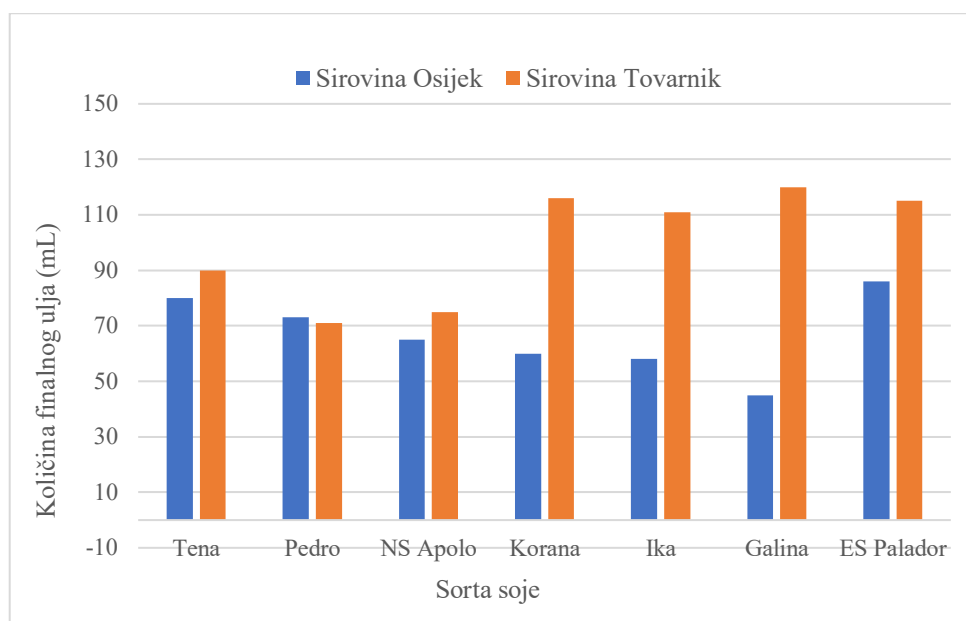
| UZORAK (sorta soje) | Jodni broj (g I ₂ /100 g) | | Saponifikacijski broj (mg KOH/g ulja) | |
|------------------------|---|--------|--|--------|
| | OS | TO | OS | TO |
| Tena | 124,97 | 127,48 | 203,48 | 201,71 |
| Pedro | 125,03 | 125,42 | 202,87 | 202,10 |
| NS Apolo | 126,32 | 128,91 | 205,13 | 203,48 |
| Korana | 127,49 | 126,33 | 203,86 | 204,11 |
| Ika | 127,77 | 127,20 | 203,48 | 205,13 |
| Galina | 125,84 | 126,29 | 204,11 | 205,88 |
| ES Palador | 127,535 | 129,21 | 203,10 | 205,13 |

OS - lokalitet Osijek, TO - lokalitet Tovarnik

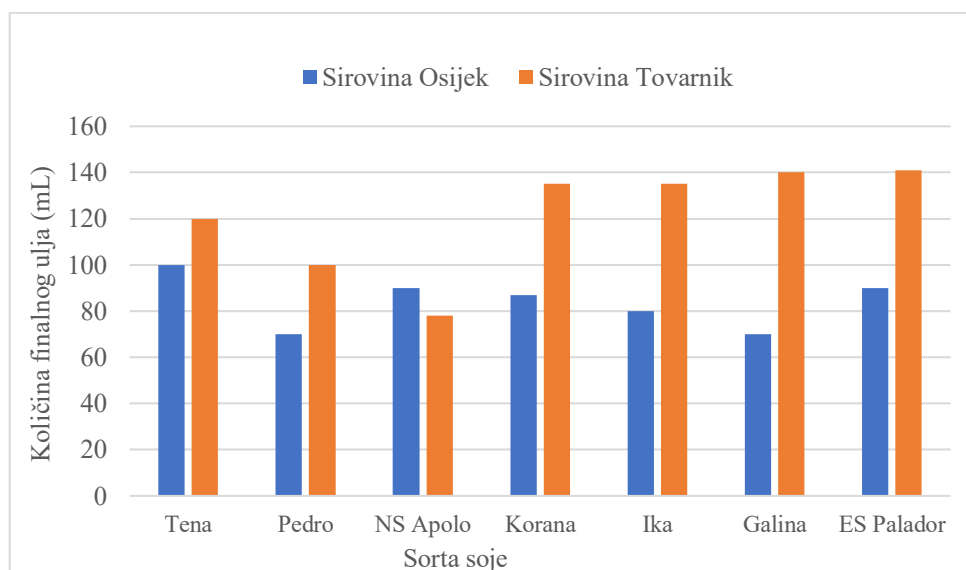
Tablica 8 Test ubrzane oksidacije hladno prešanog ulja soje na 98 °C

