

65. Savetovanje industrije ulja

Proizvodnja i

Prerada

Uljarica

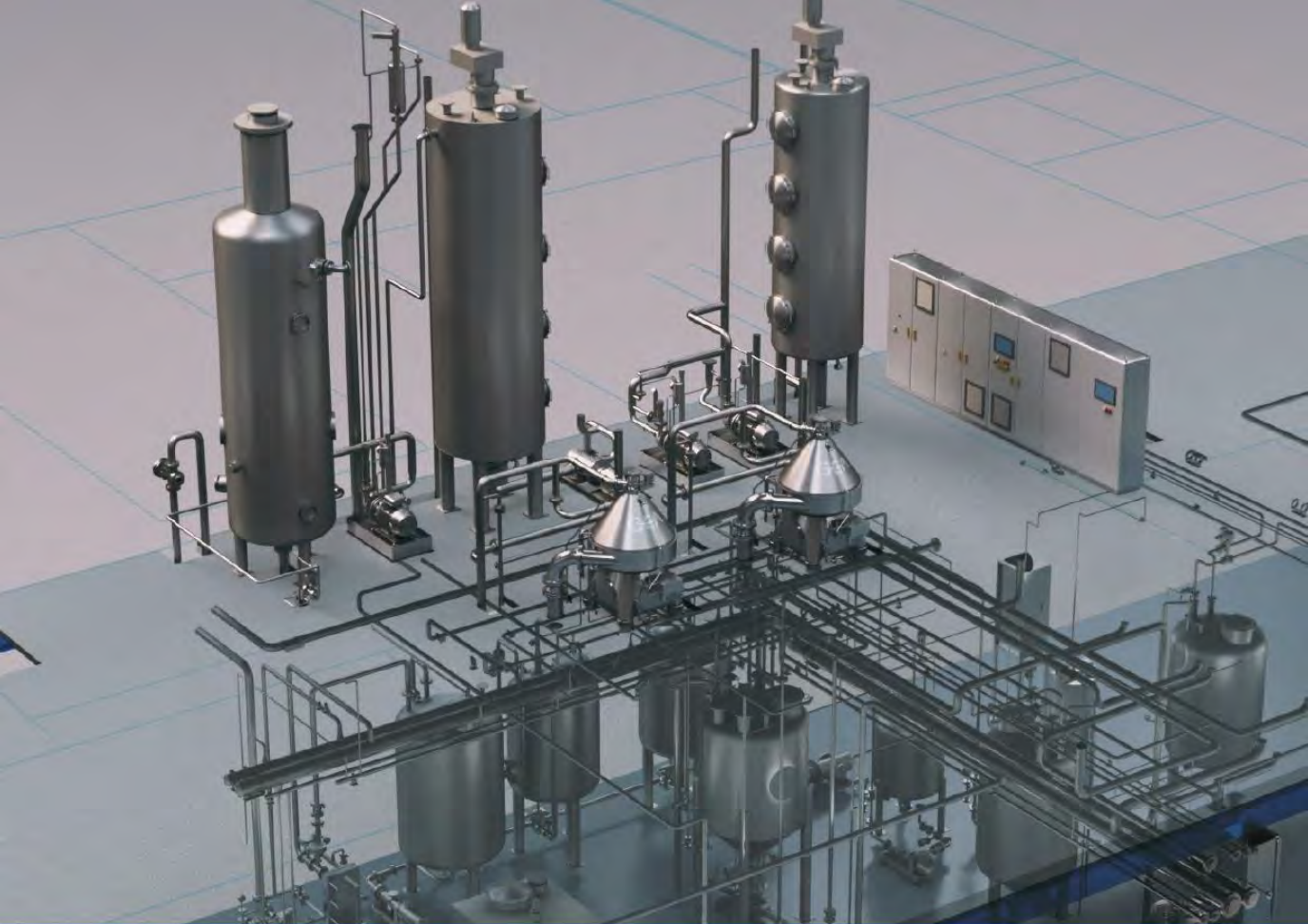
65th Oil Industry Conference
Production and Processing of Oilseeds

Zbornik radova

Proceedings



Scan for Conference Program & Proceedings



The secret's in the process.

Physical or chemical, enzymatic, special or TOP degumming, TOP dry or standard neutra? And what about cold refining and soapstock splitting?

The heart of every edible oil refining installation might be always a centrifuge but the secret of high yields, top oil quality and cost control lies in the setup of the process line. Let's discuss how to get the best out of your edible oil refining.

GEA EEC Serbia

Konstantina Jovanovića 10

11080 Beograd, Srbija

Tel +381 11 4053 722

Fax +381 11 4053 618

www.gea.com

GEA Engineering
for a better
world.



Solvent extraction plant with a multi-seed processing capacity of 2000 tons daily



*We know
the importance
of being reliable*



hum.com.tr



“HUM Companies are specialized in the establishment of edible oil plants and plant units worldwide.

Our core focus lies in the manufacturing of cutting-edge machines and systems, specifically engineered for oilseed crushing and edible oil refining plants.

Moreover, our expertise extends to providing valuable guidance for renovation investments through our in-house engineering and manufacturing services, delivered by a team of professionals.

With over six decades of unparalleled experience and know-how in the industry, HUM Companies consistently deliver manufacturing excellence, top-tier engineering solutions, seamless project execution, and expert commissioning support.

Our commitment to excellence extends beyond the commissioning phase, as we are dedicated to offering high-quality services to our esteemed partners.

As a testament to our unwavering dedication, we continue to be at the forefront of advancements in edible oil technologies, ensuring that HUM remains a leading force in the field.”


JJ-Lurgi


Engineered for you





E N G I N E E R E D F O R Y O U

OILSEEDS EXTRACTION | EDIBLE OILS | OLEOCHEMICALS | SPECIALTY FATS | BIODIESEL

 www.jj-lurgi.com

 jj-lurgi_enquiry@jjsea.com

 JJ-Lurgi

 JJ-Lurgi

 JJ-Lurgi



COMPANY PROFILE

JJ-Lurgi is a joint venture between Jebsen & Jessen Pte Ltd Singapore and Air Liquide Global E&C Solutions, Germany. Our engineering roots are in Germany; in Asia, we have established a strong network to support our key clients across the Asia Pacific region. With a combined experience of more than 200 years, JJ-Lurgi has become a reputable technology provider in the oils and fats industry.

We provide proven technologies for oilseeds extraction, refining of edible oils, fats modification, oleochemicals and biodiesel plants.

We support our clients from design through to installation and commissioning, while our dedicated After Sales Service team provides support for troubleshooting, plant upgrading and automation, spare parts and process consultation.

CONTACT DETAILS

JJ-Lurgi Engineering Sdn Bhd

No.7-13A-01 Level 13A, Jebsen & Jessen Tower
UOA Business Park (Tower 7)
Jalan Pengaturcara U1/51A, Seksyen U1
40150 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

Tel: +603 5030 6363

Website: www.jj-lurgi.com

Enquiries: jj-lurgi_enquiry@jjsea.com

CHEMSTA®

Your Professional Engineer

48+:

Since 1976, CHEMSTA has been specialized in this field for more than 48 years

110+:

More than 110 professional engineers to customize the most suitable solution for you

500+:

CHEMSTA has built more than 500 plants all over the world



Professional Engineering Services of Turn-key Projects and Equipment
Plant oils&fats (Sunflower, Soybean, Rapeseed, Peanut...), Soybean White Flake, Soybean Protein Concentrate, Soybean Protein Isolate

**Shandong Chemsta
Machinery Manufacturing Co., Ltd.**

**Jining Machinery Design and
Research Institute Co., Ltd.**

Add: No.66, Tongji Road (1688# Chongwen Road),
High-Tech Zone, Jining City, Shandong Province, China
Web: www.chemstagroup.com
Tel: +86-537-2078698
Email: sales@sdchemsta.com

65. SAVETOVANJE
65th CONFERENCE

PROIZVODNJA I PRERADA
ULJARICA

sa međunarodnim učešćem

PRODUCTION AND
PROCESSING OF OILSEEDS

with international participation

ZBORNİK RADOVA
BOOK OF PROCEEDINGS

Herceg Novi, Crna Gora
23 - 28. jun 2024. godine

IZDAVAČI

PUBLISHERS

UNIVERZITET U NOVOM SADU, TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD, SRBIJA

UNIVERSITY OF NOVI SAD, FACULTY OF TECHNOLOGY NOVI SAD, SERBIA

INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO NOVI SAD, INSTITUT OD

NACIONALNOG ZNAČAJA ZA REPUBLIKU SRBIJU, NOVI SAD, SRBIJA

INSTITUTE OF FIELD AND VEGETABLE CROPS NOVI SAD, NATIONAL INSTITUTE

OF THE REPUBLIC OF SERBIA, NOVI SAD, SERBIA

„INDUSTRIJSKO BILJE” DOO NOVI SAD, SRBIJA

„INDUSTRIAL PLANTS” DOO NOVI SAD, SERBIA

UREĐIVAČKI ODBOR

EDITORIAL BOARD

Prof. dr Biljana Pajin

Prof. dr Ranko Romanić

Dr Vladimir Miklič

Dr Vojin Đukić

Dr Olga Čurović

Zoran Nikolovski, dipl. inž.

Vladimir Šarac, dipl. inž.

Milan Ševo, dipl. inž.

Gordan Parenta, dipl. inž.

Dragan Trzin, dipl. inž.

Nada Grbić, dipl. inž.

UREDNIK

EDITOR

Savet tehnologa industrije ulja Srbije

TEHNIČKI UREDNIK

TECHNICAL EDITOR

Prof. dr Ranko Romanić

ADRESA IZDAVAČA

PUBLISHER'S ADDRESS

„INDUSTRIJSKO BILJE” DOO, NOVI SAD

21000 Novi Sad, Dimitrija Tucovića 2A, Srbija

Tel/fax.: +381 21 66 16 633, +381 21 66 24 311,

+381 21 66 12 135

e-mail: office@indbilje.co.rs

ZA IZDAVAČA

FOR PUBLISHER

Dr Olga Čurović, direktor

ISBN (elektronsko izdanje)

ISBN (electronic publication)

978-86-6253-181-0

WEB-ADRESA (URL)

WEB ADDRESS (URL)

www.indbilje.co.rs

SADRŽAJ CONTENTS

Olga Čurović

FAKTORI UTICAJA NA PROIZVODNJU I TRŽIŠTE ULJANIH PROIZVODA FACTORS INFLUENCING ON THE PRODUCTION AND MARKET OF OIL PRODUCTS	7
---	---

Dragana Miladinović, Ankica Kondić-Špika, Brankica Babec, Goran Bekavac, Sandra Cvejić, Marina Čeran, Nemanja Čuk, Boško Dedić, Vuk Đorđević, Siniša Jocić, Jelena Jocković, Milan Jocković, Svetlana Glogovac, Sonja Gvozdenac, Nada Hladni, Biljana Kiprovski, Miloš Krstić, Ana Marjanović Jeromela, Sanja Mikić, Vladimir Miklič, Željko Milovac, Milan Mirosavljević, Jelena Ovuka, Aleksandra Radanović, Dragana Rajković, Sonja Tančić Živanov, Dragana Trkulja, Verica Zelić, Tijana Zeremski, Jegor Miladinović

SUNCOKRET I PROMENA KLIME – NOVI PRISTUPI STVARANJU TOLERANTNIH HIBRIDA SUNFLOWER AND CLIMATE CHANGE – NEW APPROACHES IN CREATION OF RESILIENT HYBRIDS	16
--	----

Vladimir Miklič, Siniša Jocić, Nenad Dušanić, Nada Hladni, Branislav Ostojić, Velimir Radić, Miloš Krstić, Dragana Miladinović

OPRAŠIVANJE SUNCOKRETA KAO USLOV USPEŠNE PROIZVODNJE SUNFLOWER POLLINATION AS A CONDITION FOR SUCCESSFUL PRODUCTION	22
---	----

Ranko Romanić, Tanja Lužaić, Nada Grahovac, Sandra Cvejić, Siniša Jocić

ISPITIVANJE SADRŽAJA BIOAKTIVNIH JEDINJENJA U HLADNO PRESOVANIM ULJIMA NOVIH ULJANIH HIBRIDA SUNCOKRETA INVESTIGATION OF THE BIOACTIVE COMPOUNDS CONTENT IN COLD-PRESSED OILS OF LATEST SUNFLOWER OILY HYBRIDS	28
--	----

Vojin Đukić, Jegor Miladinović, Danijela Stojanović, Vuk Đorđević, Dragana Latković, Predrag Randelović, Zlatica Mamlić

KVALITET NOVOPRIZNATIH NS SORTI SOJE U 2024. GODINI QUALITY NEWLY RELEASED NS VARIETIES SOYBEAN IN 2024	42
---	----

Simona Jačimović, Vojin Đukić, Jegor Miladinović, Vuk Đorđević, Predrag Randelović, Marina Čeran, Zlatica Mamlić

PRINOS I KVALITET NS SORTI SOJE U 2023. GODINI YIELD AND QUALITY OF NS SOYBEAN VARIETIES IN 2023	50
--	----

Vojin Đukić, Jegor Miladinović, Zlatica Mamlić, Marina Čeran, Dragana Latković, Vuk Đorđević, Vojin Cvijanović

UTICAJ LOKALITETA GAJENJA NA PRINOS I KVALITET ZRNA SOJE U 2023. GODINI INFLUENCE OF CULTIVATION LOCATION ON YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN IN 2023	57
---	----

Gordana Dozet, Atef Aljnin, Vojin Đukić, Zlatica Mamlić, Slobodanka Ljumović, Libuška Fačara, Jegor Miladinović

VARIJANJE PRINOSA I KVALITETA ZRNA SOJE USLED NAVODNJAVANJA VARIATION OF YIELD AND QUALITY OF SOYBEANS DUE TO IRRIGATION	64
--	----

Jela Ikanović, Vera Popović, Marko Popović, Ljubiša Živanović, Snežana Janković, Nikola Rakašćan, Kristina Kajiš, Ljubiša Kolaric

UTICAJ GENOTIPA NA PRINOS I NUTRITIVNI KVALITET SOJE EFFECT OF GENOTYPE ON YIELD AND NUTRITIVE QUALITY OF SOYBEANS	72
--	----

<i>Gorica Cvijanović, Zlatica Mamlić, Marija Bajagić, Vojin Đukić, Gordana Dozet, Vojin Cvijanović, Nenad Đurić</i>	
PRIMENA VODENIH EKSTRAKATA U CILJU PROMENE KVANTITATIVNIH I KVALITATIVNIH OSOBINA ZRNA SOJE	
APPLICATION OF AQUEOUS EXTRACTS TO CHANGE THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE PROPERTIES OF SOYBEAN	80
<i>Marina Čeran, Gordana Dozet, Salmah Musbah Almaas, Vojin Đukić, Jegor Miladinović, Marija Bajagić, Simona Jaćimović</i>	
UTICAJ FOLIJARNE PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD LISTOVA BILJAKA NA SADRŽAJ ULJA U ZRNU SOJE	
INFLUENCE OF FOLIAR APPLICATION OF AQUEOUS EXTRACTS FROM PLANT LEAVES ON THE OIL CONTENT OF SOYBEANS	87
<i>Zlatica Mamlić, Gordana Dozet, Salem Mohamed Omran, Vojin Đukić, Marija Bajagić, Gorica Cvijanović, Olga Kandelinskaja</i>	
UTICAJ PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD LIMUNA I NARANDŽE NA PRINOS I KVALITET ZRNA SOJE	
INFLUENCE OF THE APPLICATION OF AQUEOUS LEMON AND ORANGE EXTRACTS ON THE YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN GRAIN	94
<i>Marija Bajagić, Zlatica Mamlić, Vojin Đukić, Gordana Dozet, Gorica Cvijanović, Olga Kandelinskaja, Nenad Đurić</i>	
SADRŽAJ I PRINOS ULJA U ZAVISNOSTI OD FOLIJARNE PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD BANANE I GREJPA	
OIL CONTENT AND YIELD DEPENDING ON FOLIAR APPLICATION OF AQUEOUS BANANA AND GRAPEFRUIT EXTRACTS	102
<i>Branislava Đermanović, Bojana Šarić, Ranko Romanić, Ana Marjanović Jeromela, Dragana Rajković, Aleksandar Marić, Pavle Jovanov</i>	
DOMAĆE SORTE I HIBRIDI ULJANE REPICE: KARAKTERIZACIJA I ISPITIVANJE POTENCIJALA ZA DOBIJANJE ALTERNATIVNIH PROTEINA	
DOMESTIC VARIETIES AND HYBRIDS OF RAPESEED: CHARACTERIZATION AND ASSESSMENT OF POTENTIAL FOR OBTAINING ALTERNATIVE PROTEINS	109
<i>Dragana Rajković, Ana Marjanović Jeromela, Vladimir Šarac, Nada Grbić, Zorica Stojanović</i>	
HEKTOLITARSKA MASA I SPREGA SA POKAZATELJIMA KVALITETA ULJANE REPICE	
CANOLA TEST WEIGHT AND RELATIONSHIP WITH QUALITY TRAITS	117
<i>Vera Popović, Ivana Iličković, Marko Pavićević, Jelena Bošković, Nataša Ljubičić, Milada Isakov, Jela Ikanović</i>	
PRODUKTIVNOST I ZNAČAJ ZA ZDRAVLJE ULJANOG LANA: NS MARKO I NS PRIMUS	
PRODUCTIVITY AND HEALTH SIGNIFICANCE OF LINSEED - NS MARKO AND NS PRIMUS	125
<i>Ivica Đalović, Dragan Živančev, Nada Grahovac, Vojin Đukić</i>	
NUTRITIVNI KVALITET HIBRIDA KUKURUZA IZ RAZLIČITIH CIKLUSA SELEKCIJE: PROTEINI I ULJE	
NUTRITIONAL QUALITY OF HYBRIDS MAIZE FROM DIFFERENT SELECTION CYCLES: PROTEINS AND OIL	137

<i>Ištvan Tot, Gordan Parenta, Borislav Mrakić</i> OSTVARENE UŠTEDE HEKSANA U POGONU EKSTRAKCIJE DIJAMANT DOO ZRENJANIN REALIZED HEXANE SAVINGS IN THE EXTRACTION PLANT DIJAMANT LLC ZRENJANIN	145
<i>Branislav Sremčev, Zoran Nikolovski, Milan Ševo, Vladimir Šarac</i> REKUPERACIJA ENERGIJE U POGONU ALKOHOOLNE EKSTRAKCIJE ENERGY RECOVERY IN ALCOHOL EXTRACTION PLANT	152
<i>Maja Franjo, Bojan Cvetković, Miljan Kračković, Dejan Kancko, Zorica Stojanović, Dragan Trzin</i> UTICAJ SADRŽAJA SLOBODNIH MASNIH KISELINA U ZRNU SOJE NA SADRŽAJ FOSFORA U SIROVOM SOJINOM ULJU THE INFLUENCE OF FREE FATTY ACIDS CONTENT IN SOYBEAN SEED ON THE PHOSPHORUS CONTENT IN CRUDE SOYBEAN OIL	158
<i>Tanja Lužaić, Katarina Nedić Grujin, Branislava Nikolovski, Zoran Maksimović, Ranko Romanić</i> PREDVIĐANJE SADRŽAJA VOSKOVA U VINTERIZOVANOM ULJU SUNCOKRETA NAKON FILTRACIJE POTPOMOŠNE FILTRACIONIM SREDSTVIMA NA BAZI CELULOZE PREDICTION OF WAX CONTENT IN WINTERIZED SUNFLOWER OIL AFTER FILTRATION ASSISTED BY CELLULOSE-BASED FILTRATION AIDS	166
<i>Ivana Nikolić, Milica Vidosavljević, Ranko Romanić, Tanja Lužaić</i> SENZORSKI KVALITET ODABRANIH RAFINISANIH BILJNIH ULJA DOSTUPNIH NA TRŽIŠTU REPUBLIKE SRBIJE SENSORY QUALITY OF SELECTED REFINED VEGETABLE OILS AVAILABLE ON THE MARKET OF THE REPUBLIC OF SERBIA	178
<i>Biljana Rabrenović, Aleksandar Kostić, Mirjana Demin, Lazar Pejić, Biljana Dojčinović</i> SADRŽAJ MAKRO I MIKROELEMENTATA U HLADNO PRESOVANIM ULJIMA NA TRŽIŠTU SRBIJE CONTENT OF MACRO AND MICRO ELEMENTS IN COLD PRESSED OILS ON THE MARKET OF SERBIA	187
<i>Ljiljana Vujačić, Gordana Nović</i> PREGLED REZULTATA ANALIZA PARAMETARA BEZBEDNOSTI BILJNIH ULJA I MASTI U SP LABORATORIJI REVIEW OF THE RESULTS OF ANALYSIS ON SAFETY PARAMETERS EDIBLE FATS AND OILS IN SP LABORATORY	197
<i>Ljiljana Popović, Pavle Jovanov, Branislava Đermanović, Danka Dragojlović, Bojana Šarić</i> ENZIMSKA HIDROLIZA POGAČE ULJANE REPICE: DOBIJANJE BIOLOŠKI AKTIVNIH PROTEINSKIH HIDROLIZATA ENZYMATIC HYDROLYSIS OF RAPESEED CAKE: OBTAINING BIOACTIVE PROTEIN HYDROLYSATES	206
<i>Ivana Lončarević, Milica Stožinić, Biljana Pajin, Zorica Stojanović, Danica Zarić, Suzana Aleksić, Jelena Škrbić, Maja Čurković</i> UTICAJ VRSTE NAMENSKIH MASTI NA OKSIDATIVNU STABILNOST KEKSA TOKOM SKLADIŠTENJA THE IMPACT OF EDIBLE FATS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF COOKIES DURING STORAGE	216

<i>Jovana Petrović, Biljana Pajin, Ivana Lončarević, Dragana Šoronja-Simović, Ivana Nikolić, Jana Zahorec, Jovana Doroslovac</i>	
KARAKTERISTIKE ČAJNOG PECIVA SA DODATKOM SOJINE LJUSKE CHARACTERISTICS OF COOKIES WITH THE ADDITION OF SOY HUSK	225
<i>Dragana Šoronja-Simović, Anastasija Selaković, Jana Zahorec, Jovana Petrović, Biljana Pajin, Ivana Lončarević, Olivera Šimurina</i>	
LISNATO PECIVO OBOGAĆENO ČIJA SEMENOM I VLAKNIMA PUFF PASTRY ENRICHED WITH CHIA SEEDS AND FIBERS	233
<i>Senka Popović, Danijela Šuput, Nevena Hromiš, Dragoljub Cvetković, Aleksandra Ranitović, Vladimir Šarac, Nedeljka Spasevski, Slađana Rakita</i>	
UTICAJ BIOPOLIMERNOG PREMAZA NA BAZI DIVLJEG LANA NA KVALITET OSMOTSKI DEHIDRIRANIH JABUKA EFFECT OF BIOPOLYMER COATING BASED ON WILD FLAX ON THE QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED APPLES	243
INDEKS AUTORA INDEX OF AUTHORS	253

FAKTORI UTICAJA NA PROIZVODNJU I TRŽIŠTE ULJANIH PROIZVODA

Dr Olga Čurović

„Industrijsko bilje” d.o.o., Novi Sad, Srbija

IZVOD

Događaje u vremenu u kojem živimo doživljavamo kao neposredni svedoci, treba ih zabeležiti. Ugao posmatranja nisu sami događaji, nego i posledice koje se odražavaju na proizvodnju i tržište uljanih useva u svetu i Srbiji. Ovaj rad, treći u kontinuitetu, nije izbegao da analizira proizvodnju u vreme burnih, za neke države i narode kobnih, društveno političkih događaja sa katastrofalnim posledicama. Danas smo svesni da su naša Zemlja i naš narod bili prvi na udaru ovih sila koje vladaju svetom. Obeleženi destruktivnom namerom na rušenje, ubijanje izabranih. U radu se ukratko daje osvrt na proizvodnju i tržište uljanih useva u kriznim periodima opisanim u nastavku rada. Nakon pandemije korone, vremenskih nepogoda (praćenih ćelijskim olujnim oblacima, razarajućim zemljotresima), kontrolisanih ratova, dobijamo jasniju sliku da društveno politički uticaj je važan za odvijanje proizvodnje i tržišta poljoprivredno-prehrambenih proizvoda.

Ključne reči: uljani usevi, proizvodnja, tržište, faktori.

FACTORS INFLUENCING ON THE PRODUCTION AND MARKET OF OIL PRODUCTS

ABSTRACT

We experience the events of the time in which we live as direct witnesses, they should be recorded. The angle of observation is not the events themselves, but also the consequences that are reflected on the production and market of oil crops in the world and in Serbia. This work, the third in continuity, did not avoid analyzing the production during turbulent, for some states and peoples fatal, socio-political events with catastrophic consequences. Today we are aware that our country and our people were the first to be attacked by these powers that rule the world. Marked with destructive intent to overthrow, kill the chosen ones. The paper briefly reviews the production and market of oil crops in the crisis periods described in the rest of the paper. After the corona pandemic, weather disasters (accompanied by cellular storm clouds, devastating earthquakes), controlled wars, we get a clearer picture that social influence is important for the development of the production and market of agricultural and food products.

Key words: oil crops, production, market, factors.

UVOD

Kada se analizira ostvarena proizvodnja i tržište poljoprivredno–prehrambenih proizvoda, pa i uljanih useva u nekom periodu, smatra se da su ispunjeni osnovni faktori bez kojih se bar za sada ne može proizvoditi (plodna zemlja, umerena klima, radna snaga i drugo). Analiza u dosadašnjem periodu je pre svega razmatrala napred iznete faktore koji su odgovorni i za buduću uspešnu proizvodnju. Širi pogled, da isključivi uticaj na proizvodnju i tržište nemaju samo osnovni faktori, videli smo i shvatili krajem XX veka, kada su dominantan uticaj imali sankcije, ratno okruženje otimanje Kosova i Metohije i još dosta toga.

U radu se daje prikaz ostvarene proizvodnje uljanih useva i njihova kretanja na tržištu u vreme kada su uticaji kao što su globalana politika odnosno društveno politički događaji bili dominantni. Kretanje proizvodnje i tržišta u vreme prezentovanja ovog materijala, posebno kretanja cena na tržištu su posledica ponude i tražnje izazvane političkim odlukama na globalnom nivou.

Isključivanjem iz posmatranja društveno-političkih događaja i drugih faktora, osiromašuje se i daje nepotpuna analiza samom istraživanju. Naučile su nas desetogodišnje sankcije i na kraju bombardovanje naše zemlje da su baš oni i te kako uticali na proizvodnju, tržište, da izostavimo druge posledice koje traju i danas. Prema ovim prvim saznanjima možemo zaključiti da je prošla PRVA faza većeg uticaja na proizvodnju ostalih odnosno **društveno političkih faktora** kao što su sankcije, kontrolisano bombardovanje sa posledicama samo na onu zemlju na koju se ovi uticaji odnose. Ovaj peiod traje do kraja XX veka.

U novom milenijumu početkom XXI veka svetsko tržište je pod većim uticajem ratnih dejstava uglavnom na Bliskom istoku, i sukoba pod opštim imenom „Arapsko proleće”. U takvim okolnostima se pod osnovnim uslovima podrazumeva da jesu ispunjeni. Svakako ne treba zaboraviti da je i u ovom periodu bilo vremenskih nepogoda i katastrofa, razarajućih zemljotresa što je imalo uticaja na proizvodnju. Međutim, uticaj ostalih društveno-političkih faktora se sve više širio na više zemalja i veće prostore u svetu, sve do pojave Kovida 19. Dakle, ovo je DRUGA faza, u kojoj su se ratni sukobi širili po zemljama Bliskog istoka. Mada je poprimala svetske razmere, još uvek se zvala baš tako - **svetska kriza**. Ovaj period traje prve dve dekade XXI veka kao prelazno rešenje za GLOBALIZAM.

Treća dekada XXI veka je GLOBALNA, pod velikim uticajem društveno političkih događaja pa i klimatskih-vremenskih uslova na proizvodnju, posebno na tržište poljoprivredno-prehrambenih proizvoda. U raznim analizama i stručnim radovima autori sa pažnjom analiziraju globalne događaje, kao što je kovid, ratovi na bliskom istoku, Specijalna vojna operacija Rusije u Ukrajini, rat Izraela napad na Palestinu u pojasu Gaze i još ih ima povodom oslobađanja afričkih zemalja od zemalja aparthejda itd. Globalna je jer se odnosi ne samo na zemlje koje su direkno

pogođene već i na one koje trpe posledice sadašnjih dešavanja. Dakle TREĆA koja se nadovezuje na faze koje traju od Kovida 19, ratnih sukoba u Ukrajini, na pojasu Gaze, je posledica Globalne politike.

Sa globalizmom analiziramo uticaj i posledice globalne pandemije Kovida 19, posledica Specijalne vojne operacije Rusije na Ukrajinu, sankcija Zapadnih zemalja na Rusiju, Rat na pojasu Gaze, globalno naoružavanje svih zemalja i priprema za globalni rat. Niko ne razmišlja o proizvodnji koja se najčešće odvijala svojim dosadašnjim tokom. Podrazumeva se da je zadovoljavajuća proizvodnja i dovoljno roba za potebe tržišta. Na jednoj strani jesu osnovni faktori bez kojih se ne može, a na drugoj strani su društveni i politički događaji koji su na suprotnom tasu vage i čiji se uticaj mora dovesti u vezu sa proizvodnjom i snabdevanjem tržišta.

U momentu kada neki od osnovnih faktora, najčešće klime i elementernih nepogoda prevlada i time ugrožava proizvodnju i tržište, tada se osnovni faktori uvažavaju potpuno, mada u isto vreme društveno-politički događaji u vreme ratnih dejstava, stvaraju veću zebnju u drušvu što ima uticaja na tržište i cene.

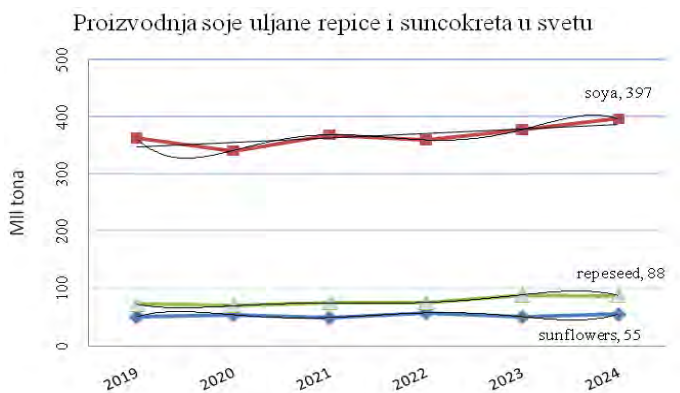
MATERIJAL I METODE RADA

Osnovna ideja je da se prikaže koji sve faktori imaju uticaja na ostvarenu proizvodnju i tržište uljanih biljnih vrsta. U ovom materijalu je analiza proizvodnje pre događaja od globalnog značaja i u kontinuitetu nastavljamo u vreme globalizma što sa direktnim uticajem, što sa globalnim posledicama. Analiza proizvodnje osnovnih uljanih biljnih vrsta, koristeći podatke USDA, Coceral, Agri Pro, Sfera farm, je prikazala stanje u kome se proizvodnja nalazi. Za domaću proizvodnju uljanih biljnih vrsta u Srbiji sam koristila podatke Industrijskog bilja, koje sam lično obradila za poslednjih četvrt veka, sačuvala, i prikazala u knjizi "Proizvodnja i prerada industrijskog bilja". U knjizi su obrađeni podaci o površinama, otkupnim cenama i subvencijama ukoliko ih je bilo. Bez imalo skromnosti ponosna sam na podatke koje sam sačuvala od zaborava od pre 50 godina i prikazala proizvodnju suncokreta, soje i uljane repice u Srbiji.

TRŽIŠTE - Ponuda i tražnja

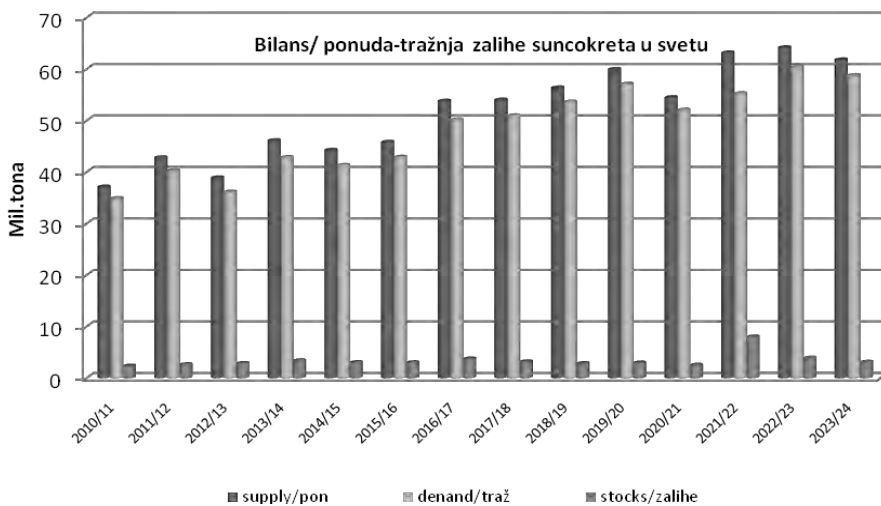
Živimo u vreme najvećih kriza u novom milenijumu, XXI veku u kojem se nasuprot tome iz godine u godinu ostvaruje rekordna proizvodnja glavnih uljanih biljnih vrsta. Navešću samo proizvodnju odnosno ukupnu ponudu suncokreta, soje i uljane repice, na jednoj strani, a na drugoj ukupne potrebe za tim proizvodom. Tržište je vaga na kojem je na jednom tasu ponuda dok je na drugom tražnja. Na osnovu odnosa ponude i potražnje formira se cena sve dok se uticaji društveno-političkih faktora, gore navedenih, ne umešaju. Tržišna neravnoteža remeti sve odnose na tržištu, sve dok se ne uspostavi novonastalo stanje.

Na grafikonu, slika 1 je prikazana proizvodnja uljarica u periodu od početka krize 2020. godine sa Kovidom 19, preko Specijalne vojne operacije Rusije u Ukrajini 24. februara 2022. god, zatim rata Izraela sa Palestinom u pojasu Gaze od 7. oktobra 2023. godine u koji se uključuju, za sada radi upozorenja, druge zemlje (Iran). Može se iz priloženog zaključiti da je proizvodnja iz godine u godinu uzlaznog trenda i, čak je u proizvodnji soje i uljane repice rekordna u poslednje tri godine zaredom.

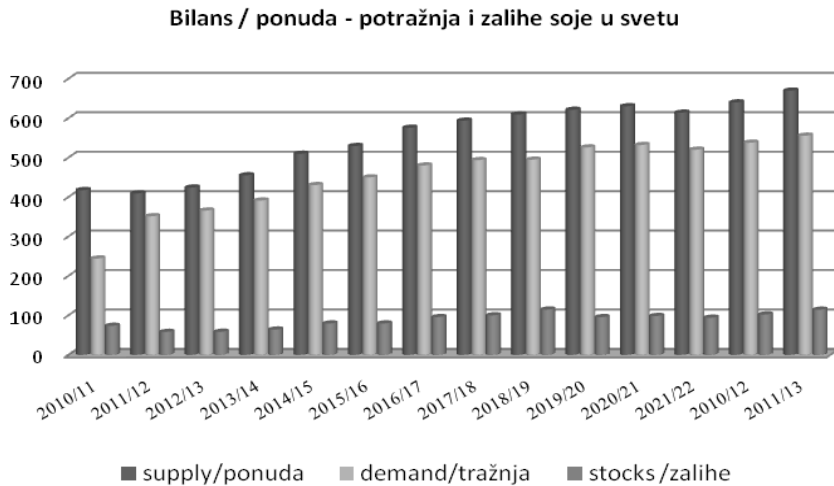


Slika 1. Proizvodnja uljarica u periodu 2019-2024. godine
Figure 1. Production of oilseeds in the 2019-2024 period

Razlog tome da je proizvodnja u svim ovim godinama iznad potrošnje, slike 2 i 3 sa promenljivim zalihama posebno kod suncokreta, dok je tržište prikazano u grafikonima, slike 4 i 5, koji slede o cenama na berzi u Roterdamu.



Slika 2. Bilans/ponuda - tražnja zalihe suncokreta u svetu
Figure 2. Balance/offer - demand for sunflower supplies in the world

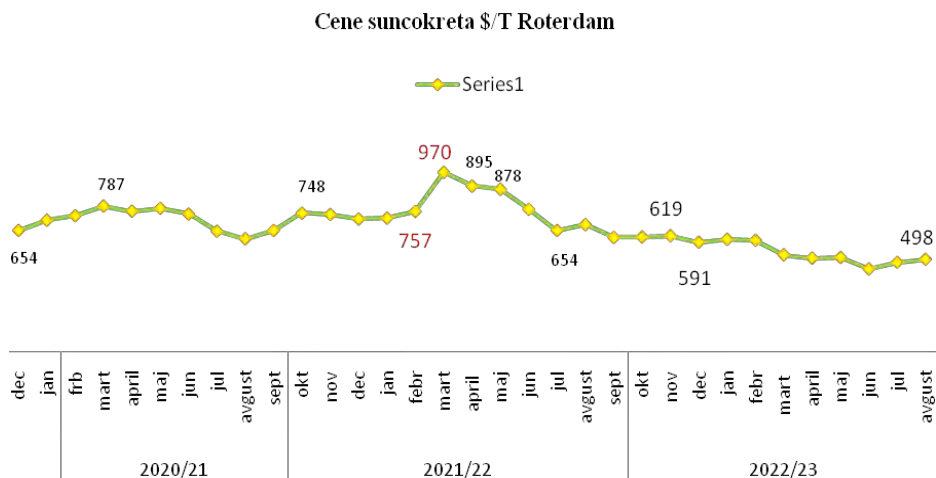


Slika 3. Bilans/ponuda - tražnja zalihe soje u svetu

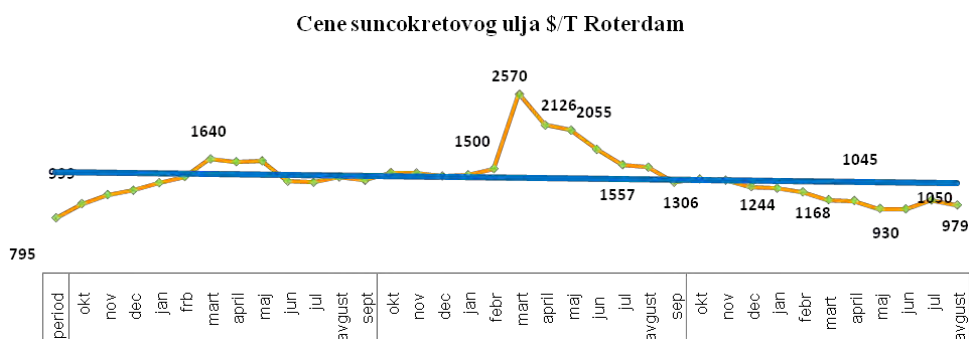
Figure 3. Balance/offer - demand for soybean supplies in the world

Bez obzira što je bilo dovoljno proizvodnje uljanih useva, njen transport u vreme Korone je bio onemogućen odlukama SZO koje su sprovodile sve države a kod nas Vlada Srbije preko svojih organa, što je dovelo do nestašice roba na berzama gde je bila tražnja što je dovelo do rasta cena. S obzirom na to da je proizvodnja rasla, kao što je gore prikazano na grafikonima, poremećaji na tržištu su nastajali uglavnom zbog mera društveno političkih faktora. U prethodna dva rada sam prikazala uticaj Kovida 19 na tržište uljanih useva i ulja, zatim u kontinuitetu SVO Rusije na Ukrajinu, što je izazvalo mnogo veći senzibilitet cena suncokreta na tržištu (sa 609 \$/t u avgustu 2021. skok na 970 \$/t u martu 2022. godine). Nagli skok cene suncokreta i ulja u martu 2022. godine izazvan Specijalnom vojnom operacijom u Ukrajini. Već sledeći mesec beleži postepeni pad cena da bi se i u narednoj godini nastavio, prouzrokovan političkim odlukama EU o ekonomskim sankcijama Rusiji, a posebno odlukom da se odobri izvoz ukrajinskih žitarica, suncokreta i jestivog ulja na evropsko tržište bez carina. Ove odluke EU su ugrozile najpre poljske poljoprivrednike kao i u ostalim državama Evrope, što je izazvalo masovne štrajkove poljoprivrednika u zemljama EU.

Društveno politički događaji u svetu među državama se sve više komplikuju političkim međusobnim konfliktima i ekonomskim sankcijama, da bi na kraju 2023. godine (7. oktobra) otpočeo rat Izraela i Palestine koji još uvek traje. Tržište je reagovalo na društveno političke događaje što je za posledicu imalo češće i dnevene promene cena koje se nisu mogle pratiti. Razlog tome je da od avgusta 2023. godine nema izveštaja ni podataka o cenama na tržištu poljoprivredno prehrambenih proizvoda.



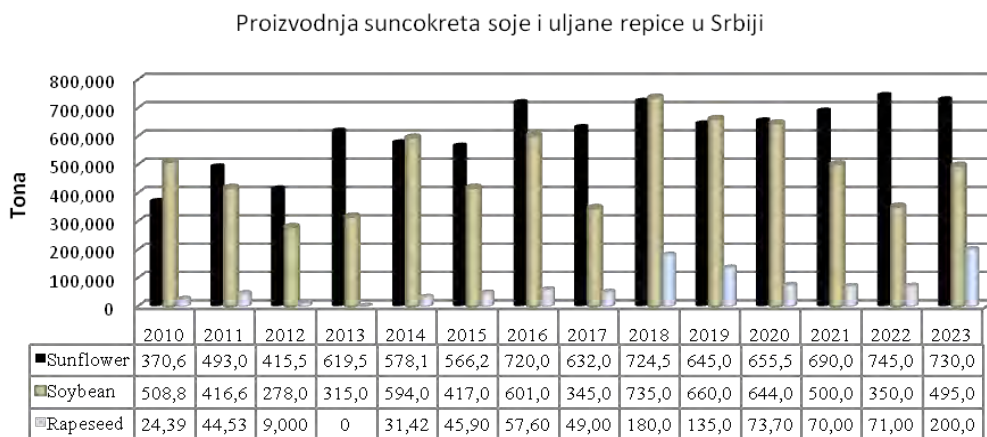
Slika 4. Cene suncokreta (\$/t) na berzi u Rotterdamu
Figure 4. Sunflower prices (\$/t) on the exchange in Rotterdam



Slika 5. Cene suncokretovog ulja (\$/t) na berzi u Rotterdamu
Figure 5. Sunflower oil prices (\$/t) on the exchange in Rotterdam

Proizvodnja suncokreta u Srbiji u poslednjih deset godina ostvaruje solidne prinose što se odražava na povećane površine i proizvodnjom koja je poslednjih godina rekordna (preko 700 hiljada tona), slika 6. Soja, za razliku od suncokreta je ostvarivala u poslednje tri godine niske prinose, uprkos tome što su se površine povećavale, proizvodnja je iznosila ispod 500 hiljada tona. Loši vremenski uslovi su isključivo odgovorni za niske prinose i pad proizvodnje soje u Srbiji, slika 6. Ne može se izbeći činjenica da su sankcije kolektivnog zapada na Rusiju uticale na pad cena uljanih useva i ulja na evropskom tržištu. Posebno odluka EU da pomogne Ukrajinu, da bez carina i dažbina izveze na evropsko tržište žito i uljane proizvode,

oborila je cene tih proizvoda na tržištu. Najveći udar niskih cena ukrajinskog žita i uljanih proizvoda, suncokreta i ulja imali su poljski proizvođači, zatim i iz ostalih zemalja u EU.



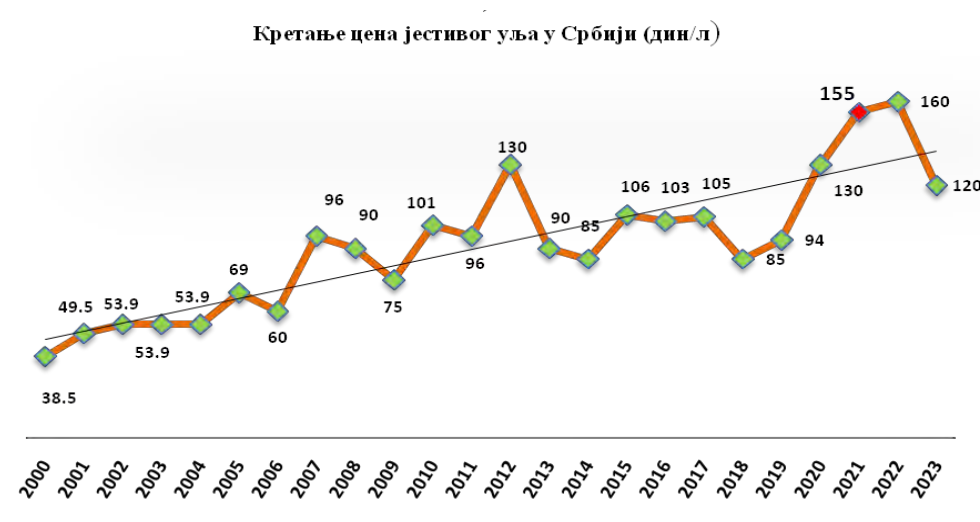
Slika 6. Proizvodnja suncokreta, soje i uljane repice u Srbiji
u periodu 2010-2023. godine

Figure 6. Production of sunflowers, soybeans and rapeseed in Serbia
in the 2010-2023 period

Negativan uticaj niskih cena poljoprivrednih proizvoda iz Ukrajine se odrazio i na našu zemlju. S obzirom da su cene poljoprivrednih proizvoda kod nas ipak rasle, ali ne toliko koliko su poljoprivredni proizvođači očekivali, što je izazvalo nezadovoljstvo manjeg dela proizvođača 2022. godine sa uličnim protestima traktorima ispred IV Vojvodine, i drugim gradovima u Srbiji. Vlada Republike Srbije im je izašla u susret, uprkos tome što je ostvarena rekordna proizvodnja suncokreta. Citat iz: ПРОГРАМ ФИНАНСИЈСКЕ ПОДРШКЕ ПОЉОПРИВРЕДНИМ ПРОИЗВОЂАЧИМА СУНЦОКРЕТА РОДА 2022. ГОДИНЕ „Финансијска подршка за пољопривредног произвођача утврђује се у износу до 7,8 динара по килограму испоручене/продате количине сунцокрета рода 2022. године правном лицу или предузетнику који се бави прерадом, складиштењем односно извозом сунцокрета, а највише за 200 тона.”.