| <i>Peroksidni broj (mmol O₂/kg)</i> | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|------|
| UZORAK (sorta soje) | Početne vrijednosti Pbr | | 1. sat | | 2. sat | | 4. sat | | 7. sat | |
| | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO | OS | TO |
| Tena | 2,22 | 0,93 | 3,34 | 2,45 | 4,35 | 3,44 | 5,45 | 4,85 | 7,39 | 7,92 |
| Pedro | 2,17 | 0,88 | 2,45 | 0,99 | 4,44 | 2,43 | 5,67 | 3,175 | 6,86 | 7,00 |
| NS Apolo | 1,80 | 0,67 | 2,44 | 0,99 | 4,68 | 2,46 | 5,15 | 2,44 | 6,83 | 3,72 |
| Korana | 1,62 | 0,37 | 1,97 | 0,98 | 1,93 | 1,70 | 2,21 | 2,22 | 3,49 | 4,44 |
| Ika | 1,25 | 1,13 | 2,44 | 1,95 | 3,70 | 2,47 | 4,41 | 2,91 | 5,89 | 5,97 |
| Galina | 3,20 | 0,91 | 3,43 | 2,43 | 4,46 | 3,47 | 4,93 | 4,44 | 6,90 | 6,37 |
| ES Palador | 2,08 | 0,32 | 3,40 | 1,48 | 4,66 | 2,24 | 5,88 | 3,21 | 7,39 | 5,39 |

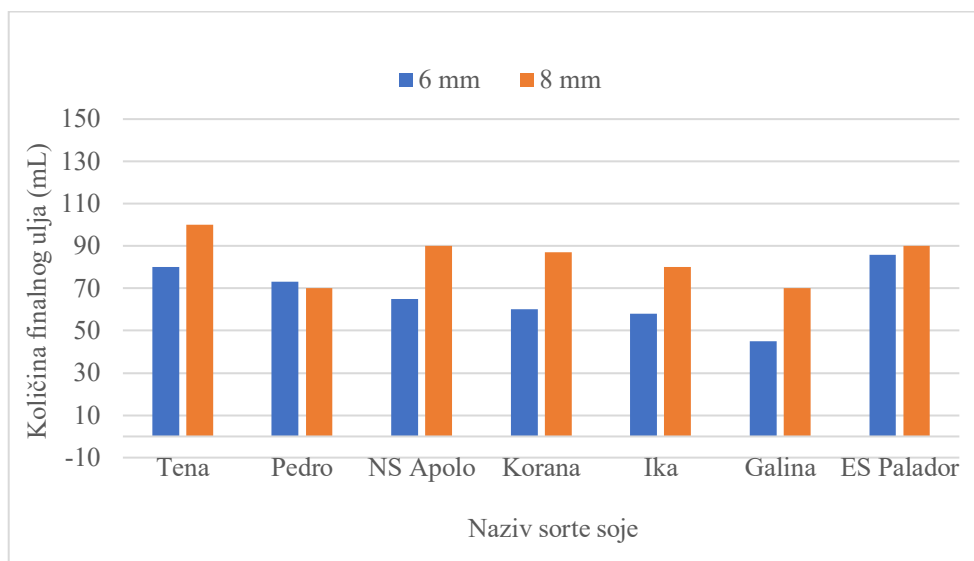
OS - lokalitet Osijek, TO - lokalitet Tovarnik