Na udaru visokih otkupnih cena su bile fabrike ulja. Na grafikonu, slika 7 prikazane su cene jestivog ulja u periodu 2000-2023. godine. Pad cene ulja na 120 din/l u 2022/23. godini kada je otkupna cena suncokreta bila najveća, od 63 din/kg. Zapravo proizvođači ulja su mogli u tom periodu da kupe samo 1,9 kg suncokreta za litar ulja, mada im je potrebno po tehničkom normativu 2,2-2,5 kg. Međutim, cenovni odnos je 3,5 kg suncokreta : 1 litar ulja, jer uključuje manipulativne troškove i troškove kredita i dr. Situacija je bila nešto povoljnija sa otkupom roda 2023. godine.

Međutim, nagomilane zalihe od preko 100.000 tona ulja (jedan deo u suncokretu) otežavaju situaciju fabrikama ulja. I pored toga što je Vlada Srbije donela uredbu o zabrani uvoza ulja za devet meseci ove godine uzimajući u obzir prosek uvoza za prethodne četiri godine.



Slika 7. Kretanje cena jestivog ulja u Srbiji u periodu 2000-2023. godine

Figure 7. Edible oil prices in Serbia in the 2010-2023 period

ZAKLJUČAK

Proizvodnja uljanih useva je u vreme globalnih kriza izazvanih Kovidom, Specijalne vojne operacije Rusije u Ukrajini, zatim rat Izraela nad Palestinom u pojasu Gaze, je ostvarivala rekordnu proizvodnju.

Promene su ispoljene na globalnom tržištu. Pojava Korone koja prerasta u pandemiju je izazvala poremećaj na tržištu jer je izostala transportna logistika ne samo roba, već i kretanje ljudi. Tražila se svaka mogućnost stvaranja prekomernih zaliha, ne samo proizvodnih već i po domaćinstvima-kućne zalihe. To je izazvalo porast cena uljanih useva (suncokret) oktobra 2020. godine 450 \$/t da bi marta 2021. godine iznosila 780 \$/t nakon čega dolazi do blagog pada cena.

Početak Specijalne vojne operacije Rusije u Ukrajini je uzdrmao daleko više tržište jer su cene suncokreta već u martu 2022. godine iznosile 970 \$/t. Razlog je pre svega ogromna proizvodnja suncokreta Rusije i Ukrajine preko 50% svetske proizvodnje. Nakon naglog skoka cena, sledi postepeno smirivanje tržišta i pad cena suncokreta, pre svega zbog izvoza ukrajinskih proizvoda bez carina na evropsko tržište.

Otvaranjem novog ratnog žarišta između Izraela i Palestine zajedno sa prethodno nabrojanim globalnim krizama su doprinele dnevnim promenama cena, koje je bilo teško pratiti.

LITERATURA

- COCERAL - European association of trade in cereals, oilseeds, rice, pulses, olive oil, oils and fats, animal feed and agrosupply, <http://www.coceral.com/>, 2023.
- Čurović, O. (2021). Proizvodnja i prerada industrijskog bilja 2019-2020. godine, Poslovna zajednica „Industrijsko bilje” doo, Novi Sad.
- Ekonomska čitanka, P.A. Samuelson, Nakladni zavod matice Hrvatske.
- Ekonomska enciklopedija, Savremena administracija, Beograd.
- RZSS - Republički zavod za statistiku Srbije, <https://www.stat.gov.rs/>, 2023.
- USDA - U. S. Department of Agriculture, <https://www.usda.gov/>, 2023.

SUNCOKRET I PROMENA KLIME – NOVI PRISTUPI STVARANJU TOLERANTNIH HIBRIDA

*Dragana Miladinović, Ankica Kondić-Špika, Brankica Babec, Goran Bekavac,
Sandra Cvejić, Marina Čeran, Nemanja Ćuk, Boško Dedić, Vuk Đorđević,
Siniša Jocić, Jelena Jocković, Milan Jocković, Svetlana Glogovac, Sonja Gvozdenc, Nada
Hladni, Biljana Kiprovska, Miloš Krstić, Ana Marjanović Jeromela, Sanja Mikić, Vladimir
Miklić, Željko Milovac, Milan Mirosavljević, Jelena Ovuka,
Aleksandra Radanović, Dragana Rajković, Sonja Tančić Živanov, Dragana Trkulja, Verica
Zelić, Tijana Zeremski, Jegor Miladinović*

Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad

IZVOD

Oplemenjivanje suncokreta je kontinuirani proces dizajniran da poveća nivo prinosa i poboljša otpornost na biotičke i abiotičke stresove. Oplemenjivači su bili uspešni u proizvodnji velikog broja sorti koristeći konvencionalne metode oplemenjivanja koje se razlikuju u zavisnosti od vrste. Pojava novih tehnika, kao što je genomska selekcija i izmena genoma, zajedno sa efikasnim platformama za fenotipizaciju, utrle su put efikasnijem unošenju poželjnih osobina. Novi pristupi u genotipizaciji i fenotipizaciji omogućili su efikasnije prikupljanje podataka za identifikaciju kvantitativnih svojstava i objašnjenje genetske osnove agronomski važnih osobina. Stvaranje genotipova suncokreta otpornih na promene klime može doprineti ublažavanju negativnog uticaja koje poljoprivredna proizvodnja ima na životnu sredinu, poput intenzivnog iskošičavanja voda i emisije gasova staklene bašte, dok s druge strane obezbeđuje resurse za stabilnu poljoprivrednu proizvodnju. U radu je dat pregled novih pristupa i koraka u oplemenjivanju suncokreta i stvaranju genotipova tolerantnih na promene klime, uz osvrt na aktivnosti u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo vezane za njihovu primenu u NS oplemenjivačkom programu.

Ključne reči: suncokret, oplemenjivanje, genomska selekcija, izmena genoma, fenotipizacija.

SUNFLOWER AND CLIMATE CHANGE – NEW APPROACHES IN CREATION OF RESILIENT HYBRIDS

ABSTRACT

Sunflower breeding is a continuous process designed to increase yield levels and improve resistance to biotic and abiotic stresses. Breeders have been successful in producing a large number of varieties using conventional breeding methods that vary by species. The emergence of new techniques, such as genomic selection and genome editing, together with efficient phenotyping platforms, have paved the way for more efficient introduction of desirable traits. New approaches in genotyping and phenotyping have enabled more efficient data collection to identify quantitative traits and explain the genetic basis of agronomically

important traits. The creation of sunflower genotypes resistant to climate change can contribute to mitigating the negative impact that agricultural production has on the environment, such as intensive water depletion and greenhouse gas emissions, while on the other hand providing resources for stable agricultural production. The paper provides an overview of new approaches and steps in sunflower breeding and the creation of genotypes tolerant to climate changes, with a review of the activities at the Institute of Field and Vegetable Crops related to their application in the NS breeding program.

Key words: sunflower, breeding, genomic selection, gene editing, phenotyping.

UVOD

Promene klime direktno i indirektno utiču na gajene biljke i biljnu proizvodnju uopšte. Razlog tome su vrlo kompleksni unutrašnji mehanizmi koji regulišu rast i razvoj gajenih biljaka i čine ih veoma osjetljivim na uslove spoljašnje sredine, naročito temperaturu i nedostatak vlage. Termin „climate-smart” poljoprivreda, relativno je novi pojam u nauci i poljoprivredi uopšte i odnosi se na poljoprivrednu proizvodnju koja se odupire negativnom uticaju klimatskih promena. Temelj „climate-smart“ poljoprivrede je uvođenje i primena novih, inovativnih rešenja za proizvodnju useva otpornih na stresove izazvane klimatskim promenama.

Iako se suncokret, kao uljana biljna vrsta prilagođena južnoj Evropi i polusušnim uslovima, smatra otpornim na sušu stvaranje genotipova otpornih na promene klime je i dalje neophodno i predstavlja jedan od nezobilaznih pravaca oplemenjivanja svuda u svetu. Na taj način obezbeđuju s resursi za stabilnu poljoprivrednu proizvodnju i u nestabilnim uslovima izazvanim promenama klime.

Cilj ovog rada je da se prikažu novi pristupi i koraci u oplemenjivanju suncokreta i stvaranju genotipova tolerantnih na promene klime, sa posebnim akcentom na aktivnosti u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad i njihovu primenu u NS oplemenjivačkom programu.

Korak 1 – Fenotipizacija

Poslednjih godina, ostvaren je značajan napredak u razvoju molekularnih alata za ubrzavanje procesa oplemenjivanja biljaka, ali je fenotipska analiza osobina biljaka, odnosno fenotipizacija, bila ograničena nedostatkom efikasnih tehnika. Razvoj novih, efikasnijih metoda fenotipizacije doveo je do njihove sve šire primene u oplemenjivačkim programima (Kondić-Špika i sar., 2022).

Sa globalnim promenama u životnoj sredini, stres izazvan sušom je još više dobio na svom značaju. Kao odgovor na stres izazvan sušom javljaju se različite i značajne promene u morfologiji i metabolizmu biljaka. Za efikasnu analizu i praćenje ovakvih složenih procesa u biljkama, pokrenute su aktivnosti u cilju razvoja adekvatnih metoda i alata, kao što su savremene platforme za fenotipizaciju. Platforme za

fenotipizaciju koje se primenjuju i testiraju na drugim biljnim vrstama su takođe interesantne iz proučavanje osobina, pre svega korena, kod suncokreta (Sankaran i sar., 2015). Pored toga, objavljeni su i prvi radovi o primeni „remote sensing“ tehnike na suncokretu u Kini (Yu i Shang, 2017).

U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, u toku je realizacija nekoliko projekata fokusiranih na fenotipizaciju korena suncokreta u uslovima stresa sušom. U okviru projekata SmartSun i CROPINNO arhitektura korena suncokreta je analizirana korišćenjem automatizovanih platformi za fenotipizaciju. Cilj ovih istraživanja je identifikacija osobina korena koje bi se mogle koristiti kao indikatori tolerantnosti, odnosno osetljivosti genotipa na sušu.

Korak 2 – Genotipizacija

Kod suncokreta, efikasna genotipizacija i sama genomska selekcija su postale izvodljivije zbog nedavnog napretka u razvoju platformi za genotipizaciju i tehnologijama sekvenciranja (Hladni i sar., 2022). Međutim, genomska selekcija do sada nije korišćena za predviđanje tolerancije na abiotski stres kod suncokretu, već za predviđanje performansi hibrida (Reif i sar., 2013), sadržaja ulja u hibridu (Mangin i sar., 2017) i tolerancije na belu trulež stabljike *Sclerotinia* (Livaja i dr. 2016). U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo učinjeni su prvi koraci ka uvođenju genomske selekcije na suncokretu, pre svega u cilju poboljšanja otpornosti na sušu i kvaliteta semena. Aktivnosti vezane za genomsku selekciju se pre svega realizuju kroz projekat HelEx.

Objavljivanje sekvence genoma suncokreta dalo je osnovu za iskorišćavanje genetičkog diverziteta i širu upotrebu genomskih i drugih -omičkih alata u oplemenjivanju suncokreta (Badouin i sar., 2017). U kombinaciji sa klasičnim genetskim studijama, ova novodostupna sekvencija genoma, zajedno sa naprednim tehnologijama sekvenciranja, omogućila je i proučavanje epigenetskih fenomena kod suncokreta i primenu profilisanja epigenoma i inženjeringa za stvaranje genotipova sa trajnom otpornošću na abiotski stres (Varotto i sar., 2020). U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u okviru projekata SmartSun i CROPINNO inicirana su prva u svetu istraživanja na epigenetskom odgovoru suncokreta na stres izazvan sušom. Cilj istraživanja je karakterizacija odgovora suncokreta na izazove životne sredine na molekularnom nivou korišćenjem -omics alata, kao što su RNA-Sek i CHIP-Sek, kao i modifikacije histona kao što je H3K4me H3K27me3.

Korak 3 – Modifikacija

Izmena genoma omogućava pojedinačnu modifikaciju više gena istovremeno, ono omogućava izmenu poligena ili QTL-ova koji se obično teško odvajaju zbog

ograničenja usled rekombinacije, čime se stvara mogućnost za bržu proizvodnju novih sorti, bolje prilagođenih klimatskim promenama (Miladinović i sar., 2021). CRISPR/Cas9 (CRISPR-9) sistem je trenutno najjednostavniji i najčešće korišćeni sistem za izmenu genoma kod biljaka. U okviru aktivnosti na projektu PlantEd realizovanih u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, prvi put u svetu učinjeni su koraci ka uvođenju upotrebe ove tehnike u oplemenjivačke programe. Razvijana je efikasna metoda transformacije (Yildirim i sar., 2022; Miladinović i sar., 2022). Dalje aktivnosti na ovoj temi biće realizovane u okviru projekta HelEx, gde će fokus biti na dve osobine na koje sve više utiču klimatske promene, odnosno na atraktivnost suncokreta za oprašivače i kvalitet semena. Krajnji cilj je stvaranja genotipova tolerantnih na ekstremne klimatske uslove koji mogu da odgovore izazovima sa kojim se suočava poljoprivredna proizvodnja u Evropi.

Korak 4 – Inovacija

Oplemenjivanje i selekcija suncokreta su kontinuirani procesi dizajnirani da povećaju njegov prinos i poboljšaju otpornost na biotičke i abiotičke stresove. Oplemenjivači su bili uspešni u stvaranju velikog broja sorti koristeći konvencionalno oplemenjivanje. Međutim, klasične metode oplemenjivanja ne mogu uvek da obezbede rešenja za borbu protiv čestih i nepredvidivih varijacija u klimatskim i tržišnim uslovima. Kao odgovor na nedostatke klasičnog oplemenjivanja, Institut za ratarstvo i povrtarstvo (IFVCNS) osnovao je Centar izvrsnosti za inovacije u oplemenjivanju klimatski otpornih useva sa ciljem uvođenja i primene novih tehnika kao što su (epi)genomska selekcija i uređivanje genoma, zajedno sa efikasnim platformama za fenotipizaciju u oplemenjivanje glavnih gajenih vrsta. Climate Crops ima za cilj da pojača i stimuliše izvrsnost i inovativne kapacitete IFVCNS-a u oplemenjivanju suncokreta i poboljša njegovu sposobnost da odgovori i kreira inovativna rešenja za izazove sa kojima se proizvodnja suncokreta i poljoprivreda u celini suočavaju – klimatske promene i potrebu da se prehrani sve veći broj stanovnika. Značaj uvođenja savremenih oplemenjivačkih sredstava u unapređenju suncokreta prepoznat je u Srbiji i regionu i podržan nedavno odobrenim projektima SmartSun (7732457) i CROPINNO (101059784), koje finansiraju Fond za nauku Republike Srbije i Evropska komisija. Ovi projekti imaju za cilj izgradnju institucionalnih kapaciteta u primeni multi-omike u poboljšanju useva, pri čemu se suncokret koristi kao model biljka. Kao deo oba projekta, Climate Crops će dodatno doprineti integraciji savremenih alata u oplemenjivačkoj i istraživačkoj delatnosti IFVCNS-a za kreiranje inovativnih rešenja za suncokret 21. veka.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je deo aktivnosti realizovanih u okviru projekata CROPINNO, broj 101059784, i HelEx, broj 101081974, koje finansira Evropska Komisija, projekta koji podržava Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, broj 451-03-66/2024-03/200032, Fonda za nauku Republike Srbije, kroz IDEA projekat SMARTSUN, broj 7732457, kao i aktivnosti Centra izuzetnih vrednosti za inovacije u oplemenjivanju biljaka tolerantnih na promene klime – CLIMATE CROPS, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija, COST Akcija CA 16212 i CA 18111.

LITERATURA

- Badouin, H., Gouzy, J., Grassa, C.J., Murat, F., Staton, S.E., Cottret, L., Lelandais-Brière, C., Owens, G.L., Carrère, S., Mayjonade, B., Legrand, L. et al. (2017). The sun-flower genome provides insights into oil metabolism, flowering and Asterid evolution. *Nature*, 546: 148–152.
- Hladni N, Jan CC, Jocković M, Cvejić S, Jocić S, Radanović A, Miladinović D (2022). Sunflower and Abiotic Stress: Genetics and Breeding for Resistance in the—Omics Era Sunflower Abiotic Stress Breeding. In: Kole, C. (eds) *Genomic Designing for Abiotic Stress Resistant Oilseed Crops*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90044-1_3
- Kondić-Špika A, Mikić S, Miroslavljević M, Trkulja D, Marjanović Jeromela A, Rajković D, Radanović A, Cvejić S, Glogovac S, Dodig D, Božinović S, Šatović Z, Lazarević B, Šimić D, Novoselović D, Vass I, Pauk J, Miladinović D (2022). Crop breeding for a changing climate in the Pannonian region: towards integration of modern phenotyping tools, *Journal of Experimental Botany* 73: 5089–5110, <https://doi.org/10.1093/jxb/erac181>
- Mangin, B., Bonnafous, F., Blanchet, N., Boniface, M-C., Bret-Mestries, E., Carrère, S. et al. (2017). Genomic prediction of sunflower hybrids oil content. *Front Plant Sci.* 8: 1633.
- Miladinović D, Antunes D, Yildirim K, Bakhsh A, Cvejić S, Kondić-Špika A, Marjanović Jeromela A, Opsahl-Sorteberg HG, Zambounis A, Hilioti Z (2021). Targeted plant improvement through genome editing: from laboratory to field. *Plant Cell Rep*, doi: 10.1007/s00299-020-02655-4.
- Miladinović D, Cvejić S, Jocić S, Radanović A, Jocković M, Dedić B, Gvozdenac S, Hladni N, Kondić-Špika A (2022). (Epi)Genome Editing - Potential Tool for Increasing Crop Resilience. 3rd PlantEd conference 5 - 7 September 2022, Düsseldorf, Germany. *Book of Abstracts*, p 61
- Reif, J.C., Zhao, Y., Würschum, T., Gowda, M., Hahn, V. (2013). Genomic prediction of sunflower hybrid performance. *Plant Breed*, 132: 107–114.
- Sankaran, S., Khot, L. R., Espinoza, C. Z., Jarolmasjed, S., Sathuvalli, V. R., Vandemark, G. J., et al. (2015). Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping: a review. *Eur J Agron*, 70: 112–123.
- Varotto S, Tani E, Abraham E, Abraham T, Kapazoglou A, Melzer R, Radanović A, Miladinović D (2020). Epigenetics: Possible applications in climate-smart crop breeding. *J Exp Bot* 71: 5223–5236. doi: 10.1093/jxb/eraa188.

- Yildirim K, Sevgen İ, Kondić-Špika A, Cvejić S, Jocić S, Miladinović D (2022). The first report on efficient CRISPR-based protocol for sunflower. Proceedings, 20th International Sunflower Conference, 20-23 June 2022, Novi Sad, Serbia, p. 186.
- Yu, B., and Shang, S. (2017). Multi-year mapping of maize and sunflower in Hetao irrigation district of China with high spatial and temporal resolution vegetation index series. *Remote Sens*, 9: 855.

OPRAŠIVANJE SUNCOKRETA KAO USLOV USPEŠNE PROIZVODNJE

*Vladimir Miklič, Siniša Jocić, Nenad Dušanić, Nada Hladni, Branislav Ostojić,
Velimir Radić, Miloš Krstić, Dragana Miladinović*

Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut o nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Suncokret je stranooplodna entomofilna biljka i za uspešnu proizvodnju semena neophodno je prisustvo polinatora. Ispitivan je uticaj uslova oplodnje na elemente prinosa. U slobodnoj oplodnji prinos semena po glavi je u proseku za 12 genotipova u 2 godine ispitivanja bio za 72,13% veći u odnosu na uslove samooplodnje, masa 1000 semena je bila za 10,08% manja a sadržaj ulja veći za gotovo 6%. Uslovi oplodnje značajno utiču na sadržaj ulja što potvrđuje i Spirmanov koeficijent korelacije rangova genotipova po sadržaju ulja u dva tipa oplodnje koji je veoma nizak ($S_{ccr} = 0,1119$). Na posetu utiču sadržaj nektara, količina i kvalitet polena, dužina krunice, boja cveta i drugi faktori atraktivnosti, ali je veći uticaj faktora spoljašnje sredine i primenjenih agrotehničkih mera.

Ključne reči: suncokret, oprašivanje, prinos, masa 1000 semena sadržaj ulja.

SUNFLOWER POLLINATION AS A CONDITION FOR SUCCESSFUL PRODUCTION

ABSTRACT

The sunflower is an entomophilous plant, and the presence of pollinators is necessary for successful seed production. The influence of fertilization conditions on yield elements was examined. In open pollination, the seed yield per head was on average 72.13% higher for 12 genotypes in 2 years of testing compared to self-fertilization conditions, the weight of 1000 seeds was 10.08% lower and the oil content was almost 6% higher. Fertilization conditions significantly affect the oil content, which is confirmed by Spearman's coefficient of correlation of genotype ranks by oil content in two types of fertilization, which is very low ($S_{ccr} = 0.1119$). The visit is influenced by the content of nectar, the quantity and quality of pollen, the length of the corolla, the color of the flower and other factors of attractiveness, but the factors of the external environment and applied agrotechnical measures have a greater influence.

Key words: sunflower, pollination, yield, 1000 seed weight, oil content.

UVOD

Suncokret je stranooplodna entomofilna biljka i za njegovu oplodnju je neophodno prisustvo polinatora. Medonosna pčela je najvažniji oprašivač suncokreta, jer u Srbiji obavlja 50-90% oprašivanja u zavisnosti od klimatskih uslova (Miklič, 1996).

Kiša u cvetanju ometa rad polinatora i ispira polen sa žiga tučka smanjujući njegov kvalitet a time i oplodnju (Terzić i sar., 2017). Sa druge strane, dugotrajna suša smanjuje produkciju nektara i polena a time i oplodnju (Miklič i sar., 2003). U slobodnoj oplodnji ostvaruju se znatno veći prinosi semena u odnosu na uslove prisilne samooplodnje (pod izolatorima) (Špehar i sar., 1986, Waghchoure i sar., 1988). Sa druge strane u uslovima samooplodnje ostvaruje se veća masa 1000 semena, uglavnom zbog manje konkurencije za resurse u procesu nalivanja zrna, usled smanjenog broja oplodjenih cvetova (Wilson i sar., 1988). Većina autora utvrdila je smanjen sadržaj ulja u uslovima samooplodnje u odnosu na iste genotipove gajene u uslovima slobodne oplodnje (Waghchoure i sar., 1988, Mahmood i sar., 1983). Na ove razlike znatno utiči i vremenski činioci. Pinthus, (1959), je utvrdio da autofertilnost kod istih genotipova pri nižim temperaturama u fazi cvetanja može dostići 50-60%, a pri višim svega 0,4-0,5%, što pokazuje snažan uticaj vremenskih uslova u uslovima gajenja u izolaciji, bez polinatora. Cilj ovog rada je bio ispitivanje uticaja načina oplodnje na elemente prinosa suncokreta.

MATERIJAL I METODE RADA

Ogled za ispitivanje uticaja načina oplodnje na elemente prinosa postavljen je na Rimskim šančevima, na zemljištu tipa černoziem, po slučajnom blok sistemu u 4 ponavljanja, sa veličinom osnovne parcele 4,90 x 2,75 m (8 redova sa po 12 biljaka). Ispitivano je 12 genotipova suncokreta, stvorenih u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu (3 hibrida i njihove roditeljske komponente uključujući i fertile analoge majke). Primenjene su uobičajene agrotehničke mere, na parcelu nisu donošene košnice sa pčelama. Pre početka cvetanja 10 glava po parceli je izolovano natron vrećama i posle sazrevanja obrano ručno, kao i po 10 biljaka u slobodnoj oplodnji. Na ovim glavama utvrđen je prinos semena i masa 1000 semena (svedeno na sadržaj vlage od 11%), kao i sadržaj ulja koji je određen korišćenjem metode NMR prema Granlund i Zimmerman (1975). Dobijeni rezultati su obrađeni analizom varijanse, utvrđene su i najmanje značajne razlike, na nivoima značajnosti 0,05 i 0,01, kao i Spirmanovi koeficijenti korelacije ranga (Scrr) za upoređivanje rangova genotipova.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati prinosa semena po glavi, mase 1000 semena i sadržaja ulja u uslovima samooplodnje prikazani su u tabeli 1. Najveći prinos po glavi utvrđen je kod hibrida Hyb-2 (47,41 g) a najmanji kod sterilnih analoga linija gde u većini ponavljanja nije bilo oplodjenih zrna. Najveća masa 1000 semena (ako se izuzmu sterilni analozi) utvrđena je kod hibrida Hyb-2 (55,49 g) a najmanja kod linije RHA-1 (27,42 g).

Najveći sadržaj ulja utvrđen je kod hibrida Hyb-3 (45,05%) a najmanji kod hibrida Hyb-3 (36,43%), razlike su bile statistički visoko značajne.

Tabela 1. Prinos po glavi, masa 1000 semena, sadržaj ulja u samooplodnji i rang
Table 1. Yield per head, 1000 seeds weight, self-fertilization oil content and rank

Genotip Genotype	Prinos po glavi Yield per head		Masa 1000 semena 1000 seed weight		Sadržaj ulja Oil content	
	(g)	Rang/Rank	(g)	Rang/Rank	(%)	Rang/Rank
Hyb-1	31,07	2	46,72	6	39,88	6
L1 A	0,14	12	23,19	12	-	10
L1 B	18,15	3	52,84	4	43,47	3
RHA-1	10,99	5	27,42	11	36,47	9
Hyb-2	47,41	1	55,49	2	44,72	2
L2 A	0,32	10	55,90	1	-	10
L2 B	12,09	4	33,33	10	37,39	7
RHA-2	10,80	6	38,36	7	42,08	4
Hyb-3	1,82	9	54,25	3	36,43	8
L3 A	0,30	11	34,82	8	-	10
L3 B	2,45	8	47,42	5	41,55	5
RHA-3	10,35	7	34,01	9	45,05	1
X	12,15	-	41,98	-	40,82	-
LSD 0,05	1,69		2,58		1,43	
LSD 0,01	2,22		3,41		1,89	

Rezultati prinosa semena po glavi, mase 1000 semena i sadržaja ulja u uslovima slobodne oplodnje prikazani su u tabeli 2. Najveći prinos po glavi utvrđen je kod hibrida Hyb-2 (80,32 g) a najmanji kod linije RHA-3 (17,49 g). Najveća masa 1000 semena utvrđena je kod hibrida Hyb-2 (56,53 g) a najmanja kod linije RHA-1 (24,60 g). Najveći sadržaj ulja utvrđen je kod linije RHA-3 (52,62%) a najmanji kod linije RHA-1 (40,03%), razlike su bile statistički visoko značajne.

U slobodnoj oplodnji prinos semena po glavi je u proseku za 12 genotipova u 2 godine ispitivanja bio za 72,13% veći u odnosu na uslove samooplodnje, masa 1000 semena je bila za 10,08% manja a sadržaj ulja veći za gotovo 6%. Povećanje prinosa u uslovima slobodne oplodnje utvrdili su mnogi autori, između ostalog i Špehar i sar. (1986) i Wagchoure i sar. (1988). Takođe, povećanje mase 1000 semena u uslovima samooplodnje utvrdili su Birch i sar. (1985), Wilson i sar. (1988) i mnogi drugi. Povećanje sadržaja ulja u uslovima slobodne oplodnje utvrdila je većina autora, između ostalih i Mahmood i sar. (1983) i Wagchoure i sar. (1988). Procenat ekstrahovanog ulja iz slobodne oplodnje i samooplodnje je 57ml i 24ml za sortu Flame, odnosno 52 ml i 30 ml za sortu Peredovik (Karso i sar., 2023). Sa druge

strane, Draine i sar. (1982) utvrdili su da prisustvo ili odsustvo pčela nisu imali uticaja na masu 1000 semena kao ni na sadržaj ulja u semenu.

Tabela 2. Prinos po glavi, masa 1000 semena, sadržaj ulja u slobodnoj oplodnji, rang
Table 2. Yield per head, 1000 seeds weight, open pollination oil content and rank

Genotip Genotype	Prinos po glavi Yield per head		Masa 1000 semena 1000 seed weight		Sadržaj ulja Oil content	
	(g)	Rang/Rank	(g)	Rang/Rank	(%)	Rang/Rank
Hyb-1	58,71	3	37,30	8	46,71	
L1 A	46,86	4	39,49	5	47,88	
L1 B	45,88	5	40,07	4	48,87	
RHA-1	18,62	11	24,60	12	40,03	
Hyb-2	80,32	1	56,53	1	48,26	
L2 A	36,86	7	40,97	3	47,65	
L2 B	31,56	9	35,05	9	45,51	
RHA-2	24,60	10	37,94	7	42,67	
Hyb-3	69,21	2	41,67	2	49,07	
L3 A	39,80	6	38,54	6	50,31	
L3 B	35,03	8	33,42	10	47,01	
RHA-3	17,49	12	26,97	11	52,62	
X	42,08	-	37,71	-	46,75	-
LSD 0,05	3,74		2,02		0,53	
LSD 0,01	4,93		2,66		0,70	

Utvrđeno je da su sterilni analozi u slobodnoj oplodnji ostvarili veće prinose semena po glavi od fertilnih analoga. Do istih rezultata došli su i Vear i sar. (1984) koji ovu pojavu objašnjavaju uštedom u resursima jer ih sterilni analozi ne troše na obrazovanje polena. Sterilni analozi proizveli su više nektara od fertilnih, i privukli više pčela i bumbara, postoji konkurencija za resurse između stvaranja polena i lučenja nektara (Catrice i sar., 2023). Uslovi oplodnje značajno utiču na sadržaj ulja što potvrđuje i Spirmanov koeficijent korelacije rangova genotipova po sadržaju ulja u dva tipa oplodnje koji je veoma nizak ($S_{ccr} = 0,1119$), dakle nema korelacije. Uslovi oplodnje utiču ne samo na sadržaj ulja već i na njegov kvalitet. Silva i sar. (2018) su utvrdili da se u uslovima slobodne oplodnje dobija ulje koje ima za 44,7% veći sadržaj ukupnih tokoferola (alfa tokoferola za 44,7% a gama tokoferola čak za 160,7%). Takođe, utvrdili su i manje izmene u sadržaju višemasnih kiselina u zavisnosti od načina oplodnje.

ZAKLJUČAK

Upoređivanjem elemenata prinosa suncokreta (prinos po glavi, masa 1000 semena, sadržaj ulja) u uslovima slobodne oplodnje i u uslovima samooplodnje (pod izolatorima) utvrđen je značajan uticaj polinatora na sva ispitivana svojstva. U slobodnoj oplodnji prinos semena po glavi je u proseku za 12 genotipova u 2 godine ispitivanja bio za 72,13% veći u odnosu na uslove samooplodnje, masa 1000 semena je bila za 10,08% manja a sadržaj ulja veći za gotovo 6%. Uslovi oplodnje značajno utiču na sadržaj ulja što potvrđuje i Spirmanov koeficijent korelacije rangova genotipova po sadržaju ulja u dva tipa oplodnje koji je veoma nizak ($S_{ccr} = 0,1119$), dakle nema korelacije.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je deo aktivnosti realizovanih u okviru projekata CROPINNO, broj 101059784, i HelEx, broj 101081974, koje finansira Evropska Komisija, projekta koji podržava Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, broj: 451-03-66/2024-03/200032, kao i aktivnosti Centra izuzetnih vrednosti za inovacije u oplemenjivanju biljaka tolerantnih na promene klime – CLIMATE CROPS, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Srbija.

LITERATURA

- Catrice, O., Holalu, S., Terzić, S., Todesco, M., Creux, N., Langlade, N. (2023): Progresses of the international community to understand sunflower–pollinator interactions through multiscale approaches, *OCL*, 30 (2023) 17 DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2023012>
- Draine, D., Macpherson, R., White, K. (1982): Pollination studies in hybrid sunflower seed production. *Proc. 10th Inter. Sunflower Conf.*: 95–100.
- Granlund, M., D.C. Zimmerman (1975): Effect of drying conditions on oil contents of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed determined by wide-line Nuclear Magnetic Resonance (NMR). *North Dakota Acad. Sci. Proc.*, 27(2): 128–132.
- Karso, B. A., Dabash, A. H., Ali Bas, S. M. (2023): The Effect of Honeybee for Increasing of Sunflower Productivity, 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1213 012057, DOI 10.1088/1755-1315/1213/1/012057
- Mahmood, A. N., Furgala, B. (1983): Effect on pollination by insects on seed oil percentage of oilseed sunflower. *American Bee Journal*, 123: 663–667.
- Miklić, V. (1996.): The effect of different genotypes and individual climate factors on the visit of honey bees and other pollinators and fertilization of sunflower. Master Thesis, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad (in Serbian).
- Miklić V., Atlagić J., Sakač Z., Dušanić N., Joksimović J., Mihailović D. (2003): The effect of genotype and growing conditions on some parameters of attractiveness for bees. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 38: 181–192 (in Serbian).
- Pinthus, M. J. (1959): Seed set of self-fertilized sunflower heads. *Agron. Journ.*, 51: 626.

- Silva, C. A. S., Godoy, W. A. C., Jacob, C. R. O., Thomas, G., Câmara, G. M. S., Alves, D. A. (2018): Bee Pollination Highly Improves Oil Quality in Sunflower. *Sociobiology*, 65(4), 583–590. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3367>
- STATISTICA 12.0, StatSoft. University Licence, IFVC, Novi Sad, Serbia.
- Špehar, M., Radaković Anka, Tomljenović, M. (1986): Uloga pčele medarice u polinaciji suncokreta i uljane repice u uvjetima Slavonije. *Nauka u proizvodnji*, 14, (1-2): 11–18.
- Terzić, S., Miklič, V., Čanak, P. (2017): Review of 40 years of research carried out in Serbia on sunflower pollination. *OCL* 24(6): D608. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017049>.
- Vear, F. (1984): The effect of male sterility on oil content and seed yield in sunflower. *Agronomie*, 4, 901–904.
- Waghchoure, E. S., Rana, M. A. (1988): Effect of honeybee pollination on seed setting, yield and oil content of sunflower, (*Helianthus annuus* L.). *Proc. 12th Inter. Sunflower Conf.*: 439–440.
- Wilson, R. L., Collison, V. L. (1988): Field cage study of the effects of four honey bee strains and hand pollination on the seed of a wild sunflower. *Seed Sci. & Technol.*, 16: 471–475.

ISPITIVANJE SADRŽAJA BIOAKTIVNIH JEDINJENJA U HLADNO PRESOVANIM ULJIMA NOVIH ULJANIH HIBRIDA SUNCOKRETA

*Ranko Romanić¹, Tanja Lužaić¹, Nada Grahovac²,
Sandra Cvejić², Siniša Jocić²*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija
²Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Sadržaj bioaktivnih jedinjenja u uljima i mastima je nizak, međutim njihov uticaj je izuzetno bitan. Ona imaju veliki metabolički značaj u organizmu, ispoljavaju antioksidativno dejstvo, antiradikalnu aktivnost, vitaminsko delovanje, zaštitni efekat i sl. U ovom radu je ispitan sadržaj bioaktivnih jedinjenja u hladno presovanim uljima 15 uljanih hibrida suncokreta. Ispitan je sadržaj ukupnih tokoferola, fenola, karotenoida, hlorofila i sterola. U ispitivanim hladno presovanim uljima utvrđeno je najviše ukupnih sterola (u proseku $1505,82 \pm 152,96$ mg/kg), zatim ukupnih tokoferola ($524,45 \pm 98,59$ mg/kg). Utvrđene su približne prosečne vrednosti sadržaja ukupnih karotenoida i fenola, $9,10 \pm 0,13$ mg/kg i $8,91 \pm 0,30$ mg/kg, redom, dok je sadržaj ukupnih hlorofila bio najniži, svega $0,73 \pm 0,32$ mg/kg, u proseku. Sve dobijene vrednosti sadržaja bioaktivnih jedinjenja karakteristične su za hladno presovana ulja suncokreta i u skladu su sa rezultatima prethodnih istraživanja.

Ključne reči: hibridi suncokreta, hladno presovano ulje, tokoferoli, fenoli, steroli.

INVESTIGATION OF THE BIOACTIVE COMPOUNDS CONTENT IN COLD-PRESSED OILS OF LATEST SUNFLOWER OILY HYBRIDS

ABSTRACT

The content of bioactive compounds in oils and fats is low, but their impact is extremely important. They have great metabolic significance in the body, exhibit antioxidant effects, antiradical activity, vitamin action, protective effect, etc. This study examined the content of bioactive compounds in cold-pressed oils of 15 sunflower hybrids. The content of total tocopherols, phenols, carotenoids, chlorophylls, and sterols was examined. Cold-pressed oils contain the highest total sterols (on average 1505.82 ± 152.96 mg/kg), followed by total tocopherols (524.45 ± 98.59 mg/kg). The approximate average values of the content of total carotenoids and phenols were observed, 9.10 ± 0.13 mg/kg and 8.91 ± 0.30 mg/kg, respectively, while the content of total chlorophyll was the lowest, only 0.73 ± 0.32 mg/kg, on average. The obtained values of the content of bioactive compounds are characteristic of cold-pressed sunflower oil and are in line with previous research.

Key words: sunflower hybrids, cold-pressed sunflower oil, tocopherols, phenols, sterols.

UVOD

Najveći deo minornih komponenti suncokretovog ulje čini tzv. neosapunjiva frakcija (neosapunjivih materija), koja uključuje i one minorne komponente koje se ne mogu saponifikovati pomoću baza, ali su rastvorljive u organskim rastvaračima koji rastvaraju i ulja i masti (AOCS, 2011). U neosapunjivim materijama sirovog ulja suncokreta nalaze se tokoferoli, (fito)steroli, alkoholi, ugljovodonici i fenolna jedinjenja koje obično čine 0,5–1,5% m/m sirovog ulja. Prema *Codex Alimentarius* maksimalna količina neosapunjivih materija u sirovom suncokretovom ulju treba da iznosi najviše 15 g/kg, odnosno najviše 1,5% m/m (*Codex Alimentarius*, 1999). Neke minorne komponente, kao što su tokoferoli i (fito)steroli, imaju značajan pozitivan uticaj na nutritivna i/ili tehnološka svojstva ulja (Fernández-Martínez i sar., 2009). Druge pak imaju negativan uticaj na kvalitet i stabilnost ulja. Fosfolipidi, slobodne masne kiseline i voskovi su glavne komponente ove nepoželjne grupe jedinjenja (Kamal-Eldin, 2005). Neki od ovih minornih sastojaka (npr. fosfolipidi) predstavljaju koprodukte koji imaju važnu industrijsku primenu (Salas i sar., 2006). Bioaktivne komponente prisutne u ulju utiču na oksidativnu stabilnost. Većina ovih jedinjenja pokazuju bioaktivno dejstvo. Tokoferoli su grupa liposolubilnih jedinjenja koji se sastoje od polarnog dela izvedenog iz tirozina, hromanolnog prstena i hidrofobnog dela, derivata fitil lanca. U prirodi se javljaju u četiri izomerna oblika kao: α -, β -, γ - i δ -tokoferol, koji se razlikuju po broju i položaju metil supstituenata na hromanolnom prstenu (Mène-Saffrané i DellaPenna, 2010). Tokoferoli su glavna jedinjenja sa antioksidativnim dejstvom u uljaricama, kao i u uljima ekstrahovanim iz uljarica i imaju veliki uticaj na njihove prehrambene i tehnološke karakteristike. Tokoferoli, zajedno sa drugim srodnim jedinjenjima, kao što su tokotrienoli (zajedno poznati kao tokohromanoli) imaju E vitaminsku aktivnost. Oni sprečavaju oksidativna, metabolička i inflamatorna oštećenja na ćelijskom nivou i naknadni razvoj različitih hroničnih bolesti (Eitenmiller i Lee, 2004; Galli i Azzi, 2010). Sa tehnološkog aspekta, tokoferoli štite ulje od oksidativnih promena (Shahidi i Zhong, 2010). Ukupna količina tokoferola prisutna u ulju i njihov sastav važni su za prehrambena i tehnološka svojstva ulja. Alfa-tokoferol ima visoku biološku vrednost kao vitamin E. Ako je vrednost vitamina E od 1,0 dodeljena α -tokoferolu, opšte je prihvaćeno da su E vitaminske vrednosti ostalih tokoferola 0,5 za β -tokoferol, 0,1 za γ -tokoferol i 0,01 za δ -tokoferol (Eitenmiller i Lee, 2004). Standardno suncokretovo ulje ima visok sadržaj tokoferola, sa visokim udelom α -tokoferola, što ga čini komercijalnim biljnim uljem sa najvišom E vitaminskom vrednošću. Alfa-tokoferol pokazuje najjaču biološku aktivnost *in vivo* i najslabiji antioksidativni efekat u uljima i mastima *in vitro*, dok obrnuto, γ - i δ -tokoferol pokazuju izraženije antioksidativne sposobnosti *in vitro*, ali i slabu biološku aktivnost *in vivo*. Dakle, α -tokoferol je važniji za zdravlje ljudi, a γ - i δ -tokoferoli za

kvalitet i stabilnost ulja. Međutim, sve više dokaza koji upućuju na to da je potcenjena uloga drugih oblika tokoferola, kao što je γ -tokoferol u prevenciji raznih bolesti (Wagner i sar., 2004; Ju i sar., 2010). Oko 91% ukupnih tokoferola u suncokretovom ulju čini α -tokoferol. Sadržaj α -tokoferola u suncokretovom ulju kreće se od 403 do 935 mg/kg, dok se sadržaj ukupnih tokoferola u suncokretovom ulju kreće od 440 do 1520 mg/kg (Melgarejo, 1998; Grompone, 2020). Velasco i sar. (2004), Gotor i sar. (2007) i Marmesat i sar. (2008) utvrdili su sadržaj ukupnih tokoferola od 176,9 do 1872 mg/kg u ulju dobijenom od semena suncokreta standardnog (linolnog) tipa, dok je sadržaj od 450 do 1120 mg/kg zabeležen u visokooleinskom i 509–741 mg/kg u srednjeoleinskom suncokretovom ulju.

Karotenoidi i hlorofili su najzastupljeniji pigmenti u suncokretovom ulju. Karotenoidi su tetraterpenoidi, građeni od osam molekula izoprena i sadrže 40 atoma ugljenika. Klasifikovani su u dve grupe: ksantofile, koji sadrže kiseonik, i karotene, koji predstavljaju čiste ugljovodonike koji ne sadrže kiseonik. Ksantofili, zajedno sa dihidroksi karotenoidima (uglavnom luteinom), su najzastupljeniji karotenoidi u suncokretovom ulju i čine od 76 do 81% ukupnih karotenoida (Rade i sar., 2004). Karotenoidi imaju značajnu biološku i zaštitnu ulogu u organizmu, deluju kao provitamini i u zaštiti od UV zraka (De Leonardis i sar., 2001; Tuberoso i sar., 2007; Dimakou i Oreopoulou, 2012). U nerafinisanim uljima karotenoidi doprinose ne samo boji ulja kao bitnom parametru senzorskog kvaliteta, već imaju i snažno antioksidativno dejstvo, poput tokoferola (Choe i Min, 2006; Dimakou i Oreopoulou, 2012).

Dodavanjem β -karotena u suncokretovo ulje povećava se oksidativna stabilnost na sobnoj temperaturi i pod dnevnim svetlom usled sinergističkog dejstva sa tokoferolima (Yanishlieva i sar., 2001). Franke i sar. (2010) utvrdili su prisustvo karotenoida u hladno presovanom suncokretovom ulju, ali ne i u rafinisanom. Visok udeo uklonjenih karotenoida tokom rafinacije pripisuje se njihovoj termolabilnosti (Ouyang i sar., 1980). Sadržaj ukupnih karotenoida u hladno presovanom suncokretovom ulju kreće se od 2 do 4 mg (Tuberoso i sar., 2007), dok su Dimić i sar. (2018) utvrdili znatno veći sadržaj ukupnih karotenoida (od 4,80 do 14,43 mg/kg). Druga hladno presovana ulja sadrže manje karotenoida: ulje oraha sadrži $0,93 \pm 0,05$ mg/kg (Martínez i sar, 2013), ulje semenki grožđa 0,2 mg/kg (Lutterodt i sar., 2011), ulje semenki borovnice 19 mg/kg (Parry i sar., 2005).