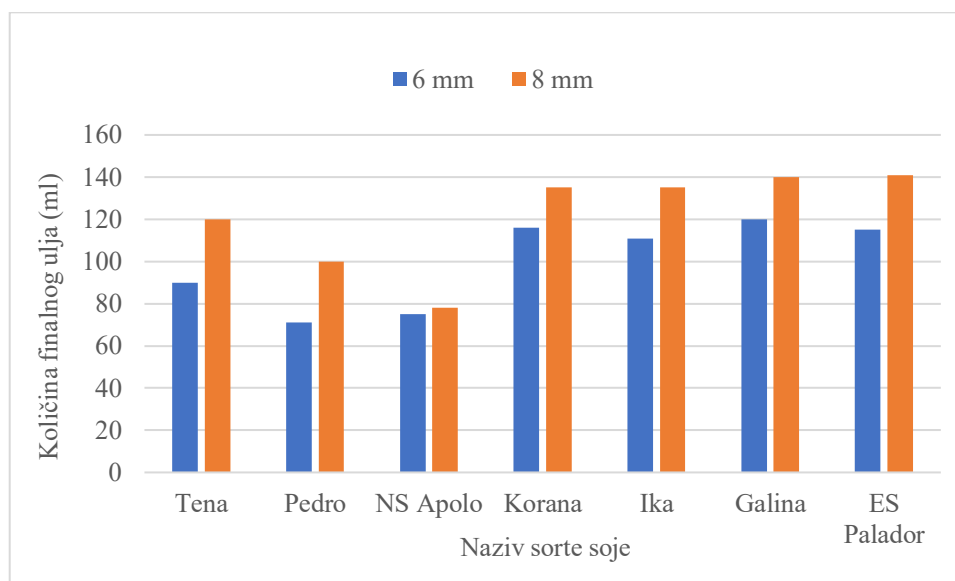
Slika 30 Usporedba dobivene količine finalnog hladno prešanog ulja prešanjem s nastavkom za izlaz pogače 6 mm s oba lokaliteta



Slika 31 Usporedba dobivene količine finalnog hladno prešanog ulja prešanjem s nastavkom za izlaz pogače 8 mm s oba lokaliteta



Slika 32 Usporedba dobivene količine finalnog ulja na lokalitetu OSIJEK s različitim nastavcima za izlaz pogače (6 i 8 mm)



Slika 33 Usporedba dobivene količine finalnog ulja na lokalitetu TOVARNIK s različitim nastavcima za izlaz pogače (6 i 8 mm)

5. RASPRAVA

Iz **Tablice 3** vidljivo je da sve sorte s lokaliteta Tovarnik imaju značajno veće udjele ulja u sjemenu od sirovina s lokaliteta Osijek. ES Palador s lokaliteta Tovarnik posebno se ističe s najvećim udjelom ulja (17,39 %), a prate ga Galina (15,83 %) i NS Apolo (15,12 %). Analizom je utvrđeno da sorta Korana (Tovarnik) ima najmanji udio ulja (12,72 %). Najveći udio ulja u soji s lokaliteta Osijek dobiven je kod sorte Tena (11,77 %) te ES Palador (11,43 %). Sorte s najmanjim udjelom ulja s lokaliteta Osijek su Korana (8,41 %) i Pedro (9,92 %).

U **Tablici 4** prikazani su: količina sirovog ulja i hladno prešanog ulja koja je dobivena prešanjem s nastavkom 6 mm, masa pogače te udio zaostalog ulja u pogači kod svih sorti s oba lokaliteta. Uspoređujući lokalitete Osijek i Tovarnik, veća količina ulja iz jednog kilograma soje dobivena je prešanjem sirovine s područja Tovarnik, također za iste sirovine bilo je potrebno više vremena za isprešavanje ulja (**Slika 30**). Na **Slici 30** iz dijagrama je vidljivo da je najveću količinu ulja s nastavkom za izlaz pogače 6 mm, na lokalitetu Osijek, dala sorta ES Palador (86 mL), a s lokaliteta Tovarnik to je Galina (120 mL), prate ju još Korana (116 mL), ES Palador (115 mL) te Ika (111 mL). Na lokalitetu Osijek Galina je sorta od koje je prešanjem dobivena najmanja količina ulja (45 mL), a sorta s lokaliteta Tovarnik od koje se dobila najmanja količina ulja je Pedro (71 mL). U oba slučaja tj. na oba lokaliteta sorta od koje se prešanjem dobila najveća masa pogače od jednog kilograma soje s nastavkom za izlaz pogače 6 mm je NS Apolo. U pravilu s povećanjem iskoristivosti tj. što je veća količina dobivenog ulja to je manja masa dobivene pogače jer je više ulja izdvojeno iz sirovine. Aladić i sur. (2014) utvrđuju da nastavak za izlaz pogače kod hladnog prešanja sjemena konoplje utječe na iskorištenje ulja.