Hlorofili su zeleni pigmenti, utiču na boju i bitan su faktor u senzorskoj oceni ulja (Matthäus i Brühl, 2004). Hlorofil i derivati hlorofila su najaktivniji promotori fotooksidacije ulja u prisustvu svetlosti i u velikoj meri čine ulja podložnim oksidativnim procesima. Novija istraživanja ukazuju i na antioksidativna svojstva hlorofila prisutnih u ulju (Tynek i sar., 2012). Derivati hlorofila, feofitin A, pokazali su blagi antioksidativni efekat u mraku, verovatno donirajući vodonik slobodnim

radikalima i prekidajući tako lančanu reakciju oksidacije (Dobarganes i Velasco, 2002). Sirovo suncokretovo ulje ima mali sadržaj hlorofila koji se uklanjaju tokom beljenja za vreme rafinacije. Sadržaj hlorofila u hladno presovanom suncokretovom ulju kreće se od 2,3 mg/kg (Tuberoso i sar., 2007) do čak 5,15 mg/kg kod visokoolenskog suncokretovog ulja (Dimić i sar., 2011). Dimić i sar. (2018) ispitivali su sadržaj hlorofila u hladno presovanim uljima suncokreta dobijenog od semena sa različitim udelom organskih nečistoća i ljuske i dobili znatno niži sadržaj (od 0,00 do $1,21 \pm 0,01$ mg/kg). U rafiniranim uljima hlorofili se nalaze u količini do 0,6 mg/kg (Warner i sar., 1989). U drugim hladno presovanim uljima hlorofili se nalaze u većim koncentracijama, i to u devičanskom maslinovom ulju sadržaj hlorofila može biti veći od 31,97 mg/kg (Giuffrida i sar., 2007), u hladno presovanom repičinom ulju sadržaj ukupnih hlorofila kreće se od 22 do 118 mg/kg (Matthäus i Brühl, 2004), dok ih hladno presovano laneno ulje sadrži od 0,80 do 5,76 mg/kg (Choo i sar., 2007).

Fenoli su posebno cenjena grupa jedinjenja. Zahvaljujući značajnim antioksidativnim svojstvima, fenolna jedinjenja znatno doprinose povoljnim nutritivnim i hemijskim karakteristikama ulja. Antioksidativna aktivnost polifenola pripisuje se postojanju o-dihidroksi fenolne strukture, koja ima veliku sposobnost obrazovanja helata sa metalnim jonima i na taj način inhibira nastanak kiseoničnih radikala. Njihov doprinos u prevenciji kardiovaskularnih oboljenja i mogućoj terapijskoj ulozi se može pripisati, osim antioksidativnim sposobnostima, i drugim metaboličkim procesima (Virgili i sar., 2001; Kroon i Williamson, 2005; Choe, 2008; Vujasinović, 2011). Pored antioksidativnih, fenolna jedinjenja pokazuju i druga veoma važna svojstva, kao što su hormonska (estrogeni ili antiestrogeni efekti) (Fruhvirt i sar., 2003). Pored toga, među njima ima i jedinjenja sa potencijalnim antikancerogenim i kardioprotektivnim indikacijama (zaštitnim dejstvom za kardiovaskularni sistem) (Coni i sar., 2000; Fruhwirt i sar., 2003), a neka poseduju i antimikrobna, antivirusna i antiinflamatorna svojstva. Seme suncokreta sadrži relativno visoke koncentracije hlorogene kiseline i njenih izomera, međutim samo male količine ovih fenolnih komponenata prelaze u ulje, većina zaostaje u pogači (De Leonardis i sar., 2005). Uprkos minornom sadržaju fenolnih jedinjenja u nerafinisanom suncokretovom ulju, njihov uticaj na kvalitet i stabilnost ulja je značajan (Valavanidis i sar., 2004; Nyam i sar., 2009). Dimić i sar. (2018) utvrdili su sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja u hladno presovanom suncokretovom ulju u rasponu od $1,84 \pm 0,30$ do $35,38 \pm 0,53$ mg/kg, što je znatno više u odnosu na prethodna istraživanja (De Leonardis i sar., 2001).

Biljni steroli ili (fito)steroli pripadaju širokoj grupi steroida s velikim fiziološkim značajem i kod biljaka i kod životinja. Kod biljaka ova grupa uključuje važna jedinjenja kao što su triterpenoidi, od velike važnosti u odbrani od patogena i

biljojeda (Flores-Sánchez i sar., 2002); brasinosteroidi, biljni hormoni neophodni za normalan rast i razvoj (Bishop i Yokota, 2001) i brojni sekundarni biljni metaboliti kao što su glikoalkaloidi i saponini (Hartmann, 1998). Istraživanja sadržaja fitosterola u suncokretovom ulju i u semenu suncokreta pokazala su značajne varijacije. Prema Piironen i sar. (2000) ukupni sadržaj (fito)sterola u sirovom suncokretovom ulju kretao se od 3740 do 7250 mg/kg. Veći raspon varijacija, od 1250 do 7650 mg/kg, utvrdili su Ayerdi-Gotor i sar. (2007) prilikom ispitivanja široke grupe hibrida i samooplodnih linija suncokreta. Najzastupljeniji (fito)steroli u standardnom suncokretovom ulju su β -sitosterol (60% ukupnih desmetilsterola), Δ^7 -stigmasterol (14%), kampesterol (8%) i stigmasterol (8%). Vlahakis i Hazebroek (2000) pronašli su maksimalne koncentracije od 20,4% kampesterola, 17,9% stigmasterola i 81,5% β -sitosterola.

U ovom radu cilj je bio da se ispita sadržaj bioaktivnih jedinjenja (sadržaj ukupnih tokoferola, fenola, karotenoida, hlorofila i sterola) u hladno presovanim uljima dobijenim od 15 novih uljanih hibrida suncokreta i da se dobijene vrednosti uporede sa rezultatima prethodnih ispitivanja.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

U ovom radu korišćeno je seme 15 standardnih hibrida suncokreta linolnog tipa: Duško, Orfej, NS Oskar, NS Konstantin, NS Samuraj CLP, Pegaz, NS Smaragd CLP, NS Romeo, NS Kruna, NS Fantazija, Sumo 1 PR, Sumo 2 OR, NS Sumo Sjaj, NS Sumo Sol, NS Ronin, koji su razvijeni u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad i komercijalno se gaje u Srbiji, Ukrajini, Rusiji i zemljama EU. Hibridi su gajeni 2017. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Uslovi gajenja, tretman semena za proizvodnju hladno presovanih ulja, kao i uslovi presovanja i obrada dobijenog ulja opisani su u ranijim publikacijama (Lužaić i sar., 2021; Lužaić i sar., 2022).

Metode

Određivanje sadržaja ukupnih tokoferola izvedeno je tečnom hromatografijom visokih performansi u skladu sa metodom opisanom u ISO 9936:2016. Analize su izvedene pomoću HPLC uređaja (Sikam, Nemačka) opremljenog FLD detektorom. Sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja određen je spektrofotometrijski korišćenjem Folin-Ciocalteu-ovog reagensa prema metodi koju su opisali Haiyan i sar. (2007) Spektrofotometrijska analiza je izvedena na 765 nm i rezultati su izraženi u mg galne kiseline po kg ulja.

Sadržaj ukupnih karotenoida određen je standardnom metodom (British standard, 1977) spektrofotometrijski, merenjem apsorbancije ulja rastvorenog u cikloheksanu u staklenim kivetama, pri talasnoj dužini od 455 nm, kako su opisali Dauqan i sar. (2011).

Sadržaj ukupnih hlorofila, izražen kao feofitin A, određen je merenjem apsorbancije ulja na talasnoj dužini od 667 nm metodom koju su opisali Pokorni i sar. (1995).

Sadržaj ukupnih fitosterola, izražen kao β -sitosterol, dobijen je merenjem apsorbancije rastvora ulja u hloroformu na 625 nm korišćenjem Liebermann-Burchard-ovog reagensa prema metodi koju su opisali Araujo i sar. (2013).

REZULTATI I DISKUSIJA

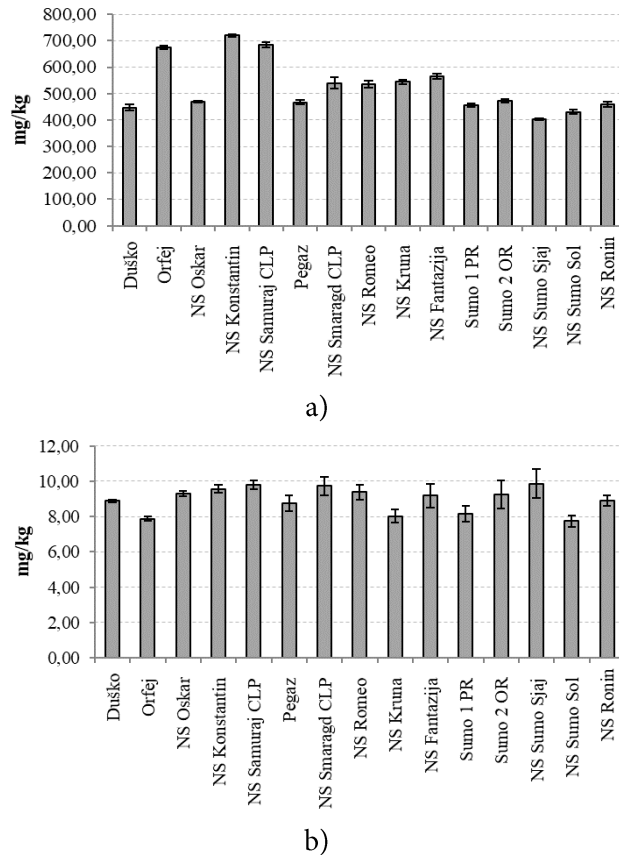
Prisustvo bioaktivnih jedinjenja u hladno presovanim uljima je poželjno zbog njihovog blagotvornog dejstva na oksidativna svojstva ulja. U poređenju sa drugim bioaktivnim jedinjenjima prisutnim u suncokretovom ulju, u najvišim koncentracijama je utvrđen sadržaj ukupnih sterola (u proseku $1505,82 \pm 152,96$ mg/kg), a zatim sadržaj ukupnih tokoferola ($524,45 \pm 98,59$ mg/kg). U ispitivanim uzorcima zabeležene su približne prosečne koncentracije ukupnih karotenoida, $9,10 \pm 0,13$ mg/kg i ukupnih fenola, $8,91 \pm 0,30$ mg/kg. U uzorcima je utvrđen nizak prosečan sadržaj ukupnih hlorofila, svega $0,73 \pm 0,32$ mg/kg. Dobijene vrednosti su u skladu sa prethodnim studijama (Tuberoso i sar., 2007; Dimić i sar., 2018).

Sadržaj ukupnih tokoferola i ukupnih fenola

Tokoferoli utiču na biološku vrednost ulja i doprinose njegovoj oksidativnoj stabilnosti. Međutim, primećen je prilično veliki raspon, jer se utvrđeni sadržaj ukupnih tokoferola u ispitanim uzorcima kretao od $403,60 \pm 2,84$ do $719,41 \pm 5,16$ mg/kg (slika 1a). Slične vrednosti su objavili Dimić i sar. (2018) i Gliszczinska-Sviġło i sar. (2007), gde se sadržaj tokoferola u hladno presovanom suncokretovom ulju kretao od $485,23 \pm 0,26$ do $589,50 \pm 0,71$ mg/kg i 535 ± 8 mg/kg, respektivno. Dobijeni rezultati su takođe bili u skladu sa *Codex Alimentarius* (Codex Alimentarius, 1999) za suncokretovo ulje.

U ispitivanim uzorcima sadržaj fenolnih jedinjenja se kretao od $7,74 \pm 0,32$ mg/kg u uzorku NS Sumo Sol do $9,86 \pm 0,82$ mg/kg, uočeno u uzorku NS Sumo Sjaj, kao što se vidi na slici 1b.

Dobijeni rezultati su u skladu i sa rezultatima prethodnih istraživanja (Dimić i sar., 2018).



Slika 1. Sadržaj ukupnih tokoferola (a) i sadržaj ukupnih fenola (b) u ispitanim hladno presovanim uljima

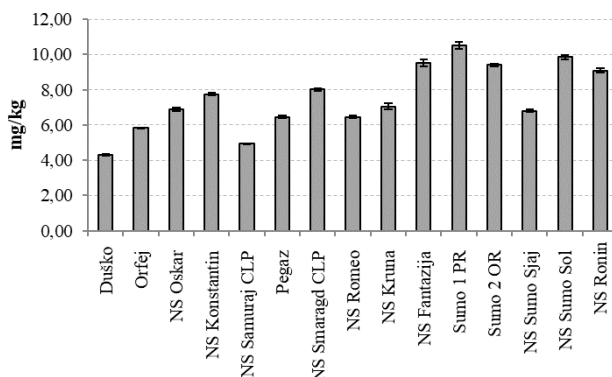
Figure 1. Total tocopherols content (a) and total phenols content (b) in the investigated cold-pressed oils

Fenolna jedinjenja imaju snažan antioksidativni efekat (Okogeri i Tasioula-Margari, 2002; Vissers i sar., 2004). U poređenju sa drugim uljima, suncokretovo ulje sadrži neznatne količine fenolnih jedinjenja, na primer, sadržaj fenolnih jedinjenja u maslinovom ulju može dostići i do 1000 mg/kg (Boskou, 2006), dok suncokretovo ulje obično ima oko 10 mg/kg (De Leonardis i sar., 2005). Međutim, niske koncentracije fenolnih jedinjenja, takođe utiču i na stabilnost ulja (Valavanidis i sar., 2004; Nyam i sar., 2009).

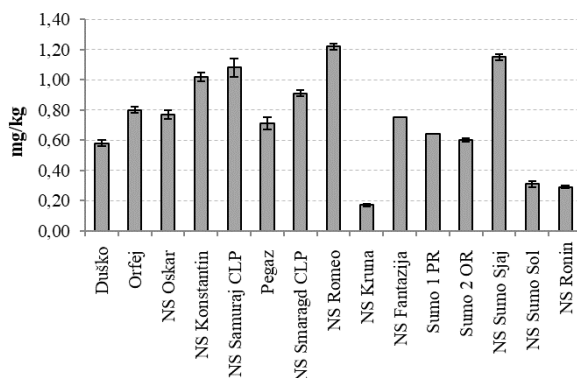
Sadržaj ukupnih karotenoida i ukupnih hlorofila

Sadržaj ukupnih karotenoida u ispitivanim uzorcima ulja kretao se od $4,30 \pm 0,04$ do $10,53 \pm 0,19$ mg/kg (slika 2a). Sadržaj ukupnih hlorofila u ispitivanim uzorcima ulja

utvrđen je u znatno nižim količinama, u proseku $0,73 \pm 0,32$ mg/kg, karakterističnim za nerafinisano suncokretovo ulje (slika 2b).



a)



b)

Slika 2. Sadržaj ukupnih karotenoida (a) i sadržaj ukupnih hlorofila (b) u ispitanim hladno presovanim uljima

Figure 2. Total carotenoids content (a) and total chlorophylls content (b) in the investigated cold-pressed oils

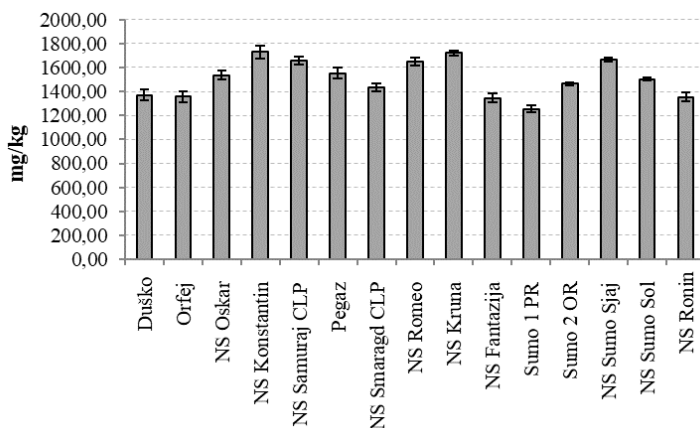
Karotenoidi, žuti pigmenti i hlorofili, zeleni pigmenti, osim što utiču na senzorski kvalitet nerafinisanih ulja i boju (Parker i sar., 2003; Matthäus i Brühl, 2004), utiču i na druge aspekte kvaliteta, kao što su stabilnost ulja i održivost (Pokorny i sar., 1993; Karabagias i sar., 2013).

Karotenoidi prisutni u nerafinisanim uljima ispoljavaju antioksidativnu aktivnost, sličnu tokoferolima (Dimakou i Oreopoulou, 2012; Rodriguez-Amaya, 2010). Neka istraživanja su takođe potvrdila antioksidativnu aktivnost hlorofila (Lanfer-Marquez i sar., 2005).

Tuberoso i sar (2007) navode ukupni sadržaj hlorofila u suncokretovom ulju od $2,3 \pm 0,1$ mg/kg, dok Dimić i sar. (2018) utvrdili su manji sadržaj hlorofila (od 0,00 do $1,21 \pm 0,01$ mg/kg).

Sadržaj ukupnih (fito)sterola

Fitosteroli imaju značajnu ulogu u oksidativnoj stabilnosti ulja, jer steroli mogu da odlože razgradnju ulja kada su podvrgnuti dužem zagrevanju (Cercaci i sar., 2007). U ispitanim uzorcima sadržaj sterola kretao se od $1253,33 \pm 30,55$ do $1730,00 \pm 55,68$ mg/kg (slika 3).



Slika 3. Sadržaj ukupnih sterola u ispitanim hladno presovanim uljima

Figure 3. Total sterols content in the investigated cold-pressed oils

Dobijene vrednosti su u skladu sa rezultatima koje su objavili Aierdi-Gotor i sar. (2007). Naime, oni su utvrdili sadržaj ukupnih sterola u rasponu od 1250 do 7650 mg/kg kod velike grupe ispitanih hibrida suncokreta. Sa druge strane, Piironen i sar. (2000) utvrdili su veći sadržaj ukupnih (fito)sterola u sirovom suncokretovom ulju, u rasponu od 3740 do 7250 mg/kg. Značajno veće vrednosti, u poređenju sa rezultatima dobijenim u ovom radu, mogu biti i posledica primene različitih metoda ispitivanja.

ZAKLJUČAK

Sadržaj bioaktivnih jedinjenja u uljima zavisi od njihovog sadržaja u samoj sirovini, tj. od vrste sirovine. Pored toga, na njihov sadržaj utiče i način dobijanja ulja, odnosno parametri procesa. Hladno presovano ulje semena suncokreta sadrži značajne količine bioaktivnih jedinjenja. U radu je ispitan sadržaj bioaktivnih komponenata u 15 uzoraka hladno presovanih ulja semena suncokreta dobijenih od

različitih hibrida i utvrđene su varijacije u njihovom sadržaju. Najzastupljeniji su steroli čiji se sadržaj kretao od 1253,33±30,55 do 1730,00±55,68 mg/kg, zatim tokoferoli (od 403,60±2,84 do 719,41±5,16 mg/kg), karotenoidi (od 4,30±0,04 do 10,53±0,19 mg/kg), fenoli (od 7,74±0,32 do 9,86±0,82 mg/kg) i hlorofili (od 0,17±0,01 do 1,22±0,02 mg/kg). Dobjijene vrednosti sadržaja bioaktivnih jedinjenja karakteristične su za hladno presovano suncokretovo ulje i u skladu su sa rezultatima dobijenim u prethodnim istraživanjima.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci Pokrajinskom sekretarijatu za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine (projekat br.: 142-451-3129/2023) i Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Program evidencioni br.: 451-03-65/2024-03/200134 i 451-03-66/2024-03/200134).

LITERATURA

- AOCS. Official Method Ca 6a-40. In Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 6th ed.; AOCS Press: Champaign, IL, 2011 (second printing).
- Araújo, L.B.D.C., Silva, S.L., Galvão, M.A.M., Ferreira, M.R.A., Araújo, E.L., Randau, K.P., Soares, L.A.L. (2013). Total phytosterol content in drug materials and extracts from roots of *Acanthospermum hispidum* by UV-VIS spectrophotometry. *Rev. Bras. Farmacogn.*, 23: 736–742.
- Ayerdi Gotor, A., Farkas, E., Berger, M., Labalette, F., Centis, S., Dayde, J. Calmon, A. (2007). Determination of Tocopherols and Phytosterols in Sunflower Seeds by NIR Spectrometry. *Eur J Lipid Sci Technol*, 109: 525–530.
- Ayerdi-Gotor, A., Rhazi, L. (2016). Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. *OCL*, 23(2): D207.
- Bishop, G. J., Yokota, T. (2001). Plant Steroid Hormones, Brassinosteroids: Current Highlights of Molecular Aspects on Their Synthesis/Metabolism, Transport, Perception and Response. *Plant Cell Physiol.*, 42: 114–120.
- Boskou, D. (2006). Olive oil - Chemistry and Technology. AOCS Press. Vol. 97, pp. 180–210. British standard method (1977). Methods of analysis of fats and oils. Other methods. Determination of carotene in vegetable oils. British Standards Illustrations, London (BS 684-2.20).
- Cercaci, L., Passalacqua, G., Poerio, A., Rodriguez-Estrada, M.T., & Lercker, G. (2007). Composition of total sterols (4-desmethyl-sterols) in extravirgin olive oils obtained with different extraction technologies and their influence on the oil oxidative stability. *Food Chem.*, 102: 66–76.
- Choe, E. (2008). Effects and mechanisms of minor compounds in oil on lipid oxidation. In: *Food lipids: Chemistry, nutrition and biotechnology*, C. C. Akoh, D. B. Min (Eds.), 3rd edition, Boca Raton, Fl., pp. 449–511.

- Choe, E., Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 5(4): 169–186.
- Choo, W. S., Birch, J., Dufour, J. P. (2007). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *J. Food Compos. Anal.*, 20(3–4): 202–211.
- Codex Alimentarius. (1999). Standard for Named Vegetable Oils Codex Stan 210-1999. Codex Alimentarius.
- Coni, E., Di Benedetto, R., Di Pasquale, M., Masella, R., Modesti, D., Mattei, R., Carlini, E. A. (2000). Protective effect of oleuropein, an olive oil biophenol, on low density lipoprotein oxidizability in rabbits. *Lipids*, 35(1): 45–54.
- Dauqan, E., Sani, H. A., Abdullah, A., Muhamad, H., Gapor Md Top, A. B. (2011). Vitamin E and beta carotene composition in four different vegetable oils. *Am. J. Appl. Sci.*, 8(5): 407–412.
- De Leonardis, A., Mcciola, V., De Felice, M. (2001). Chemical and commercial characteristics of cold pressed sunflower oils. *Italian food and beverage technology*, 25: 46–52.
- De Leonardis, A., Macciola, V., Di Domenico, N. (2005). A first pilot study to produce a food antioxidant from sunflower seed shells (*Helianthus annuus*). *Eur J Lipid Sci Technol*, 107(4): 220–227.
- Dimakou, C., Oreopoulou, V. (2012). Antioxidant activity of carotenoids against the oxidative destabilization of sunflower oil-in-water emulsions. *LWT*, 46(2): 393–400.
- Dimić, E., Premović, T., Radočaj, O., Vujanović, V., Takači, A. (2018). Influence of seed quality and storage time on the characteristics of cold-pressed sunflower oil: Impact on bioactive compounds and colour. *Riv. Ital. delle Sostanze Grasse*, 95(1): 23–36.
- Dimić, E., Romanić, R., Premović, T. (2011). Influence of hull and impurities in seed on sensory quality of cold – pressed oleic type sunflower oil. 7th International Congress of Food Technologists, Biotechnologist and Nutritionist, Proceedings, Opatija, Croatia, pp 209–214.
- Dobarganes, M. C., Velasco, J. (2002). Analysis of lipid hydroperoxides. *Eur J Lipid Sci Technol*, 104(7): 420–428.
- Eitenmiller, R., Lee, J. (2004). *Vitamin E. Food Chemistry, Composition, and Analysis*; Marcel Dekker: New York.
- Fernández-Martínez, J. M., Pérez-Vich, B., Velasco, L. (2009). Sunflower. In: *Oil Crops*; J. Vollmann, I. Rajcan (Eds.), Springer, New York, pp. 155–232.
- Flores-Sánchez, I. J., Ortega-López, J., Montes-Horcasitas, M. D. C., Ramos-Valdivia, A. C. (2002). Biosynthesis of sterols and triterpenes in cell suspension cultures of *Uncaria tomentosa*. *ant Cell Physiol*, 43(12): 1502–1509.
- Franke, S., Frölich, K., Werner, S., Böhm, V., Schöne, F. (2010). Analysis of Carotenoids and Vitamin E in Selected Oilseeds, Press Cakes and Oils. *Eur J Lipid Sci Technol*, 112(10): 1122–1129.
- Fruhwith, G. O., Wenzl, T., El-Toukhy, R., Wagner, F. S., Hermetter, A. (2003). Fluorescence screening of antioxidant capacity in pumpkin seed oils and other natural oils. *Eur J Lipid Sci Technol*, 105(6): 266–274.
- Galli, F., Azzi, A. (2010). Present Trends in Vitamin E Research. *Biofactors*, 36: 33–42.

- Giuffrida, D., Salvo, F., Salvo, A., Pera, L. L., Dugo, G. (2007). Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various sicilian olive varieties, *Food Chem.*, 101(2): 833–837.
- Gliszczyńska-Świgło, A., Sikorska, E., Khmelinskii, I. V., Sikorski, M. (2007). Tocopherol content in edible plant oils. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 57: 157–161.
- Gotor, A. A., Farkas, E., Berger, M., Labalette, F., Centis, S., Daydé, J., Calmon, A. (2007). Determination of tocopherols and phytosterols in sunflower seeds by NIR spectrometry. *Eur J Lipid Sci Technol*, 109(5): 525–530.
- Grompone, M. A. (2020). Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Wiley, pp 1–54.
- Haiyan, Z., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., Robards, K. (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chem.*, 100(4), 1544–1551.
- Hartmann, M. A. (1998). Plant Sterols and the Membrane Environment. *Trends Plant Sci.*, 3: 170–175.
- ISO 9936:2016. Animal and vegetable fats and oils – Determination of tocopherol and tocotrienol contents by high-performance liquid chromatography. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Ju, J., Picinich, S. C., Yang, Z., Zhao, Y., Suh, N., Kong, A. N., Yang, C. S. (2010). Cancer-Preventive Activities of Tocopherols and Tocotrienols. *Carcinog.*, 31: 533–542.
- Kamal-Eldin, A. (2005). Minor Components of Fats and Oils. In: *Edible Oil and Fat Products: Specialty Oils and Oil Products*, Editor, F. Shahidi, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Vol. 3, John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, pp. 319–359.
- Karabagias, I., Michos, C., Badeka, A., Kontakos, S., Stratis, I., Kontominas, M. G. (2013). Classification of Western Greek virgin olive oils according to geographical origin based on chromatographic, spectroscopic, conventional and chemometric analyses. *Food Res. Int.*, 54(2): 1950–1958.
- Kroon, P., G. Williamson (2005). Polyphenols: Dietary components with established benefits to health. *J. Sci. Food Agric.*, 85: 1239–1240.
- Lanfer-Marquez, U. M., Barros, R. M. C., Sinnecker, P. (2005). Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives. *Food Res. Int.*, 38: 885-891.
- Lutterodt, H., Slavin, M., Whent, M., Turner, E., Yu, L. (2011). Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food Chem.*, 128(2): 391–399.
- Lužaić, T., Grahovac, N., Hladni, N., Romanić, R. (2022). Evaluation of oxidative stability of new cold-pressed sunflower oils during accelerated thermal stability tests. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* V42: e67320.
- Lužaić, T., Romanić, R., Grahovac, N., Jocić, S., Cvejić, S., Hladni, N., Pezo, L. (2021). Prediction of mechanical extraction oil yield of new sunflower hybrids: artificial neural network model. *J. Sci. Food Agric.*, 101: 5827–5833.
- Marmesat, S., Velasco, L., Ruiz-Méndez, M. V., Fernández-Martínez, J. M., Dobarganes, C. (2008). Thermostability of genetically modified sunflower oils differing in fatty acid and tocopherol compositions. *Eur J Lipid Sci Technol*, 110(8): 776–782.

- Martínez, M. L., Penci, M. C., Ixtaina, V., Ribotta, P. D., Maestri, D. (2013). Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions. *LWT*, 51(1): 44–50.
- Matthäus, B., Brühl, L. (2004). Cold-pressed edible rapeseed oil production in Germany. *INFORM*, 15(4): 266–268.
- Melgarejo, M. (1998). Girasol en Argentina. *Grasas Aceites.*, 8: 49–52.
- Mène-Saffrané, L., DellaPenna, D. (2010). Biosynthesis, Regulation and Functions of Tocochromanols in Plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 48(5): 301–309.
- Nyam, K. L., Tan, C. P., Lai, O. M., Long, K., Che Man, Y. B. (2009). Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT*, 42(8): 1396–1403.
- Okogeri, O., Tasioula-Margari, M. (2002). Changes occurring in phenolic compounds and α -tocopherol of virgin olive oil during storage. *J. Agric. Food Chem.*, 50(5), 1077–1080.
- Ouyang, J. M., Daun, H., Chang, S. S., Ho, C. T. (1980). Formation of Carbonyl Compounds from β -Carotene during Palm Oil Deodorization. *J. Food Sci.*, 45(5): 1214–1217.
- Parker, T. D., Adams, D. A., Zhou, K., Harris, M., Yu, L. (2003). Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. *J. Food Sci.*, 68(4), 1240–1243.
- Parry, J., Su, L., Luther, M., Zhou, K., Peter Yurawecz, M., Whittaker, P., Yu, L. (2005). Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. *J. Agric. Food Chem.*, 53(3): 566–573.
- Piironen, V., Lindsay, D. G., Miettinen, T. A., Toivo, J., Lampi, A. M. (2000). Plant Sterols: Biosynthesis, Biological Function and Their Importance to Human Nutrition. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 939–966.
- Pokorny, J., Kalinova, L., Dysseler, P. (1995). Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils. *Pure Appl. Chem.*, 67(10), 1781–1787.
- Pokorny, J., Velisek, J., Panek, J., Kanova, J., Parizkova, H., Holasova, M., Koplík, R., Cmolík, J. (1993). Minor lipophilic components in crude rapeseed oil. *Potravinarske Vedy – UZPI*, 11(3): 189–196.
- Rade, D., Mokrovčak, Z., Struceli, D., Skevin, D., Nederal, S. (2004). The Effect of Processing Conditions on the Nontriacylglycerol Constituents of Sunflower Oil. *Acta Aliment.*, 33(1): 7–18.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2010). Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids-A review. *J. Food Compos. Anal.*, 23 (7): 726–740.
- Salas, J. J., Martínez-Force, E., Garcés, R. (2006). Accumulation of Phospholipids and Glycolipids in Seed Kernels of Different Sunflower Mutants (*Helianthus annuus*). *J Am Oil Chem Soc*, 83(6): 539–545.
- Shahidi, F., Zhong, Y. (2010). Lipid Oxidation and Improving the Oxidative Stability. *Chem Soc Rev*, 39(11): 4067–4079.
- Tuberoso, C. I. G., Kowalczyk, A., Sarritzu, E., Cabras, P. (2007). Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chem.*, 103(4): 1494–1501.

- Tynek, M., Pawłowicz, R., Gromadzka, J., Tylingo, R., Wardencki, W., Karlovits, G. (2012). Virgin rapeseed oils obtained from different rape varieties by cold pressed method - their characteristics, properties, and differences. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 114(3): 357–366.
- Valavanidis, A., Nisiotou, C., Papageorgiou, Y., Kremli, I., Satravelas, N., Zinieris, N., & Zygalki, H. (2004). Comparison of the Radical Scavenging Potential of Polar and Lipidic Fractions of Olive Oil and Other Vegetable Oils under Normal Conditions and after Thermal Treatment. *J. Agric. Food Chem.*, 52(8): 2358–2365.
- Velasco, L., Pérez-Vich, B., Fernández-Martínez, J. M. (2004). Novel variation for the tocopherol profile in a sunflower created by mutagenesis and recombination. *Plant Breed.*, 123(5): 490–492.
- Virgili, F., C. Scaccini, L. Packer, G. Rimbach (2001). Cardiovascular disease and nutritional phenolics. In: *Antioxidants in food, Practical applications*, J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon (Eds.), CRC Press, Cambridge, England, pp. 87–99.
- Vissers, M. N., Zock, P. L., Katan, M. B. (2004). Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenols in humans: A review. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 58: 955–965.
- Vlahakis, C., Hazebroek, J. (2000). Phytosterol accumulation in canola, sunflower, and soybean oils: Effects of genetics, planting location, and temperature. *J. Am. Chem. Soc.*, 77(1): 49–53.
- Wagner, K. H., Kamal-Eldin, A., Elmadfa, I. (2004). Gamma-Tocopherol - An Underestimated Vitamin E. *J Nutr Metab*, 48: 169–188.
- Warner, K., Frankel, E. N., Mounts, T. L. (1989). Flavor and oxidative stability of soybean, sunflower and low erucic acid rapeseed oils. *J. Am. Chem. Soc.*, 66(4): 558–564.
- Yanishlieva, N. V., Raneva, V. G., Marinova, E. M. (2001). β -Carotene in Sunflower Oil Oxidation. *Grasas Aceites*, 52(1): 10–16.

KVALITET NOVOPRIZNATIH NS SORTI SOJE U 2024. GODINI

*Vojin Đukić¹, Jegor Miladinović¹, Danijela Stojanović², Vuk Đorđević¹, Dragana Latković¹,
Predrag Randelović¹, Zlatica Mamlić¹*

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Beograd, Srbija

IZVOD

U Odeljenju za soju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada do sada je registrovano 179 NS sorti soje, različitih grupa zrenja. Cilj ovoga rada je sagledavanje prinosa, sadržaja proteina i ulja, kao i prinosa proteina i ulja po jedinici površine, najnovijih NS sorti soje priznatih u 2024 godini. U dvogodišnjim ogledima Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, na pet lokaliteta, najviši prinos imala je sorta soje Granit (3.085 kg ha^{-1}). Najviši sadržaj proteina imala je sorta NS Merkur (43,35%), dok je najviši sadržaj ulja zabeležen kod sorte Astra (21,20).

Ključne reči: soja, prinos, sadržaj proteina, sadržaj ulja.

QUALITY NEWLY RELEASED NS VARIETIES SOYBEAN IN 2024

ABSTRACT

The Department of soybean, Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad has so far registered 179 NS soybean cultivars of different maturity groups. The aim of this study is to assess the yield, protein, and oil content, as well as protein and oil yield per unit area, the latest NS varieties registered in 2024. In the two-year trials of the Ministry of Agriculture and Environmental Protection, at five locations, the highest yield had late soybean Granit (3.085 kg ha^{-1}). The highest protein content was early variety NS Merkur (43.35%), while the highest oil content was recorded in variety Astra (21.20).

Key words: soyabean, yield, protein content, oil content.

UVOD

Soja je veoma značajna industrijska biljna vrsta, kako zbog velikog udela proteina u zrnu, tako i zbog povećanog sadržaja ulja. Soju sa sigurnošću možemo nazvati i biljkom budućnosti, jer porastom svetske populacije značaj soje će biti sve veći (Đukić, 2009). Do sada je u Srbiji registrovano 179 NS sorti soje, a preko 200 sorti registrovano je u inostranstvu. Institut za ratarstvo i povrtarstvo je lider u selekciji soje u ovom delu Evrope, a o kvalitetu NS sorti soje dovoljno govori podatak da se one gaje na području od Francuske do Kazahstana i Uzbekistana, odnosno od južnog Sibira do Irana (Đukić i sar., 2019). Prednost Instituta za ratarstvo i povrtarstvo je u širokoj paleti sorti soje, od veoma ranih, do veoma kasnih sorti (Randelović i sar.,

2020). Gajenjem sorti soje različitih grupa zrenja najkritičnije faze razvoja protiču u različitim periodima, što dovodi do sigurnije proizvodnje i ostvarivanju zadovoljavajućih prinosa (Miladinov i sar., 2017).

Najvažnije agronomske i hemijske osobine svake sorte su pod jakim uticajem spoljašnje sredine i podložne su promenama u zavisnosti od uslova klime i zemljišta (Miladinović i sar., 2013). Zbog toga, izuzetno je važno da odabrane sorte budu dobro prilagođene konkretnim agroekološkim uslovima i da zbog promenljivosti ovih uslova imaju dobru adaptabilnost, kao i stabilnost prinosa (Miladinović i sar., 2017). Novopriznate sorte soje imaju viši prinos u odnosu na standardne sorte soje (Đukić i sar., 2021) i njima treba dati prednost pri izboru sortimenta, jer su nove sorte nastale i testirane u uslovima promenjene klime (Đukić i sar., 2018a).

Cilj ovoga rada je da se sagleda prinos i kvalitet najnovijih NS sorti soje, registrovanih u 2024. godini i uporedi sa standardnim sortama za pojedine grupe zrenja.

MATERIJAL I METODE RADA

U ovom radu korišteni su dvogodišnji rezultati testiranja za priznavanje sorti soje, Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede republike Srbije. Prikazani su podaci za pet novopriznatih sorti soje (Aldebaran, 00 grupe zrenja, Scorpius i Solaris, I grupe zrenja i Astra i Granit, II grupe zrenja, kao i sorti koje predstavljaju standarde za upoređivanje u procesu testiranja novih genotipova (Merkur, 00 grupa zrenja, NS Apolo, I grupa zrenja i Rubin, II grupa zrenja). Ovi ogleđi se izvode na pet lokaliteta: Karavukovo, Rimski Šančevi, Pančevo, Sremska Mitrovica i Sombor. U 2022. godini izostavljeni su podaci za lokalitete Rimski Šančevi i Sremska Mitrovica, a u 2023. godini za lokalitet Sremska Mitrovica zbog veoma loših rezultata. U radu je analiziran prinos soje, sadržaj proteina i ulja u zrnu, kao i prinos proteina i ulja po jedinici površine. Tokom vegetacionog perioda primenjena je standardna agrotehnika za proizvodnju soje, a nakon žetve sadržaj proteina i ulja u zrnu soje sa svih lokaliteta određivan je u PSS Sombor. Rezultati su prikazani tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

U 2024. godini registrovano je pet NS sorti soje, jedna veoma rana sorta (Aldebaran), dve srednjestasne sorte (Scorpius i Solaris) i dve srednje kasne sorte (Astra i Granit). U radu su prikazani i rezultati standardnih sorti (Merkur, NS Apolo i Rubin). Najviši prinos zrna (tabela 1), u proseku za dve godine i sve lokalitete, ostvaren je sa novopriznatom sortom soje II grupe zrenja Granit (3.085 kg ha^{-1}), dok je najviši prinos standardnih sorti zabeležen kod sorte Rubin (2.747 kg ha^{-1}).

Tabela 1. Prosečan prinos NS sorti soje (kg ha^{-1}), (2022-2023)**Table 1.** Average yield of NS soybean variety (kg ha^{-1}), (2022-2023)

Grupa zrenja Maturity group	Sorta Variety	Lokalitet Location				Prosek Average
		Karavukovo	Rimski Šančevi*	Pančevo	Sombor	
00	Merkur	1966	2948	2879	2134	2633
00	Aldebaran	2008	3230	3012	2381	2775
I	NS Apolo	1984	2972	2498	1966	2461
I	Scorpius	2475	3767	3195	1762	2920
I	Solaris	2319	3722	2616	1957	2768
II	Rubin	2135	3111	2960	2215	2747
II	Astra	2349	3498	2772	2434	2882
II	Granit	2395	3419	3303	2494	3085

* samo 2023. godina

Novopriznate sorte soje moraju ostvariti bolje rezultate u odnosu na standardne sorte u dvogodišnjem periodu na pet lokaliteta tokom testiranja u komisijskim ogledima, a razlika u prinosu mora biti iznad 3% (Đukić i sar. 2018). Novopriznata sorta soje Aldebaran iz 00 grupe zrenja imala je za 5,39% viši prinos od standardne sorte Merkur. Iz I grupe zrenja registrovane su dve nove sorte, Scorpius imala je prinos za 18,65% viši od sorte NS Apolo, a sorta Solaris viši prinos za 12,47%. Novopriznata sorta iz II grupe zrenja (Astra) u odnosu na sortu Rubin imala je viši prinos za 4,91%, dok je sorta soje Granit imala viši prinos za 12,30%. Manje variranje prinosa na različitim lokalitetima i različitim agroekološkim uslovima proizvodnje ukazuju na stabilnost sorte (Đukić i sar., 2015).

U ovim ispitivanjima (tabela 2) najveća prosečna vrednost za sadržaj proteina zabeležena je kod sorte soje iz 00 grupe zrenja Merkur (43,35%), dok je najniži sadržaj proteina zabeležen kod sorte soje iz II grupe zrenja Astra (39,29%). Visok sadržaj proteina zabeležen je još kod sorte iz 00 grupe zrenja Aldebaran (41,43%) i II grupe zrenja, Granit (41,30%). Razlike u prinosu i kvalitetu zrna soje između pojedinih lokaliteta su veće u odnosu na razlike između pojedinih sorti (Đukić i sar., 2018).

Tabela 2. Prosečan sadržaj proteina NS sorti soje (%), (2022-2023)**Table 2.** Average protein content of NS soybean variety (%), (2022-2023)

Grupa zrenja Maturity group	Sorta Variety	Lokalitet Location				Prosek Average
		Karavukovo	Rimski Šančevi*	Pančevo	Sombor	
00	Merkur	44,30	42,80	42,90	42,45	43,35
00	Aldebaran	41,90	40,90	40,40	41,45	41,43
I	NS Apolo	40,10	39,80	41,15	38,85	40,08
I	Scorpius	41,45	37,90	39,70	41,65	40,70
I	Solaris	43,60	39,30	41,65	41,95	42,16
II	Rubin	40,90	40,60	41,45	39,30	40,80
II	Astra	39,05	36,40	40,10	39,75	39,29
II	Granit	41,55	38,50	40,60	42,05	41,30

* samo 2023. godina

Najviši sadržaj ulja u zrnju soje (tabela 3), u proseku za dve godine i četiri lokaliteta, zabeležen je kod novopriznate sorte soje iz II grupe zrenja, Astra (20,91%), a visok sadržaj ulja zabeležen je i kod sorti soje NS Apolo (20,39%), Granit (20,29%) i Scorpius (20,05%).

Tabela 3. Prosečan sadržaj ulja NS sorti soje (%), (2022-2023)**Table 3.** Average oil content of NS soybean variety (%), (2022-2023)

Grupa zrenja Maturity group	Sorta Variety	Lokalitet Location				Prosek Average
		Karavukovo	Rimski Šančevi	Pančevo	Sombor	
00	Merkur	19,10	18,60	18,10	19,40	18,93
00	Aldebaran	20,90	19,50	19,20	19,75	19,92
I	NS Apolo	21,55	19,80	19,05	20,70	20,39
I	Scorpius	21,15	21,20	18,95	19,70	20,05
I	Solaris	20,65	20,60	18,40	19,70	19,74
II	Rubin	21,25	19,30	19,15	19,20	19,81
II	Astra	21,85	20,60	20,35	20,65	20,91
II	Granit	20,80	20,70	19,95	20,05	20,29

* samo 2023. godina

Najniži sadržaj ulja zabeležen je kod veoma rane sorte NS Merkur (18,93%). Lokalitet gajenja, kao i pojedine godine imaju veći uticaj na variranje prinosa, sadržaja proteina i ulja u zrnu soje u odnosu na različite sorte (Đukić i sar. 2017), zbog čega je veoma bitno odabrati odgovarajuću sortu za svaku parcelu (Đukić i sar., 2020).

Prinosi proteina i ulja po jedinici površine zavise od prinosa zrna i sadržaja proteina i ulja u zrnu (Đukić i sar., 2022). Najviši prosečan prinos proteina (tabela 4) u dvogodišnjem testiranju imala je srednje kasna sorta Granit (1.274 kg ha^{-1}), koja je imala i najviši prinos zrna, a visoki rezultati zabeleženi su i kod srednjestasnih sorti soje Scorpius (1.188 kg ha^{-1}) i Solaris (1.167 kg ha^{-1}).

Tabela 4. Prosečan prinos proteina NS sorti soje (kg ha^{-1}), (2022-2023)

Table 4. Average protein yield of NS soybean variety (kg ha^{-1}), (2022-2023)

Grupa zrenja Maturity group	Sorta Variety	Lokalitet Location				Prosek Average
		Karavukovo	Rimski Šančevi	Pančevo	Sombor	
00	Merkur	871	1262	1235	906	1141
00	Aldebaran	841	1321	1217	987	1149
I	NS Apolo	796	1183	1028	764	986
I	Scorpius	1026	1428	1269	734	1188
I	Solaris	1011	1463	1090	821	1167
II	Rubin	873	1263	1227	870	1121
II	Astra	917	1273	1112	968	1132
II	Granit	995	1316	1341	1049	1274

* samo 2023. godina

Najniži prinos proteina bio je kod sorte soje NS Apolo (986 kg ha^{-1}), standardne sorte iz I grupe zrenja. Da je najviši prinos proteina po jedinici površine ostvaren sa sortama koje su imale i najviši prinos zrna u svojim istraživanjima su ustanovili i Miladinov i sar. (2019); Miladinov i sar. (2020).

Najviši prosečan prinos ulja (tabela 5) po jedinici površine zabeležen je kod sorte soje iz II grupe zrenja, Granit (626 kg ha^{-1}), koja je imala i najviši prinos zrna, kao i kod sorte soje Astra (603 kg ha^{-1}), dok je najniži prinos ulja zabeležen kod veoma rane sorte soje iz 00 grupu zrenja, Merkur (498 kg ha^{-1}), kod koje je zabeležen najveći sadržaj proteina u zrnu.

Tabela 5. Prosečan prinos ulja NS sorti soje (kg ha^{-1}), (2022-2023)

Table 5. Average oil yield of NS soybean variety (kg ha^{-1}), (2022-2023)

Grupa zrenja Maturity group	Sorta Variety	Lokalitet Location				Prosek Average
		Karavukovo	Rimski Šančevi	Pančevo	Sombor	
00	Merkur	375	548	521	414	498
00	Aldebaran	420	630	578	470	553
I	NS Apolo	428	588	476	407	502
I	Scorpius	524	799	605	347	585
I	Solaris	479	767	481	386	546
II	Rubin	454	600	567	425	544
II	Astra	513	721	564	503	603
II	Granit	498	708	659	500	626

* samo 2023. godina

ZAKLJUČAK

Na osnovu analiziranih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

Novopriznate sorte soje imaju viši prinos u odnosu na standardne sorte soje.

Visokim prinisom izdvajaju se sorte soje Granit, Scorpius i Astra.

Visok sadržaj proteina zabeležen je kod sorte soje NS Merkur i sorte Solaris, a visok sadržaj ulja kod sorti Astra i NS Apolo.