U **Tablici 5** prikazani su parametri koji su mjereni tijekom i nakon postupka hladnog prešanja soje s nastavkom za izlaz pogače 8 mm, a to su količina dobivenog ulja iz jednog kilograma sirovine, vrijeme potrebno za prešanje istog, masa pogače koja zaostaje nakon prešanja te udio zaostalog ulja u pogači. Uspoređujući lokalitete Osijek i Tovarnik, veća količina ulja iz jednog kilograma sirovine dobivena je od sirovina s područja Tovarnik, kao što je slučaj i kod nastavka 6 mm. Na **Slici 31** iz dijagrama je vidljivo da najveću količinu ulja prešanjem s nastavkom za izlaz pogače 8 mm, na lokalitetu Osijek daje sorta Tena (100 mL), a prate ju NS Apolo (90 mL) i ES Palador (90 mL). Na lokalitetu Tovarnik, ES Palador (141 mL) i Galina (140 mL) prešanjem daju najveće količine ulja. Sorte od koje je dobivena najmanja količina ulja na lokalitetu Osijek su Pedro (70 mL) i Galina (70 mL), a s lokaliteta Tovarnik to je NS Apolo (78 mL). Sorte od koje se prešanjem dobila najveća masa pogače, prešanjem jednog kilograma soje

s nastavkom za izlaz pogače 8 mm na lokalitetu Osijek je Galina, a na lokalitetu Tovarnik NS Apolo. Kao što je prethodno navedeno, s većom količinom dobivenog ulja dobiva se manja količina pogače koja izlazi iz procesa prešanja jer se više ulja izdvaja iz sirovine. Prešanjem ispitivanih sorti soje, s oba lokaliteta, dobiveno sirovo ulje nije prelazilo temperaturu od 50 °C što je karakteristično za proizvodnju hladno prešanog ulja. Jokić i sur. (2016) kao i Cvetković i sur. (2020) navode da se kod hladnog prešanja lješnjaka kao i sjemenke paprike na iskorištenje proizvedenog ulja utječe sa veličinom nastavka za izlaz pogače kojim se postiže promjena procesnog tlaka u preši.

Na **Slici 32** grafički je prikazana usporedba količine finalnog ulja dobivene prešanjem sirovine s lokaliteta Osijek različitim nastavcima 6 i 8 mm. Vidljivo je da je veća količina ulja dobivena prešanjem jednog kilograma sirovine s nastavkom za izlazak pogače promjera 8 mm u usporedbi na količinu ulja dobivenu prešanjem s nastavkom 6 mm. Najveća količina finalnog ulja dobivena je prešanjem sorte Tena (100 mL) s nastavkom 8 mm, a prate ju NS Apolo (90 mL) i ES Palador (90 mL). Najmanja količina ulja dobivena je prešanjem sorte Galina (45 mL) s nastavkom 6 mm.

Na **Slici 33** grafički je prikazana usporedba količine finalnog ulja dobivene prešanjem sirovine s područja Tovarnik s nastavcima različitog promjera za izlazak pogače (6 mm, 8 mm). Vidljivo je da je veća količina ulja dobivena prešanjem jednog kilograma sirovine s nastavkom za izlazak pogače 8 mm kao što je slučaj i kod lokaliteta Osijek. S nastavkom 8 mm najveća količina finalnog ulja dobivena je prešanjem sorte ES Palador (141 mL) i sorte Galina (140 mL). Najmanja količina ulja dobivena je prešanjem sorte Pedro (71 mL) i NS Apolo (75 mL) s nastavkom 6 mm, a s nastavkom 8 mm prešanjem sorte NS Apolo (78 mL) dobije se najmanja količina ulja za razliku od količine dobivene prešanjem ostalih sorti.