Prinosi proteina i ulja po jedinici površine zavise od prinosa zrna i sadržaja proteina i ulja. Zbog toga je najviši prinos proteina zabeležen kod sorti soje Granit, Scorpius i Solaris, a najviši prinos ulja kod sorti soje Granit, Astra i Scorpius.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032 i ova istraživanja sprovedena su uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, 6788, Soybean Yield Prediction Using Multi-omics Data Integration SoyPredict – SoyPredict.

LITERATURA

- Đukić, V. (2009): Morfološke i proizvodne osobine soje ispitivane u plodoredu sa pšenicom i kukuruzom. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, poljoprivredni fakultet Zemun, 1–127.
- Đukić, V., Cvijanović, M., Dozet, G., Popović, V., Valan, D., Petrović, K., Marinković, J. (2015): Prinos i kvalitet NS sorti soje različitih grupa zrenja. Zbornik radova - 56. Savetovanje industrije ulja. Herceg Novi, 87–91.

- Đukić, V., Stojanović, D., Miladinov, Z., Vidić, M., Tatić, M., Dozet, G., Cvijanović, G. (2017): Kvantitativna i kvalitativna analiza NS sorti soje različitih grupa zrenja. Zbornik radova - 58. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 18-23. jun, 2017., Herceg Novi, Crna Gora, 67–73.
- Đukić, V., Stojanović, D., Miladinov, Z., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Dozet, G., Merkulov-Popadić, L. (2018): Sadržaj proteina i ulja u novim NS sortama soje, Zbornik radova - 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 65–71.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. (2018a): Kritični momenti u proizvodnji soje, Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 1. Savetovanje agronoma Republike Srbije i Republike Srpske, Zlatibor, 21-27. januar 2018., 34–44.
- Đukić, V., Stojanović, D., Miladinov, Z., Dozet, G., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Marinković, J. (2019): Kvalitativne osobine NS sorti soje registrovanih u 2019. godini. Zbornik radova 60. Savetovanja industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 16-21. jun 2019., Herceg Novi, 71–78.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Jaćimović, S. (2020): Prinos i kvalitet NS sorti soje u mreži makroogleđa 2019. godine. Zbornik radova 61. Savetovanje idustrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica”, 12-17. jul 2020., Herceg Novi, Crna Gora, 39–45.
- Đukić, V., Miladinović, J., Stojanović, D., Miladinov Mamlić, Z., Đorđević, V., Randelović, P., Cvijanović, V. (2021): Kvalitet novopriznatih NS sorti soje u 2021. godini. Zbornik radova 62. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 27. jun - 2. jul 2021., Herceg Novi, Crna Gora, 85–92.
- Đukić, V., Miladinović, J., Stojanović, D., Đorđević, V., Randelović, P., Čeran, M., Miljaković, D. (2022): Kvalitet novopriznatih NS sorti soje u 2022. godini. Zbornik radova - 63. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 26. jun-01. jul 2022, Herceg Novi, 65–71.
- Miladinov, Z., Stojanović, D., Đukić, V., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Cvijanović, M., Dozet, G. (2017): Prinos i kvalitet novopriznatih NS sorti soje. Zbornik radova - 58. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 18-23. jun, 2017., Herceg Novi, Crna Gora, 75–82.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Dozet, G., Čeran, M., Petrović, K., Randelović, P., Cvijanović, G. (2019): Sadržaj ulja i proteina u NS sortama soje. Zbornik radova 60. Savetovanja industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 16-21. jun 2019., Herceg Novi, Crna Gora, 63–69.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Randelović, P., Dozet, G., Merkulov-Popadić, L., Čeran, M., Krsmanović, S. (2020): Sadržaj ulja i proteina aktuelnog NS sortimenta soje. Zbornik radova - 61. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica”, 12-17. jul 2020., Herceg Novi, Crna Gora, 31–37.
- Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V. (2013): Soja u 2012. godini. Zbornik referata - 47. Savetovanje agronoma Srbije, Zlatibor, 03-09.02.2013., 79–86.

- Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov, Z., Čeran, M. (2017): Soja u 2016. godini, Zbornik referata 51. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), 22,01,-28,01, 2017., Zlatibor, 11”20.
- Randelović, P., Stojanović, D., Đukić, V., Petrović, K., Dozet, G., Vasiljević, M., Miljaković, S. (2020): Kvalitet novopriznatih NS sorti soje u 2020. godini. Zbornik radova - 61. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica”, 12-17. jul 2020., Herceg Novi, Crna Gora, 47–54.

PRINOS I KVALITET NS SORTI SOJE U 2023. GODINI

*Simona Jaćimović, Vojin Đukić, Jegor Miladinović, Vuk Đorđević, Predrag Randelović,
Marina Čeran, Zlatica Mamlić*

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

IZVOD

NS sortiment soje je veoma raznovrstan, kako po pogledu dužine vegetacionog perioda, tako i po potencijalu za prinos i kvalitet zrna. Od analiziranih 34 NS sorte soje u 2023. godini po visini prinosa izdvajaju se veoma rane sorte NS Olympus, NS Valantis i NS Westeros, rane sorte NS Atlas i NS Ozymandias, srednjestasne sorte NS Regulus, NS Zmaj i NS Kraljica i srednje kasne sorte NS Validus i NS Simba. Po sadržaju proteina izdvajaju se sorte soje NS Kaća, Merkur, NS Kolos, NS Ecob, NS Favorit i NS Valantis, a po povišenom sadržaju ulja NS Regulus, NS Valantis, NS Hogar, NS Dracarys, NS Sedef i NS Atlas.

Najviši prinos proteina ostvaren je sa sortama soje NS Zmaj, NS Valantis, NS Kraljica, NS Regulus i NS Simba, a najviši prinos ulja sa sortama NS Regulus, NS Validus, NS Zmaj, NS Kraljica i NS Hogar.

Ključne reči: NS sorte soje, prinos soje, sadržaj proteina i ulja, prinos proteina i ulja.

YIELD AND QUALITY OF NS SOYBEAN VARIETIES IN 2023

ABSTRACT

The NS assortment of soybeans is very diverse, both in terms of the length of the growing season, and in terms of the potential for grain yield and quality. From the analyzed 34 NS soybean varieties in 2023, the very early varieties NS Olympus, NS Valantis and NS Westeros, the early varieties NS Atlas and NS Ozymandias, the medium varieties NS Regulus, NS Zmaj and NS Kraljica and the medium late varieties NS stand out in terms of yield Validus and NS Simba. The soy varieties NS Kaća, Merkur, NS Kolos, NS Ecob, NS Favorit and NS Valantis stand out for their protein content, and NS Regulus, NS Valantis, NS Hogar, NS Dracarys, NS Sedef and NS Atlas for their increased oil content.

The highest protein yield was achieved with soybean varieties NS Zmaj, NS Valantis, NS Kraljica, NS Regulus and NS Simba, and the highest oil yield with the varieties NS Regulus, NS Validus, NS Zmaj, NS Kraljica and NS Hogar.

Key words: NS soybean varieties, soybean yield, protein and oil content, protein and oil yield.

UVOD

Soja je biljna vrsta osetljiva na nedostatak i loš raspored padavina tokom vegetacije, naročito u generativnim fazama razvoja biljaka. Gajenjem većeg broja sorti, iz

različitih grupa zrenja, odnosno sa različitim dužinama vegetacionog perioda smanjuju se rizici u proizvodnji soje, jer negativan uticaj suše zavisi od momenta pojave, intenziteta i dužine trajanja i nema isti uticaj na sorte soje različitih grupa zrenja. Izuzetno je važno da odabrane sorte budu dobro prilagođene konkretnim agroekološkim uslovima i da zbog promenljivosti ovih uslova imaju dobru adaptabilnost, kao i stabilnost prinosa (Miladinović i sar., 2017). Prinosi soje variraju zavisno od lokaliteta gajenja i vremenskih prilika u datom regionu (Đukić i sar., 2021), a novije sorte soje imaju veći prinos u odnosu na standardne sorte za pojedine grupe zrenja (Đukić i sar., 2021a). Najvažnije agronomске i hemijske osobine svake sorte soje su pod jakim uticajem faktora spoljašnje sredine i podložne su promenama u zavisnosti od uslova klime i zemljišta (Miladinović i sar., 2013). Prednost pri odabiru sortimenta treba dati novostvorenim sortama soje, koje su nastale i testirane u uslovima promenjene klime, odnosno onim sortama koje zadovoljavajuće prinose ostvaruju i u povoljnim i u sušnim godinama (Đukić i sar., 2018). Sorte soje sa kraćim vegetacionim periodom ostvaruju niže prinose, imaju viši sadržaj proteina i niži sadržaj ulja, dok sorte soje sa dužim vegetacionim periodom imaju više prinose zrna, manji sadržaj proteina i viši sadržaj ulja u zrnu (Đukić i sar., 2015). Cilj testiranja genotipova soje u mreži makro, mikro, demonstracionih i proizvodnih ogleda je pravilna rejonizacija, kako bi se odabrale sorte sa najvišim prinosom i najboljeg kvaliteta za pojedine regione gajenja (Miladinov i sar., 2019).

MATERIJAL I METODE RADA

U ovome radu analizirani su prinosi, sadržaj proteina i ulja u zrnu, kao i prinos proteina i ulja po jedinici površine za 34 NS sorte soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u 2023. godini. Analiza je obuhvatila većinu sorti soje koje se trenutno nalaze u proizvodnji, kao i novopriznate sorte soje koje će se tek uvoditi u proizvodnju. Od veoma ranih sorti soje 000 i 00 grupe zrenja u ogledu su bile sorte soje NS Kaća, NS Favorit, NS Olympus, Merkur, Tajfun, NS Valantis, NS Westeros, NS Sedef i NS Ecob. Od ranih sorti soje, 0 grupe zrenja, zastupljene su sorte soje NS Maximus, NS Viseris, NS Adonis, NS Atlas, NS Vulkan, Galina, Valjevka i NS Ozymandias. Srednjestasne sorte soje, I grupe zrenja, bile su NS Apollo, NS Deneris, NS Zmaj, NS Ramonda, NS Kraljica, NS Ventis, NS Hogar, NS Artur, NS Regulus, NS Dracarys i NS Demetrius, a od srednjekasnih sorti soje, II grupe zrenja, Rubin, NS Kolos, NS Validus, NS Coral, NS Simba i NS Aurelius.

Tokom vegetacionog perioda primenjena je standardna agrotehnika za proizvodnju soje, a u fazi tehnološke zrelosti obavljena je žetva, a nakon merenja mase uzoraka i vlage zrna vršen je obračun prinosa po jedinici površine sa 14% vlage. Određivanje sadržaja proteina i ulja u zrnu soje izvršeno je u laboratoriji Odeljenja za leguminoze. Rezultati su prikazani tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Prosečan prinos NS sorti soje prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Prosečan prinos, sadržaj proteina i sadržaj ulja NS sorti soje

Table 1. Average yield, protein and oil content of NS soybean varieties

Sorta soje	Grupa zrenja	Prinos zrna (kg ha^{-1})	Sadržaj proteina (%)	Sadržaj ulja (%)
NS Kaća	000	2512	45,70	17,20
NS Favorit	000	2657	41,60	19,00
NS Olympus	000	3108	41,12	21,63
Merkur	00	3284	42,20	19,20
Tajfun	00	3245	40,80	19,60
NS Valantis	00	3998	41,60	21,80
NS Westeros	00	3893	38,90	22,60
NS Sedef	00	3349	38,30	23,40
NS Ecob	00	3087	41,70	21,40
NS Maximus	0	3575	39,80	22,56
NS Viseris	0	3506	40,23	21,20
NS Adonis	0	3516	40,45	20,80
NS Atlas	0	3830	39,20	23,30
NS Vulkan	0	3317	40,40	21,40
Galina	0	3244	40,00	20,75
Valjevka	0	3558	39,40	21,98
NS Ozymandias	0	3767	40,60	22,20
NS Apolo	I	3549	40,50	22,25
NS Deneris	I	3710	39,75	22,98
NS Zmaj	I	4270	40,06	22,51
NS Ramonda	I	3675	41,15	21,72
NS Kraljica	I	4203	39,50	22,63
NS Ventis	I	3518	39,90	22,30
NS Hogar	I	3986	37,92	23,85
NS Artur	I	4053	39,30	23,25
NS Regulus	I	4456	37,10	24,30
NS Dracarys	I	3872	38,54	23,58
NS Demetrius	I	3661	40,07	22,80
Rubin	II	3782	40,79	22,68
NS Kolos	II	3661	42,11	21,35
NS Validus	II	4092	37,29	24,20
NS Coral	II	3864	39,85	23,05
NS Simba	II	4086	39,24	23,04
NS Aurelius	II	3767	39,74	22,50
Prosek		3636,79	40,14	22,03

Najviši prinos imala je sorta NS Regulus (4.456 kg ha^{-1}), a najniži sorta NS Kaća (2.512 kg ha^{-1}). Posmatrano po grupama zrenja vidi se da se među sortama iz 000 grupe zrenja po prinosu izdvaja NS Olympus (3.108 kg ha^{-1}), u odnosu na standardnu sortu NS Kaća (2.512 kg ha^{-1}). Kod veoma ranih sorti iz 00 grupe zrenja po prinosu se izdvajaju NS Valantis (3.998 kg ha^{-1}) i NS Westeros (3.893 kg ha^{-1}), u odnosu na sortu Merkur (3.284 kg ha^{-1}). Kod ranih sorti soje iz 0 grupe zrenja izdvajaju se NS Atlas (3.830 kg ha^{-1}) i NS Ozymandias (3.767 kg ha^{-1}). Kod srednjestasnih sorti, I grupe zrenja, izdvajaju se NS Regulus (4.456 kg ha^{-1}), NS Zmaj (4.270 kg ha^{-1}), NS Kraljica (4.203 kg ha^{-1}) i NS Artur (4.053 kg ha^{-1}) u odnosu na sortu NS Apolo (3.549 kg ha^{-1}). Od kasnih sorti iz II grupe zrenja izdvajaju se po prinosu NS Validus (4.092 kg ha^{-1}) i NS Simba (4.086 kg ha^{-1}) u odnosu na standardnu sortu za ovu grupu zrenja Rubin (3.782 kg ha^{-1}). Najviši prosečan sadržaj proteina zabeležen je kod sorte soje NS Kaća (45,70%), a visoki sadržaji proteina zabeleženi su i kod sorti Merkur (42,20%), NS Kolos (42,11%), NS Ecob (41,70%), NS Favorit i NS Valantis (41,6%). Najviši sadržaj ulja zabeležen je kod sorti soje NS Regulus (24,3%) i NS Validus (24,2%), a visok sadržaj ulja imale su i sorte NS Hogar (23,85%), NS Dracarys (23,58%), NS Sedef (23,4%) i NS Atlas (23,3%). Posmatrano po grupama zrenja uočava se da najranije sorte soje imaju najviši sadržaj proteina, a sa rastom dužine vegetacionog perioda sadržaj proteina opada, dok kod sadržaja ulja primećuje se trend povećanja sa povećanjem vegetacionog perioda pojedinih genotipova.

Prosečan prinos proteina i ulja u zrnu 34 NS sorte soje prikazan je u tabeli 2. Najviši prinos proteina ostvaren je sa sortom soje NS Zmaj (1.710,56 kg ha^{-1}), a visoki prinosi proteina po jedinici površine zabeleženi su i kod sorti soje NS Valantis (1.663,17 kg ha^{-1}), NS Kraljica (1.660,19 kg ha^{-1}), NS Regulus (1.653,18 kg ha^{-1}) i NS Simba (1.603,35 kg ha^{-1}).

Najviši prinos ulja ostvaren je sa sortom soje NS Regulus (1.082,81 kg ha^{-1}), a visoki prinosi ulja po jedinici površine zabeleženi su i kod sorti soje NS Validus (990,26 kg ha^{-1}), NS Zmaj (961,18 kg ha^{-1}), NS Kraljica (951,14 kg ha^{-1}) i NS Hogar (950,66 kg ha^{-1}).

Tabela 2. Prosečan prinos proteina i ulja (kgha⁻¹)**Table 2.** Average protein and oil yield (kgha⁻¹)

Sorta soje	Grupa zrenja	Prinos Proteina (kgha ⁻¹)	Prinos ulja (kgha ⁻¹)
NS Kaća	000	1147,98	432,06
NS Favorit	000	1105,31	504,83
NS Olympus	000	1278,01	672,26
Merkur	00	1385,85	630,53
Tajfun	00	1323,96	636,02
NS Valantis	00	1663,17	871,56
NS Westeros	00	1514,38	879,82
NS Sedef	00	1282,67	783,67
NS Ecob	00	1287,28	660,62
NS Maximus	0	1422,85	806,52
NS Viseris	0	1410,46	743,27
NS Adonis	0	1422,22	731,33
NS Atlas	0	1501,36	892,39
NS Vulkan	0	1340,07	709,84
Galina	0	1297,60	673,13
Valjevka	0	1401,85	782,05
NS Ozymandias	0	1529,40	836,27
NS Apolo	I	1437,35	789,65
NS Deneris	I	1474,73	852,56
NS Zmaj	I	1710,56	961,18
NS Ramonda	I	1512,26	798,21
NS Kraljica	I	1660,19	951,14
NS Ventis	I	1403,68	784,51
NS Hogar	I	1511,49	950,66
NS Artur	I	1592,83	942,32
NS Regulus	I	1653,18	1082,81
NS Dracarys	I	1492,27	913,02
NS Demetrius	I	1466,96	834,71
Rubin	II	1542,68	857,76
NS Kolos	II	1541,65	781,62
NS Validus	II	1525,91	990,26
NS Coral	II	1539,80	890,65
NS Simba	II	1603,35	941,41
NS Aurelius	II	1497,01	847,58
Prosek		1455,30	806,36

ZAKLJUČAK

Po visini prinosa od veoma ranih sorti soje izdvajaju se NS Olympus, NS Valantis i NS Westeros, od ranih sorti NS Atlas i NS Ozymandias, od srednjestasnih sorti NS Regulus, NS Zmaj i NS Kraljica, a od srednje kasnih sorti NS Validus i NS Simba.

Po sadržaju proteina izdvajaju se sorte soje NS Kaća, Merkur, NS Kolos, NS Ecob, NS Favorit i NS Valantis, a po povišenom sadržaju ulja NS Regulus, NS Valantis, NS Hogar, NS Dracarys, NS Sedef i NS Atlas.

Najviši prinos proteina ostvaren je sa sortama soje NS Zmaj, NS Valantis, NS Kraljica, NS Regulus i NS Simba, a najviši prinos ulja sa sortama NS Regulus, NS Validus, NS Zmaj, NS Kraljica i NS Hogar.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032 i ova istraživanja sprovedena su uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, 6788, Soybean Yield Prediction Using Multi-omics Data Integration SoyPredict – SoyPredict.

LITERATURA

- Đukić, V., Cvijanović, M., Dozet, G., Popović, V., Valan, D., Petrović, K., Marinković, J. (2015): Prinos i kvalitet NS sorti soje različitih grupa zrenja. Zbornik radova 56. Savetovanja industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 21.-26. jun 2015, Herceg Novi, 87–91.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. (2018): Kritični momenti u proizvodnji soje, Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 1. Savetovanje agronoma Republike Srbije i Republike Srpske, Zlatibor, 21-27. januar 2018., 34–44.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Miladinović, J., Đorđević, V., Čeran, M., Petrović, K., Balešević-Tubić, S., Valan, D., Ilić, A. (2021): Soja u 2020. godini. Zbornik referata - 55. Savetovanje agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), Zlatibor 31.01.-03.02. 2021., 14–22.
- Đukić, V., Miladinović, J., Miladinov Mamlić, Z., Čeran M., Đalović, I., Dozet, G., Kostić, M. (2021a): Prinos i kvalitet NS sorti soje u mreži makroogleda 2020. godine, Zbornik radova 62. Savetovanja industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 27. jun-02. jul 2021., Herceg Novi, 77–83.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Dozet, G., Čeran, M., Petrović, K., Randelović, P., Cvijanović, G. (2019): Sadržaj ulja i proteina u NS sortama soje. Zbornik radova 60. Savetovanja industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 16-21. jun 2019., Herceg Novi, Crna Gora, 63–69.
- Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V. (2013): Soja u 2012. godini. Zbornik referata - 47. Savetovanje agronoma Srbije, Zlatibor, 03-09.02.2013., 79–86.

Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov, Z., Čeran, M. (2017): Soja u 2016. godini, Zbornik referata 51. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), 22.-28.01.2017., Zlatibor, 11–20.

UTICAJ LOKALITETA GAJENJA NA PRINOS I KVALITET ZRNA SOJE U 2023. GODINI

*Vojin Đukić¹, Jegor Miladinović¹, Zlatica Mamlić¹, Marina Čeran¹, Dragana Latković¹,
Vuk Đorđević¹, Vojin Cvijanović²*

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd, Srbija

IZVOD

Radi postizanja visokih i stabilnih prinosa soje u različitim godinama mora se pristupiti sortnoj agrotehnici i izvršiti pravilnu rejonizaciju sorti soje. Cilj ovoga rada je sagledavanje prinosa, sadržaja proteina i ulja, kao i prinosa proteina i ulja po jedinici površine šest NS sorti soje na šest lokaliteta u 2023. godini. Sorta soje NS Atlas ostvarila je najviši prinos zrna (3.249 kg ha^{-1}), sorte NS Maximus i NS Apolo najviši sadržaj proteina (39,8%), a sorta NS Atlas najviši sadržaj ulja (23,6%), dok je najviši prinos proteina (1.276 kg ha^{-1}) i ulja po jedinici površine (765 kg ha^{-1}) ostvaren sa sortom soje NS Atlas.

Ključne reči: prinos soje, sadržaj proteina i ulja, prinos proteina i ulja.

INFLUENCE OF CULTIVATION LOCATION ON YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN IN 2023

ABSTRACT

To achieve high and stable soybean yields in different years, varietal agrotechnics must be applied and proper rezoning of soybean varieties must be carried out. The aim of this work is to analyze the yield, protein, and oil content, as well as protein and oil yield per unit area of six NS soybean varieties at six localities in 2023. The NS Atlas soybean variety achieved the highest grain yield (3,249 kg ha^{-1}), the NS Maximus and NS Apolo varieties had the highest protein content (39.8%), and the NS Atlas variety had the highest oil content (23.6%), while the highest yield of protein (1,276 kg ha^{-1}) and oil per unit area (765 kg ha^{-1}) achieved with the NS Atlas soybean variety.

Key words: soybean yield, protein and oil content, protein and oil yield.

UVOD

Rezultati višegodišnjih, višelokacijskih oglada pomažu pravilnu rejonizaciju pojedinih sorti soje, odnosno da se na osnovu višegodišnjih oglada pravilno rasporede pojedine sorte po glavnim regionima gajenja (Đukić i sar., 2022) i kako bi se izdvojile sorte koje imaju minimalna variranja u različitim godinama (Randelović i sar., 2023). Za ostvarivanje visokih i stabilnih prinosa soje neophodno je sve agrotehničke mere primeniti pravilno i pravovremeno (Đukić i sar., 2018), ali

moramo imati u vidu da su najvažnije agronomske i hemijske osobine svake sorte pod jakim uticajem faktora spoljašnje sredine i podložne su promenama u zavisnosti od uslova klime i zemljišta (Miladinović i sar., 2013). Zbog toga, izuzetno je važno da odabrane sorte budu dobro prilagođene konkretnim agroekološkim uslovima i da zbog promenljivosti ovih uslova imaju dobru adaptabilnost, kao i stabilnost prinosa (Miladinović i sar., 2017). Prinosi soje variraju zavisno od lokaliteta gajenja i vremenskih prilika u datom regionu (Đukić i sar., 2021), a novije sorte soje imaju veći prinos u odnosu na standardne sorte za pojedine grupe zrenja (Đukić i sar., 2021a). Prinosi proteina i ulja po jedinici površine zavise od prinosa zrna i sadržaja proteina i ulja (Đukić i sar., 2023). Manje variranje prinosa na različitim lokalitetima i pri različitim agroekološkim uslovima proizvodnje ukazuju na stabilnost sorte (Đukić i sar., 2015).

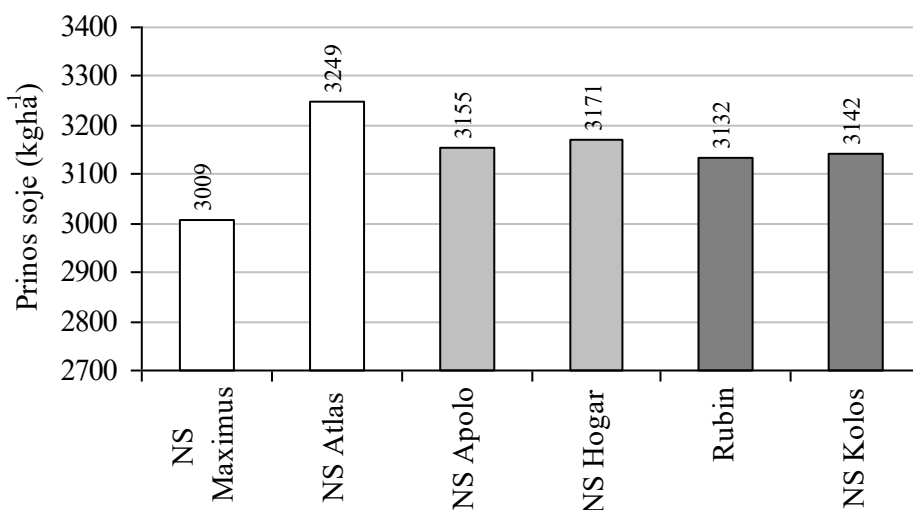
Cilj testiranja genotipova soje u mreži makro, demonstracionih i proizvodnih ogleda upravo je pravilna rejonizacija, kako bi se odabrale sorte soje sa najvišim prinosom i najboljeg kvaliteta za pojedine regione gajenja (Miladinov i sar., 2019).

MATERIJAL I METODE RADA

Radi sagledavanja uticaja lokaliteta na prinos i kvalitet zrna soje postavljen je ogled sa šest NS sorti soje, po dve iz 0, I i II grupe zrenja, na 6 lokaliteta. U ogledu su bile standardne sorte NS Maximus (0 grupa zrenja), NS Apolo (I grupa zrenja) i Rubin (II grupa zrenja), i sorte soje iz navedenih grupa zrenja koje su zastupljene u proizvodnji soje (Ns Atlas, NS Hogar i NS Kolos), a lokaliteti izvođenja ogleda su Rimski Šančevi, Sombor, Vajska, Zrenjanin, Ruma i Loznica. Ogledi su izvođeni po jedinstvenoj metodici za izvođenje ogleda, a razlike u rezultatima su zbog uticaja zemljišnih i klimatskih razlika u pojedinim lokalitetima, prvenstveno razlike u strukturi i plodnosti zemljišta, kao i količini i rasporedu padavina. U fazi tehnološke zrelosti obavljena je žetva, a nakon merenja mase uzoraka i vlage zrna izvršen je obračun prinosa po jedinici površine sa 14% vlage. Iz uzoraka semena u Odeljenju za leguminoze određen je sadržaj proteina i ulja u zrnu soje. Rezultati za prinos, sadržaj proteina i ulja, kao i za prinos proteina i ulja po jedinici površine prikazani su grafički.

REZULTATI I DISKUSIJA

Prosečan prinos NS sorti soje na 6 različitih lokaliteta prikazan je grafički na slici 1.

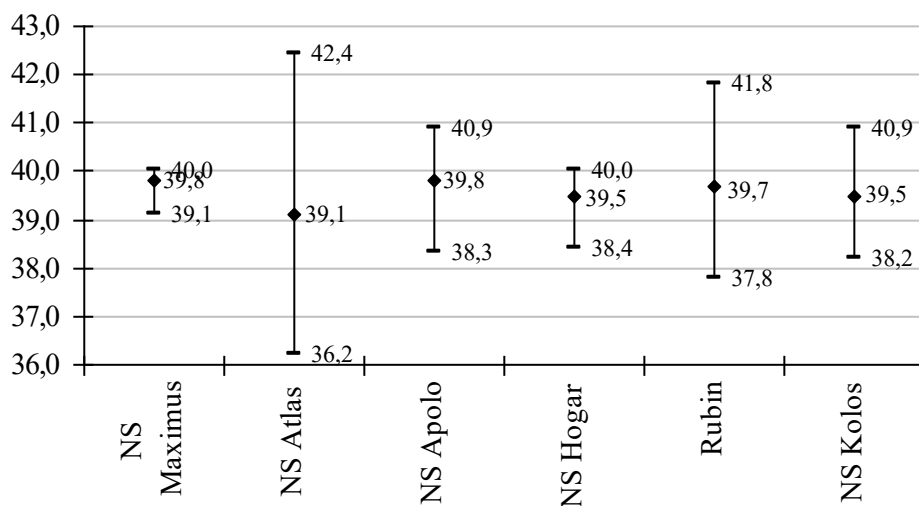


Slika 1. Prosečan prinos NS sorti soje
Figure 1. Average yield of NS soybean varieties

Najviši prosečan prinos ostvaren na svih 6 lokaliteta imala je sorta NS Atlas (3.249 kg ha⁻¹), a najniži prinos sorta NS Maximus (3.009 kg ha⁻¹). Posmatrano po grupama zrenja vidi se da se među sortama iz 0 grupe zrenja po prinosu izdvaja sorta soje NS Atlas (3.249 kg ha⁻¹), u odnosu na standardnu sortu NS Maximus 3.009 kg ha⁻¹). Kod srednjestasnih sorti, I grupe zrenja, izdvaja se sorta NS Hogar (3.171 kg ha⁻¹) u odnosu na sortu NS Apolo (3.155 kg ha⁻¹). Od kasnih sorti izdvaja se po prinosu sorta NS Kolos (3.142 kg ha⁻¹), u odnosu na sortu Rubin (3.132 kg ha⁻¹). Najniži prosečan prinos zrna svih sorti u ogledu zabeležen je na lokalitetu Sombor (2.268 kg ha⁻¹), a najviši na lokalitetu Vajska (4.124 kg ha⁻¹).

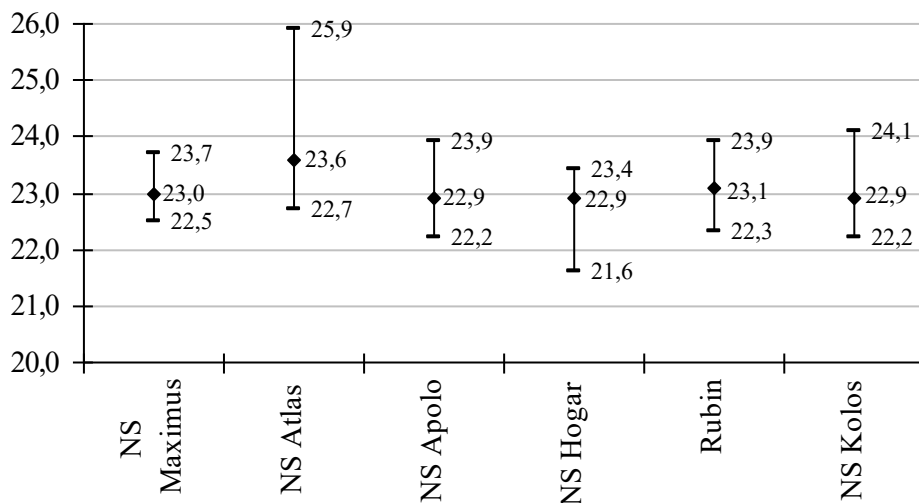
Prosečan sadržaj proteina u zrnu (slika 2) veoma je varirao između pojedinih sorti soje i kretao se u rasponu od 39,1% (NS Atlas) do 39,8% (NS Maximus, NS Apolo). Po povišenom sadržaju proteina u zrnu izdvajaju se sorte NS Maximus, NS Apolo (39,8%) i Rubin (39,7%). Još veća variranja u sadržaju proteina bila su kod iste sorte, a na različitim lokalitetima. Najveća variranja sadržaja proteina zabeležena su kod sorte NS Atlas, kod koje je najniži sadržaj proteina bio na lokalitetu Rimski Šančevi (36,2%), a najviši sadržaj na lokalitetu Loznica (42,4%). Velike razlike bile su i kod sorte soje Rubin kod koje je najniži sadržaj proteina zabeležen na lokalitetu Vajska (37,8%), dok je najviši sadržaj bio na lokalitetu Sombor (41,8%). Najmanje variranje sadržaja proteina u odnosu na lokalitete zabeležen je kod sorti NS Maximus i NS Hogar. Sadržaj proteina kod sorte NS Maximus kretao se u rasponu od 39,1% na lokalitetu Vajska do 40,0% na lokalitetima Rimski Šančevi i Sombor, a kod sorte NS

Hogar kretao se u rasponu od 38,4% na lokalitetu Vajska do 40,0% na lokalitetu Rimski Šančevi.



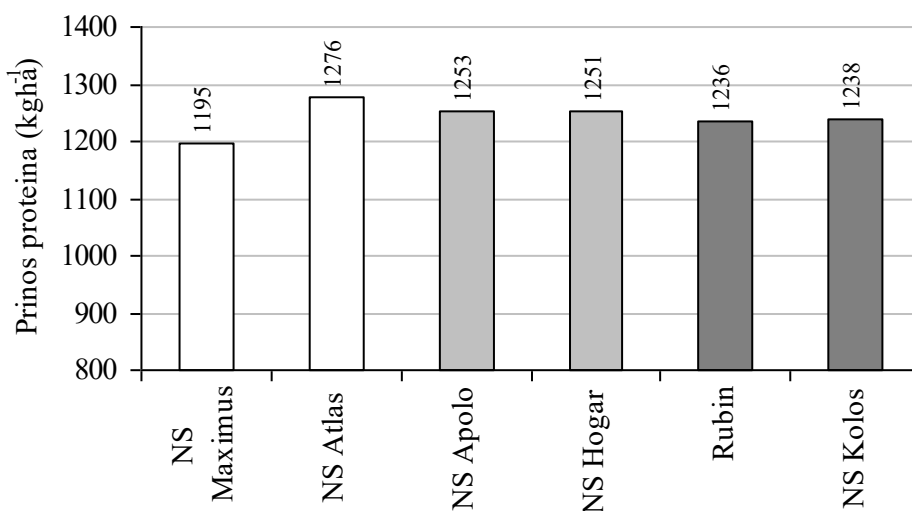
Slika 2. Prosečne vrednosti, minimalni i maksimalni sadržaj proteina NS sorti soje
Figure 2. Average amounts, minimum and maximum protein content NS variety

Na lokalitetu Vajska zabeležen je najniži sadržaj proteina u zrnu soje i u proseku za sve sorte u ogledu je iznosio 38,7%, dok je na lokalitetu Loznica zabeležen najviši prosečan sadržaj proteina za sve sorte u makroogledu (40,3%).



Slika 3. Prosečne vrednosti, minimalni i maksimalni sadržaj ulja NS sorti soje
Figure 3. Average amounts, minimum and maximum oil content NS variety

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje prikazan je na slici 3. Najniži sadržaj ulja bio je kod sorti NS Apolo, NS Hogar i NS Kolos (22,9%), dok je najviši sadržaj ulja zabeležen kod sorte soje NS Atlas (23,6%). Sadržaj proteina i sadržaj ulja u zrnu soje su vezana svojstva i nalaze se u negativnoj korelaciji, odnosno ako se povećava sadržaj proteina, smanjuje se sadržaj ulja u zrnu i obrnuto (Dozet i sar., 2018). Visok sadržaj ulja zabeležen je i kod sorte Rubin (23,1%). Prosečne vrednosti za sadržaj ulja za sve sorte soje u ogledu kretale su se od 22,6% na lokalitetu Ruma do 23,6% na lokalitetu Loznica. Najveća variranja u sadržaju ulja između različitih lokaliteta bila su kod sorte soje NS Atlas (22,7% na lokalitetu Ruma i 25,9% na lokalitetu Rimski Šančevi). Najmanje variranje sadržaja ulja u zrnu soje u odnosu na lokalitete zabeležen je kod sorte NS Maximus (od 22,5% na lokalitetu Ruma do 23,7% na lokalitetu Loznica). Prosečan prinos proteina po jedinici površine prikazan je na grafikonu 4. Najviši prinos proteina ostvaren je sa sortom NS Atlas (1.276 kg ha^{-1}), a visoke vrednosti bile su i kod sorti NS Apolo (1.253 kg ha^{-1}), NS Hogar (1.251 kg ha^{-1}), NS Kolos (1.238 kg ha^{-1}) i Rubin (1.236 kg ha^{-1}).



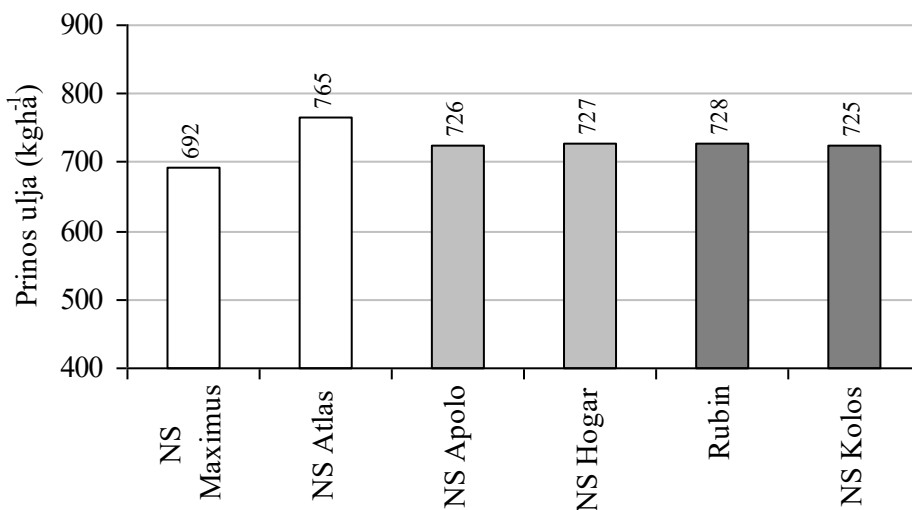
Slika 4. Prosečan prinos proteina NS sorti soje
Figure 4. Average yield of NS protein of soybean varieties

Najniži prinos proteina imala je sorta NS Maximus (1.195 kg ha^{-1}), a najmanji prinos proteina, za sve sorte soje u ogledu, ostvaren je na lokalitetima Sombor (900 kg ha^{-1}) i Ruma (984 kg ha^{-1}) dok je najviši prinos proteina bio na lokalitetima Loznica (1.613 kg ha^{-1}) i Vajska (1.591 kg ha^{-1}).

Prosečan prinos ulja po jedinici površine prikazan je grafički na slici 5.

Prosečan prinos ulja kretao se od 692 kg ha^{-1} kod sorte soje NS Maximus do 765 kg ha^{-1} kod sort NS Atlas. Pored sorte soje NS Atlas, po visini prinosa ulja po jedinici

površine izdvajaju se i sorte Rubin (728 kg ha^{-1}), NS Hogar (727 kg ha^{-1}), NS Apolo (726 kg ha^{-1}) i NS Kolos (725 kg ha^{-1}). Najmanji prosečan prinos ulja po jedinici površine, za sve sorte soje, ostvaren je na lokalitetima Sombor (521 kg ha^{-1}) i Ruma (561 kg ha^{-1}) dok je najviši prosečan prinos ulja bio na lokalitetima Vajska (956 kg ha^{-1}) i Loznica (944 kg ha^{-1}).



Slika 5. Prosečan prinos ulja NS sorti soje

Figure 5. Average yield of NS oil of soybean varieties

ZAKLJUČAK

Po visini prinosa zrna izdvajaju se sorte NS Atlas, NS Hogar i NS Apolo. Variranja u sadržaju proteina i ulja u zrnu soje veća su između pojedinih lokaliteta, nego između pojedinih sorti soje. Po povišenom sadržaju proteina u zrnu u 2023. godini izdvojile su se sorte NS Maximus, NS Apolo i Rubin, dok se po povišenom sadržaju ulja izdvajaju sorte NS Atlas, Rubin i NS Maximus. Po visokom prinosu proteina izdvajaju se sorte soje NS Atlas, NS Apolo i NS Hogar, a po prinosu ulja po jedinici površine sorta soje NS Atlas.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032 i ova istraživanja sprovedena su uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, 6788, Soybean Yield Prediction Using Multi-omics Data Integration SoyPredict – SoyPredict.

LITERATURA

Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, D., Đurić, N., Jakšić, S. (2018): Primena vodenog ekstrakta koprive u organskoj proizvodnji soje, Zbornik radova - 59.

- Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 79–84.
- Đukić, V., Cvijanović, M., Dozet, G., Popović, V., Valan, D., Petrović, K., Marinković, J. (2015): Prinos i kvalitet NS Sorti soje različitih grupa zrenja. Zbornik radova 56. Savetovanja industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 21.-26. jun 2015, Herceg Novi, 87–91.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. (2018): Kritični momenti u proizvodnji soje, Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 1. Savetovanje agronoma Republike Srbije i Republike Srpske, Zlatibor, 21-27. januar 2018., 34–44.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Miladinović, J., Đorđević, V., Čeran, M., Petrović, K., Balešević-Tubić, S., Valan, D., Ilić, A. (2021): Soja u 2020. godini. Zbornik referata, 55. Savetovanje agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), Zlatibor 31.01.-03.02. 2021., 14–22.
- Đukić, V., Miladinović, J., Miladinov Mamlić, Z., Čeran M., Đalović, I., Dozet, G., Kostić, M. (2021a): Prinos i kvalitet NS sorti soje u mreži makroogleda 2020. Godine, Zbornik radova 62. Savetovanja industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 27. jun - 2. jul 2021., Herceg Novi, 77–83.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Marinković, J., Jaćimović, S. (2022): Prinos i kvalitet NS sorti soje u mreži makroogleda 2021. godine. Zbornik radova 63. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 26. jun - 1. jul 2022., Herceg Novi, 49–55.
- Đukić, V., Miladinović, J., Stojanović, D., Đorđević, V., Vasiljević, S., Randelović, P., Čeran, M. (2023): Kvalitet novopriznatih NS sorti soje u 2023. godini. Zbornik radova - 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25-30. jun 2023., Herceg Novi, 45–53.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Dozet, G., Čeran, M., Petrović, K., Randelović, P., Cvijanović, G. (2019): Sadržaj ulja i proteina u NS sortama soje. Zbornik radova 60. Savetovanja industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 16-21. Jun 2019., Herceg Novi, Crna Gora, 63–69.
- Miladinović, J. Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V. (2013): Soja u 2012. godini. Zbornik referata 47. Savetovanje agronoma Srbije, Zlatibor, 3-9. februar 2013., 79–86.
- Miladinović, J., Vidić, M., Balešević-Tubić, S., Đukić, V., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov, Z., Čeran, M. (2017): Soja u 2016. godini, Zbornik referata 51. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), 22-28.01.2017., Zlatibor, 11–20.
- Randelović, P., Đorđević, V., Miladinović, J., Đukić, V., Jaćimović, S., Čeran, M., Cvijanović, M. (2023): Kvalitet NS sorti u mikroogledima soje 2022. godine. Zbornik radova 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25. – 30. jun 2023, Herceg Novi, 55–61.

VARIRANJE PRINOSA I KVALITETA ZRNA SOJE USLED NAVODNJAVANJA

*Gordana Dozet¹, Atef Aljnin¹, Vojin Đukić², Zlatica Mamlić², Slobodanka Ljumović¹,
Libuška Fačara³, Jegor Miladinović¹*

¹Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Srbija

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

³Srednja poljoprivredna škola u Baču, Bač, Srbija

IZVOD

Navodnjavanje je nezamenjiva agrotehnička mera u vreme klimatskih promena koja povećava prinose i kvalitet gajenih biljaka. Soja veoma pozitivno reaguje na navodnjavanje, naročito u godinama sa izraženom sušom u vreme formiranja i nalivanja zrna. Navodnjavanje je u nepovoljnoj 2022. godini povećalo prinos soje od 41 do 94%, a u povoljnoj, 2023. godini od 13,99 do 15,46%. Usled navodnjavanja smanjen je sadržaj proteina, povećan sadržaj ulja i povećan prinos proteina i ulja po jedinici površine.

Ključne reči: navodnjavanje, soja, prinos, sadržaj proteina i ulja, prinos proteina i ulja.

VARIATION OF YIELD AND QUALITY OF SOYBEANS DUE TO IRRIGATION

ABSTRACT

Irrigation is an irreplaceable agrotechnical measure in times of climate change that increases yields and the quality of cultivated plants. Soybeans respond very positively to irrigation, especially in years with pronounced drought at the time of grain formation and pouring. Irrigation increased soybean yield from 41% to 94% in the unfavorable year 2022, and from 13.99% to 15.46% in the favourable year 2023. As a result of irrigation, the protein content decreased, the oil content increased and the yield of protein and oil per unit area increased.

Key words: irrigation, soybean, yield, protein and oil content, protein, and oil yield.

UVOD

Soja je poreklom iz područja sa kišnim i toplim letima i ima dosta visoke potrebe za vodom, zbog čega navodnjavanje treba da bude obavezna mera u proizvodnji semena ove biljne vrste, kako zbog ostvarenja viših prinosa i boljeg kvaliteta zrna, tako i zbog boljeg kvaliteta semena (Đukić i Dozet, 2014). O reakciji biljaka soje na vodu dovoljno govori podatak da folijarna primena vode u intenzivnom porastu biljaka statistički veoma značajno povećava prinos soje (Dozet i sar., 2021). Efekat navodnjavanja soje zavisi od vremenskih prilika u proizvodnoj godini i u godinama

sa izraženim sušnim periodom postižu se povoljniji rezultati (Ljumović i sar. (2023). Fizičke osobine i kvalitet zemljišta, kvalitet i vreme osnovne obrade i predsetvene pripreme zemljišta, primena agrotehničkih mera tokom vegetacionog perioda, primena organskih i mineralnih đubriva, meteorološki uslovi u periodu vegetacije, a naročito pojava i dužina trajanja suše, kao i ostali stresni uslovi imaju veoma izražen uticaj na visinu ostvarenog prinosa (Dozet i sar., 2019). Navodnjavanje soje dovodi do povećanja prinosa zrna po jedinici površine, do smanjenja sadržaja proteina i do povećanja sadržaja ulja u zrnu, kao i do povećanja prinosa proteina i ulja po jedinici površine (Ljumović i sar., 2023). Oscilacije prinosa u pojedinim godinama potvrđuju da vremenski uslovi tokom vegetacije imaju veliki uticaj na prinos soje (Dozet i sar., 2013; Dozet i sar. 2015; Dozet i sar., 2023).

Cilj ovih istraživanja je ispitivanje uticaja navodnjavanja na prinos, sadržaj proteina i ulja u zrnu soje kod tri rane sorte soje iz 000, 00 i 0 grupe zrenja.

MATERIJAL I METODE RADA

Kako bi sagledali uticaj navodnjavanja na prinos, sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, kao i prinos proteina i ulja po jedinici površine, postavljen je dvogodišnji ogled na privatnoj parceli u okolini Bača. Za ogled su izabrane tri rane sorte soje iz NS selekcije, NS Kaća – 000 grupe zrenja, NS Merkur – 00 grupe zrenja i Valjevka – 0 grupe zrenja. Ogled je postavljen u četiri ponavljanja, a veličina osnovne parcelice bila je 15 m², odnosno šest redova soje sa međurednim razmakom od 50 cm i pet metara dužine. Soja je navodnjavana pomoću tifona u kritičnim fazama za soju, istom količinom vode kod sve tri navedene sorte. Deo parcele nije navodnjavan što nam je poslužilo kao kontrolna varijanta ogleada. Za izvođenje ogleada primenjene su standardne agrotehničke mere za proizvodnju soje, a u fazi tehnološke zrelosti izvršena je žetva, izmerena masa zrna soje, vlaga i obračunat je prinos po hektaru sa 14% vlage. U laboratoriji Odeljenja za leguminoze izmeren je sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, na osnovu čega su izračunati prinosi proteina i ulja po hektaru. Rezultati su prikazani tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Prosečne temperature i padavine u toku vegetacionog perioda za dve analizirane godine prikazane su u tabeli 1.

Svedoci smo klimatskih promena u vidu povećanja temperatura, dok padavine pokazuju sve veće oscilacije u pojedinim godinama i smenu kišnih i ekstremno sušnih godina (Đukić i sar., 2018). Prosečne temperature u vegetacionom periodu 2022. i 2023. godine (20,1°C i 20,0°C) bile su iznad višegodišnjeg proseka (18,2°C). U 2022. godini temperature znatno iznad višegodišnjeg proseka zabeležene su u maju (19,2°C), junu (24,0°C), julu (25,1°C) i avgustu (24,6°C), dok su u 2023. godini

značajno više temperature bile u junu (21,2°C), julu (24,8°C), avgustu (23,7°C) i septembru (21,8°C).

Padavina je tokom vegetacionog perioda soje u 2022. godini (392,8 lm^{-2}) bilo više u odnosu na višegodišnji prosek (377,8 lm^{-2}), uz izraženi nedostatak u periodu od juna do avgusta, a značajne količine padavina zabeležene su u zadnjoj dekadi avgusta i u septembru, međutim ove padavine nisu imale efekta na rane sorte soje koje su već završile vegetaciju. U 2023. godini bilo više padavina (405,0 lm^{-2}), uz povoljniji raspored, zbog čega su u ovoj godini i ostvareni znatno viši prinosi soje.

Tabela 1. Vremenski uslovi u ispitivanim godinama

Table 1. Weather conditions in the study years

Mesec Month	Srednje mesečne temperature (°C) Mean monthly temperature (°C)			Padavine (lm^{-2}) Precipitation (lm^{-2})		
	2022	2023	Prosek 1964-2021 Average 1964-2021	2022	2023	Prosek 1964-2021 Average 1964-2021
IV	10,9	10,8	11,8	54,5	65,0	47,3
V	19,2	17,4	17,0	17,9	131,0	68,6
VI	24,0	21,2	20,3	43,6	45,0	88,3
VII	25,1	24,8	21,9	13,8	58,0	66,9
VIII	24,6	23,7	21,5	104	40,0	59,6
IX	16,8	21,8	17,1	159	66,0	47,0
Prosek/Suma Average/total	20,1	20,0	18,2	392,8	405,0	377,8

Prinos soje

Uticao navodnjavanja na prinos tri sorte soje različitih grupa zrenja prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Prosečan prinos zrna soje (kgha^{-1})

Table 2. Average soybean grain yield (kgha^{-1})

Sorta	2022		2023		Prosek Average	
	Kontrola	Navodnjavanje	Kontrola	Navodnjavanje	Kontrola	Navodnjavanje
NS Kaća	1456	2049	2567	2964	2012	2507
NS Merkur	1512	2311	2850	3290	2181	2801
Valjevka	1328	2573	3046	3472	2187	3023
Prosek Average	1432	2311	2821	3242	2127	2777

Prosečan prinos soje u ogledu, ostvaren u dvogodišnjim istraživanjima iznosio je 2127 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2777 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem, odnosno navodnjavanjem je prinos povećan za 30,56%. Posmatrajući po sortama soje uočava se da je kod najranije sorte soje NS Kaća (2012 kg ha^{-1} i 2507 kg ha^{-1}) povećanje prinosa usled navodnjavanja iznosilo 24,60%, kod sorte NS Merkur (2181 kg ha^{-1} i 2801 kg ha^{-1}) 28,43% i kod sorte soje Valjevka (2187 kg ha^{-1} i 3023 kg ha^{-1}) 30,56%. U 2022. godini koja je bila izuzetno nepovoljna za proizvodnju soje zbog izraženog nedostatka padavina navodnjavanje je imalo veoma povoljan efekat na prinos soje, a povećanje je iznosilo u proseku za sve tri sorte 61,38% (1432 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2311 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem). Najveće povećanje prinosa usled navodnjavanja zabeleženo je kod sorte soje Valjevka 93,75% (1328 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2573 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem), a najmanje povećanje kod najranije sorte soje NS Kaća 40,73% (1456 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2049 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem). Kod sorte soje NS Merkur povećanje prinosa usled navodnjavanja iznosilo je 52,84% (1512 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2311 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem). U 2023. godine povećanje prinosa usled navodnjavanja iznosilo je u proseku za sve tri sorte 14,92% (2821 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 3242 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem). Najveće povećanje prinosa usled navodnjavanja zabeleženo je kod sorte soje NS Kaća 15,47% (2567 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 2964 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem), a najmanje povećanje kod sorte soje sa najdužim vegetacionim periodom, Valjevka 13,99% (3046 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 3472 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem). Kod sorte soje NS Merkur povećanje prinosa usled navodnjavanja iznosilo je 15,44% (2850 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 3290 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem).

Sadržaj proteina i ulja u zrnju soje

Sadržaj proteina i ulja u zrnju soje prikazan je u tabeli 3. Prosečan sadržaj proteina u ogledu iznosio je 41,62% bez navodnjavanja i 41,45% sa navodnjavanjem. U 2022. godini prosečan sadržaj proteina iznosio je 41,53% bez navodnjavanja i 41,33% sa navodnjavanjem, dok je u 2023. godini bio 41,70% bez navodnjavanja i 41,57% sa navodnjavanjem. Posmatrano po sortama soje uočava se da je sorta NS Kaća imala najviši sadržaj proteina (44,7% i 44,6% u 2022. godini i 45,2% u 2023. godini, sorta soje NS Merkur (40,2% i 39,9% u 2022. godini i 39,9% i 39,7% u 2023. godini), a sorta soje Valjevka (39,7% i 39,5% u 2022. godini i 40,0% i 39,8% u 2023. godini). Kod svih sorti soje i u obe godine istraživanja primetan je trend smanjivanja sadržaja proteina u zrnju soje na varijantama ogleda sa navodnjavanjem.

Prosečan sadržaj ulja u ogledu iznosio je 19,32% bez navodnjavanja i 19,45% sa navodnjavanjem. U 2022. godini prosečan sadržaj ulja iznosio je 19,20% bez navodnjavanja i 19,37% sa navodnjavanjem, dok je u 2023. godini bio 19,43% bez navodnjavanja i 19,53% sa navodnjavanjem. Posmatrano po sortama soje uočava se

da je sorta Valjevka imala najviši sadržaj ulja u zrnu (19,9% i 20,1% u 2022. godini i 20,2% i 20,3% u 2023. godini, sorta soje NS Merkur (19,4% i 19,6% u 2022. godini i 19,8% i 19,97% u 2023. godini), a sorta soje NS Kaća (18,3% i 18,4% u 2022. godini i 2023. godini). Kod svih sorti soje i u obe godine istraživanja primetan je trend povećanja sadržaja ulja u zrnu soje na varijantama ogleđa sa navodnjavanjem.

Tabela 3. Prosečan sadržaj proteina i prosečan sadržaj ulja

Table 3. Average protein content, and average oil content

Sorta	2022		2023		Prosek Average	
	Kontrola	Navodnjavanje	Kontrola	Navodnjavanje	Kontrola	Navodnjavanje
Sadržaj proteina (%)						
NS Kaća	44,7	44,6	45,2	45,2	44,95	44,90
NS Merkur	40,2	39,9	39,9	39,7	40,05	39,80
Valjevka	39,7	39,5	40,0	39,8	39,85	39,65
Prosek Average	41,53	41,33	41,70	41,57	41,62	41,45
Sadržaj ulja (%)						
NS Kaća	18,3	18,4	18,3	18,4	18,30	18,40
NS Merkur	19,4	19,6	19,8	19,9	19,60	19,75
Valjevka	19,9	20,1	20,2	20,3	20,05	20,20
Prosek Average	19,20	19,37	19,43	19,53	19,32	19,45

Prinos proteina i ulja u zrnu soje

U tabeli 4 prikazan je prosečan prinos proteina i ulja po jedinici površine. Prosečan prinos proteina u ogleđu iznosio je 884 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 1147 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem, odnosno povećan je za 29,77%. U 2022. godini prosečan prinos proteina iznosio je 595 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 951 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem, dok je u 2023. godini bio 1172 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 1343 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem. Povećanje prinosa proteina u 2022. godini iznosilo je 59,71%, a u 2023. godini 14,56%.

Posmatrano po sortama soje uočava se da je sorta NS Kaća imala najviši prinos proteina u proseku za obe godine (906 kg ha^{-1}) na varijanti ogleđa bez navodnjavanja, a na varijanti sa navodnjavanjem, zahvaljujući visokom prinosu zrna, sorta soje Valjevka imala je najviši prinos proteina (1199 kg ha^{-1}). U 2022. godini sorta NS Kaća imala je najviši prinos proteina (651 kg ha^{-1}) na varijanti ogleđa bez navodnjavanja, a na varijanti sa navodnjavanjem sorta soje Valjevka (1016 kg ha^{-1}). U 2023. godini sorta Valjevka imala je najviši prinos proteina i na varijanti bez navodnjavanja i na

varijanti sa navodnjavanjem (1218 kg ha^{-1} i 1382 kg ha^{-1}). Kod svih sorti soje i u obe godine istraživanja, uprkos smanjivanju sadržaja proteina u zrnju soje na varijantama oglada sa navodnjavanjem, dolazi do povećanja prinosa proteina po jedinici površine zahvaljujući povećanju prinosa zrna soje.

Tabela 4. Prosečan prinos proteina i prosečan prinos ulja

Table 4. Average protein yield and average oil yield

Sorta	2022		2023		Prosek Average	
	Kontrola	Navodnja- vanje	Kontrola	Navodnja- vanje	Kontrola	Navodnja- vanje
Prinos proteina (kg ha^{-1})						
NS Kaća	651	914	1160	1340	906	1127
NS Merkur	608	922	1137	1306	872	1114
Valjevka	527	1016	1218	1382	873	1199
Prosek Average	595	951	1172	1343	884	1147
Prinos ulja (kg ha^{-1})						
NS Kaća	266	377	470	545	368	461
NS Merkur	293	453	564	655	429	554
Valjevka	264	517	615	705	440	611
Prosek Average	275	449	550	635	412	542

Prosečan prinos ulja u ogledu iznosio je 412 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 542 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem, a povećanje prinosa ulja iznosilo je 31,48%. U 2022. godini prosečan prinos ulja iznosio je 275 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 449 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem, dok je u 2023. godini bio 550 kg ha^{-1} bez navodnjavanja i 635 kg ha^{-1} sa navodnjavanjem. Povećanje prinosa ulja u 2022. godini iznosilo je 63,48%, a u 2023. godini 15,49%. Posmatrano po sortama soje uočava se da je sorta Valjevka imala najviši prinos ulja u proseku za obe godine (440 kg ha^{-1}) na varijanti oglada bez navodnjavanja i na varijanti sa navodnjavanjem (611 kg ha^{-1}). Posmatrano po godinama, u 2022. godini najviši prinos ulja na varijanti bez navodnjavanja ostvaren je sa sortom soje NS Merkur (293 kg ha^{-1}), a na varijanti sa navodnjavanjem, sa sortom Valjevka (517 kg ha^{-1}). U 2023. godini najviši prinos ulja ostvaren je sa sortom Valjevka, kako na varijanti bez navodnjavanja (615 kg ha^{-1}), tako i na varijanti sa navodnjavanjem (705 kg ha^{-1}).

ZAKLJUČAK

Navodnjavanje povećava prinos soje, smanjuje sadržaj proteina, povećava sadržaj ulja, ali zahvaljujući povećanju prinosa zrna soje povećava prinos proteina i ulja po jedinici površine. Povećanje prinosa zrna, kao i prinosa proteina i ulja po jedinici površine naročito je izraženo u nepovoljnim godinama sa izraženim sušnim periodima.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032.

LITERATURA

- Dozet, Gordana, Cvijanović, Gorica, Đukić, V. (2013). Changes in the Technology of Soybean Production, Ch. 1 from the Book – Sustainable Technologies, Policies and Constraints in the Green Economy, Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, IGI Global Book USA, pp. 1–22.
- Dozet, Gordana, Vojin, Đukić, Marija, Cvijanović, Nenad, Đurić, Ljiljana, Kostadinović, Snežana, Jakšić, Gorica Cvijanović (2015): Influence of organic and conventional methods of growing on qualitative properties of soybean. Book of Proceedings from Sixth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2015”, October 15-18, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 407–412.
- Dozet, G., Đurić, N., Cvijanović, G., Đukić, V., Cvijanović, M., Miladinov, Z., Vasiljević, M. (2019): Uticaj broja biljaka po jedinici površine na neke morfološke osobine soje. Nacionalni naučni skup sa međunarodnim učešćem „Održiva poljoprivredna proizvodnja – Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine”. 18. Oktobar 2019., Bačka Topola, 121–128.
- Dozet, G., Đukić, V., Cvijanović, G., Đurić, N., Cvijanović, V., Miladinović, J., Marinković, J. (2021): Uticaj folijarnog đubrenja na prinos soje. Zbornik radova Nacionalnog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja”, 15. decembar 2021., Smederevska Palanka, 301–308.
- Dozet, G., Alsuwayah, S., Đukić, V., Mamlić, Z., Cvijanović, G., Bajagić, M., Cvijanović, V. (2023): Uticaj primene NPK đubriva na kvalitet zrna soje. Zbornik radova 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25-30. jun 2023., Herceg Novi, 77–83.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. (2018): Kritični momenti u proizvodnji soje, Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS), Zlatibor, 21-27. januar 2018., Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 34–44.
- Đukić, V., Dozet, G. (2014): Tehnologija gajenja semenskog useva soje (Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., red.): Semestarstvo soje, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 53–114.

Ljumović, S., Ivan, J., Bogdanović, M., Fačara, L., Đukić, V., Mamlić, Z., Perenčević, J. (2023):
Uticaj navodnjavanja na prinos i kvalitet soje u 2021. godini. Zbornik radova - 64.
Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem,
25-30. jun 2023., Herceg Novi, 71–75.

UTICAJ GENOTIPA NA PRINOS I NUTRITIVNI KVALITET SOJE

*Jela Ikanović^{1,2}, Vera Popović^{2,3}, Marko Popović⁴, Ljubiša Živanović¹,
Snežana Janković⁵, Nikola Rakašćan⁶, Kristina Kajiš⁶, Ljubiša Kolarić¹*

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd, Srbija

²Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija

⁴Gimnazija Svetozar Marković, Novi Sad, Srbija

⁵IPN - Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd, Srbija

⁶Nezavisni Univerzitet Banja Luka, Fakultet za ekologiju, Bosna i Hercegovina

IZVOD

U ovom radu ispitivan je uticaj sorte na prinos i kvalitet zrna soje. Proučavane su dve sorte, posejane tokom 2023. godine u Pančevu. Proučavan je prinos zrna i komponente kvaliteta soje: vlaga, proteini i ulja i prinos zrna. Rezultati su pokazali da su testirane vrednosti ispitivanih sorti bile zadovoljavajuće i da se soja može uspešno gajiti uz adekvatnu tehnologiju proizvodnje.

Ključne reči: sorta, soja, prinos, kvalitet.

EFFECT OF GENOTYPE ON YIELD AND NUTRITIVE QUALITY OF SOYBEANS

ABSTRACT

In this paper, the influence of the variety on the yield and quality of soybeans was investigated. Two varieties were studied, sown during 2023 in Pancevo. Soybean grain yield and quality components were studied: moisture, proteins and oils, and grain yield. The results showed that the tested values of the tested varieties were satisfactory and that soybeans can be grown successfully with adequate production technology.

Key words: variety, soybean, yield, quality.

UVOD

Soja ima veliki privredni značaj koji se ogleda u velikoj hranljivoj, energetske i vitaminske vrednosti semena, koje ima vrlo značajnu ulogu u ishrani ljudi, domaćih životinja, i u industrijskoj preradi. Predstavlja jednu od najvažnijih poljoprivrednih biljaka kako u svetu tako i u našoj zemlji. U hemijskom sastavu zrna ogleda se značaj soje, u kome se nalazi oko 40% proteina i oko 20% ulja, vrlo upotrebljivih u razne svrhe (Popović i sar., 2017; 2020).

Poreklom je iz Kine gde je dobijena ukrštanjem samoniklih vrsta usurijske i južnokineske soje. O starosti ove gajene vrste postoje različita mišljenja. Prema nekim autorima gajenje soje počelo je pre više od 5.000 godina, iako drugi istraživači

iznose pretpostavke da je ova biljka uvedena u ratarsku proizvodnju pre oko 3.000 godina. Širenje proizvodnje bilo je postepeno, prvo u dalekoistočne predele Rusije, Koreju i Japan, a kasnije u jugoistočnu Aziju. U Evropu je prvi put donesena u prvoj polovini 18. veka, ali je gajenje počelo tek u 20. veku. Na američkom kontinentu, gde se danas najviše gaji, proizvodnja je započela sredinom 19. veka. U našim predelima prvi put je zasejana početkom 20. veka na području Banata. Zrno soje, zahvaljujući velikoj svarljivoj i nutritivnoj vrednosti, koristi se u ishrani na neposredan i posredan način. Od celog zrna u fazi mlečno-voštane ili pune zrelosti spravljaju se različita variva ili se koristi kao hranljivi dodatak mnogim jelima. Posredan način korišćenja soje je industrijska prerada zrna pri čemu se iz njega izdvajaju ulje, proteini, ugljeni hidrati i vitamini koji se koriste za izradu čitavog niza prehrambenih proizvoda. Pre svega, treba istaći polusušivo jestivo sojino ulje pogodno za izradu biljnih masnoća (margarina) i majoneza ili za upotrebu u domaćinstvu za spremanje hrane (Glamočlija i sar., 2015; Popović i sar., 2017; 2020). Ulje soje dobijeno termičkim postupkom važna je sirovina u kozmetičkoj industriji za izradu sredstava lične higijene. U hemijskoj industriji i u štamparstvu ulje je sirovina za izradu kvalitetnih i postojanih štamparskih boja, sredstava za impregnaciju drveta i lakova. Tehničko ulje se sve više koristi za dobijanje tečnih biogoriva. Sporedni proizvodi zrna soje su važna sirovina u gumarskoj i tekstilnoj industriji i dr. Belančevine izdvojene iz zrna koriste se u prehrambenoj industriji za izradu različitih mesnih prerađevina sa dodatkom biljnih strukturnih proteina. Jedan od najvažnijih faktora za uspešnu proizvodnju soje je pravilan izbor sorte za konkretne agroekološke uslove. Zahvaljujući velikoj raznovrsnosti, kako u pogledu dužine vegetacije, tako i u pogledu odnosa prema uslovima gajenja, reakciji prema dominantnim oboljenjima i drugim svojstvima, među NS sortama soje moguće je odabrati odgovarajuću sortu za sve rejone gajenja ove industrijske biljke kod nas i širom sveta. Institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu raspolaže sortama iz šest grupa zrenja, od veoma ranih (grupa zrenja 000 i 00), ranih (0), srednjestasnih (I), do kasnostasnih (II i III), sa dužinom vegetacije od 105 do 150 dana. Cilj ove studije bio je da se ispita produktivnost i kvalitet testiranih sorti soje u Pančevu.

MATERIJAL I METODE RADA

Poljski makroogledi su izvođeni tokom 2023. godine u Pančevu površine od 30 m² (1,5 m × 20 m) sa dve sorte: G1 - Vendi i G2 - Gorštak. Primenjena je standardna agrotehnika za gajenje soje u uslovima prirodnog vodnog režima. Analiza hemijskih osobina odrađena je na NIR analizatoru. Ispitane su parametri komponenti prinosa i kvaliteta: broj mahuna po biljci, broj semena po biljci, masa semena po biljci, prinos zrna, vlaga, sadržaj proteina i ulja. Tokom istraživanja praćeni su i analizirani najvažniji meteorološki pokazatelji - raspored i količine padavina i toplotni uslovi

tokom vegetacionog perioda biljaka, koji su bili podesni za proizvodnju soje, tabela 1.

Tabela 1. Srednje mesečne temperature vazduha (°C) i količine padavina (mm) za vegetacioni period 2023. godini u Pančevu

Table 1. Average monthly air temperatures (°C) and precipitation (mm) for the growing season in 2023 in Pančevo

Parametar		Mesec						Prosek/ Suma
Lokalitet	Agroekološki uslovi	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Pančevo	Padavine, (mm)	54,6	63,1	41,7	142	38,3	11,7	351,4
	Temperatura, (°C)	9,89	17,1	21,70	25,28	22,04	17,87	19,03

Svi podaci su obrađeni pomoću deskriptivne statistike i predstavljeni tabelarno i grafički.

REZULTATI I DISKUSIJA

Parametri produktivnosti soje prikazani su u tabeli 2. Na osnovu rezultata istraživanja evidentno je da soja ima visok potencijal za prinos semena i povoljan hemijski sastav. Prosečan prinos semena soje iznosio je 2448 kg ha⁻¹ dok je prosečan broj mahuna po biljci iznosio 27,5, broj semena 58,5, masa semena po biljci 8. Standardna devijacija za prinos semena iznosila je 145,0, dok je interval varijacije (IV) iznosio 205,2 kg ha⁻¹, tabela 2, slike 1 i 2.

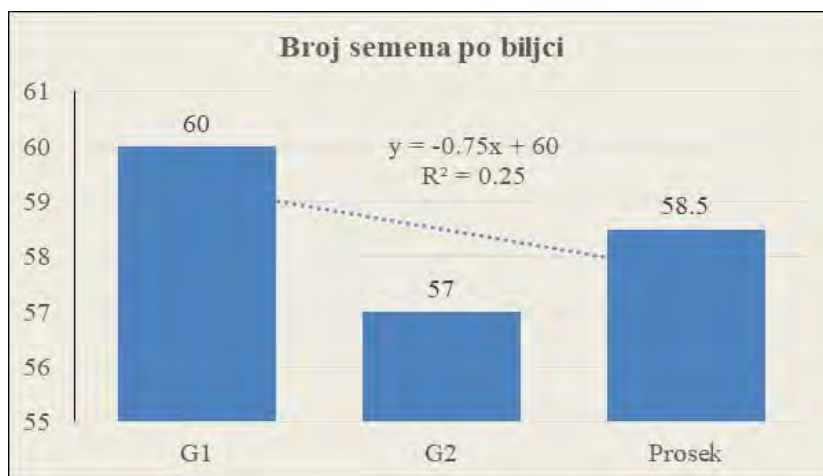
Tabela 2. Prosečne vrednosti za komponente prinosa soje

Table 2. Average values for soybean yield components

Parametar	Broj mahuna po biljci	Broj semena po biljci	Masa semena po biljci	Prinos zrna
G1	29	60	8,2	2550,7
G2	26	57	7,8	2345,5
Prosek	27,5	58,5	8,0	2448,1
IV	3	3	0,4	205,2
Std. dev.	2,1	2,1	0,3	145,0

Genotip soje je imao značajan uticaj na prinos i hemijski sastav semena. Genotip G1 imao je veći prosečan prinos semena soje (2550,7 kg ha⁻¹), prosečan broj mahuna po biljci (29), broj semena (60), i masu semena po biljci (8,2) u odnosu na genotip G2,

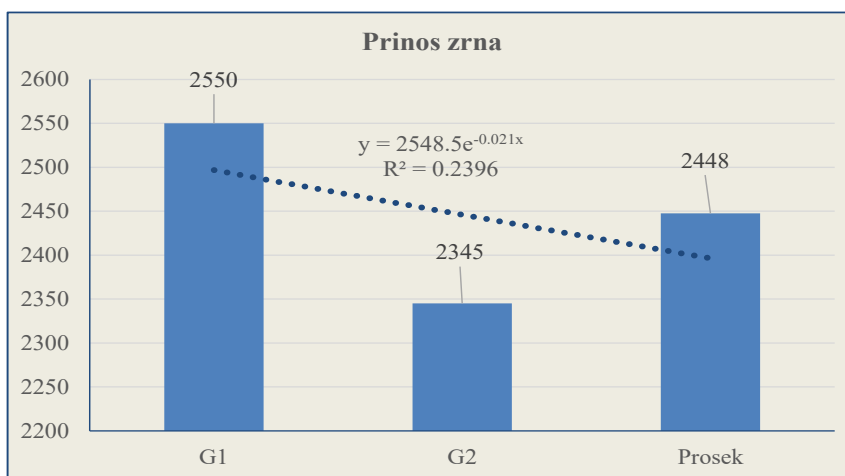
Prosečan broj semena po biljci soje bio je veći kod genotipa G1 (60), u odnosu na genotipa G2 (57) za 3, tabela 2, slika 1.



Slika 1. Broj semena soje po biljci, 2023, Pančevo

Figure 1. Number of soybean seeds per plant, 2023, Pančevo

Prosečan prinos semena po biljci soje bio je veći u genotip G1 (2550,7 kg ha⁻¹), u odnosu na genotip G2 (2345,5 kg ha⁻¹) za 205,1 kg ha⁻¹, tabela 2, slika 2.



Slika 2. Prinosa semena soje, 2023, Pančevo

Figure 2. Soybean seed yield, 2023, Pančevo

U tabeli 3 prikazani su parametri kvaliteta soje. Rezultati istraživanja ukazuju da su sorte soje bile zadovoljavajućeg kvaliteta semena. Prosečan sadržaj proteina u semenu soje iznosio je 32,9% dok je prosečan sadržaj ulja u semenu iznosio 20,3%.

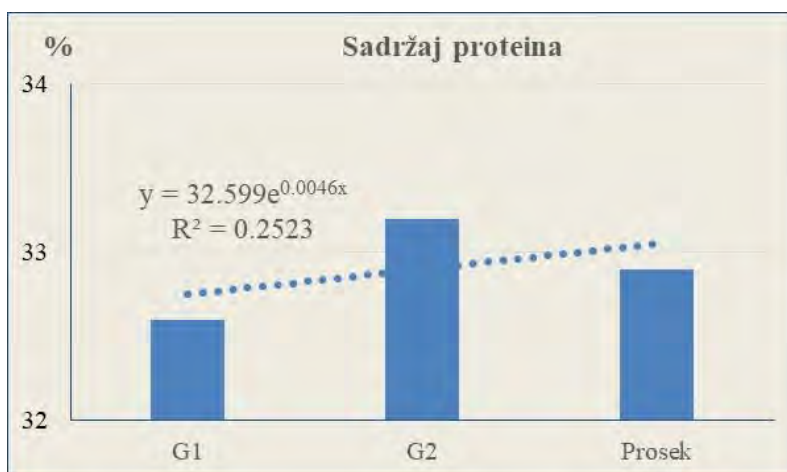
Standardna devijacija za sadržaj proteina u semenu iznosila je 0,42 dok je interval varijacije (IV) iznosio 0,6%, tabela 3, slika 3.

Tabela 3. Komponente kvaliteta

Table 3. Quality components

Sorta	Vlaga, %	Sadržaj proteina, %	Sadržaj ulja, %
G1	13,3	32,6	20,7
G2	14,0	33,2	19,9
Average	13,7	32,9	20,3
IV	0,7	0,6	0,8
Std. dev.	0,49	0,42	0,57

Prosečan sadržaj proteina u semenu soje bio je veći u sorti Gorštak i iznosio je 33,2%, dok je prosečan sadržaj proteina u semenu sorte Vendi iznosio 32,6%, tabela 3, slika 3.

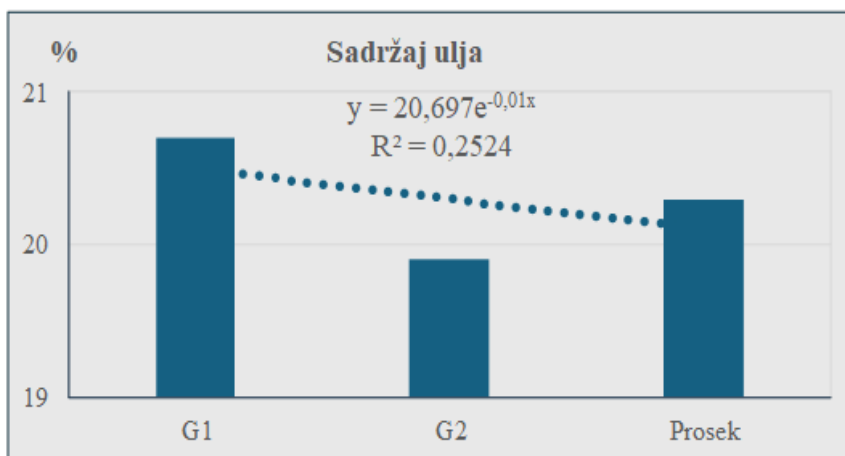


Slika 3. Sadržaj proteina u semenu soje, 2023, Pančevo

Figure 3. Protein content in soybean seeds, 2023, Pančevo

Prosečan sadržaj ulja u semenu soje bio je veći u sorte Vendi i iznosio je 20,7% dok je prosečan sadržaj ulja u semenu sorte Gorštak iznosio 19,9%. Standardna devijacija za sadržaj ulja u semenu iznosila je 0,57 dok je interval varijacije (IV) iznosio 0,8, tabela 3, slika 4. Proizvodnja soje uključuje više faktora koji pojedinačno i u interakciji, uslovljavaju uspeh proizvodnje. Pored genetskih faktora, veliki uticaj na varijabilnost proučavanih osobina sorti soje imaju agroekološki faktori. Veoma je značajan uticaj interakcije godina x genotipa u ekspresiji proučavanih osobina u soji

(Kolarić i sar., 2014a; 2014b; Dozet i sar. 2016; Lakić i sar., 2018; Popović i sar., 2012; 2013a; 2013b; 2014; 2015; 2016a; 2016b; 2018a; 2018b; 2019; 2020).



Slika 4. Sadržaj ulja u semenu soje, 2023, Pančevo
Figure 4. Oil content in soybean seeds, 2023, Pančevo

ZAKLJUČAK

Ispitivane sorte soje ostvarile su zadovoljavajući prinos i kvalitet semena. Prosečan prinos semena soje iznosio je 2448 kg ha⁻¹ dok je prosečan broj mahuna po biljci iznosio 27,5, broj semena 58,5, masa semena po biljci 8. Prosečan prinos semena po biljci soje bio je veći u sorte Vendi (2550,7 kg ha⁻¹), u odnosu na sortu Gorštak (2345,5 kg ha⁻¹) za 205,1 kg ha⁻¹. Evidentan je uticaj genetskih faktora na varijabilnost proučavanih osobina kod ispitivanih sorti soje.

Zahvalnica

Istraživanja su finansirana sredstvima Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (Ugovor evidencioni br. 451-03-65/2024-01/200116, 451-03-66/2024-03/200032 i 200045).

LITERATURA

- Dozet G., Tubic S., Kostadinovic Lj., Djukic V., Jaksic S., Popovic V., Cvijanovic M. (2016): The effect of preceding crops nitrogen fertilization and cobalt and molybdenum application on yield and quality of soybean grain. *Romanian Agricultural Research*, 33: 133–143.
- Glamočlija Đ., Janković S., Popović V., Kuzevski J., Filipović V., Ugrenović V. (2015): Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenju. Monografija. Beograd. ISBN 978-86-81689-32-5, 1–355
- Glamočlija, Đ. (2012): Posebno ratarstvo - žita i zrnene mahunarke. Poljoprivredni fakultet Beograd.

- Kolarić Lj., Zivanovic Lj., Popović V., Ikanović J. (2014b): Influence of inter-row spacing and cultivar on the yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Agriculture and Forestry*, 60: 167-176.
- Kolaric Lj., Zivanovic Lj., Popović V., Ikanović J., Srebric M. (2014a): Influence of inter-row spacing and cultivar on the productivity of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 30: 517-528.
- Lakić Ž., Glamočlija Đ., Kondić D., Popović M. V., Pavlović S. (2018): Krmne biljke i žita u funkciji zaštite zemljišta od degradacije. Monografija. Banja Luka, ISBN 978-99938-93-47-9, 1–403.
- Milanović T., Popović V., Vučković S., Rakašćan N., Popović S., Petković Z. (2020): Analysis of soybean production and biogas yield to improve eco-marketing and circular economy. *Ekonomika poljoprivrede/Economics of Agriculture*, Beograd, ISSN: 0352-3462, DOI: 10.5937/ekoPolj2001141M, 67, 1: 141–156
- Popović V., Glamočlija Đ., Sikora V., Đekić V., Červenski J., Simić D., Ilin S. (2013a): Genotypic specificity of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under conditions of foliar fertilization. *Rom. Agricultural Research*, 30, 259-270. DII2067-5720RAR 255
- Popović V., Kolarić Lj., Živanović Lj., Ikanović J., Rajčić V., Dozet G., Stevanović P. (2018a). Influence of row spacing on NAR–Net Photosynthesis Productivity of *Glycine max* (L.) Merrill. *Agriculture & Forestry*, 64, 1: 159–169. DOI:10.17707/AgricultForest.64.1.18
- Popovic V., Malesevic M., Miladinovic J., Maric V., Zivanovic Lj. (2013b): Effect of Agroecological Factors on Variations in Yield, Protein and Oil Contents in Soybean Grain. *Romanian Agricultural Research*, 30. 241–247.
- Popović V., Miladinović J., Vidić M., Mihailovic V., Ikanović J., Đekić, V., Ilic A. (2014): Genotype x environment interaction between yield and quality components of soybean [*Glycine max*]. *Agriculture and Forestry*. Podgorica, ISSN: 0554-5579; 60, 2: 33–46.
- Popovic V., Miladinovic J., Vuckovic S., Drazic G., Ikanovic J., Djekic V., Filipovic V. (2015). Determining genetic potential and quality components of NS soybean cultivars under different agroecological conditions. *Romanian Agricultural Research*, 32: 35–42.
- Popovic V., Tatić M., Sikora V., Ikanovic J., Drazic G., Djukic V., Mihailovic B., Filipovic V., Dozet G., Jovanovic Lj., Stevanovic P. (2016a). Variability of yield and chemical composition in soybean genotypes grown under different agroecological conditions of Serbia. *Romanian Agricultural Research*, 33: 29–39.
- Popović V., Vidic M., Ikanovic J., Djekic, V., Filipovic V., Tabakovic M., Veselic J. (2016b): Soybean oil yield as affected by the growing locality in agro-climatic divergent years. *Agriculture & Forestry*, PG, 62, 1, 217–225. DOI:10.17707/AgricultForest.62.1.25
- Popović V., Vidić M., Jocković Đ., Ikanović J., Jakšić S., Cvijanović G. (2012): Varijabilnost i međuzavisnost komponenti prinosa soje *Glycine max* (L.) Merr. *Genetika*, 44: 33–45.
- Popović V., Vučković, S., Jovović, Z., Ljubičić, N., Kostić, M., Rakašćan, N., Glamočlija-Mladenović, M., Ikanović, J. (2020): Genotype by year interaction effects on soybean morpho-productive traits and biogas production. *Genetika*, Belgrade, 52(3): 1055–1073. <https://doi.org/10.2298/GENSR2003055P>

- Popović V., Živanović Lj., Kolarić Lj., Ikanović J., Popović S., Simić D., Stevanović P. (2018b):
Efekat azotnih hraniva na komponentu prinosa soje (*Glycine max*). Zbornik Instituta
PKB Agroekonomik. 24, 1-2, 101-110.
- Popović V., Mihailović V., Vučković S., Ikanović J., Rajčić V., Terzić D., Simić D. (2019):
Prospects of *Glycine max* Production in the World and in the Republic of Serbia. Chapter
7. Ed. Janjev. I. Book Title: Serbia: Current Issues and Challenges in the Areas of Natural
Resources, Agriculture and Environment. NOVA Science publishers, USA, 171-194. p. 1–
383.

PRIMENA VODENIH EKSTRAKATA U CILJU PROMENE KVANTITATIVNIH I KVALITATIVNIH OSOBINA ZRNA SOJE

*Gorica Cvijanović¹, Zlatica Mamlić², Marija Bajagić¹, Vojin Đukić², Gordana Dozet³,
Vojin Cvijanović⁴, Nenad Đurić⁵*

¹Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Bijeljina,
Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

³Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Srbija

⁴Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd, Srbija

⁵Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka, Srbija

IZVOD

Vodeni ekstrakti od biljnog materijala sadrže makroelemente i mikroelemente, kao i različite fiziološki aktivne materije koje imaju pozitivan uticaj na prinos i kvalitet zrna soje. Folijarna primena vodenog ekstrakta od ploda đumbira povećala je prinos soje za 23,9%, sadržaj proteina za 2,3%, smanjila sadržaj ulja za 0,9%, povećala prinos proteina za 26,8% i prinos ulja za 23,0%, dok je primena vodenog ekstrakta od ploda nara povećala sadržaj ulja u zrnu soje za 1,5%.

Ključne reči: vodeni ekstrakti, folijarna primena, prinos, sadržaj proteina, sadržaj ulja.

APPLICATION OF AQUEOUS EXTRACTS TO CHANGE THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE PROPERTIES OF SOYBEAN

ABSTRACT

Aqueous extracts from plant material contain macroelements and microelements, as well as various physiologically active substances that have a positive effect on the yield and quality of soybeans. Foliar application of aqueous extract of ginger fruit increased soybean yield by 23.9%, protein content by 2.3%, decreased oil content by 0.9%, increased protein yield by 26.8% and oil yield by 23.0%, while the application of water extract from pomegranate fruit increased the oil content in soybeans by 1.5%.

Key words: aqueous extracts, foliar application, soybean yield, protein content, oil content.

UVOD

Vodeni ekstrakti od biljnog materijala sadrže makro i mikroelemente koje biljke lako usvajaju, ali i razne biološki aktivne materije koje utiču na rast i razvoj biljaka (Mamlić i sar., 2022a). U novije vreme gajenje soje se sve više usmerava na načine koji dovode do povećanja sadržaja proteina i poboljšanje kvaliteta ulja (Cvijanović i sar., 2019). Vodeni ekstrakti imaju pozitivan uticaj na prinos i kvalitet zrna soje

(Miladinov i sar., 2018; Randelović i sar., 2018), mada i njihov efekat zavisi od vremenskih uslova tokom vegetacije (Dozet i sar., 2013; Dozet i sar., 2015; Randelović i sar., 2019). Vodeni ekstrakti biljnog materijala sve se više koriste u proizvodnji biljaka, cvečarstvu, povrtarstvu, ali i u ratarstvu, kako u organskoj, tako i u konvencionalnoj proizvodnji (Đukić i sar., 2021). Folijarna prihrana soje u fazi intenzivnog porasta povećava prinos (Miladinov i sar., 2018), a da se različitim folijarnim đubrivima može uticati na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje u svojim istraživanjima potvrdili su Mamlić i sar. (2022b), Mamlić i sar. (2023a), Mamlić i sar. (2023b).

Cilj ovoga rada je ispitivanje uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata dobijenih iz različitih plodova na prinos, sadržaj, proteina i ulja u zrnu soje.

MATERIJAL I METODE RADA

Radi ispitivanja uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata od plodova jagode, đumbira, asimine, manga, kivana i nara na prinos, sadržaj i prinos proteina i ulja, tokom 2023. godine postavljen je ogled na eksperimentalnim parcelama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Za izvođenje ogleda izabrana je sorta soje I grupe zrenja NS Apolo, a ogled je postavljen u tri ponavljanja sa veličinom osnovne parcelice od 10m². Vodeni ekstrakti dobiveni su fermentacijom biljnog materijala i vode u omjeru 1:10, a pre folijarne pripreme razređivani su vodom u odnosu 1:15 uz količinu razređenog vodenog ekstrakta od 300 litara po hektaru. Folijarna primena vodenih ekstrakata vršena je u periodu intenzivnog porasta biljaka soje pre cvetanja. U momentu tehnološke zrelosti izvršena je žetva, merenje mase i vlage, kao i obračun prinosa po jedinici površine, a u Odeljenju za leguminoze vršeno je utvrđivanje sadržaja proteina i ulja u zrnu. Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Efekat vodenih ekstrakata na prinos soje prikazan je u tabeli 1.

Prosečan prinos soje u ogledu iznosio je 2.869 kg^{ha}⁻¹. Najniži prinos ostvaren je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od plodova kivana (2.669 kg^{ha}⁻¹), za 25 kg^{ha}⁻¹ niži od kontrolne varijante ogleda (2.694 kg^{ha}⁻¹), dok je najviši prinos zabeležen na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od plodova đumbira (3.339 kg^{ha}⁻¹), što je za 645 kg^{ha}⁻¹ više u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda. Primena vodenog ekstrakta od plodova nara (3.083 kg^{ha}⁻¹) povećala je prinos zrna soje u odnosu na kontrolu za 389 kg^{ha}⁻¹, primena vodenog ekstrakta od plodova asimine (2.842 kg^{ha}⁻¹) povećala prinos zrna soje za 148 kg^{ha}⁻¹, vodenog ekstrakta od plodova manga (2.755 kg^{ha}⁻¹) povećala prinos za 61 kg^{ha}⁻¹ i vodenog ekstrakta od plodova jagode (2.702 kg^{ha}⁻¹) povećala prinos za 8 kg^{ha}⁻¹. Primena vodenog

ekstrakta od plodova đumbira povećala je prinos zrna soje za 23,92%, vodenog ekstrakta od plodova nara za 14,41%, vodenog ekstrakta od plodova asimine za 5,49%, a vodenog ekstrakta od plodova manga za 2,24%. Vodeni ekstrakt od plodova kivana snizio je prinos soje za 0,94%.

Tabela 1. Prosečan prinos zrna soje
Table 1. Average soybean grain yield

Đubriva Fertilizers	Prinos zrna soje (kgha^{-1}) Soybean grain yield (kg ha^{-1})
Kontrola	2.694
Vodeni ekstrakt od plodova jagode	2.702
Vodeni ekstrakt od plodova đumbira	3.339
Vodeni ekstrakt od plodova asimine	2.842
Vodeni ekstrakt od plodova manga	2.755
Vodeni ekstrakt od plodova kivana	2.669
Vodeni ekstrakt od plodova nara	3.083
Prosek/Average:	2.869

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Prosečan sadržaj proteina i prosečan sadržaj ulja
Table 2. Average protein content, and average oil content

Đubriva Fertilizers	Sadržaj proteina (%) Protein content (%)	Sadržaj ulja (%) Oil content (%)
Kontrola	38,97	23,13
Vodeni ekstrakt od plodova jagode	38,50	23,23
Vodeni ekstrakt od plodova đumbira	39,87	22,93
Vodeni ekstrakt od plodova asimine	39,20	22,87
Vodeni ekstrakt od plodova manga	38,23	23,37
Vodeni ekstrakt od plodova kivana	39,33	22,67
Vodeni ekstrakt od plodova nara	38,73	23,47
Prosek/Average:	38,98	23,10

Prosečan sadržaj proteina u ogledu iznosio je 38,98%. Na kontrolnoj varijanti ogleda sadržaj proteina u zrnu soje iznosio je 38,97%, a niži sadržaj proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od plodova manga (38,23%), vodenog ekstrakta od plodova jagoda (38,50%) i vodenog ekstrakta od plodova nara (38,73%). Najviši sadržaj proteina zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog

ekstrakta od plodova đumbira (39,87%), a viši sadržaj proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od plodova kivana (39,33%) i vodenog ekstrakta od plodova asimine (39,20%). Primena vodenog ekstrakta od plodova đumbira povećala je sadržaj proteina u zrnu soje za 2,31%, vodenog ekstrakta od plodova kivana za 0,94%, a vodenog ekstrakta od plodova asimine za 0,60%. Vodeni ekstrakt od plodova manga snizio je sadržaj proteina za 1,88%, vodeni ekstrakt od plodova jagoda za 1,20%, a vodeni ekstrakt od plodova nara za 0,60%.