U **Tablici 6** prikazani su dobiveni parametri kvalitete hladno prešanog ulja soje dobivenog iz 7 različitih sorti s dva lokaliteta. Peroksidni broj svih uzoraka hladno prešanih ulja ne prelazi maksimalno dopuštene vrijednosti propisane Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (NN 11/2019.). Ulje dobiveno od sirovine s područja Tovarnika ima niže vrijednosti peroksidnog broja (Pbr). S područja Osijek najnižu vrijednost peroksidnog broja tj. najvišu oksidacijsku stabilnost ima ulje dobiveno od sorte Ika. Najnižu vrijednost Pbr ima ulje dobiveno od sorte ES Palador s područja Tovarnik. Slobodne masne kiseline (SMK) u uzorcima također ne prelaze maksimalne dozvoljene vrijednosti prema Pravilniku, osim ulja sorte NS Apolo s lokaliteta Tovarnik čija vrijednost SMK prelazi 2 %, takvom ulju je povišena kiselost te nije za

konzumaciju. Udio netopljivih nečistoća kao i udio vlage u dozvoljenim su granicama prema Pravilniku, a ulja dobivena od sirovine s područja Tovarnik imaju niže vrijednosti vlage.

U **Tablici 7** prikazani su dobiveni parametri identifikacije pojedinih hladno prešanih ulja soje dobivenih iz 7 različitih sorti s dva lokaliteta, a to su jodni i saponifikacijski broj. Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da je hladno prešano ulje soje visoko nezasićeno ulje, najveću vrijednost jodnog broja ima ulje sorte ES Palador s lokaliteta Tovarnik što je proporcionalno njegovom niskom peroksidnom broju, odnosno visokoj oksidacijskoj stabilnosti. Vrijednosti jodnog broja i saponifikacijskog broja ispitivanih uzoraka sojinog ulja odgovaraju literaturnim podacima.

Tablica 8 prikazuje rezultate testa ubrzane oksidacije pojedinih uzoraka ulja ispitivanih sorti soje s oba lokaliteta na temperaturi 98 °C. Dobiveni rezultati upisani u tablicu pokazuju da je tijekom testa oksidacije, došlo do porasta vrijednosti peroksidnog broja (Pbr) u svim uzorcima. Iz tablice se također može očitati da tri uzorka ulja dobivenih od sirovine s lokaliteta Tovarnik (sorte NS Apolo, Galina, ES Palador) imaju niže dobivene vrijednosti peroksidnog broja čak i nakon 7. sata testa ubrzane oksidacije u odnosu na proizvedena ulja različitih sorti s lokaliteta Osijek, što ukazuje da su ti uzorci stabilniji na oksidacijske promjene. Razlog tome može biti i niža vrijednost Pbr u ulju ove tri sorte s lokaliteta Tovarnik prije početka provedbe testa. Međutim, zanimljiva je pojava da nakon provedbe testa (nakon 7. sata) sojino ulje s lokaliteta Osijek kod sorte Tena, Pedro, Korana i Ika s većom početnom vrijednosti Pbr, nakon testa pokazu manju vrijednost Pbr nego ulja tih sorti s lokaliteta Tovarnik. Ulje dobiveno od sorte Korana s lokaliteta Osijek ima najmanji porast peroksidnog broja nakon 7 sati testa oksidacije, a isto tako ulje dobiveno od sorte NS Apolo s lokacije Tovarnik. Najviše vrijednosti Pbr nakon završenog testa oksidacije, s lokaliteta Osijek imaju ulja sorte Tena i ES Palador, a s lokaliteta Tovarnik su to Tena i Pedro. Dobivene vrijednosti testa ubrzane oksidacije ispitivanih hladno prešanih sojinih ulja s oba lokaliteta ukazuju da ona ulja koja nakon provedbe testa imaju nižu vrijednost Pbr imaju i veću stabilnost tj. otpornost prema oksidacijskom kvarenju. Na oksidacijsko kvarenje ovog ulja utječe i sastav masnih kiselina, udio i sastav tokoferola (prirodni antioksidansi) koji usporavaju oksidacijsko kvarenje.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih istraživanja dobiveni su sljedeći zaključci:

1. Kod ispitivanih sorti soje udio ulja je veći u sjemenkama uzgojenim na lokalitetu Tovarnik u odnosu na lokalitet Osijek. Na lokalitetu Tovarnik sorta soje ES Palador ima najveći udio ulja, a najmanji sorta Korana. Na lokalitetu Osijek sorta soje Tena ima najveći udio ulja, a najmanji sorta Korana.
2. Veličina nastavka za izlaz pogače (6 mm, 8 mm) tijekom prešanja soje utječe na iskorištenje ulja.
3. Prešanjem ispitivanih sorti sjemenke soje s lokaliteta Osijek dobivena je veća količina hladno prešanog ulja primjenom nastavka za izlaz pogače promjera 8 mm u odnosu na nastavak promjera 6 mm, osim kod sorte Pedro gdje je više ulja proizvedeno s nastavkom 6 mm.
4. Prešanjem ispitivanih sorti sjemenke soje s lokaliteta Tovarnik dobivena je veća količina hladno prešanog ulja primjenom nastavka za izlaz pogače promjera 8 mm.
5. Lokalitet uzgoja soje (Osijek, Tovarnik) utječe tijekom prešanja na iskorištenje ulja.
6. Prešanjem ispitivanih sorti sjemenke soje s lokaliteta Tovarnik, dobivena je veća količina hladno prešanog ulja u odnosu na soju s lokaliteta Osijek, primjenom nastavka za izlaz pogače 6 mm, osim kod sorte Pedro gdje je malo više ulja proizvedeno kod sorte s lokaliteta Osijek.
7. Prešanjem ispitivanih sorti sjemenke soje s lokaliteta Tovarnik, dobivena je veća količina hladno prešanog ulja u odnosu na soju s lokaliteta Osijek, primjenom nastavka za izlaz pogače 8 mm, osim kod sorte NS Apollo gdje je više ulja proizvedeno kod sorte s lokaliteta Osijek.
8. Na proizvedenom hladno prešanom sojinom ulju (kod oba lokaliteta i svih pojedinih sorti soje) parametri kvalitete peroksidni broj, udio vode, netopljive nečistoće su u skladu s Pravilnikom o jestivim uljima i mastima. Samo u sojinom ulju sorte NS Apollo s lokaliteta Tovarnik dobivena je nešto veća vrijednost kiselosti ulja (SMK) u odnosu na Pravilnik, ostali uzorci ulja imaju vrijednost u skladu s Pravilnikom.
9. Parametri identifikacije sojinog ulja (jodni broj, saponifikacijski broj) su u skladu s literaturnim podatcima.
10. Ispitivanjem oksidacijske stabilnosti hladno prešanog sojinog ulja ispitivanih sorti s lokaliteta Tovarnik, primjenom testa na 98 °C nakon sedam sati, utvrđeno je da ulje sorte NS

Apolo ima najbolju stabilnost ili održivost. Na lokalitetu Osijek sojino ulje sorte Korana ima najbolju stabilnost prema oksidacijskom kvarenju.

11. Ulje proizvedeno iz sorte Tena, sa oba lokaliteta, ima najlošiju otpornost prema oksidacijskom kvarenju, na kraju testa vrijednost peroksidnog broja je najveća.

7. LITERATURA

- Aksoylu Özbek, Z. i Günç Ergönül, P. (2020) Cold pressed soybean oil. U: Ramadan. F. (ur.) *Cold pressed oils green technology, bioactive compounds, functionality, and applications* 1. Academic press: str. 575-585.
- Aladić, K., Jokić, S., Moslavac, T., Tomas, S., Vidović, S., Vladić, J., Šubarić, D. (2014) Cold pressing and supercritical CO₂ extraction of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 28(4):481-490.
- Alduk, A. (2020) *Agrotehnika za soju na OPG-u "Ante Alduk"*. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Bennett, E. J., Roberts, J. A., Wagstaff, C. (2011) The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. *New Phytologist* 190(4):838-853.
- Božanić, R. (2006) Proizvodnja, svojstva i fermentacija sojinog mlijeka. *Mljekarstvo*, 56(3):233-254.
- Carter, T. E., Nelson Jr., R. L., Sneller, C. H., Cui, Z. (2004) Genetic diversity in soybean. *Soybeans: Improvement production uses*, 16:303-416.
- Chen, Y., and Nelson, R. L. (2004) Genetic variation and relationships among cultivated, wild, and semiwild soybean. *Crop Science* 44, 316–325.
- Cvetković, T., Ranilović, J., Gajari, D., Tomić-Obrdalj, H., Šubarić, D., Moslavac, T., Cikoš, A-M., Jokić, S. (2020) Podravka and slavonska varieties of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) as a new source of highly nutritional edible oil. *Foods*, 9(9):1262.
- Dimić, E. (2005) Hladno ceđena ulja. Tehnološki fakultet, Novi Sad: Feljton.
- Fegeš, M. (2009) *Soja u prehrani: za i protiv*. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
- Ge, L., Yu, J., Wang, H., Luth, D., Bai, G., Wang, K., Chen, R. (2016) Increasing seed size and quality by manipulating BIG SEEDS1 in legume species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113:12414-12419.
- Jakovljević, P. (2020) *Tehnologija proizvodnje hladno prešanog sojinog ulja*. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.