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje u ogleđu iznosio je 23,10%. Na kontrolnoj varijanti ogleđa sadržaj ulja u zrnu soje iznosio je 23,13%, a niži sadržaj ulja zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od plodova kivana (22,67%), plodova asimine (22,87%) i plodova đumbira (22,93). Najviši sadržaj ulja zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od plodova nara (23,47%), a viši sadržaj ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od plodova manga (23,37%) i vodenog ekstrakta od plodova jagoda (23,23%). Primena vodenog ekstrakta od plodova nara povećala je sadržaj ulja u zrnu soje za 1,44%, vodenog ekstrakta od plodova manga za 1,01% i vodenog ekstrakta od plodova jagoda za 0,43%. Vodeni ekstrakt od plodova kivana snizio je sadržaj ulja u zrnu soje za 2,02%, vodeni ekstrakt od plodova asimine za 1,15% i vodeni ekstrakt od plodova đumbira za 0,86%. Posmatrajući zbir vrednosti za sadržaj proteina i ulja vidimo da je on povećan na varijantama ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od plodova đumbira (za 1,13%) i plodova nara (za 0,16%) u odnosu na kontrolu. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Dozet i sar. (2018) da se primenom vodenog ekstrakta biljnog porekla može povećati i sadržaj proteina i sadržaj ulja u zrnu, odnosno dolazi do povećanja kapaciteta za nakupljanje hranjivih materija u zrnu.

U tabeli 3 prikazan je prosečan prinos proteina i ulja po jedinici površine. Prosečan prinos proteina u ogleđu iznosio je 1.119 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleđa prinos proteina u zrnu soje iznosio je 1.050 kg ha^{-1} , a niži prinos proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od plodova jagoda (1.040 kg ha^{-1}). Najviši prinos proteina zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od plodova đumbira (1.331 kg ha^{-1}), a viši prinos proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od plodova nara (1.194 kg ha^{-1}), plodova asimine (1.114 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od plodova manga (1.053 kg ha^{-1}). Primena vodenog ekstrakta od plodova đumbira povećala je prinos proteina za 26,78%, vodenog ekstrakta od ploda nara za 13,72%, vodenog ekstrakta od plodova asimine za 6,12%, a vodenog ekstrakta od plodova manga za 0,32%, dok je primena vodenog ekstrakta od plodova jagoda smanjila prinos proteina za 0,90%.

Prosečan prinos ulja u ogledu iznosio je 663 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleda prinos ulja po jedinici površine iznosio je 623 kg ha^{-1} , a niži prinos proteina zabeležen je na varijanti sa primenom vodenog ekstrakta od plodova kivana (605 kg ha^{-1}). Najviši prinos ulja zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od plodova đumbira (766 kg ha^{-1}), a viši prinos ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od plodova nara (723 kg ha^{-1}), vodenog ekstrakta od plodova asimine (650 kg ha^{-1}), vodenog ekstra od plodova manga (644 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od plodova jagoda (628 kg ha^{-1}).

Tabela 3. Prosečan prinos proteina i prosečan prinos ulja
Table 3. Average protein yield and average oil yield

Đubriva Fertilizers	Prinos proteina (kg ha^{-1}) Protein yield (kg ha^{-1})	Prinos ulja (kg ha^{-1}) Oil yield (kg ha^{-1})
Kontrola	1.050	623
Vodeni ekstrakt od plodova jagode	1.040	628
Vodeni ekstrakt od plodova đumbira	1.331	766
Vodeni ekstrakt od plodova asimine	1.114	650
Vodeni ekstrakt od plodova manga	1.053	644
Vodeni ekstrakt od plodova kivana	1.050	605
Vodeni ekstrakt od plodova nara	1.194	723
Prosek/Average:	1.119	663

Primena vodenog ekstrakta od plodova đumbira povećala je prinos ulja za 22,85%, vodenog ekstrakta od plodova nara za 12,38%, vodenog ekstrakta od plodova asimine za 4,28%, vodenog ekstrakta od plodova manga za 3,27% i vodenog ekstrakta od plodova jagode za 0,73%, dok je primena vodenog ekstrakta od plodova kivana smanjila prinos ulja za 2,94%.

ZAKLJUČAK

Na osnovu jednogodišnjih rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci: Vodeni ekstrakti od ploda đumbira i ploda nara najviše povećavaju prinos zrna soje, kao i prinos proteina i ulja po jedinici površine, s tim da vodeni ekstrakt od ploda đumbira povećava sadržaj proteina i smanjuje sadržaj ulja, dok vodeni ekstrakt od ploda nara smanjuje sadržaj proteina i povećava sadržaj ulja u zrnu. Vodeni ekstrakt od ploda kivana smanjio je prinos zrna soje, povećao sadržaj proteina i smanjio sadržaj ulja, kao i prinos ulja po jedinici površine. Radi dobijanja relevantnih podataka, istraživanja se nastavljaju i u narednom periodu.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032.

LITERATURA

- Cvijanović, Gorica, Đukić, V., Cvijanović, Marija, Cvijanović, V., Dozet, Gordana, Đurić, Nenad, Stepić, Vesna (2019): Značaj folijarnih tretmana soje u različitim agroekološkim uslovima na prinos zrna i sadržaj ulja. Zbornik radova - 60. Savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica, 16-21. jun 2019., Herceg Novi, 79–86.
- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V. (2013): Changes in the Technology of Soybean Production, Ch. 1 from the Book – Sustainable Technologies, Policies and Constraints in the Green Economy, Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, IGI Global Book USA, pp. 1–22.
- Dozet, G., Đukić, V., Cvijanović, M., Đurić, N., Kostadinović, Lj., Jakšić, S., Cvijanović, G. (2015): Influence of organic and conventional methods of growing on qualitative properties of soybean. Book of Proceedings from Sixth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2015”, October 15-18, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 407–412.
- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, D., Đurić, N., Jakšić, S. (2018): Primena vodenog ekstrakta koprive u organskoj proizvodnji soje, Zbornik radova 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 79–84.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Kandelinskaja, O., Miljaković, D. (2021): Uticaj vodenog ekstrakta banane i koprive sa gavezom na prinos soje. Zbornik radova Nacionalnog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja” 15. decembar 2021. Smederevska Palanka, 285–292.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Bajagić, M., Vasiljević, S., Cvijanović, G. (2022a): Influence of aquatic extract banana and nettle with common comfrey combination on weight of plants and weight of 1000 grains soybeans. 5th International Scientific Conference „Village and Agriculture”, Book of proceedings, 30. September and 01. October 2022., Bijeljina, Republic of Srpska, BiH, 67–74.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Bajagić, M., Fačara, L., Vasiljević, S. (2022b): Uticaj primene vodenih ekstrakata biljnog porekla na prinos i kvalitet zrna soje. Uljarstvo, vol. 53, br. 1, 35–43.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Dozet, G., Abdurhman, A., Dolapčev-Rakić, A., Sinjušin, A., Đurić, N. (2023a): Značaj gajenja leguminoza u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja, Smederevska Palanka, Srbija, 02. novembar 2023., 216–225.
- Mamlić, Z., Saleh Ali Abdulnabi, N., Dozet, G., Đukić, V., Miladinović, J., Đurić, N., Uhlarik, A. (2023b): Interakcija vremena osnovne obrade i đubrenja na sadržaj proteina i ulja u zrnju soje. Zbornik radova - 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25-30. jun 2023, Herceg Novi, 85–91.

- Miladinov, Z., Đukić, V., Čeran, M., Valan, D., Dozet, G., Tatić, M., Randelović, P. (2018): Uticaj folijarne prihrane na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, Zbornik radova 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 73–78.
- Randelović, P., Đukić, V., Miladinov, Z., Valan, D., Čobanović, L., Ilić, A., Merkulov Popadić, L. (2018): Uticaj folijarne prihrane na prinos i masu 1000 zrna soje, Zbornik radova 1. Domaćeg naučno stručnog skupa „Održiva primarna poljoprivredna proizvodnja u Srbiji – stanje, mogućnosti, ograničenja i šanse”, Bačka Topola, 26. oktobar 2018., 211–217.
- Randelović, P., Đukić, V., Dozet, G., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov Z., Čeran, M. (2019): Povećanje prinosa soje folijarnom prihranom biljaka. Nacionalni naučni skup sa međunarodnim učešćem „Održiva poljoprivredna proizvodnja – Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine”. 18. oktobar, 2019., Bačka Topola, 55–62.

UTICAJ FOLIJARNE PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD LISTOVA BILJAKA NA SADRŽAJ ULJA U ZRNU SOJE

*Marina Čeran¹, Gordana Dozet², Salmah Musbah Alnaas², Vojin Đukić¹, Jegor Miladinović¹,
Marija Bajagić³, Simona Jaćimović¹*

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Srbija

³Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Bijeljina,
Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

IZVOD

Vodeni ekstrakti od biljnog materijala mogu uticati na ostvareni prinos i kvalitet zrna soje. Folijarna primena vodenog ekstrakta od mirođije povećava prinos soje za 32,33%, sadržaj proteina za 1,63%, smanjuje sadržaj ulja za 1,01%, povećava prinos proteina za 32,34% i prinos ulja za 31,00%, dok je primena vodenog ekstrakta od listova pasiflore povećala prinos soje za 21,78%, sadržaj proteina za 1,03%, smanjila sadržaj ulja za 1,59%, povećala prinos proteina za 23,03% i prinos ulja za 19,85%. Folijarna primena vodenog ekstrakta od listova smokve najviše je povećala sadržaj proteina (3,08%), dok je primena vodenog ekstrakta od listova banane najviše povećala sadržaj ulja u zrnu soje (0,72%).

Ključne reči: vodeni ekstrakti, folijarna primena, prinos, sadržaj proteina, sadržaj ulja.

INFLUENCE OF FOLIAR APPLICATION OF AQUEOUS EXTRACTS FROM PLANT LEAVES ON THE OIL CONTENT OF SOYBEANS

ABSTRACT

Aqueous extracts from plant material can affect the yield and quality of soybeans. Foliar application of aqueous fennel extract increases soybean yield by 32.33%, protein content by 1.63%, decreases oil content by 1.01%, increases protein yield by 32.34% and oil yield by 31.00%, while application of aqueous extract from passionflower leaves increased soybean yield by 21.78%, protein content by 1.03%, decreased oil content by 1.59%, increased protein yield by 23.03% and oil yield by 19.85%. Foliar application of aqueous extract from fig leaves increased protein content the most (3.08%), while application of aqueous extract from banana leaves increased oil content in soybeans the most (0.72%).

Key words: aqueous extracts, foliar application, soybean yield, protein content, oil content.

UVOD

Biljni materijal različitih vrsta sadrži različitu vrstu i količinu hraniva, kao i niz fiziološki aktivnih materija koji mogu imati pozitivan uticaj na rast i razvoj tretiranih biljaka, kao i kvalitet dobijenih proizvoda. Folijarna primena organskih đubriva

povećava prinos mahunarki i ima pozitivan uticaj na kvalitet zrna, a primenom vodenih ekstrakata može se smanjiti upotreba mineralnih đubriva (Mamlić i sar. 2023). Vodeni ekstrakti biljnog materijala sve se više koriste u proizvodnji biljaka, cvečarstvu, povrtarstvu, ali i u ratarstvu, kako u organskoj, tako i u konvencionalnoj proizvodnji (Đukić i sar., 2021). Po podacima Dozet i sar. (2023) različitim folijarnim tretmanima sa vodenim ekstraktima ostvaren je značajno veći prinos zrna soje u odnosu na kontrolnu varijantu. Prednost primene vodenih ekstrakata je u njihovom lakom pripremanju na samom gazdinstvu, niskoj ceni koštanja i smanjenju primene skupih mineralnih đubriva. Da se različitim folijarnim đubrivima može uticati na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje u svojim istraživanjima potvrdili su Miladinov i sar. (2018); Mamlić i sar. (2022) i Mamlić i sar. (2023b). Cilj ovoga rada je ispitivanje uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata dobijenih iz listova različitih biljaka na prinos, sadržaj, proteina i ulja u zrnu soje.

MATERIJAL I METODE RADA

U jednogodišnjem ogledu sagledan je uticaj folijarne primene vodenih ekstrakata od listova biljaka na prinos, sadržaj ulja i proteina u zrnu soje i prinos ulja i proteina po jedinici površine. Ogled je postavljen na parcelama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Rimskim Šančevima sa sortom soje NS Apollo i sa varijantama ogleda: kontrola, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od mirođije (*Anethum graveolens*), od listova Asimine (*Asimina triloba*), od listova smokve (*Ficus carica*), od listova banane (*Musa basjoo*), od listova čuvarkuće (*Sempervivum tectorum*) i od listova pasiflore (*Passiflora incarnata*). Svi folijarni tretmani su vršeni u fazi intenzivnog porasta biljaka, sa količinom od 300 litara tečnosti po hektaru sa razređenim vodenim ekstraktima u razmeri 1:15. Ogled je izveden u tri ponavljanja, na parcelama veličine 10 m² (četiri reda soje, međuredni razmak od 50 cm i pet metara dužine). Vodeni ekstrakti su pripremani tako što je 100 grama biljnog materijala preliveno sa jednom litrom kišnice i nakon završetka fermentacije vodeni ekstrakti su procedeni kroz gazu i pre folijarne upotrebe razređivani sa vodom u omeru 1:15. Tokom vegetacionog perioda primenjene su standardne agrrotehničke mere za soju, a u fazi tehnološke zrelosti izvršena je žetva, merenje mase i vlaga zrna i obračun prinosa po jedinici površine sa 14% vlage. U laboratoriji Odeljenja za soju utvrđen je sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, na osnovu čega su izračunati prinosi proteina i ulja po hektaru. Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanja su vršena u 2023. godini koja je bila povoljna za proizvodnju soje (tabela 1), a radi pravilnog sagledavanja uticaja vodenih ekstrakata od listova različitih biljaka na prinos i kvalitet soje istraživanja će se nastaviti.

Tabela 1. Vremenski uslovi u 2023. godini
Table 1. Weather conditions in the 2023 year

Mesec Month	Srednje mesečne temperature (°C) Mean monthly temperature (°C)		Padavine (lm ⁻²) Precipitation (lm ⁻²)	
	2023	Prosek 1964-2022 Average 1964-2022	2023	Prosek 1964-2022 Average 1964-2022
IV	10,8	11,8	65,0	47,8
V	17,4	17,0	131	66,6
VI	21,2	20,3	45	85,0
VII	24,8	21,9	58	63,8
VIII	23,7	21,5	40	57,0
IX	21,8	17,1	66	46,0
Prosek/Suma Average/Sum	20,0	18,3	405	366,1

Svedoci smo klimatskih promena u vidu povećanja temperatura, dok padavine pokazuju sve veće oscilacije u pojedinim godinama i smenu kišnih i ekstremno sušnih godina (Đukić i sar., 2018). Prosečne temperature u vegetacionom periodu 2023 godine (20,0°C) bile su za 1,7°C iznad višegodišnjeg proseka (18,3°C). Temperature iznad višegodišnjeg proseka zabeležene su u maju (17,4°C), junu (21,2°C), julu (24,8°C), avgustu (23,7°C) i septembru (21,8°C), dok su aprilske temperature (10,8°C) niže u odnosu na višegodišnji prosek (11,8°C). Padavina je tokom vegetacionog perioda soje u 2023. godini (405,0 lm⁻²) bilo više u odnosu na višegodišnji prosek (366,1 lm⁻²), a manje količine padavina u odnosu na višegodišnji prosek zabeležene su u junu (45,0 lm⁻²), julu (58 lm⁻²) i avgustu (40,0 lm⁻²). Vremenski uslovi tokom vegetacije imaju veliki uticaj na prinos soje (Miladinov i sar. 2018).

Prinos soje

Efekat folijarnih tretmana vodenim ekstraktima od različitih listova na prinos soje prikazan je u tabeli 2.

Prosečan prinos soje u ogledu iznosio je 3067 kg ha⁻¹. Najviši prinos ostvaren je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od mirođije (3566 kg ha⁻¹), za 872 kg ha⁻¹ viši od kontrolne varijante ogleda (2.694 kg ha⁻¹), dok je najniži prinos zabeležen na kontrolnoj varijanti ogleda. U odnosu na kontrolnu varijantu ogleda, povećanje prinosa soje zabeleženo je i kod primene vodenog ekstrakta od listova pasiflore (3281 kg ha⁻¹), za 587 kg ha⁻¹, listova smokve (3244 kg ha⁻¹), za 550 kg ha⁻¹, listova banane (2946 kg ha⁻¹), za 252 kg ha⁻¹, listova Asimine (2921 kg ha⁻¹), za 227 kg ha⁻¹ i listova čuvarkuće (2818 kg ha⁻¹), za 124 kg ha⁻¹. Primena vodenog ekstrakta od mirođije povećala je prinos zrna soje za 32,34%, od listova pasiflore za 21,78%, od

listova smokve za 20,38%, od listova banane za 9,32%, od listova Asimine za 8,39% i od listova čuvaruće za 4,58%.

Tabela 2. Prosečan prinos zrna soje
Table 2. Average soybean grain yield

Đubriva Fertilizers	Prinos zrna soje (kg^{ha}⁻¹) Soybean grain yield (kg ^{ha} ⁻¹)
Kontrola	2694
Vodeni ekstrakt od mirođije	3566
Vodeni ekstrakt od listova Asimine	2921
Vodeni ekstrakt od listova smokve	3244
Vodeni ekstrakt od listova banane	2946
Vodeni ekstrakt od listova čuvaruće	2818
Vodeni ekstrakt od listova pasiflore	3281
Prosek/Average:	3067

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3. Prosečan sadržaj proteina i prosečan sadržaj ulja
Table 3. Average protein content, and average oil content

Đubriva Fertilizers	Sadržaj proteina (%) Protein content (%)	Sadržaj ulja (%) Oil content (%)
Kontrola	38,97	23,13
Vodeni ekstrakt od mirođije	39,60	22,90
Vodeni ekstrakt od listova Asimine	39,70	22,70
Vodeni ekstrakt od listova smokve	40,17	22,53
Vodeni ekstrakt od listova banane	38,70	23,30
Vodeni ekstrakt od listova čuvaruće	38,77	23,17
Vodeni ekstrakt od listova pasiflore	39,37	22,77
Prosek/Average:	39,32	22,93

Prosečan sadržaj proteina u ogledu iznosio je 39,32%. Na kontrolnoj varijanti ogleđa sadržaj proteina u zrnu soje iznosio je 38,97%, a niži sadržaj proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od listova banane (38,70%) i vodenog ekstrakta od listova čuvaruće (38,77%). Najviši sadržaj proteina zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od listova Asimine (39,70%), a viši sadržaj proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene

vodenog ekstrakta od mirođije (39,60%) i od listova pasiflore (39,37%). Primena vodenog ekstrakta od listova smokve povećala je sadržaj proteina u zrnu soje za 3,08%, vodenog ekstrakta od listova Asimine za 1,88%, vodenog ekstrakta od mirođije za 1,63% i od listova pasiflore za 1,03%. Vodeni ekstrakt od lista banane snizio je sadržaj proteina u zrnu za 0,68%, a vodeni ekstrakt od listova čuvaruće za 0,51%.

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje u ogledu iznosio je 22,93%. Na kontrolnoj varijanti ogleda sadržaj ulja u zrnu soje iznosio je 23,13%, a niži sadržaj proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od listova smokve (22,53%), od listova Asimine (22,70%), od listova pasiflore (22,77%) i od mirođije (22,90%). Najviši sadržaj ulja zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od listova banane (23,30%), a viši sadržaj ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od listova čuvaruće (23,173%). Primena vodenog ekstrakta od listova banane povećala je sadržaj ulja u zrnu soje za 0,72%, a vodenog ekstrakta od listova čuvaruće za 0,14%. Vodeni ekstrakt od listova smokve snizio je sadržaj ulja za 2,59%, vodeni ekstrakt od listova Asimine za 1,87%, vodeni ekstrakt od listova pasiflore za 1,59% i vodeni ekstrakt od mirođije za 1,01%.

Prinos proteina i ulja u zrnu soje

U tabeli 4 prikazan je prosečan prinos proteina i ulja po jedinici površine. Prosečan prinos proteina u ogledu iznosio je 1207 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleda prinos proteina u zrnu soje iznosio je 1050 kg ha^{-1} , što je bio i najniži prinos proteina u ogledu. Najviši prinos proteina zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od mirođije (1412 kg ha^{-1}), a viši prinos proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenih ekstrakta od listova smokve (1303 kg ha^{-1}), od listova pasiflore (1292 kg ha^{-1}), od listova Asimine (1159 kg ha^{-1}), od listova banane (1140 kg ha^{-1}) i listova čuvaruće (1092 kg ha^{-1}). Primena vodenog ekstrakta od mirođije povećala je prinos proteina za 34,49%, vodenog ekstrakta od listova smokve za 24,09%, vodenog ekstrakta od listova pasiflore za 23,03%, vodenog ekstrakta od listova Asimine 10,43%, vodenog ekstrakta od listova banane za 8,57% i vodenog ekstrakta od listova čuvaruće za 4,58%.

Prosečan prinos ulja u ogledu iznosio je 703 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleda prinos ulja po jedinici površine iznosio je 623 kg ha^{-1} , što je bila i najniža vrednost. Najviši prinos ulja zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od mirođije (817 kg ha^{-1}), a viši prinos ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od listova pasiflore (747 kg ha^{-1}), od listova smokve (731 kg ha^{-1}), od listova banane (686 kg ha^{-1}), od listova Asimine (663 kg ha^{-1}) i od listova čuvaruće (653 kg ha^{-1}).

Tabela 4. Prosečan prinos proteina i prosečan prinos ulja
Table 4. Average protein yield and average oil yield

Đubriva Fertilizers	Prinos proteina (kg ha^{-1}) Protein yield (kg ha^{-1})	Prinos ulja (kg ha^{-1}) Oil yield (kg ha^{-1})
Kontrola	1050	623
Vodeni ekstrakt od mirođije	1412	817
Vodeni ekstrakt od listova Asimine	1159	663
Vodeni ekstrakt od listova smokve	1303	731
Vodeni ekstrakt od listova banane	1140	686
Vodeni ekstrakt od listova čuvarkuće	1092	653
Vodeni ekstrakt od listova pasiflore	1292	747
Prosek/Average:	1207	703

Primena vodenog ekstrakta od mirođije povećala je prinos ulja za 31,00%, vodenog ekstrakta od listova pasiflore za 19,85%, od listova smokve za 17,26%, od listova banane za 10,11%, od listova Asimine 6,36% i od listova čuvarkuće za 4,73%.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ovog oglada mogu se izvesti sledeći zaključci:

Svi primenjeni vodeni ekstrakti doveli su do povećanja prinosa soje, kao i povećanja prinosa proteina i ulja po jedinici površine a najbolji efekat postignut je primenom vodenih ekstrakata od mirođije, listova smokve i listova pasiflore.

Sadržaj proteina u zrnu soje povećan je primenom vodenih ekstrakata od listova smokve, listova Asimine, mirođije i listova pasiflore, a smanjen primenom vodenih ekstrakata od listova banane i listova čuvarkuće. Sadržaj ulja u zrnu soje povećan je primenom vodenih ekstrakata od listova banane i čuvarkuće dok je primena vodenih ekstrakata od listova smokve, listova Asimine, listova pasiflore i mirođije smanjila sadržaj ulja u zrnu soje.

Istraživanja se nastavljaju i u narednom periodu.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032.

LITERATURA

Dozet, G., Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Kandelinska, O., Đurić, N., Cvijanović, G. (2023): Povećanje prinosa soje folijarnom primenom vodenih ekstrakata. Zbornik radova nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni

- pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja”, Smederevska Palanka, Srbija, 02. novembar 2023., 174–181.
- Đukić, V., Miladinov, Z., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, D., Petrović, K. (2018): Kritični momenti u proizvodnji soje, Zbornik referata 52. Savetovanja agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 1. Savetovanje agronoma Republike Srbije i Republike Srpske, Zlatibor, 34–44.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Kandelinskaja, O., Miljaković, D. (2021): Uticaj vodenog ekstrakta banane i koprive sa gavezom na prinos soje. Zbornik radova Nacionalnog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja”, 15. decembar 2021., Smederevska Palanka, 285–292.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Bajagić, M., Fačara, L., Vasiljević, S. (2022): Uticaj primene vodenih ekstrakata biljnog porekla na prinos i kvalitet zrna soje. Uljarstvo, vol. 53, br. 1, 35–43.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Dozet, G., Abdurhman, A., Dolapčev-Rakić, A., Sinjušin, A., Đurić, N. (2023): Značaj gajenja leguminoza u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja, Smederevska Palanka, Srbija, 02. Novembar 2023., 216–225.
- Mamlić, Z., Saleh Ali Abdalnabi, N., Dozet, G., Đukić, V., Miladinović, J., Đurić, N., Uhlarik, A. (2023b): Interakcija vremena osnovne obrade I đubrenja na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje. Zbornik radova - 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25-30. jun 2023., Herceg Novi, 85–91.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Čeran, M., Valan, D., Dozet, G., Tatić, M., Randelović, P. (2018): Uticaj folijarne prihrane na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, Zbornik radova - 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 73–78.

UTICAJ PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD LIMUNA I NARANDŽE NA PRINOS I KVALITET ZRNA SOJE

Zlatica Mamlić¹, Gordana Dozet², Salem Mohamed Omran², Vojin Đukić¹, Marija Bajagić³, Gorica Cvijanović³, Olga Kandelinskaja⁴

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Srbija

³Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Bijeljina, Republika Srpska, BiH

⁴Institut eksperimentalne botanike „V. F. Kuprevič” Nacionalne akademije nauka Belorusije, Minsk, Belorusija

IZVOD

Folijarna primena vodenih ekstrakata od biljnog materijala ima pozitivan uticaj na prinose i kvalitet zrna soje. Folijarna primena vodenog ekstrakta od ploda limuna povećala je prinos soje za 22,82%, sadržaj proteina za 0,43%, smanjila sadržaj ulja za 0,28%, povećala prinos proteina za 23,35% i prinos ulja za 22,47%, dok je primena vodenog ekstrakta od ploda narandže povećala prinos soje za 21,02%, smanjila sadržaj proteina za 1,80%, povećala sadržaj ulja za 0,86%, povećala prinos proteina za 18,85% i prinos ulja za 22,07%. Folijarna primena vodenog ekstrakta od kore limuna povećala je sadržaj proteina za 0,86%, ali je smanjila prinos zrna za 9,69%, sadržaj ulja za 0,72%, prinos proteina za 8,91% i prinos ulja za 10,34%.

Ključne reči: vodeni ekstrakti, folijarna primena, prinos, sadržaj proteina, sadržaj ulja.

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF AQUEOUS LEMON AND ORANGE EXTRACTS ON THE YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN GRAIN

ABSTRACT

Foliar application of water extracts from plant material has a positive effect on the yield and quality of soybeans. Foliar application of aqueous lemon extract increased soybean yield by 22.82%, protein content by 0.43%, decreased oil content by 0.28%, increased protein yield by 23.35% and oil yield by 22.47%, while the application of aqueous extract from orange fruit increased soybean yield by 21.02%, decreased protein content by 1.80%, increased oil content by 0.86%, increased protein yield by 18.85% and oil yield by 22, 07%. Foliar application of aqueous lemon peel extracts increased protein content by 0.86%, but decreased grain yield by 9.69%, oil content by 0.72%, protein yield by 8.91% and oil yield by 10.34 %.

Key words: aqueous extracts, foliar application, soybean yield, protein content, oil content.

UVOD

Vodeni ekstrakti od biljnog materijala sadrže makro i mikroelemente koje biljke lako usvajaju, ali i razne biološki aktivne materije koje utiču na rast i razvoj biljaka. Gajenjem leguminoza povećava se azotni bilans u zemljištu, a humifikacijom i mineralizacijom žetvenih ostataka leguminoza povećava se organski azot (Mamlić i sar. 2023). Vodeni ekstrakti biljnog materijala sve se više koriste u proizvodnji biljaka, cvećarstvu, povrtarstvu, ali i u ratarstvu, kako u organskoj, tako i u konvencionalnoj proizvodnji (Đukić i sar., 2021). Folijarna prihrana soje u fazi intenzivnog porasta povećava prinos (Miladinov i sar., 2018; Randelović i sar., 2018), naročito u nepovoljnim godinama, sa izraženim sušnim periodom, ali i u povoljnim godinama za proizvodnju (Dozet i sar., 2013; Dozet i sar., 2015; Randelović i sar., 2019). Primena vodenog ekstrakta od ploda banane i od koprive i gaveza statistički veoma značajno povećavaju prinos soje u odnosu na kontrolu i statistički značajno u odnosu na kontrolu tretiranu vodom (Mamlić i sar., 2022). Pored visokog i stabilnog prinosa kod proizvodnje soje veoma je bitan i tehnološki kvalitet zrna. Da se različitim folijarnim đubrivima može uticati na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje u svojim istraživanjima potvrdili su Miladinov i sar. (2018). Po podacima Mamlić i sar., 2023b., folijarna primena vodenog ekstrakta od ploda banane pri jesenjoj osnovnoj obradi zemljišta u proseku za dve godine povećala je prinos zrna soje za 9,28%, sadržaj proteina za 0,51%, prinos proteina po jedinici površine za 9,86% i prinos ulja za 8,26%.

Cilj ovoga rada je ispitivanje uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata dobijenih iz plodova i delova plodova limuna i narandže na prinos, sadržaj, proteina i ulja u zrnu soje.

MATERIJAL I METODE RADA

U jednogodišnjem ogledu sagledan je uticaj folijarne primene vodenih ekstrakata od limuna i narandže na prinos, sadržaj ulja i proteina u zrnu soje i prinos ulja i proteina po jedinici površine. Ogled je postavljen na eksperimentalnom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Rimskim Šančevima sa sortom soje I grupe zrenja NS Apolo i sa varijantama ogleda: kontrola, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od celog ploda limuna, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od jestivog dela ploda limuna, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od celog ploda narandže, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od jestivog dela ploda narandže, varijanta sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda narandže. Svi folijarni tretmani su vršeni u fazi intenzivnog porasta biljaka, pre cvetanja soje, sa količinom od 300 litara tečnosti po hektaru u kojoj je razređen vodeni ekstrakt u razmeri 1:15. Ogled je postavljen u tri ponavljanja, a veličina osnovne parcelice iznosila je 10 m² (četiri reda

soje, međuredni razmak od 50 cm i pet metara dužine). Vodeni ekstrakti su pripremani tako što je 100 grama biljnog materijala preliveno sa jednom litrom kišnice i uz svakodnevno mešanje sačekan je završetak fermentacije, nakon čega je vodeni ekstrakt proceden kroz gazu i pre folijarne upotrebe razređivan sa vodom u omeru 1:15. Tokom vegetacionog perioda primenjene su standardne agrotehničke mere za proizvodnju soje, a u fazi tehnološke zrelosti izvršena je žetva, izmerena masa i vlaga zrna i obračunat prinos po hektaru sa 14% vlage. U laboratoriji Odeljenja za soju izmeren je sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, na osnovu čega su izračunati prinosi proteina i ulja po hektaru. Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanja su vršena u 2023. godini koja je bila povoljna za proizvodnju soje, a radi pravilnog sagledavanja uticaja vodenih ekstrakata od plodova i delova plodova limuna i narandže na prinos i kvalitet soje istraživanja će se nastaviti i u budućem periodu.

Prinos soje

Efekat folijarnih tretmana vodenim ekstraktima na prinos soje prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Prosečan prinos zrna soje
Table 1. Average soybean grain yield

Đubriva Fertilizers	Prinos zrna soje (kgha^{-1}) Soybean grain yield (kg ha^{-1})
Kontrola	2.694
Vodeni ekstrakt od ploda limuna	3.309
Vodeni ekstrakt od ploda limuna bez kore	2.676
Vodeni ekstrakt od kore ploda limuna	2.433
Vodeni ekstrakt od ploda narandže	3.261
Vodeni ekstrakt od ploda narandže bez kore	3.008
Vodeni ekstrakt od kore ploda narandže	2.586
Prosek/Average:	2.853

Prosečan prinos soje u ogledu iznosio je 2.853 kg ha^{-1} . Najniži prinos ostvaren je na varijanti sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna (2.433 kg ha^{-1}), za 261 kg ha^{-1} niži od kontrolne varijante ogleđa (2.694 kg ha^{-1}), dok je najviši prinos zabeležen na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od celog ploda limuna (3.309 kg ha^{-1}), što je za 615 kg ha^{-1} više u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa. Smanjenje prinosa zrna soje zabeleženo je i kod primene vodenog ekstrakta od kore

ploda narandže (2.586 kg ha^{-1}), kao i kod primene vodenog ekstrakta od ploda limuna bez kore (2.676 kg ha^{-1}), što je smanjenje u odnosu na kontrolu za 108 kg ha^{-1} , odnosno 18 kg ha^{-1} .

Primena vodenog ekstrakta od ploda narandže (3.261 kg ha^{-1}) povećala je prinos zrna soje u odnosu na kontrolu za 567 kg ha^{-1} , dok je primena vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore (3.008 kg ha^{-1}) povećala prinos za 314 kg ha^{-1} .

Primena vodenog ekstrakta od ploda limuna povećala je prinos zrna soje za 22,82%, a vodenog ekstrakta od ploda narandže za 21,02%. Vodeni ekstrakt od kore limuna snizio je prinos zrna za 9,69%, a vodeni ekstrakt od kore narandže za 4,01%.

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje prikazan je u tabeli 2. Prosečan sadržaj proteina u ogledu iznosio je 38,61%. Na kontrolnoj varijanti ogleda sadržaj proteina u zrnu soje iznosio je 38,97%, a niži sadržaj proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od ploda limuna bez kore (38,03%), vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore (38,10%), vodenog ekstrakta od ploda narandže (38,27%) i vodenog ekstrakta od kore ploda narandže (38,47%). Najviši sadržaj proteina zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna (39,30%), a viši sadržaj proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda limuna (39,13%). Primena vodenog ekstrakta od kore limuna povećala je sadržaj proteina u zrnu soje za 0,86%, a vodenog ekstrakta od ploda limuna za 0,43%. Vodeni ekstrakt od ploda limuna bez kore snizio je sadržaj proteina za 2,40%, a vodeni ekstrakt od ploda narandže bez kore za 2,22%.

Tabela 2. Prosečan sadržaj proteina i prosečan sadržaj ulja
Table 2. Average protein content, and average oil content

Đubriva Fertilizers	Sadržaj proteina (%) Protein content (%)	Sadržaj ulja (%) Oil content (%)
Kontrola	38,97	23,13
Vodeni ekstrakt od ploda limuna	39,13	23,07
Vodeni ekstrakt od ploda limuna bez kore	38,03	23,53
Vodeni ekstrakt od kore ploda limuna	39,30	22,97
Vodeni ekstrakt od ploda narandže	38,27	23,33
Vodeni ekstrakt od ploda narandže bez kore	38,10	23,57
Vodeni ekstrakt od kore ploda narandže	38,47	23,40
Prosek/Average:	38,61	23,29

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje u ogledu iznosio je 23,29%. Na kontrolnoj varijanti ogleđa sadržaj ulja u zrnu soje iznosio je 23,13%, a niži sadržaj ulja zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna (22,97%) i vodenog ekstrakta od ploda limuna (23,07). Najviši sadržaj ulja zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore (23,57%), a viši sadržaj ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda limuna bez kore (23,53%), vodenog ekstrakta od kore ploda narandže (23,40%) i vodenog ekstrakta od ploda narandže (23,33%). Primena vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore povećala je sadržaj ulja u zrnu soje za 1,87%, vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore za 1,73%, a vodenog ekstrakta od kore narandže za 1,15%. Vodeni ekstrakt od kore limuna snizio je sadržaj ulja za 0,72%, a vodeni ekstrakt od ploda limuna za 0,28%. Posmatrajući zbir vrednosti za sadržaj proteina i ulja vidimo da je on povećan na varijantama ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od kore limuna (za 0,27%) i ploda limuna (za 0,16%) u odnosu na kontrolu. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Dozet i sar. (2018) da se primenom vodenog ekstrakta biljnog porekla može povećati i sadržaj proteina i sadržaj ulja u zrnu, odnosno dolazi do povećanja kapaciteta za nakupljanje hranjivih materija u zrnu (Mamlić i sar., 2022a).

Prinos proteina i ulja u zrnu soje

U tabeli 3. prikazan je prosečan prinos proteina i ulja po jedinici površine. Prosečan prinos proteina u ogledu iznosio je 1.101 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleđa prinos proteina u zrnu soje iznosio je 1.050 kg ha^{-1} , a niži prinos proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna (956 kg ha^{-1}), vodenog ekstrakta od kore ploda narandže (995 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od ploda limuna bez kore (1.018 kg ha^{-1}). Najviši prinos proteina zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda limuna (1.295 kg ha^{-1}), a viši prinos proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda narandže (1.248 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore (1.146 kg ha^{-1}). Primena vodenog ekstrakta od ploda limuna povećala je prinos proteina za 23,35%, a vodenog ekstrakta od ploda narandže za 18,85%. Vodeni ekstrakt od kore limuna snizio je prinos proteina za 8,91%, a vodeni ekstrakt od kore narandže za 5,24%.

Prosečan prinos ulja u ogledu iznosio je 664 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleđa prinos ulja po jedinici površine iznosio je 623 kg ha^{-1} , a niži prinos ulja zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od kore ploda limuna (559 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od kore ploda narandže (605 kg ha^{-1}). Najviši prinos ulja zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda limuna (763 kg ha^{-1}), a viši prinos ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene

vodenog ekstrakta od ploda narandže (761 kg ha^{-1}), vodenog ekstrakta od kore ploda narandže bez kore (709 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od ploda limuna bez kore (630 kg ha^{-1}).

Tabela 3. Prosečan prinos proteina i prosečan prinos ulja
Table 3. Average protein yield, and average oil yield

Đubriva Fertilizers	Prinos proteina (kgha^{-1}) Protein yield (kg ha^{-1})	Prinos ulja (kgha^{-1}) Oil yield (kg ha^{-1})
Kontrola	1.050	623
Vodeni ekstrakt od ploda limuna	1.295	763
Vodeni ekstrakt od ploda limuna bez kore	1.018	630
Vodeni ekstrakt od kore ploda limuna	956	559
Vodeni ekstrakt od ploda narandže	1.248	761
Vodeni ekstrakt od ploda narandže bez kore	1.146	709
Vodeni ekstrakt od kore ploda narandže	995	605
Prosek/Average:	1.101	664

Primena vodenog ekstrakta od ploda limuna povećala je prinos ulja za 22,47%, vodenog ekstrakta od ploda narandže za 22,07%, a vodenog ekstrakta od ploda narandže bez kore za 13,75%. Vodeni ekstrakt od kore limuna snizio je prinos proteina za 10,34%, a vodeni ekstrakt od kore narandže za 2,91%.

ZAKLJUČAK

Na osnovu jednogodišnjih rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci: Vodeni ekstrakti od ploda limuna, ploda narandže i ploda narandže bez kore povećali su prinos soje u odnosu na kontrolnu varijantu, a najbolji efekat imala je primena vodenog ekstrakta od ploda limuna. Vodeni ekstrakti od kore limuna i celog ploda limuna povećavaju sadržaj proteina u zrnju, dok vodeni ekstrakti od ploda narandže bez kore, ploda limuna bez kore, kore narandže i ploda narandže povećavaju sadržaj ulja. Vodeni ekstrakti od ploda limuna, ploda narandže i ploda narandže bez kore povećavaju prinos proteina, a vodeni ekstrakti od ploda limuna, ploda narandže, ploda narandže bez kore i ploda limuna bez kore povećavaju prinos ulja po jedinici površine.

Radi dobijanja relevantnih podataka istraživanja će se nastaviti i u narednom periodu.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032.

LITERATURA

- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V. (2013): Changes in the Technology of Soybean Production, Ch.1 from the Book – Sustainable Technologies, Policies and Constraints in the Green Economy, Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, IGI Global Book USA, pp. 1–22.
- Dozet, G., Đukić, V., Cvijanović, M., Đurić, N., Kostadinović, Lj., Jakšić, S., Cvijanović, G. (2015): Influence of organic and conventional methods of growing on qualitative properties of soybean. Book of Proceedings from Sixth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2015”, October 15-18, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 407–412.
- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, D., Đurić, N., Jakšić, S. (2018): Primena vodenog ekstrakta koprive u organskoj proizvodnji soje, Zbornik radova 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 79–84.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Kandelinskaja, O., Miljaković, D. (2021): Uticaj vodenog ekstrakta banane i koprive sa gavezom na prinos soje. Zbornik radova Nacionalnog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja”, 15. decembar 2021., Smederevska Palanka, 285–292.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Bajagić, M., Fačara, L., Vasiljević, S. (2022): Uticaj primene vodenih ekstrakata biljnog porekla na prinos i kvalitet zrna soje. Uljarstvo, vol. 53, br. 1, 35–43.
- Mamlić, Z., Abduladim, A., Đukić, V., Bajagić, M., Miladinović, J., Dozet, G., Cvijanović, G. (2022a): Uticaj primene vodenih ekstrakata na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje. Zbornik radova - 63. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 26. jun - 01. jul 2022., Herceg Novi, 89–96.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Dozet, G., Abdurhman, A., Dolapčev-Rakić, A., Sinjušin, A., Đurić, N. (2023): Značaj gajenja leguminoza u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja, Smederevska Palanka, Srbija, 02. novembar 2023., 216–225.
- Mamlić, Z., Saleh Ali Abdulnabi, N., Dozet, G., Đukić, V., Miladinović, J., Đurić, N., Uhlarik, A. (2023b): Interakcija vremena osnovne obrade i đubrenja na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje. Zbornik radova - 64. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica” sa međunarodnim učešćem, 25-30. jun 2023., Herceg Novi, 85–91.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Čeran, M., Valan, D., Dozet, G., Tatić, M., Randelović, P. (2018): Uticaj folijarne prihrane na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, Zbornik radova - 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 73–78.

- Randelović, P., Đukić, V., Miladinov, Z., Valan, D., Čobanović, L., Ilić, A., Merkulov Popadić, L. (2018): Uticaj folijarne prihrane na prinos i masu 1000 zrna soje, Zbornik radova 1. Domaćeg naučno stručnog skupa „Održiva primarna poljoprivredna proizvodnja u Srbiji – stanje, mogućnosti, ograničenja i šanse”, Bačka Topola, 26. oktobar 2018., 211–217.
- Randelović, P., Đukić, V., Dozet, G., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov Z., Čeran, M. (2019): Povećanje prinosa soje folijarnom prihranom biljaka. Nacionalni naučni skup sa međunarodnim učešćem „Održiva poljoprivredna proizvodnja – Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine”. 18. oktobar, 2019., Bačka Topola, 55–62.

SADRŽAJ I PRINOS ULJA U ZAVISNOSTI OD FOLIJARNE PRIMENE VODENIH EKSTRAKATA OD BANANE I GREJPA

*Marija Bajagić¹, Zlatica Mamlić², Vojin Đukić², Gordana Dozet³, Gorica Cvijanović¹,
Olga Kandelinskaja⁴, Nenad Đurić⁵*

¹Univerzitet u Bijeljini, Poljoprivredni fakultet, Bijeljina,
Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

³Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Srbija

⁴Institut eksperimentalne botanike „V. F. Kuprevič” Nacionalne akademije nauka
Belorusije, Minsk, Belorusija

⁵Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka, Srbija

IZVOD

Folijarna primena vodenih ekstrakata od banane i grejpa ima pozitivan uticaj na prinos i kvalitet zrna soje. Folijarna primena vodenog ekstrakta od kore banane povećala je: prinos soje za 24,82%, sadržaj proteina za 0,60%, sadržaj ulja za 0,29%, prinos proteina za 25,57% i prinos ulja za 25,18%, dok je primena vodenog ekstrakta od ploda banane povećala prinos soje za 19,77%, sadržaj proteina za 0,68%, prinos proteina za 20,59% i prinos ulja za 18,04%, a smanjila sadržaj ulja za 1,44%. Folijarna primena vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore smanjila je prinos zrna za 4,67%, sadržaj proteina za 1,45%, prinos proteina za 6,06% i prinos ulja za 3,44%, dok je povećala sadržaj ulja za 1,30%.

Ključne reči: vodeni ekstrakti, folijarna primena, prinos, sadržaj proteina, sadržaj ulja.

OIL CONTENT AND YIELD DEPENDING ON FOLIAR APPLICATION OF AQUEOUS BANANA AND GRAPEFRUIT EXTRACTS

ABSTRACT

Foliar application of banana and grapefruit aqueous extracts has a positive effect on the yield and quality of soybeans. Foliar application of aqueous banana peel extract increased: soybean yield by 24.82%, protein content by 0.60%, oil content by 0.29%, protein yield by 25.57% and oil yield by 25.18%, while the application of banana fruit aqueous extract increased soybean yield by 19.77%, protein content by 0.68%, protein yield by 20.59% and oil yield by 18.04%, and decreased oil content by 1.44%. Foliar application of aqueous extract of unpeeled grapefruit reduced grain yield by 4.67%, protein content by 1.45%, protein yield by 6.06% and oil yield by 3.44%, while increasing oil content by 1.30%.

Key words: aqueous extracts, foliar application, soybean yield, protein content, oil content.