- Jokić, S., Moslavac, T., Aladić, K., Bilić, M., Ačkar, Đ., Šubarić, D. (2016) Hazelnut oil production using pressing and supercritical CO₂ extraction. *Hemijska industrija*, 70 (4): 359-366.
- Jukić, G., Guberac, V., i Marić, S. (2006) Utjecaj lokaliteta i godine uzgoja na sadržaj ulja i bjelančevina u sjemenu soje. *Sjemenarstvo*, 23(5-6):429-435.
- Kovčić, M. (2021) *Soja (Glycine max (L.) Merrill.) - morfološka obilježja, uzgoj i značaj*. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., Kašparovský, T. (2019) Isoflavones. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(6):1076.
- Linkies, A., Graeber, K., Knight, C., Leubner-Metzger, G. (2010) The evolution of seeds. *New Phytologist*, 186:817-831.
- Matoša Kočar, M., Vila, S., Petrović, S., Rebekić, A., Sudarić, A., Duvnjak, T., Markulj Kulundžić, A. (2020) Variability of fatty acid profiles, oxidative stability and nutritive quality of oil in selected soybean genotypes. *Poljoprivreda*, 26(2):11-20.
- Moslavac, T. (2013) Tehnologija ulja i masti. *Interna skripta*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
- Moslavac, T., Volmut, K., Benčić, Đ. (2009) Oksidacijska stabilnost biljnih ulja s dodatkom antioksidansa. *Glasnik Zaštite Bilja*, 32(6):136-145.
- NN 11/2019 Pravilnik o jestivim uljima i mastima. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_11_229.html (Pristupljeno: 13.11.2024.)
- Pelin, V. (2015) *Utjecaj vremenskih prilika na proizvodnju soje*. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Plavuš, A. (2014) *Vanjsko-trgovinska razmjena i cjenovna konkurentnost proizvodnje soje u Republici Hrvatskoj*. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Rac, M. (1964) Ulja i masti. Privredni pregled, Beograd, Poslovno udruženje proizvođača biljnih ulja 209-226.

- Rapčan, I., Jakšić, T., Damjan, J., Ćosić, D., Kovačić, Đ. (2024) Uzgoj soje (*Glycine max* L.) i proizvodnja agropeleta. *Agronomski glasnik*, 86(1):3-13.
- Shao, S., Meyer, CJ, Ma, F., Peterson, CA, Bernards, M. (2007) The outermost cuticle of soybean seeds: chemical composition and function during imbibition, *Journal of Experimental Botany*, 58(5):1071-1082.
- Singh, S.S., Vardhanabhuti, B., Bilyeu, K., Flint-Garcia, S., Wan, C, Somavat, P. (2024) Development of a novel, small scale cold screw press protocol for rapid soybean processing and coproduct evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 146:89-102.
- Suzuki, M., Fujino, K., Funatsuki, H. (2009) A major soybean QTL, qPDH1, controls pod dehiscence without marked morphological change. *Plant Production Science*, 12(2):217-223.
- Šarić, D. (2024) *Inovativni krem-proizvodi kao dio kružne prerade lješnjaka*. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
- Tošović, T. (1983) *Proizvodi od soje i njihova primena*. Beograd: Zadruga.
- Vratarić, M., Sudarić, A. (2008) *Soja Glycine max* (L.) Merr. Osijek: Poljoprivredni institut Osijek.
- Zhang, Q., Tu, B., Liu, C., Liu, X. (2018) Pod anatomy, morphology and dehiscing forces in pod dehiscence of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), *Flora*, 248: 48-55.