UVOD

Soja je biljna vrsta iz vlažnih, subtropskih predela severoistočne Kine i za ostvarenje visokih prinosa zahteva dovoljne količine i povoljan raspored padavina. Soja veoma povoljno reaguje na navodnjavanje i folijarne tretmane u toku intenzivnog porasta biljaka. U cilju povećanja prinosa i kvaliteta proizvoda sve više se primenjuju folijarni tretmani jer su folijarna đubriva bogata različitim hranivima i aktivnim materijama, sadrže lako usvojive elemente, a efikasnost folijarnih đubriva zavisi od količine hraniva u zemljištu i potrebe biljaka za pojedinim elementima, kao i stanju useva i vremenu primene (Miladinov i sar., 2018). Prinos soje zavisi od meteoroloških uslova u godini proizvodnje (Đukić i sar., 2018). Vodeni ekstrakti biljnog materijala sve se više koriste u proizvodnji biljaka, cvečarstvu, povrtarstvu, ali i u ratarstvu, kako u organskoj, tako i u konvencionalnoj proizvodnji (Đukić i sar., 2021). Folijarna prihrana soje u fazi intenzivnog porasta povećava prinos (Miladinov i sar., 2018; Randelović i sar., 2018), naročito u nepovoljnim godinama, sa izraženim sušnim periodom, ali i u povoljnim godinama za proizvodnju (Dozet i sar., 2013; Dozet i sar., 2015; Randelović i sar., 2019; Bajagić i sar., 2023). Primena vodenog ekstrakta od ploda banane i od koprive i gaveza statistički veoma značajno povećavaju prinos soje u odnosu na kontrolu i statistički značajno u odnosu na kontrolu tretiranu vodom (Mamlić i sar., 2022). Cilj ovoga rada je ispitivanje uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata dobijenih iz plodova i delova plodova banane i grejpa na prinos, sadržaj, proteina i ulja u zrnu soje.

MATERIJAL I METODE RADA

Radi ispitivanja uticaja folijarne primene vodenih ekstrakata od plodova i delova plodova banane i grejpa na sadržaj i prinos ulja u zrnu soje, tokom 2023. godine postavljen je ogled na eksperimentalnim parcelama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Za izvođenje ogleada izabrana je sorta soje I grupe zrenja NS Apolo, ogled je postavljen u tri ponavljanja sa veličinom osnovne parcelice od 10 m², a varijante ogleada bile su sledeće: kontrolna varijanta, vodeni ekstrakt od kore banane, vodeni ekstrakt od ploda banane, vodeni ekstrakt od ploda banane bez kore, vodeni ekstrakt od kore grejpa, vodeni ekstrakt od ploda grejpa i vodeni ekstrakt od ploda grejpa bez kore. Vodeni ekstrakti pre folijarne pripreme razređivani su vodom u odnosu 1:15 uz količinu razređenog vodenog ekstrakta od 300 litara po hektaru, a vreme primene je period intenzivnog porasta biljaka soje pre cvetanja. U momentu tehnološke zrelosti izvršena je žetva, merenje mase zrna soje i vlage, kao i obračun prinosa po jedinici površine, a u Odeljenju za leguminoze vršeno je utvrđivanje sadržaja proteina i ulja u zrnu. Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno.

REZULTATI I DISKUSIJA

Jednogodišnji podaci mogu pokazati uticaj nekog faktora u datoj godini, ali za sveobuhvatnu analizu rezultata ispitivanja će se nastaviti i u narednom periodu.

Efekat folijarnih tretmana vodenim ekstraktima na prinos soje prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Prosečan prinos zrna soje
Table 1. Average soybean grain yield

Đubriva Fertilizers	Prinos zrna soje (kgha^{-1}) Soybean grain yield (kg ha^{-1})
Kontrola	2.694
Vodeni ekstrakt od kore banane	3.363
Vodeni ekstrakt od ploda banane	3.227
Vodeni ekstrakt od ploda banane bez kore	2.956
Vodeni ekstrakt od kore grejpa	2.721
Vodeni ekstrakt od ploda grejpa	2.786
Vodeni ekstrakt od ploda grejpa bez kore	2.569
Prosek/Average:	2.902

Prosečan prinos soje u ogledu iznosio je 2.902 kg ha^{-1} . Najniži prinos ostvaren je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore (2.569 kg ha^{-1}), za 125 kg ha^{-1} niži od kontrolne varijante ogleđa (2.694 kg ha^{-1}), dok je najviši prinos zabeležen na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od kore banane (3.363 kg ha^{-1}), što je za 669 kg ha^{-1} više u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa. Primena vodenog ekstrakta od ploda banane (3.227 kg ha^{-1}) povećala je prinos zrna soje u odnosu na kontrolu za 533 kg ha^{-1} , primena vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore (2.956 kg ha^{-1}) povećala prinos zrna soje za 262 kg ha^{-1} , vodenog ekstrakta od ploda grejpa (2.786 kg ha^{-1}) povećala prinos za 92 kg ha^{-1} i vodenog ekstrakta od kore grejpa (2.721 kg ha^{-1}) povećala prinos za 27 kg ha^{-1} .

Primena vodenog ekstrakta od kore banane povećala je prinos zrna soje za 24,82%, vodenog ekstrakta od ploda banane za 19,77%, vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore za 9,72%, vodenog ekstrakta od ploda grejpa za 3,41%, a vodenog ekstrakta od kore grejpa za 0,99%. Vodeni ekstrakt od ploda grejpa bez kore snizio je prinos soje za 4,67%.

Sadržaj proteina i ulja u zrnu soje prikazan je u tabeli 2. Prosečan sadržaj proteina u ogledu iznosio je 38,92%. Na kontrolnoj varijanti ogleđa sadržaj proteina u zrnu soje iznosio je 38,97%, a niži sadržaj proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore (38,40%), vodenog ekstrakta od ploda grejpa (38,73%) i vodenog ekstrakta od kore grejpa (38,78%).

Tabela 2. Prosečan sadržaj proteina i prosečan sadržaj ulja
Table 2. Average protein content, and average oil content

Đubriva Fertilizers	Sadržaj proteina (%) Protein content (%)	Sadržaj ulja (%) Oil content (%)
Kontrola	38,97	23,13
Vodeni ekstrakt od kore banane	39,20	23,20
Vodeni ekstrakt od ploda banane	39,23	22,80
Vodeni ekstrakt od ploda banane bez kore	39,13	23,03
Vodeni ekstrakt od kore grejpa	38,78	23,23
Vodeni ekstrakt od ploda grejpa	38,73	23,30
Vodeni ekstrakt od ploda grejpa bez kore	38,40	23,43
Prosek/Average:	38,92	23,16

Najviši sadržaj proteina zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda banane (39,23%), a viši sadržaj proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od kore banane (39,20%) i vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore (39,13%). Primena vodenog ekstrakta od ploda banane povećala je sadržaj proteina u zrnu soje za 0,68%, vodenog ekstrakta od kore banane za 0,60%, a vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore za 0,43%. Vodeni ekstrakt od ploda grejpa bez kore snizio je sadržaj proteina za 1,45%, vodeni ekstrakt od ploda grejpa za 0,6%, a vodeni ekstrakt od kore grejpa za 0,47%. Ukupan sadržaj proteina je u direktnoj statistički visoko značajnoj zavisnosti od godine ispitivanja (Cvijanović, 2017).

Prosečan sadržaj ulja u zrnu soje u ogleđu iznosio je 23,16%. Na kontrolnoj varijanti ogleđa sadržaj ulja u zrnu soje iznosio je 23,13%, a niži sadržaj ulja zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od ploda banane (22,80%) i ploda banane bez kore (23,03). Najviši sadržaj ulja zabeležen je na varijanti ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore (23,43%), a viši sadržaj ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleđa zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda grejpa (23,30%), kore grejpa (23,23%) i vodenog ekstrakta od kore banane (23,20%). Primena vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore povećala je sadržaj ulja u zrnu soje za 1,30%, vodenog ekstrakta od ploda grejpa za 0,72%, vodenog ekstrakta od kore grejpa za 0,43%, a vodenog ekstrakta od kore banane za 0,29%. Vodeni ekstrakt od ploda banane snizio je sadržaj ulja za 1,44%, a vodeni ekstrakt od ploda banane bez kore za 0,43%. Posmatrajući zbir vrednosti za sadržaj proteina i ulja vidimo da je on povećan na varijantama ogleđa sa primenom vodenog ekstrakta od kore banane (za 0,48%) i ploda banane bez kore (za 0,11%) u odnosu na kontrolu. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Dozet i sar. (2018) da se primenom vodenog ekstrakta biljnog porekla može povećati i sadržaj proteina i sadržaj ulja u

zrnu, odnosno dolazi do povećanja kapaciteta za nakupljanje hranjivih materija u zrnu.

Prinos proteina i ulja u zrnu soje

U tabeli 3 prikazan je prosečan prinos proteina i ulja po jedinici površine. Prosečan prinos proteina u ogledu iznosio je 1.130 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleda prinos proteina u zrnu soje iznosio je 1.050 kg ha^{-1} , a niži prinos proteina zabeležen je na varijantama sa primenom vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore (986 kg ha^{-1}). Najviši prinos proteina zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od kore banane (1.318 kg ha^{-1}), a viši prinos proteina u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda banane (1.266 kg ha^{-1}), ploda banane bez kore (1.157 kg ha^{-1}), ploda grejpa (1.079 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od kore grejpa (1.055 kg ha^{-1}). Primena vodenog ekstrakta od kore banane povećala je prinos proteina za 25,57%, vodenog ekstrakta od ploda banane za 20,59%, vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore za 10,19%, vodenog ekstrakta od ploda grejpa za 2,80% i vodenog ekstrakta od kore grejpa za 0,52%, dok je primena vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore smanjila prinos proteina za 6,06%.

Tabela 3. Prosečan prinos proteina i prosečan prinos ulja

Table 3. Average protein yield and average oil yield

Đubriva Fertilizers	Prinos proteina (kg ha^{-1}) Protein yield (kg ha^{-1})	Prinos ulja (kg ha^{-1}) Oil yield (kg ha^{-1})
Kontrola	1.050	623
Vodeni ekstrakt od kore banane	1.318	780
Vodeni ekstrakt od ploda banane	1.266	736
Vod. eks. od ploda banane bez kore	1.157	681
Vodeni ekstrakt od kore grejpa	1.055	632
Vodeni ekstrakt od ploda grejpa	1.079	649
Vod. eks. od ploda grejpa bez kore	986	602
Prosek/Average:	1.130	672

Prosečan prinos ulja u ogledu iznosio je 672 kg ha^{-1} . Na kontrolnoj varijanti ogleda prinos ulja po jedinici površine iznosio je 623 kg ha^{-1} , a niži prinos proteina zabeležen je na varijanti sa primenom vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore (602 kg ha^{-1}). Najviši prinos ulja zabeležen je na varijanti ogleda sa primenom vodenog ekstrakta od kore banane (780 kg ha^{-1}), a viši prinos ulja u odnosu na kontrolnu varijantu ogleda zabeležen je i kod primene vodenog ekstrakta od ploda banane (736 kg ha^{-1}),

vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore (681 kg ha^{-1}), vodenog ekstra od ploda grejpa (649 kg ha^{-1}) i vodenog ekstrakta od kore grejpa (632 kg ha^{-1}).

Primena vodenog ekstrakta od kore banane povećala je prinos ulja za 25,18%, vodenog ekstrakta od ploda banane za 18,04%, vodenog ekstrakta od ploda banane bez kore za 9,25%, vodenog ekstrakta od ploda grejpa za 4,16% i vodenog ekstrakta od kore grejpa za 1,43%, dok je primena vodenog ekstrakta od ploda grejpa bez kore smanjila prinos ulja za 3,44%.

ZAKLJUČAK

Na osnovu jednogodišnjih rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

Vodeni ekstrakti od kore banane, ploda banane, ploda banane bez kore, plod grejpa i kore grejpa povećali su prinos soje u odnosu na kontrolnu varijantu, a najbolji efekat imala je primena vodenog ekstrakta od kore banane. Vodeni ekstrakti od ploda banane, kore banane i ploda banane bez kore povećavaju sadržaj proteina u zrnu, dok vodeni ekstrakti od ploda grejpa bez kore, ploda grejpa, kore grejpa i kore banane povećavaju sadržaj ulja. Vodeni ekstrakti od kore banane, ploda banane, ploda banane bez kore, ploda grejpa i kore grejpa povećavaju prinos proteina, a vodeni ekstrakti od kore banane, ploda banane, ploda banane bez kore, ploda grejpa i kore grejpa povećavaju prinos ulja po jedinici površine.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja finansiranih od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i definisan ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200032.

LITERATURA

- Bajagić, M., Đukić, V., Miladinov Mamlić, Z., Sekulić, J., Cvijanović, V., Đurić, N., Cvijanović, G. (2023): Effect of pulsed electromagnetic field on yield of grain, yield of protein and oil of soybean, *Plant Soil Environ*, 69(12): 577–585. DOI: 10.17221/336/2023-PSE
- Cvijanović M. (2017): Efekat niskofrekventnog elektromagnetnog polja i bioloških komponenti na prinos i kvalitet semena u održivoj proizvodnji soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, poljoprivredni fakultet Zemun, 1–247.
- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V. (2013): Changes in the Technology of Soybean Production, Ch. 1 from the Book – Sustainable Technologies, Policies and Constraints in the Green Economy, *Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series*, IGI Global Book USA, pp. 1-22.
- Dozet, G., Đukić, V., Cvijanović, M., Đurić, N., Kostadinović, Lj., Jakšić, S., Cvijanović, G. (2015): Influence of organic and conventional methods of growing on qualitative properties of soybean. *Book of Proceedings from Sixth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2015”*, October 15-18, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 407–412.

- Dozet, G., Cvijanović, G., Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, D., Đurić, N., Jakšić, S. (2018): Primena vodenog ekstrakta koprive u organskoj proizvodnji soje, Zbornik radova - 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 79–84.
- Đukić, V., Stojanović, D., Miladinov, Z., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Dozet, G., Merkulov-Popadić, L. (2018). Hemijski sastav zrna novih NS sorti soje. Uljarstvo, 49 (1), 5–10.
- Đukić, V., Miladinović, J., Mamlić, Z., Dozet, G., Cvijanović, G., Kandelinskaja, O., Miljaković, D. (2021): Uticaj vodenog ekstrakta banane i koprive sa gavezom na prinos soje. Zbornik radova Nacionalnog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja” 15. decembar 2021. Smederevska Palanka, 285–292.
- Mamlić, Z., Đukić, V., Miladinović, J., Dozet, G., Bajagić, M., Fačara, L., Vasiljević, S. (2022): Uticaj primene vodenih ekstrakata biljnog porekla na prinos i kvalitet zrna soje. Uljarstvo, vol. 53, br. 1, 35–43.
- Miladinov, Z., Đukić, V., Čeran, M., Valan, D., Dozet, G., Tatić, M., Randelović, P. (2018): Uticaj folijarne prihrane na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje, Zbornik radova - 59. Savetovanje industrije ulja: „Proizvodnja i prerada uljarica”, 17-22. jun 2018., Herceg Novi, Crna Gora, 73–78.
- Randelović, P., Đukić, V., Miladinov, Z., Valan, D., Čobanović, L., Ilić, A., Merkulov Popadić, L. (2018): Uticaj folijarne prihrane na prinos i masu 1000 zrna soje, Zbornik radova 1. Domaćeg naučno stručnog skupa „Održiva primarna poljoprivredna proizvodnja u Srbiji – stanje, mogućnosti, ograničenja i šanse”, Bačka Topola, 26. oktobar, 2018. 211–217.
- Randelović, P., Đukić, V., Dozet, G., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov Z., Čeran, M. (2019): Povećanje prinosa soje folijarnom prihranom biljaka. Nacionalni naučni skup sa međunarodnim učešćem „Održiva poljoprivredna proizvodnja - Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine”. 18. oktobar, 2019., Bačka Topola, 55–62.

DOMAĆE SORTE I HIBRIDNI ULJANE REPICE: KARAKTERIZACIJA I ISPITIVANJE POTENCIJALA ZA DOBIJANJE ALTERNATIVNIH PROTEINA

*Branislava Đermanović^{1,2}, Bojana Šarić¹, Ranko Romanić², Ana Marjanović Jeromela³,
Dragana Rajković³, Aleksandar Marić¹, Pavle Jovanov¹*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije
u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

²Univerzitet u Novom Sadu Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Rast globalne potražnje za proteinima namenjenim ishrani ljudi i životinja doprinosi sve većem interesovanju za alternativne izvore. Rastući trend upotrebe ulja iz semena uljane repice rezultira stvaranjem sve veće količine pogače koja se generiše prilikom procesa proizvodnje ulja. Iako se u našoj zemlji pogača uljane repice u najvećoj meri koristi u hrani za životinje, brojni uspešni primeri iz prakse i naučni rezultati ukazuju da ona može biti izvor visokokvalitetnih proteina za ljudsku ishranu. Shodno navedenom, procena potencijala sorti i hibrida uljane repice ispitivanih u ovom radu nije bila usmerena samo na identifikaciju onih sa maksimalnim prinosom ulja, već i na analizu drugih relevantnih pokazatelja, poput sadržaja proteina i aminokiselinskog sastava, koji bi sveobuhvatno mogli da opišu sortu ili hibrid kao široko primenjivu, posebno sa aspekta njenog potencijala za dobijanja visoko vrednih proteina.

Ključne reči: uljana repica, sorte i hibridi, ulje, proteini, aminokiseline.

DOMESTIC VARIETIES AND HYBRIDS OF RAPESEED: CHARACTERIZATION AND ASSESSMENT OF POTENTIAL FOR OBTAINING ALTERNATIVE PROTEINS

ABSTRACT

The increasing global demand for proteins for human and animal nutrition is driving growing interest in finding new sources. The rising demand for rapeseed oil results in the production of larger quantities of pressed cake generated during the oil production process. While most rapeseed cake is currently used in animal feed, there is significant potential for its utilization as a source of high-quality proteins for human nutrition. Therefore, assessing the potential of varieties and hybrids investigated in this study was not only focused on identifying those with maximum oil yield, but also on considering other relevant indicators, such as protein content and amino acid composition, that could comprehensively characterize a variety as widely applicable, especially regarding the potential valorization of meal through obtaining high-value proteins.

Key words: rapeseed, varieties and hybrids, oil, proteins, amino acids.

UVOD

Uljana repica je jedna od vodećih uljanih kultura na globalnom nivou koja, iza uljane palme i soje zauzima treće mesto po proizvodnji (Marjanović Jeromela i sar., 2019). Iako su agroekološki uslovi u Srbiji povoljni za uzgoj ove biljne kulture (Zlatić i Užar, 2020), u proizvodnji semena i ulja, Srbija zaostaje u poređenju sa zemljama sa sličnim klimatskim uslovima i zemljišnim karakteristikama (Rajković, 2021).

S obzirom na rastuću globalnu potražnju za jestivim uljima, ulje semena uljane repice sve više se koristi kao dominantno jestivo ulje u zemljama Evropske unije zbog svojih karakteristika i dokazanih zdravstvenih benefita (Chew, 2020). Istovremeno sa popularizacijom ovog ulja otvara se i pitanje rešavanja sporednih produkata koji nastaju u njegovoj proizvodnji i mogućnosti njihovog iskorišćenja.

Rezultati naučnih istraživanja ukazuju na to da proteini prisutni u pogači uljane repice imaju izuzetan kvalitet, čemu posebno doprinosi izbalansiran odnos aminokiselina i visok sadržaj lizina (oko 6%), koji je često deficitarna aminokiselina u drugim biljnim sirovinama poput žita (Wanasundara i sar., 2016). Savremeni istraživački pravci sve više se fokusiraju na unapređenje postupaka izolacije proteina, odnosno njihovo usmeravanje ka ekološki prihvatljivijim i efikasnijim metodama koje omogućavaju veće prinose i bolje tehno-funkcionalne karakteristike proteina (Chmielewska i sar., 2021).

Cilj ovog rada je da se detaljno prikažu najvažnije karakteristike semena komercijalno dostupnih domaćih sorti i hibrida uljane repice iz sortimenta Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. Takođe, poseban naglasak je stavljen na analizu i upoređivanje aminokiselinskog profila proteina.

MATERIJAL I METODE RADA

U eksperimentalnom radu korišćeno je seme odabranih sorti i hibrida uljane repice iz sortimenta Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. Ukupno je obuhvaćeno 5 sorti (ANNA, JASNA, JELENA, ZLATNA, ZORICA) i 3 hibrida (NS PEK, NS RAS, NS VID) uljane repice. Za analizu osnovnog hemijskog sastava uzoraka, korišćene su standardne hemijske metode propisane u AOAC (2000) Official Method of Analysis. Na osnovu tih metoda, izvršeno je određivanje ukupnih proteina i ulja, primenom metoda 950.36 i 935.38, respektivno. Određivanje aminokiselinskog sastava sprovedeno je primenom hromatografije sa izmenom jona i postkolonskom derivatizacijom sa ninhidrinom, koristeći automatski analizator aminokiselina Biochrom 30+ (Biochrom, Cambridge, UK), prema metodi koja je opisana u radu Tomičić i sar., 2020.

Identifikacija pikova aminokiselina vršena je poređenjem retencionih vremena sa retencionim vremenima standarda aminokiselina (Amino Acid Standard Solution) nabavljenih od Sigma Aldrich (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA).

Podaci dobijeni u ovom istraživanju prikazani su kao prosečne vrednosti tri ponavljanja. Za poređenje ovih vrednosti korišćena je analiza varijanse (ANOVA) uz primenu Tukey testa. Za utvrđivanje značajnih razlika korišćen je nivo poverenja od 0,05. Za obradu podataka korišćen je softver TIBCO Statistica™ 14.0.0 (Statsoft Inc., SAD). Za vizualizaciju korelacije između odabranih sorti i hibrida, sprovedena je analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis - PCA) primenom matrice Pirsonovih koeficijenata korelacije. Ova statistička analiza obavljena je uz korišćenje statističkog paketa XLSTAT 2022.1.2.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na početku istraživanja izvršena je analiza osnovnog hemijskog sastava ispitivanih sorti i hibrida uljane repice. Rezultati sadržaja ulja i proteina prikazani su u tabeli 1. Jedan od ključnih kriterijuma za procenu kvaliteta semena uljane repice je sadržaj ulja, koji se u ispitivanim uzorcima kretao u opsegu između 42,12 i 46,14%.

Tabela 1. Prosečan sadržaj ulja i proteina u ispitivanim sortama i hibridima uljane repice

Table 1. Average content of oil and protein in analyzed rapeseed varieties and hybrids

Uzorak Sample	Sadržaj ulja* (%) Fat content* (%)	Sadržaj proteina* (%) Protein content* (%)
ANNA	43,94±0,30 ^{acd}	19,69±0,05 ^{ab}
JASNA	46,14±0,24 ^e	18,60±0,23 ^d
JELENA	44,43±0,12 ^a	20,76±0,24 ^c
ZLATNA	44,30±0,52 ^a	20,02±0,04 ^{abc}
ZORICA	42,83±0,29 ^{bc}	20,36±0,13 ^{bc}
NS PEK	42,85±0,41 ^{bcd}	19,96±0,05 ^{abc}
NS RAS	42,12±0,27 ^b	19,75±0,39 ^{ab}
NS VID	44,11±0,26 ^{ad}	19,50±0,27 ^a

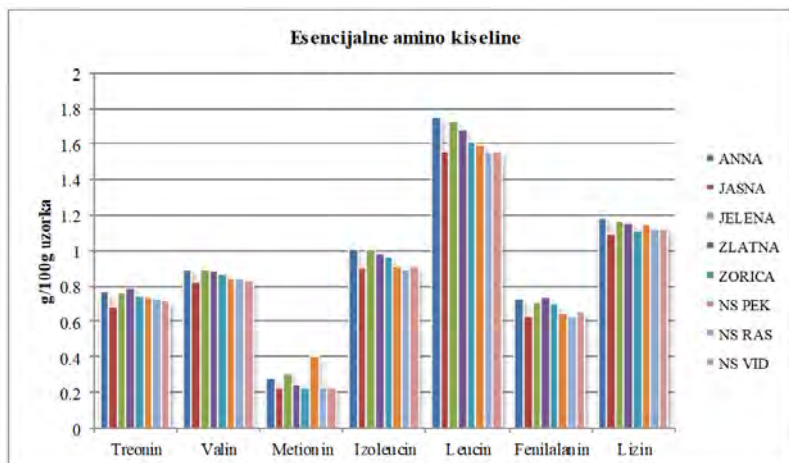
* rezultati su izraženi na sadržaj suve materije

Od ispitivanih sorti po sadržaju ulja izdvojila se sorta JASNA, koja se i u ranijim istraživanjima koja su obuhvatila period 2015-2018 (Rajković, 2021) pokazala kao jedna od domaćih sorti sa najvećim sadržajem ulja u semenu. Razlike u vrednostima dobijenim za sadržaj ulja u ovom radu u odnosu na prethodna istraživanja, posledica su klimatskih i drugih faktora poput vremena setve koji značajno utiču na količinu ulja u semenu (Marjanović Jeromela i sar., 2019), ali i različite metodologije određivanja sadržaja ulja.

Drugi važan pokazatelj kvaliteta semena uljane repice jeste sadržaj proteina koji se nalazi u negativnoj korelaciji sa sadržajem ulja, kako prema brojnim literaturnim podacima (Chew, 2020; Goyal i sar., 2021) tako i u ovoj studiji. Najniži sadržaj proteina zabeležen je kod sorte JASNA (18,60%), dok je najviši zabeležen kod sorte JELENA (20,76 %). Varijacije u sadržaju proteina između ispitivanih sorti i hibrida posledica su uticaja kako i karakteristika samog semena, tako i faktora životne sredine (lokacije, klimatskih uslova, temperature, vremena setve) za koje je dokazano da igraju ključnu ulogu u varijabilnosti u sadržaju proteina (Goyal i sar., 2021).

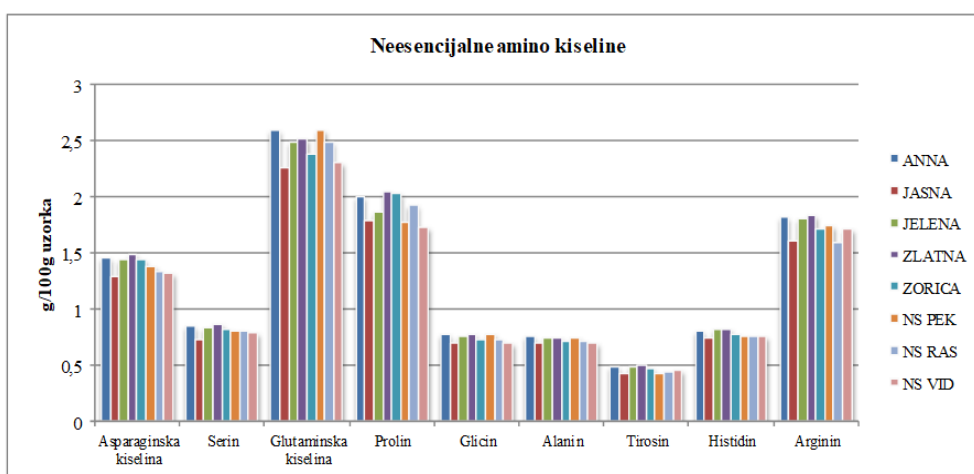
Kao osnovni gradivni element proteina, aminokiseline, odnosno njihov sastav, od presudnog su uticaja na kvalitet proteina i njegovu biološku vrednost. Esencijalne aminokiseline su ključne za rast i razvoj organizma, ali s obzirom da se ne mogu proizvesti u ljudskom organizmu, potrebno ih je unositi putem ishrane (Chmielewska i sar., 2021). U pogledu unosa esencijalnih aminokiselina postoje jasne preporuke relevantnih preporuka Svetske zdravstvene organizacije (WHO/FAO/UNU 2007).

Biljni proteini, iako sve više traženi na tržištu, imaju određene nedostatke u odnosu na proteine animalnog porekla, posebno sa stanovišta biološke vrednosti, te se može reći da se još uvek traga za idealnim izvorima biljnih proteina i njihovim komplementarnim kombinacijama koje bi obezbedile kompletan unos svih esencijalnih aminokiselina. Pogača uljane repice u tom smislu jedna je od biljnih sirovina koju karakteriše izuzetan kvalitet proteina. Kako bi se ocenio potencijal ispitivanih sorti sa aspekta iskorišćenja njihovih proteina, analiziran je sastav aminokiselina u semenu. Utvrđeno je da su u ispitivanim uzorcima esencijalne aminokiseline bile prisutne u udelu između 38,20 i 39,52% u ukupnim aminokiselinama, te da su među njima najdominantnije aminokiseline bile leucin, lizin i izoleucin dok su iz grupe neesencijalnih aminokiselina nazastupljeniji glutaminska kiselina, prolin i arginin (slike 2 i 3). Ovakvi rezultati sastava aminokiselina ukazuju da se proteini ispitivanih uzoraka semena uljane repice mogu kategorisati kao izuzetno kvalitetni biljni proteini sa visokim potencijalom za iskorišćenje, kako samostalno, tako i u različitim komplementarnim kombinacijama, posebno sa žitima, kako bi se obezbedio kompletan unos svih esencijalnih aminokiselina.



Slika 2. Sastav esencijalnih aminokiselina u ispitivanim sortama i hibridima uljane repice

Figure 2. Composition of essential amino acids in analysed rapeseed varieties and hybrids

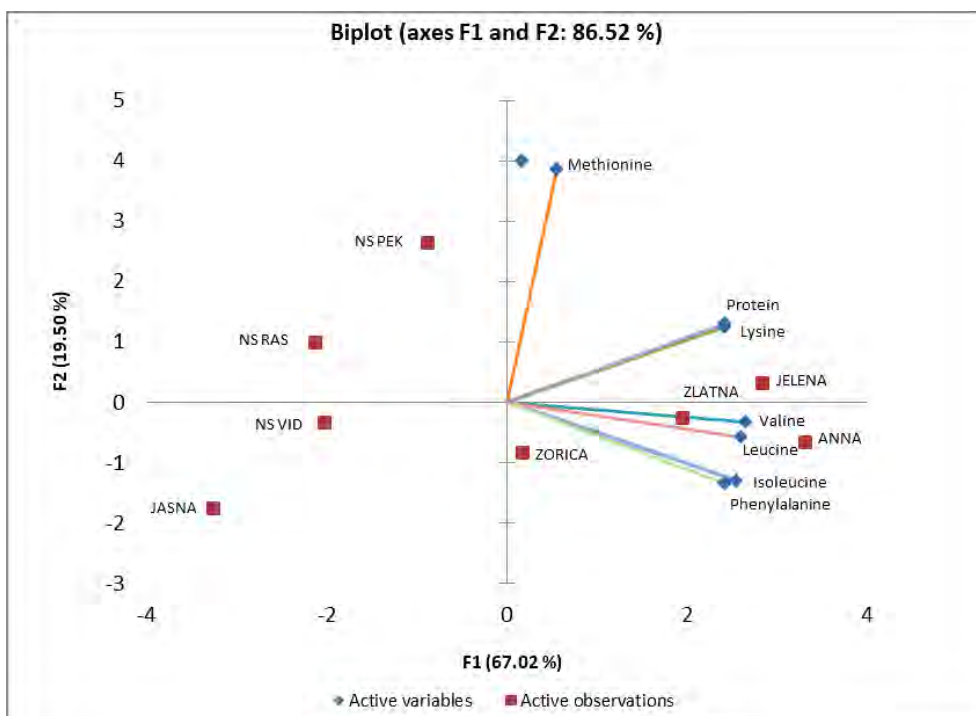


Slika 3. Sastav neesencijalnih aminokiselina u ispitivanim sortama i hibridima uljane repice

Figure 3. Composition of nonessential amino acids in analysed rapeseed varieties and hybrids

Korišćenjem analize glavnih komponenti (PCA), koja je vrsta faktorske analize i koja omogućava sažet prikaz velikog broja merenja, identifikovani su povezani odnosi između različitih sorti i hibrida uljane repice sa ukupnim sadržajem proteina, kao i sa esencijalnim aminokiselinama. Ovi rezultati su prikazani na biplot dijagramu

(slika 4), što omogućava multivarijantnu analizu odnosa između glavnih komponenti za svaki uzorak i specifični atribut.



Slika 4. Biplot grafik za PCA analizu
Figure 4. Biplot plot for PCA analysis

Primenom analize glavnih komponenti (PCA) obuhvaćeno je ukupno 86,52% varijabilnosti, pri čemu značajan doprinos daje prva glavna komponenta F1 sa udelom od 67,02%, dok druga komponenta F2 objašnjava 19,50%. Ovo naglašava sposobnost F1 da objasni povezanost između svih posmatranih svojstava.

Na osnovu rezultata možemo zaključiti da se određene sorte, kao što su JELENA, ZLATNA i ANNA, izdvajaju po ukupnom sadržaju proteina, kao i po određenim esencijalnim aminokiselinama kao što su lizin, valin, leucin, izoleucin i fenilalanin. Sorta ZORICA, takođe pokazuje pozitivnu korelaciju u pogledu sadržaja esencijalnih aminokiselina.

S druge strane, hibridi NS VID, NS RAS i NS PEK, kao i sorta JASNA, pokazuju negativnu korelaciju sa svim pomenutim karakteristikama, što uključuje ukupan sadržaj proteina i sve esencijalne aminokiseline. Ovo sugerše da ispitivani hibridi i sorta JASNA imaju niže vrednosti proteina i esencijalnih aminokiselina u poređenju sa drugim ispitivanim sortama.

Ovakav prikaz rezultata daje nam mogućnosti jasnijeg sagledavanja karakteristika sorti i hibrida odnosno njihove diferencijacije u odnosu na najvažnije komponente semena, sadržaj ulja, sadržaj proteina i sastav aminokiselina. Iz rezultata je jasno vidljivo da se po sadržaju proteina i aminokiselinskom sastavu ispitivane sorte (izuzev sorte JASNA) grupišu i izdvajaju u odnosu na hibride, te bi se moglo reći da one imaju veći potencijal za kompletno iskorišćenje kroz dalje izolovanje proteina iz pogače nakon izdvajanja ulja.

ZAKLJUČAK

Oplemenjivanjem uljane repice nastaju hibridi i sorte sa specifičnim morfološkim i fiziološkim karakteristikama. Ispitivanje osam sorti i hibrida dostupnih na našem tržištu pokazalo je da uljana repica, pored toga što predstavlja značajan izvor kvalitetnog ulja, može biti pogodna sirovina za dobijanje alternativnih proteina valorizacijom sporednog produkta, pogače. Takođe, utvrđeno je da aminokiselinski sastav uljane repice pokazuje dobar balans esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina, posebno u pogledu sadržaja lizina. Dodatno, rezultati PCA analize pokazali su jasnu diferencijaciju sorti i hibrida u pogledu sadržaja proteina i aminokiselinskog sastava te bi rezultati ovog rada mogli poslužiti kao osnova za dalja istraživanja usmerena ne samo na selekciju genotipova sa visokim prinosom ulja, već i razmatranje njihovog potencijala za dobijanje visoko vrednih proteina.

Zahvalnica

Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-66/2024-03/200222), kao i Fond za nauku Republike Srbije, Grant No 6673, PROTein from Rapeseed Oil Processing Waste: Application in Food and Wastewater Treatment - PROTOPOWER.

LITERATURA

- AOAC (2000). Official Methods of Analysis, 17th ed., Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Chew, S. C. (2020). Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus* L.) oil: Chemistry and functionality. Food Research International, 131, 108997.
- Chmielewska, A., Kozłowska, M., Rachwał, D., Wnukowski, P., Amarowicz, R., Nebesny, E., Rosicka-Kaczmarek, J. (2021). Canola/rapeseed protein - nutritional value, functionality and food application: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(22), 3836–3856.
- Goyal, A., Tanwar, B., Sihag, M. K., Kumar, V., Sharma, V., Soni, S. (2021). Rapeseed/canola (*Brassica napus*) seed. Oilseeds: Health Attributes and Food Applications, 47–71.
- Marjanović Jeromela, A., Grahovac, N., Miroslavljević, M., Aćin, V., Šarac, V., Milovac, Ž. (2019). Procena korelacione povezanosti različitih sezona gajenja uljane repice i vremenskih pokazatelja. Uljarstvo, 50 (1), 25–32.

- Rajković, D. (2021). Uticaj genotipa, spoljnje sredine i njihove interakcije na prinos i kvalitet semena uljane repice. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd.
- Tomičić, Z., Spasevski, N., Popović, S., Banjac, V., Đuragić, O., Tomičić, R. (2020). By-products of the oil industry as sources of amino acids in feed. *Food and Feed Research*, 47(2), 131–137.
- Wanasundara, J. P., McIntosh, T. C., Perera, S. P., Withana-Gamage, T. S., Mitra, P. (2016). Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. *OCL*, 23(4), D407.
- WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organization Technical Report Series*, 935, 1–265.
- Zlatic, S., Uzar, D. (2020). Karakteristike tržišta uljane repice u Republici Srbiji. *Uljarstvo*, 51 (1), 17–23.

HEKTOLITARSKA MASA I SPREGA SA POKAZATELJIMA KVALITETA ULJANE REPICE

*Dragana Rajković¹, Ana Marjanović Jeromela¹, Vladimir Šarac²,
Nada Grbić³, Zorica Stojanović⁴*

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Sojaprotein d.o.o., Bečej, Srbija

³Fabrika ulja „Banat” a.d., Nova Crnja, Srbija

⁴Victoriaoil d.o.o., Šid, Srbija

IZVOD

Kvalitet uljarica je važan element celokupnog lanca vrednosti kako bi se proizveo proizvod visokog kvaliteta, uskladištio, obradio i na kraju isporučio potrošaču. Hektolitarska masa je jedan od parametara kvaliteta koji određuje fizičke osobine semena i predstavlja masu jednog hektolitara izraženu u kilogramima. U radu su istaknuti značaj određivanja hektolitarske mase i faktori koji utiču na nju. Istražena je hektolitarska masa uljane repice tokom tri proizvodne godine i analizirana je njena veza sa drugim parametrima kvaliteta. Vrednosti hektolitarske mase su varirali tokom ispitivanih godina i između sorti i hibrida.

Ključne reči: hektolitarska masa, masa 1000 semena, sadržaj ulja, sadržaj proteina, vlaga.

CANOLA TEST WEIGHT AND RELATIONSHIP WITH QUALITY TRAITS

ABSTRACT

The quality of oilseeds is an important element of the value chain to produce a high-quality product, encompass storage, processing, and consumer delivery. Test weight (hectolitre mass) represents the mass of one hectolitre of seeds expressed in kilograms. This paper highlights the importance of determining the test weight and the factors that influence it. The study investigates test weight of rapeseed over three production years, analysing its correlation with other quality parameters. Results reveal varying test weight values across the examined years and among different cultivars and hybrids.

Key words: test weight, thousand seed weight, oil content, protein content, moisture.

UVOD

Kvalitet semena je važan za sve učesnike u lancu vrednosti uljarica - od proizvođača do potrošača. U proizvodnji hrane i stočne hrane, sadržaj ulja i proteina su posebno bitne osobine kvaliteta semena. S druge strane, proizvođačima koji koriste seme za setvu važni su parametri poput visokog procenta klijanja, vitalnosti semena i dormantnosti, a potrošačima boja, miris i ukus. Cirkularnost lanca vrednosti koji se predlaže u aktuelnim evropskim istraživanjima, će se pokazati kroz valorizaciju

proizvoda i koproizvoda odabranih uljanih biljnih vrsta (Horizon Europe projekat CARINA). Kod zrnastih kultura, u koje se ubraja i uljana repica, klase kvaliteta se određuju sortiranjem (klasiranjem) vizuelno i uz pomoć instrumenata. Tokom ovog procesa, određuje se hektolitarska masa (nasipna gustina, ili zapreminska masa) i sadržaj neodvojivih primesa (proklijala semena, zaraženo seme, seme druge biljne vrste, ili korova npr. slačice, gorušice, prisustvo insekata).

Da bi se koristilo za ljudsku i životinjsku ishranu, seme uljane repice mora zadovoljiti određene standarde kvaliteta, odnosno da ima manje od 2% eruka kiseline i manje od 30 $\mu\text{mol/g}$ glukozinolata u sačmi. Na kvalitet semena uljane repice utiču različiti faktori kao što su izbor sortimenta, vremenski uslovi tokom gajenja, primenjena agrotehnika. Takođe, nakon žetve, važno je adekvatno transportovanje i skladištenje semena. Uslovi skladištenja, temperatura, vlaga, kiseonik, prisustvo patogenih gljiva i štetočina, utiču na stabilnost ulja, udeo slobodnih masnih kiselina i konačno, na klijavost semena (Kumar i sar., 2017). Prilikom prijema semena uljane repice u centrima za otkup, ili direktno u fabrikama ulja, na licu mesta se uzorkuje seme radi određivanja sledećih parametara: sadržaja vlage, u nekim slučajima hektolitarske mase, udela pleve, ljuske i ostalih primesa, udela lomljenog/oštećenog semena, sadržaja ulja i proteina. Za formiranje otkupne cene su najvažniji udeo vlage i primesa. Što su ove vrednosti veće to je i cena tih lotova semena niža. U fabrici ulja Victoriaoil se analizira sadržaj ulja, proteina, slobodnih masnih kiselina i hektolitarska masa uljane repice, dok se u fabrici ulja Banat određuju isti parametri uz izuzeće analize hektolitarske mase.

Prema članu 5 Pravilnika o tehničkim zahtevima u pogledu kvaliteta koje moraju da ispunjavaju poljoprivredni proizvodi koji se skladište u javnom skladištu (2010. i 2014.) procenat vlage treba da bude do 13%, a udeo primesa do 2%. Na osnovu bogatog iskustva naših fabrika, koje su utvrdile da već pri vlazi semena uljane repice od 9% dolazi do povećanja sadržaja slobodnih masnih kiselina, prerađivači skladište uljanu repicu sa nižim nivoom vlage. Tako recimo fabrika ulja Banat skladišti repicu do 8% vlage i 2% primesa na kraći period (do tri meseca), a sa 6-7% vlage na duži period (pet, šest meseci). Obzirom na velike prerađivačke kapacitete, u Victoriaoil se seme čuva maksimalno četiri meseca do obrade i suši se do 6-7% vlage. Prema pomenutom Pravilniku, pšenica I, II i III klase mora da ima hektolitarsku masu najmanje 76 kg/hl, dok je za durum pšenicu A klase propisan minimum od 78 kg/hl, odnosno 76 kg/hl za A II i A III klasu. Za skladištenje pivskog ječma A I i A II klase, minimalna vrednost hektolitarske mase treba da bude 66 kg/hl, a za kukuruz A klase 65 kg/hl, B klase 60 kg/hl. Pomenutim pravilnikom nije propisana minimalna vrednost hektolitarske mase za uljanu repicu, koja se skladišti u Srbiji. Prema Australian Oilseeds Federation (AOF) standards CSO-1 & CSO-1A, standardi za uljanu repicu kanola kvaliteta koja nije genetski modifikovana (GM) iznose po

parametrima: 8% za vlagu semena, 62 kg/hl za uljanu repicu prve klase, odnosno 58 kg/hl za uljanu repicu druge klase i udelom nečistoća 3% za prvu, odnosno 5% za drugu klasu. Australijska kompanija GrainCorp (GrainCorp Canola Standards, 2023) propisuje minimalnu hektolitarsku masu za GM i non-GM uljanu repicu kanola kvaliteta od 62 kg/hl. Prema Canadian Grain Commission Standards, u Kanadi nije definisano određivanje hektolitarske mase kod uljane repice. Za pšenicu II klase oni propisuju 74 kg/hl, III klase 69 kg/hl, a za kukuruz A klase 68 kg/hl, B klase 66 kg/hl, C klase 64 kg/hl, D klase 62 kg/hl.

Za adekvatno uzorkovanje, neophodno je napraviti minimum pet vertikalnih proba sa minimum 5 litara semena. Kako bi se izbegli gubici vezani za vrednost vlage, ne preporučuje se upotreba papirnih vreć(ic)a, kartonskih i sličnih pakovanja, jer upijaju vlagu i time smanjuju vrednost vlage semena. Umesto njih treba koristiti plastične, ili metalne sudove koji čuvaju integritet uzorkovanog materijala.

Sadržaj vlage je kritičan faktor koji treba uzeti u obzir prilikom skladištenja semena. Predstavlja pokazatelj količine vode po jedinici mase semena i izražava se u procentima. Sadržaj vlage utiče na kvalitet semena, jer se ono kvvari pri većem sadržaju vlage od preporučenog za skladištenje.

Iako postoji interes za semenom visokog sadržaja ulja i proteina, fabrike u Srbiji uglavnom nemaju limite u pogledu sadržaja ovih materija. Neke od njih koriguju otkupnu cenu u skladu sa sadržajem ulja i primesa, pa je moguće uvećanje, odnosno umanjenje cene u odnosu na vrednost koja je propisana na određenom otkupnom mestu. Hektolitarska masa se koristi kao parametar kvaliteta pšenice u većem broju zemalja i spram njene vrednosti proizvođači dobijaju naknadu. Veća hektolitarska masa rezultira višom ocenom i posledično višom cenom po toni pšenice osim ako drugi faktori koji određuju ocenu kao što su proteini (u Australiji i Južnoj Africi), ili oštećenja od insekata, koji negativno utiču na ocenu. Uvidom u literaturne podatke, utvrđeno je za jednu australijsku kompaniju da je odredila minimalni sadržaj ulja u semenu GM i non-GM uljane repice kanola kvaliteta od 38% za prvu klasu, odnosno 30% za drugu klasu (CBH Group, 2022). Prisustvo nečistoća kao što su pleva ili krupno seme korova utiče na smanjenje hektolitarske mase. Do ovoga dolazi iz dva razloga, prvo jer seme ne može tesno da se pakuje u cilindru za merenje, a drugi je u vezi sa činjenicom da su pleva i seme korova manje mase od pšenice (Greenaway i sar., 1971).

MATERIJAL I METODE RADA

U ovom radu, analizirano je seme osam genotipova uljane repice iz žetve 2015, 2016. i 2017. godine. U pitanju je jedan hibrid u procesu registracije (NS HR-3), i 7 registrovanih sorti: Banačanka, Slavica, Zlatna, Branka, Svetlana, Zorica i Jelena. Hektolitarska masa je određena Šoperovom (hektolitarskom) vagom. Sadržaj vlage u

semenu uljane repice određen je prema SRPS EN ISO 665:2020 metodi. Izmeren gubitak mase između svežeg i suvog semena je izražen kao procenat vlage uzorka. Sadržaj ulja u suvom semenu je određen metodom nuklearne magnetne rezonance (NMR) na uređaju Newport 4000 NMR i izražen kao % suve mase semena. Sadržaj proteina je određen metodom po Dumasu na aparatu Leco i takođe izražen procentualno.

Za statističku obradu je korišćen program IBM SPSS Statistics 21.0 (2012). U cilju analize međusobne zavisnosti osobina izračunat je koeficijent fenotipske korelacije (r), koji može imati vrednosti od -1 do 1 . Jačina korelacione veze je utvrđena na osnovu sledeće skale:

r_{xy}	jačina korelacione veze
0 – 0,30	slaba
0,31 – 0,70	srednje jaka
0,71 – 0,99	jaka

REZULTATI I DISKUSIJA

Na hektolitarsku masu semena utiču razni faktori kao što su suša, nedostatak nutritivnih elemenata, temperaturni ekstremi, oštećenja semena od insekata. Takođe, moguće su i razlike uzrokovane genetičkim materijalom različitih sorti i hibrida. Pomenuti faktori imaju najizraženiji uticaj za vreme nalivanja zrna, kada stres utiče na smanjenje hektolitarske mase, tabela 1.

Tabela 1. Sredine kvadrata za hektolitarsku masu i pokazatelje kvaliteta semena uljane repice za period 2015-2017

Table 1. Mean squares for test weight and seed quality traits of rapeseed, 2015-2017

Izvor variranja Source of variation	df	Hektolitarska masa Test weight kg/hl	Vlaga Moisture %	Masa 1000 semena Thousand seed weight, g	Sadržaj ulja Oil content %	Sadržaj proteina Protein content %
Godina Year	2	44,60**	9,49**	6,37**	144,27**	78,68**
Genotip Genotype	7	0,09**	0,06 ^{ns}	0,51**	6,59**	5,30**
Godina × genotip Year × genotype	14	0,06**	0,07 ^{ns}	0,08**	2,36**	0,98**
Greška Error	48	0,03	0,05	0,01	0,01	0,00

df - stepeni slobode (degrees of freedom), ** značajno na nivou 0,01%, ^{ns} nema značajnosti/significant at level 0.01%, ^{ns} not significant

Analiza varijanse je pokazala da su na hektolitarsku masu semena uljane repice značajno uticali godina, genotip i interakcija između genotipa i godine, tj. sredine (Tabela 1) što je u skladu sa rezultatima Udall i sar. (2004). Isto je utvrđeno i za masu hiljadu semena, sadržaj ulja i proteina. Genotip nije imao značajan uticaj na sadržaj vlage što je saglasno rezultatima Vujaković i sar. (2014), za razliku od uticaja godine gde je primećena značajnost ovog faktora.

Tokom analiziranog perioda, najviša prosečna vrednost hektolitarske mase zabeležena je 2016. i iznosila je 69,8 kg/hl, dok je 2018. bila najniža od 67,2 kg/hl (Tabela 2). Sorte Zlatna i Zorica su se izdvojile sa najvišim prosečnim vrednostima hektolitarske mase od 68,4 kg/hl. Porter i sar. (1993) su takođe uočili razlike u hektolitarskoj masi uljane repice između godina koja je bila znatno niža od rezultata dobijenih našim istraživanjem i bila je u opsegu 56,4-58,6 kg/hl, dok su vrednosti izmerene od grupe autora Udall i sar. (2004) iznosile 57,6-64,5. U ogledu Porter i sar. (1993) je praćen i uticaj đubrenja azotom i borom na hektolitarsku masu, međutim ne mogu se izvesti čvrsti zaključci o pozitivnom efektu ovog tretmana na hektolitarsku masu obzirom da je u jednoj sezoni ovaj uticaj bio primetan, a u drugoj ne. Moguće je da se povećanje hektolitarske mase dešava zbog stimulativnog uticaja azotnog đubriva na prinos, odnosno na masu semena. Vujaković i sar. (2014) su ukazali na uticaj gustine setve na hektolitarsku masu u smislu da se povećanjem broja biljaka po kvadratnom metru smanjuje hektolitarska masa.

Tabela 2. Vrednosti hektolitarske mase (kg/hl) uljane repice u periodu 2015-2017

Table 2. Rapeseed test weight (kg/hl) during 2015-2017			
Genotip Genotype	2016	2017	2018
NS HR-3	69,5	67,7	67,3
Banaćanka	69,9	67,6	67,2
Slavica	69,6	67,7	67,2
Zlatna	70,1	67,8	67,3
Branka	69,5	67,7	67,3
Svetlana	69,6	67,6	67,3
Zorica	70,1	67,7	67,3
Jelena	69,9	67,6	67,1
Godišnji prosek Year mean	69,8 c	67,7 b	67,2 a

Predusev utiče ne samo na prinos i parametre prinosa uljane repice, već i na hektolitarsku masu. Neshev (2022) je istakao da se u plodosmeni ozima pšenica - ozima uljana repica ostvaruju veći prinosi semena i da je hektolitarska masa veća u odnosu na ozimu uljanu repicu gajenu u plodosmeni sa kukuruzom i ozimu uljanu repicu gajenu u monokulturi.

Na osnovu izračunatih koeficijenata fenotipske korelacije, utvrđena je jaka negativna veza između hektolitarske mase i mase hiljadu semena, kao i hektolitarske mase i sadržaja ulja (Tabela 3).

Tabela 3. Korelaciona matrica hektolitarske mase i parametara kvaliteta osam genotipova uljane repice u periodu 2015-2017

Table 3. Correlation matrix of hectoliter mass and quality parameters of eight rapeseed genotypes during the period 2015-2017

	Hektolitarska masa Test weight	Vlaga Moisture	Masa 1000 semena Thousand seed weight	Sadržaj ulja Oil content	Sadržaj proteina Protein content
Hektolitarska masa Test weight	1	0,38*	-0,83**	-0,70**	0,32
Vlaga Moisture		1	-0,40*	0,17	-0,59**
Masa 1000 semena Thousand seed weight			1	0,56**	-0,19
Sadržaj ulja Oil content				1	-0,78**
Sadržaj proteina Protein content					1

* značajnost na nivou $p=0.05$

** značajnost na nivou $p=0.01$

Hektolitarska masa i sadržaj vlage su bili u srednje jakoj pozitivnoj vezi. Seme sa većim sadržajem vlage, koje je ili posledica nedovoljne zrelosti, ili uslova skladištenja, ima veću hektolitarsku masu u odnosu potpuno zrelo, suvo seme. Vrednost hektolitarske mase je veća kod glatkog i okruglog semena nasuprot semenu nepravilnog oblika. Skladištenjem semena sa većim sadržajem vlage veća je šansa za kvarenje, te takvo čuvanje nije bezbedno. Sadržaj vlage u semenu utiče na kvalitet i

prinos ulja. U ovom radu nije dokazana veza između sadržaja vlage i količine ulja u semenu uljane repice. Masa hiljadu semena je vezana za veličinu semena, jer veća semena imaju veću masu. Jaka negativna korelacija je utvrđena između hektolitarske mase i mase hiljadu semena. Slabije naliveno seme, koje je manjih dimenzija, a time i manje mase se bolje raspoređuje, odnosno popunjava prazne prostore u cilindru za merenje hektolitarske mase, pa je stoga hektolitarska masa veća. Toplotni stres utiče na hektolitarsku i masu semena (Udall i sar., 2004). Veza sadržaja proteina i hektolitarske mase kod pšenice je slaba i negativna (Dexter i sar., 1987), a vrlo često i posledica stresa koje je usev pretpreo (suša), pre nego direktne veze smanjenih dimenzija zrna i većeg sadržaja proteina (Preston i sar., 1995).

ZAKLJUČAK

U periodu 2015-2017, prosečne godišnje vrednosti hektolitarske mase analiziranog sortimenta uljane repice su varirale od 67,2 do 69,8 kg/hl. Sorte Zlatna i Zorica su se imale najveće prosečne vrednosti hektolitarske mase od 68,4 kg/hl. Hektolitarska masa je bila u jakoj negativnoj korelaciji sa masom hiljadu semena, kao i sadržaj ulja sa sadržajem proteina.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, evidencioni broj ugovora: 451-03-66/2024-03/200032 i Evropske Komisije kroz projekat CARINA, broj ugovora: 101081839. Rad je realizovan u okviru aktivnosti Centra izuzetnih vrednosti za inovacije u oplemenjivanju biljaka na promene klime - Climate Crops, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.

LITERATURA

- Australian Oilseeds Federation (AOF) standards CSO-1 & CSO-1A, dostupno na <https://www.grainflow.com.au/doc/1432173166178/grainflow-canola-receival-standards.pdf> datum pristupa 14.02.2024.
- CBH Group, 2022 <https://www.giwa.org.au/wp-content/uploads/2021/11/CBH-Standards-2021-22.pdf> datum pristupa 14.02.2024.
- Dexter, J. E., Matsuo, R. R., Martin, D. G. (1987). The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. CFW (Cereal Foods World), 32 (10), 772-777.
- GrainCorp Canola Standards (2023-2024). https://grains.graincorp.com.au/wp-content/uploads/2022/10/Canola-Standards-2023_24V2.pdf
- Greenaway, W.T., Watson, C.A., Hunt, W.H., Liebe, E.B. (1971). Performance evaluation of an automated vs. official weight-per-bushel-tester. Cereal Sci. Today, 60 (5): 146-149.
- IBM Corp. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

- Kumar, D., Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. *Foods*, 6(1): 8. doi: 10.3390/foods6010008
- Neshev, N. (2022). Preceding crop influences on the development and yields of the winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agr. Sci.*, 14(32): 56-62. DOI: 10.22620/agrisci.2022.32.009
- Porter, P.M. (1993). Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern coastal plain1. *J. Plant Nutr.*, 16(12): 2371–2381. doi:10.1080/01904169309364694
- Pravilnik o tehničkim zahtevima u pogledu kvaliteta koje moraju da ispunjavaju poljoprivredni proizvodi koji se skladište u javnom skladištu Službeni glasnik RS, 37/2010 i 10/2014. dostupno na <https://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-tehnickim-zahtevima-u-pogledu-kvaliteta-koje-moraju-da-ispunjavaju-poljoprivredni-proizvodi-koji-se-skladiste-u-javnom-skladistu> datum pristupa 14.02.2024.
- Preston, K. R., Morgan, B. C., Dexter, J. E. (1995). Influence of protein segregation on the quality characteristics of Biggar and Genesis Canada prairie spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 75(3): 599–604. <https://doi.org/10.4141/cjps95-104>
- Udall, J. A., Quijada, P. A., Polewicz, H., Vogelzang, R. Osborn, T. C. (2004). Phenotypic effects of introgressing chinese winter and resynthesized *Brassica napus* L. germplasm into hybrid spring canola. *Crop Sci.*, 44: 1990–1996. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1990>
- Vujaković, M., Marjanović Jeromela, A., Jovičić, D., Lečić, N., Marinković, R., Jakovljević, N., Mehandžić Stanišić S. (2014). Effect of plant density on seed quality and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18(2): 73-76. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-4487/2014/1821-44871402073V.pdf>

PRODUKTIVNOST I ZNAČAJ ZA ZDRAVLJE ULJANOG LANA: NS MARKO I NS PRIMUS

Vera Popović¹, Ivana Iličković², Marko Pavićević³, Jelena Bošković⁴,
Nataša Ljubičić⁵, Milada Isakov¹, Jela Ikanović⁶

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalnog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

²Evropa Lek Pharma d.o.o. Podgorica, Podgorica, Crna Gora

³Akershus University Hospital, Oslo, Norveška

⁴Metropolitan Univerzitet Beograd, Beograd, Srbija

⁵Biosens Institut, Novi Sad, Srbija

⁷Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd, Srbija

IZVOD

Laneno seme (*Linum usitatissimum* L.) ima veliki značaj za zdravlje zbog sadržaja α -linolenske kiseline (ω -3) u lanenom ulju. Redovnim konzumiranjem lana i ω -3 masnih kiselina može da se utiče na prevenciju nastanka određenih bolesti: raka, zatim moždanog udara, nekih autoimunih i kardiovaskularnih bolesti, smanjuje se loš holesterol, dijabetes, kašalj, itd. Lan je laksativ, koristi za poboljšanje zdravlja probave ili za ublažavanje zatvora. Cilj ove studije bio je da se utvrdi uticaj genotipa na razvoj varijabli produktivnosti lana: mase biljke, visine biljke, visine do prve čaure, broj čaura, broj zrna u jednoj čauri, masu 1000 zrna i prinos zrna, dve sorte lana, NS Marko i NS Primus, zlatne i braon boje semena. Smeđa sorta imala je više vrednosti za visinu biljke i masu biljke u odnosu na zlatnu sortu, s druge strane, zlatna sorta pokazuje veći broj zrna po čauri i veći prinos zrna u odnosu na smeđu sortu. Sorte NS Marko i NS Primus ostvarile su visoke prinose. Proizvodnja lana je opravdana jer lan ima velike prednosti u ishrani. Preporučuje se redovno konzumiranje lana u ishrani u cilju očuvanja zdravlja.

Ključne reči: *Linum usitatissimum* L., NS Marko i NS Primus, seme, zdravlje.

PRODUCTIVITY AND HEALTH SIGNIFICANCE OF LINSEED - NS MARKO AND NS PRIMUS

ABSTRACT

Linseed (*Linum usitatissimum* L.) is of great importance for health due to the content of α -linolenic acid (ω -3) in linseed oil. Regular consumption of linseed and ω -3 fatty acids can influence the prevent the occurrence of certain types of cancer, then the occurrence of stroke, some autoimmune and cardiovascular diseases, reduce bad cholesterol, diabetes, cough, etc. Linseed is also a laxative, commonly used to improve digestive health or relieve constipation. The aim of the study was to determine the influence of genotypes on the development of productivity variables: plant mass, plant height, height to the first a flax cocoon, number of grains in one a flax cocoon, number of grains per plants, 1000 grains mass, and grain yield of

plants of two varieties of flax, NS Marko and NS Primus, golden and brown seed colors. The brown variety had a more values for plant height and plant mass compared to the golden variety, on the other hand, the golden variety shows a higher number of grains per capsule and a higher grain yield compared to the brown variety. Varieties NS Marko and NS Primus achieved high grain yields. The production of linseed is justified because seed has great nutritional advantages. Regular consumption of linseed in the diet is recommended in order to preserve health.

Key words: *Linum usitatissimum* L., NS Marko and NS Primus, seed, health.

UVOD

Linum usitatissimum L. - uljani lan ima veliki značaj za zdravlje zbog sadržaja α - linolenske kiseline (ω -3) u njihovom ulju (Lee i sar., 2021; Popović i sar., 2017; 2018; 2019a,b; 2020; 2022; 2023). Latinsko ime lana - *Linum usitatissimum* u prevodu znači "najkorisniji". Pre tri hiljade godina, uzgajao se uglavnom u medicinske svrhe i zbog vlakana od kojih se izrađivalo laneno platno, dok se danas prvenstveno koristi laneno ulje, bilo da je u pitanju prehrambena, ili hemijska industrija (Đorđević i Dinić, 2011; Andruszczak i sar., 2015). Kod ljudi, konzumiranje ω -3 - α -linolenske kiseline može da spreči nastanak određenih bolesti: rak, moždani udar, autoimune bolesti kao što su sistemski eritematozni lupus, kardiovaskularne bolesti (Morris and Vaisei-Genser, 2003), da smanji loš holesterol, dijabetes (Ricklefs-Johnson i sar., 2017; Zhu i sar., 2020) i obezbedi povećanje dokozaheksaenske kiseline (DHA) koja je direktno povezana sa formiranjem, razvojem i funkcionisanjem mozga i mrežnjače (Martin i sar., 2006). Laneno ulje ima veliku primenu u prehrambenoj i hemijskoj industriji dok laneno seme ima veliki značaj u ishrani ljudi i životinja. Naučno je dokazano blagotvorno dejstvo lanenog semena po zdravlje, jer poseduje fitoestrogene koji pozitivno utiču na produktivnost i zdravlje, zato se laneno seme često dodaje u hranu (Čolović, 2014; Glamočlija i sar. 2015; Popović i sar., 2018; 2019a). U prilog kvalitetu lanenog ulja ide i činjenica da je Nacionalni institut za ispitivanje kancera Sjedinjenih Američkih Država proglasio lan za jednu od šest biljaka koja se preporučuje kao funkcionalni dodatak hrani u prevenciji pojave karcinoma (Oomah, 2001). Agronomske karakteristike sadržaja ω -3 u ulju zavise od sorte lana (Dmitriev i sar., 2020; Nožinić i sar., 2022), uslova gajenja (Morris & Vaisei-Genser, 2003; Nožinić i sar., 2023; Popović i sar., 2017; 2023) i od primenjene prihrane (Popović i sar., 2019a). Azotna prihrana u većoj meri doprinosi variranju sadržaja ulja u zrnu lana i, i visokim prinosima useva. Prosečan svetski prinos lana je oko 1 t ha^{-1} , u Srbiji je prosečan prinos zrna oko 2 t ha^{-1} (Popović i sar., 2018), dok je prinos u Francuskoj $3,918 \text{ t ha}^{-1}$, što dokazuje da potencijal prinosa useva zavisi od sorte, lokaliteta gajenja, primenjene tehnologije gajenja i klimatskih uslova (Popović i sar., 2019b). Laneno seme je bogato proteinima, mastima i dijetalnim vlaknima, i ima veliku vrednost u ishrani. Sadrži i komponente koje povoljno utiču na imuni

sistem: alfa-linolenska kiselina (ALA), esencijalne omega-3 masne kiseline, lignane i fitoestrogene. Ove komponente utiču na imune ćelije i posrednike imunog sistema. ALA potiskuje proliferaciju mononuklearnih limfocita periferne krvi i odloženi odgovor preosetljivosti na određene antigene (Kellei i sar., 1993). Lignani i ALA u lanenom semenu moduliraju imuni odgovor i imaju važnu ulogu u kliničkom upravljanju autoimunim bolestima (Raper i sar., 1992). ALA je matično jedinjenje porodice omega-3 masnih kiselina. Prekursor je dugolančanih masnih kiselina eikozapentaenske kiseline i dokozaheksaenske kiseline i esencijalna je masna kiselina za ljude jer se ne može sintetizovati iz dijetetskih prekursora (Cunanan and Anderson, 1997). Laneno seme sadrži visok nivo biljke prekursora lignana i seciosolaricirezinol diglikozid. Ovaj prekursor je fenolna supstanca povezana sa biljnim vlaknima i pokazano je antioksidativni efekti in vitro i in vivo (Kirkman et. al., 1995; El-Shimi et. al., 2011). Ova studija ima za cilj da proceni uticaj genotipa na razvoj varijabli produktivnosti dve sorte lana, NS Marko and NS Primus, braon i zlatne boje semena, i ukaže na značaj lana na zdravlje.

MATERIJAL I METODE RADA

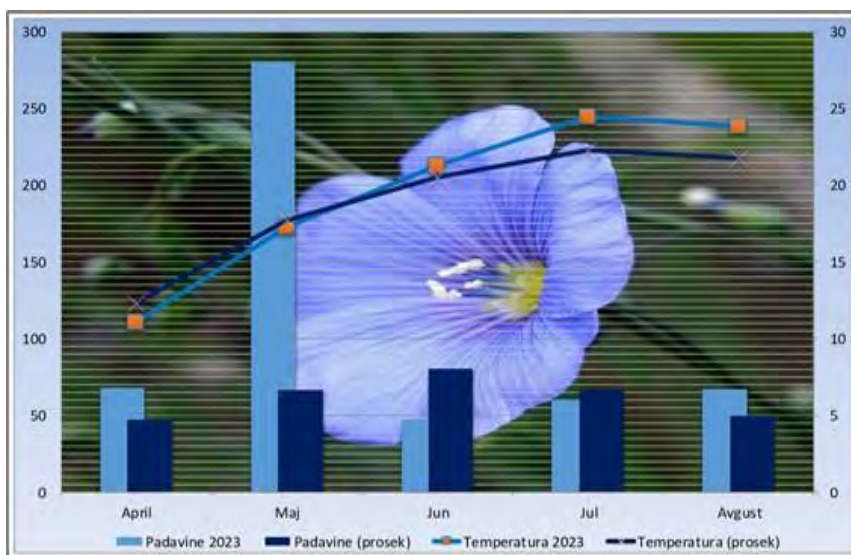
U ovoj studiji testirane su sorte lana, NS Marko i NS Primus, na oglednim parcelama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, u Bačkom Petrovcu (φ N 45°20', λ E 19°40', 82 m.n.m), u 2023. godini, u tri ponavljanja na černoze, sa dobrim fizičkim i hemijskim osobinama. Setva je obavljena u optimalnom roku krajem aprila meseca na dubini od 2 cm, za setvu je upotrebljeno 50 kg ha⁻¹ semena. Tokom izvođenja oglada primenjena je optimalna tehnologija gajenja. Žetva je obavljena kada su biljke lana bile u tehnološkoj zrelosti. Analizirani su sledeći parametri: masa biljke (g), visina biljke (cm), visina do prve čaure (cm), broj čaura, broj zrna u jednoj čauri, masa 1000 zrna, i prinost zrna biljaka (t ha⁻¹) u dve sorte lana, NS Marko and NS Primus, braon i zlatne boje semena. Za statističku obradu podataka upotrebljen je program Statistica, version 12. Dobijeni podaci prikazani grafički i tabelarno. Meteorološki podaci za vegetacioni period lana dobijeni su sa meteorološke stanice, koje se nalazi u blizini eksperimenata i prikazane su grafički, na slici 1 i u tabeli 1. U vegetacionom periodu ukupno je bilo 523,4 mm padavina a prosečne temperature iznosile su 19°C.

Ukupne vegetacione padavine u 2023. godini iznosile su 523,4 mm i bile su u više za 209 mm u odnosu na referentno razdoblje, 1987-2016., tabela 1. Prosečne temperature tokom 2023. iznosile su 19,6°C i bile su veće za 0,7°C u odnosu na referentno razdoblje. Početkom aprila 2023. godine zabeležene su optimalne temperature, da bi u drugoj i trećoj dekadi aprila, kada je lan posejan, došlo je do rasta temperatura. U maju mesecu je zabeleženo 281 mm padavina što je za 211 mm više od referentnog proseka, tabela 1, slika 1.

Tabela 1. Srednje dnevne temperature vazduha (°C) i ukupna suma padavina (mm) tokom 2023., i odstupanja od višegodišnjih proseka, 1987-2016, Bački Petrovac
Table 1. Average daily air temperature (°C), and total sum of monthly precipitation (mm) in 2023, and deviations from multi-year average, 1987-2016, Bački Petrovac

Parametar Parameter	Temperatura, 2023 (°C) Temperature, 2023 (°C)			Padavine, 2023 (mm) Precipitation, 2023 (mm)		
	sdT 2023.	1987-2016.	Δ sdT	Σ P 2023.	1987-2016.	$\Delta\Sigma$ P
Mesec						
IV	11,1	12,0	0,9	67,9	46,5	21,43
V	17,4	17,1	0,3	281,0	69,6	211,4
VI	21,3	20,8	0,5	47,1	81,1	-34,0
VII	24,5	22,5	2,0	60,4	66,5	-6,1
VIII	23,9	21,9	2,0	67,0	50,7	16,3
Prosek/Average	19,6	18,9	0,7	523,4	314,4	209,0

sdT - srednje dnevne temperature vazduha u 2023; Δ sdT - odstupanje srednjih dnevnih temperatura vazduha (°C) od višegodišnjeg proseka. Σ P - suma mesečnih padavina (mm); (2023; 1987-2016); $\Delta\Sigma$ P - odstupanje sume padavina (mm) od višegodišnjeg proseka



Slika 1. Temperature (°C) i ukupna suma padavina (mm), Bački Petrovac
Figure 1. Temperature (°C), and total sum of precipitation (mm), Bački Petrovac

REZULTATI I DISKUSIJA

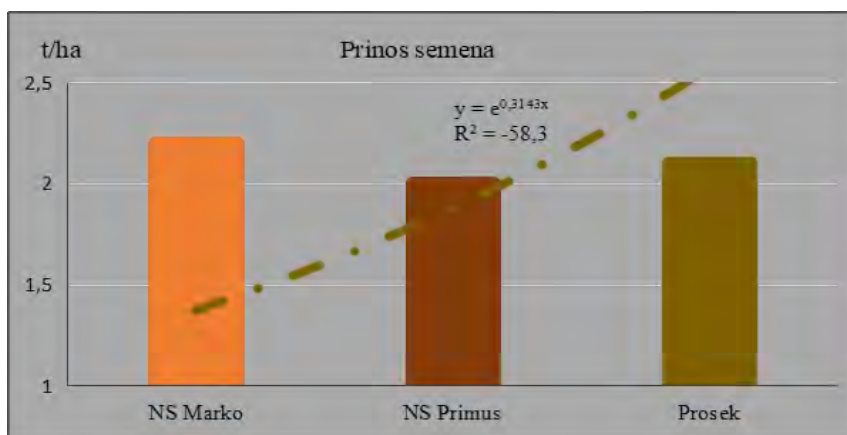
U tabeli 2 prikazani su parametri produktivnosti uljanog lana, sorti NS Marko i NS Primus. Ispitivane sorte uljanog lana NS Marko i NS Primus ostvarile su visoke vrednosti za ispitivane varijable produktivnosti i visok prinos semena.

Prosečan prinos semena iznosio je 2,1 t ha⁻¹ i varirao je od 2,0 t ha⁻¹ (NS Primus) do 2,2 t ha⁻¹ (NS Marko), tabela 2, slika 2. Standardna devijacija za prinos semena iznosila je 0,14, tabela 2. Smeđa sorta imala je veće vrednosti za visinu biljke (80 cm),

visinu do prve čaure (54,3 cm), masu 1000 zrna (6,2 g) i masu biljke (4,5 g) u odnosu na zlatnu sortu, s druge strane, zlatna sorta pokazuje veći broj zrna po čauri (10), više čaura po biljci (38 cm) i veći prinos zrna (2,2 t ha⁻¹) u odnosu na smeđu sortu, tabela 2.

Tabela 2. Parametri produktivnosti uljanog lana, sorti NS Marko i NS Primus
Table 2. Productivity parameters of linseed, varieties NS Marko and NS Primus

Parametar Parameter	NS Marko	NS Primus	\bar{X}	Std. dev.	IV
Masa biljke (g)	3,8	4,5	4,15	0,49	0,7
Visina biljke (cm)	71	80	75,5	6,36	9,0
Visina do prve čaure (cm)	54	54,3	54,15	0,21	0,3
Broj čaura	38	34	36	2,83	4,0
Broj zrna u jednoj čauri	10	9,3	9,65	0,49	0,7
Masa 1000 zrna (g)	5,4	6,2	5,8	0,57	0,8
Prinos semena (t ha ⁻¹)	2,2	2,0	2,1	0,14	0,2



Slika 2. Prinos semena uljanog lana, sorti NS Marko i NS Primus u 2023.

Figure 2. Grain yield of linseed, varieties NS Marko and NS Primus, in 2023

Masnokiselinski sastav ulja lana

Masnokiselinski sastav ulja dobijen iz lanenog semena zavisi od uslova u kojima je biljka gajena, što se naročito odnosi na sastav nezasićenih masnih kiselina. Rani i kasni mrazovi, previsoke temperature i suša imaju odlučujući uticaj na kvalitet semena. Ukoliko je zrno nedozrelo i oštećeno mrazom, imaće značajno niži sadržaj ulja, tamnije boje. Oštećena zrna pokazuju veći sadržaj palmitinske, linolne i ALA, a manji sadržaj oleinske kiseline od zdravih i celih zrna (Sediqi, 2012; Nožinić i sar., 2022; 2023). Masno kiselinski sastav suncokretovog i lanenog ulja (Selçuk i sar., 2022; Popović i sar., 2018; 2019), prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Masnokiselinski sastav ulja (%) lanenog semena i suncokretove sačme
(Selčuk i sar., 2022; Popović i sar., 2018; 2019b)

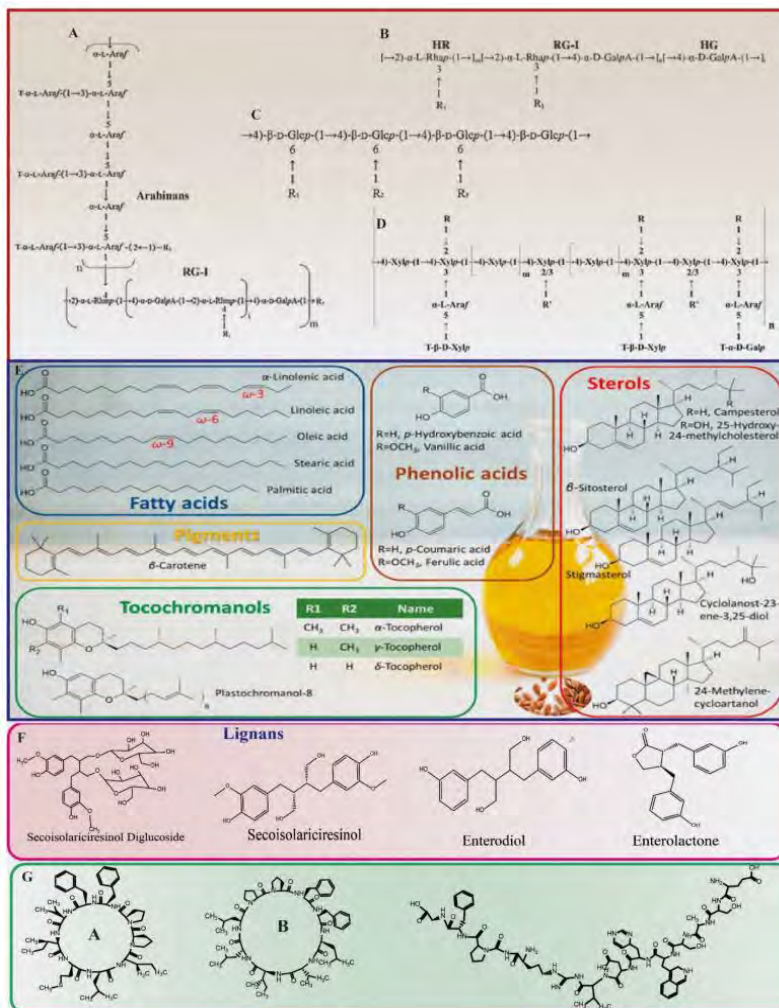
Table 2. Fatty acid composition of oil (%) linseed and sunflowers meal
(Selčuk i sar., 2022; Popović i sar., 2018; 2019b)

Number of carbons	Chemical name	Flaxseed, %	Sunflower meal, %
C14:0	Myristic acid	0,04	0,07
C16:0	Palmitic acid	5,0	6,5
C16:1 n-9	Palmitoleic acid	0,2	0,1
C17:0	Margaric acid	0,1	0,05
C17:1	Heptadecenoic acid	0,1	0,05
C18:0	Stearic acid	2,6	3,8
C18:1 n-9	Oleic acid	46,0	27,6
C18:2 n-6	Linoleic acid	16,94	60,5
C18:3 n-3	α -Linolenic acid-ALA	54,31	0,1
C20:0	Arachidic acid	0,5	0,2
C22:0	Behenic acid	0,3	0,8
C24:0	Lignoceric acid	0,01	0,3
	SFA	9,65	10,6
	MUFA	23,1	26,1
	PUFA	67,3	63,5
	PUFA/SFA	6,97	5,96

SFA - zasićene masne kiseline, MUFA - mononezasićene masne kiseline, PUFA - polinezasićene masne kiseline

Seme lana predstavlja bogat izvor ulja, oko 40%, u čijem sastavu su preko 70% nezasićene masne kiseline, zatim sadrži 7-9% vlage, 2,5-4 % sirovog pepela, 20-30 % sirovih proteina i 12-20% sirovih vlakana (Ivanov i sar., 2012). Laneno ulje spada u grupu „dobro sušivih ulja” zbog veoma visokog jodnog broja (168-204 g/100 g). Kada je sirovo, ima tamno žutu boju i jak, specifičan miris i ukus (Dimić, 2005). Laneno ulje se deli na osnovu komponenti masnih kiselina na: mononezasićene, polinezasićene i zasićene masne kiseline (Tvrzicka i sar., 2011; Mueed i sar., 2022), slika 3. Laneno ulje sadrži 87,8-89,8% ukupnih nezasićenih masnih kiselina u poređenju sa malom količinom zasićenih masnih kiselina (Yaqoob i sar., 2016). Poznato je kao jedno od najnezasićenijih biljnih ulja sa izuzetno visokim sadržajem ALA, čiji je udeo u ukupnim masnim kiselinama više od 50% (Gunstone, 2001). Uljani lan sadrži oko 50% esencijalne α -linolenske omega-3 masne kiseline (ALA) zbog čega je zanimljiva sirovina za proizvodnju funkcionalnih hraniva. Termin „funkcionalna hrana” prvi put je upotrebljen u Japanu osamdesetih godina prošlog veka, a odnosio se na namirnice „pojačane” određenom komponentom koja poseduje pozitivne fiziološke efekte (Stanton i sar., 2005). Po Roberfroidu, funkcionalna hrana je slična konvencionalnoj po izgledu, sa tendencijom da postane

deo uobičajene svakodnevne ishrane, ali je modifikovana tako da obavlja i specifičnu fiziološku funkciju, pored prostog zadovoljenja nutritivnih potreba (Roberfroid, 1999). Funkcionalna hrana je ona koja obezbeđuje zdravstvenu dobit, pored osnovne nutritivne. Nastala je iz želje da se prvobitno ljudima, a potom i životinjama obezbedi dodatna korist, unapređivanjem standardnih karakteristika namirnica. Njihovom upotrebom mogu se poboljšati dostupnost i ukus već postojećih proizvoda, a pored toga mogu se i samostalno konzumirati (Roberfroid, 1999).



(A) Proposed structure of KPI-ASF as RG-1 bridge-linked arabinans. (B) Proposed repeating unit of the acidic fraction gum (HR, RG-1, and HG refer to homorhamnan, rhamnogalacturonan-1, and homogalacturonan, respectively). (C) Proposed structure of KPI-EPF as xyloglucans. (D) Proposed structure of FM-NFG as arabinoxylans (E) Flaxseed oil, phenolic acids, sterols, pigments, and tocopherols. (F) Lignans and their metabolites. (G) Cyclolinopeptide-A, cyclolinopeptide-B, and alcalase-derived antioxidant peptide.

Slika 3. Pregled bioaktivnih jedinjenja lanenog semena (Mueed i sar., 2022)

Figure 3. Overview of flaxseed bioactive compounds (Mueed i sar., 2022)

Značaj lanenog semena - *Linum usitatissimum* L. i uticaj na zdravlje

Laneno seme je steklo svetsko priznanje kao zdravstveno bezbedna hrana zbog prisustva obilja različitih hranljivih materija i bioaktivnih jedinjenja kao što su: ulje, masne kiseline, proteini, peptidi, vlakna, lignani, ugljeni hidrati, sluz i mikronutrijenti. Zbog navedenog laneno seme se upotrebljava u različitim primenama, kao što su: nutraceutici, prehrambeni proizvodi, kozmetika i biomaterijali. Značaj je povećan u modernim vremenima zbog novog trenda među potrošačima i većeg oslanjanja na ishranu zasnovanu na biljci za ispunjavanje svojih nutritivnih zahteva, za koju se smatra da je hipoalergena, ekološki prihvatljivija, održiva i humanija. Uloga supstanci lanenog semena u održavanju zdravog sastava mikrobioma creva, prevenciji i lečenju višestrukih bolesti nedavno je razjašnjena u različitim studijama, koje su dodatno istakle njen značaj kao moćnog nutritivnog leka (Mueed i sar., 2022). Laneno seme se koristi kao funkcionalna hrana, zdravstveni suplement i proizvod za negu kože (de Lourdes i sar., 2010; Sanmartin i sar., 2020; Popović i sar., 2016; 2018; 2021; Fale i sar., 2022). Laneno seme postaje sve poznatije kao superhrana zbog svoje korisne uloge u regulisanju crevne flore i ublažavanju simptoma mnogih ljudskih bolesti, kao što su kardiovaskularne bolesti, dijabetes, nervni poremećaji, menopauza, problemi sa kožom, gastrointestinalni problemi, pa čak i kanceri (Parikh i sar., 2019). Utvrđeno je da proteini i ciklični peptidi lanenog semena poseduju poželjna antioksidativna, antihipertenzivna, antiinflamatorna, imunosupresivna i antidijabetička svojstva (Dzuvor i sar., 2018). Funkcionalno svojstvo komponente hrane je ponašanje zasnovano na njenom biohemijskom sastavu, koje daje specifične senzorne karakteristike i tokom obrade i skladištenja kada se koristi kao aditiv za hranu.

Sluz od lanenog semena poseduje moćnu sposobnost vezivanja vode, koja se uspešno koristi u hrani za poboljšanje stabilnosti, viskoziteta i konzistencije napitaka, slika 4 (Puligundla i Lim, 2022). Sluz od lanenog semena ima i prebiotička svojstva, a to su sposobnost da reguliše korisni sastav mikroba unutar creva, što na kraju smanjuje simptome zatvora creva, opstipacije i sindroma iritabilnog creva (Dzuvor i sar., 2018).



Slika 4. Benefiti - koristi od lanenog semena

Figure 4. Benefits of flaxseed

ZAKLJUČAK

Lan ima sve veći značaj zbog nutritivnih, funkcionalnih, probiotičkih i fitoaktivnih svojstava lanenog semena i ulja. Laneno seme i proizvodi od njega mogu da se koriste u prehrambenoj industriji, zatim u medicini, u regulaciji crevnog mikrobioma i odbrani organizma od raznih bolesti. Proteini lanenog semena poseduju antioksidativna, antihipertenzivna, antiinflamatorna, imunosupresivna i antidijabetička svojstva. Zbog velikom značaja lana u Institutu su stvorene dve nove visokoprinosne sorte lana NS Marko i NS Primus odličnih performansi koje mogu uspešno da se gaje kako kod nas tako i u regionima u okruženju.

Zahvalnica

Istraživanja su finansirana sredstvima Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor evidencioni br. 451-03-66/2024-03/200032, 200045 i 451-03-65/2024-01/200116).

LITERATURA

- Andruszczak S., Gawlik-Dziki U., Kraska P., Kwiecińska-Poppe E., Różyło K., Pałys E. (2015) Yield and quality traits of two linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars as affected by some agronomic factors. *Plant, Soil and Environment*, 61: 247–252.
- Cunnane S. C., Anderson M.J. (1997): The majority of dietary linoleate in growing rats in - oxidized or stored in visceral fat. *J. Nutr.* 127: 146–152.
- Glamočlija Đ., Janković S., Popović V., Kuzevski J., Filipović V., Ugrenović V. (2015): Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenju. Monografija. Beograd. 1–355.
- de Lourdes, R., Giada, M. (2010): Food applications for flaxseed and its components: Products and processing. *Recent Pat. Food Nutr. Agric.*, 2, 181–186.
- Dimić E. (2005): Hladno ceđena ulja, Monografija. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Dmitriev A. A., Novakovskiy R. O., Pushkova E. N., Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Bolsheva N. L., Beniaminov A. D., Mitkevich V. A., Povkhova L. V., Dvorianinova E. M., Snezhkina A. V., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Melnikova N. V. (2020): Transcriptomes of different tissues of flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars with diverse characteristics. *Frontiers in Genetics*, 11: 1–6.
- Dzuvor C. K. O., Taylor J. T., Acquah C., Pan S., Agyei D. (2018): Bioprocessing of functional ingredients from flaxseed. *Molecules*, 23, 2444.
- Đorđević N., Dinić B. (2011): Proizvodnja smeša koncentrata za životinje. Institut za krmno bilje, Kruševac.
- Fale S.K., Umekar M.J., Das R., Alaspure M. A. (2022): Comprehensive study of herbal cosmetics prepared from flaxseed. *Multid.Int. Res.J.Gujarat Technol. Univ.* 4, 106–112.
- Gunstone F. (2001): Oilseed crops with modified fatty acid composition. *Journal of Oleo Science* 50 (5), 269 - 279.
- Ivanov D., Kokić B., Brlek T., Čolović R., Vukmirović Đ., Lević, J., Sredanović S. (2012): Effect of microwave heating on content of cyanogenic glycosides in linseed. *Rat. i povrtarstvo* 49, 63-68.
- El-Shimi N. M., Zaghlol H. M., Soliman S. A., Qarraa S. G. (2011): Effect of chufa nut and flaxseed on lipid profile of rats feed on hypercholesterlemic diet. *Egyption J. of nutrition*.
- Kelley D. S., Nelson G. J., Love J. E. (1993): Dietary α -linolenic acid alters tissue fatty acid composition but not blood lipids, lipoproteins or coagulation status in humans. *Lipids*, 28: 533–537.
- Kirkman L. M., Lampe J. W., Campbell D. R., Martini M. C., Slavin J. L. (1995): Urinary lignan and isoflavonoid excretion in men and women consuming vegetable and soy diets. *Nutr. Cancer* 24: 1–12.
- Lee S. H., Kim Y. B., Kim D. H., Lee D. W., Lee H. G., Jha R., Lee K. W. (2021): Dietary soluble flaxseed oils as a source of omega-3 polyunsaturated fatty acids for laying hens. *Poultry Science*, 100: 101276.
- Mueed A., Shibli S., Korma S.A., Madjirebaye P., Esatbeyoglu T., Deng Z. (2022): Flaxseed Bioactive Compounds: Chemical Composition, Functional Properties, Food Applications and Health Benefits-Related Gut Microbes. *Foods*, 11, 3307.

- Morris D. H., Vaisey-Genser M. (2003): Flaxseed. In: Benjamin C. (Eds.) Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Baltimore, Johns Hopking University. p. 2525–2531.
- Nožinić M., Lakić Ž., Popović V. (2022): Medicinal properties and main indicators of seed and oil quality of flaxseed - *Linum usitatissimum* L. Agriculture and Forestry, 68 (3): 57–69. doi:10.17707/AgricultForest.68.3.04
- Nožinić M., Trkulja V., Pržulj N., Popović V., Simić D. (2023): Kvalitet lana i lanenog ulja / Quality of linseed and linseed oil. 57. Savetovanje agronoma i poljoprivrednika Srbije (SAPS) i 3. Savetovanje Agronoma R. Srbije i R. Srpske, Zlatibor, 30.01.-03.02.2023., 90–97.
- Oomah D. (2001): Flaxseed as a functional food source. Journal of the Science of Food and Agriculture 81, 889–894.
- Oomah, B. D. (2003): Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignan. Flaxseed in Human Nutrition; American Botanical Council: Austin, TX, USA, p. 363–386.
- Parikh M., Maddaford T. G., Austria J. A., Aliani M., Netticadan T., Pierce G. N. (2019): Dietary flaxseed as a strategy for improving human health. Nutrients, 11, 1171.
- Popović V., Miladinović J., Vidić M., Ikanović J., Đekić V., Filipović V., Kolarić Lj., Čobanović L. (2015): Productive characteristics of soybean in agroecological conditions of Sremska Mitrovica, Serbia. Agriculture and Forestry, 61 (1), 67–75.
- Popović V., Marjanović-Jeromela A., Živanović Lj., Sikora V., Stojanović D., Kolarić Lj., Ikanović J. (2017): Produktivnost i blagodeti uljanog lana *Linum usitatissimum* L. 58. Savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 95–105.
- Popović V., Tatić M., Vučković S., Glamočlija Đ., Dolijanović Ž., Dozet G., Kiproviski B. (2018): Potencijal semena i komponenti kvaliteta lana *Linum usitatissimum* L. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik. 24, 1–2: 111–122.
- Popović V., Marjanović Jeromela A., Jovovic Z., Jankovic S., Filipović V., Kolarić Lj., Ugrenović V., Šarčević-Todosijević Lj. (2019a): Linseed (*Linum usitatissimum* L.) production trends in the World and in Serbia. Ed. Janjev. I. Book Title: Serbia: Current Issues and Challenges in the Areas of Natural Resources, Agriculture and Environment. NOVA Science pub., INC., USA, ISBN: 978-1-53614-897-8, 123–148.
- Popović V., Marjanović Jeromela A., Sikora V., Mihailović V., Stojanović D., Grahovac N., Ikanović J., Aćimović M. (2019b): Sadržaj ulja i tokoferola u semenu sorte uljanog lana NS Primus. Savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 95–105.
- Popović S., Popović V., Vučković S., Jovović Z., Rajčić V., Ikanović J., R. Bojović (2020): Analysis of trends of soybean production worldwide. GEA (Geo Eco-Eco Agro) Internat. Conference; Podgorica; 27-31.05.2020., p. 107.
- Popović V., Ikanović J., Šarčević Todosijević Lj., Vukeljić N., Filipović V., Strugar V., Cerovski P., Rogić M. (2022): Variranje sadržaja ulja u sortama uljanog lana NS Marko i NS Primus u uslovima klimatskih promena. 63. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, Crna Gora, 26.06.-14.07.2022., 109–122.
- Popović V., Iličković I., Aćimić Remiković M., Bošković J., Burić M., Ikanović J., Stevanović A., Remiković M. (2023): Proizvodnja lana, značaj u ishrani i korist za zdravlje. 64. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, 25-30.06.2023., Herceg Novi, 101–110.

- Puligundla P., Lim S. A. (2022): Review of Extraction Techniques and Food Applications of Flaxseed Mucilage. *Foods*, 11: 1677.
- Raper N. R., Cronin F. J., Exler J. (1992): Omega-3 fatty acid content of the US food supply. *J. Am. Coll. Nutr.* 11: 304–308.
- Ricklefs-Johnson K., Johnston C. S., Sweazea K. L. (2017): Ground flaxseed increased nitric oxide levels in adults with type 2 diabetes: A randomized comparative effectiveness study of supplemental flaxseed and psyllium fiber. *Obesity Medicine*, 5: 16–24.
- Roberfroid M. B. (1999): What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food and Chemical Toxicology*. 37: 1039–1041.
- Sanmartin C., Taglieri I., Venturi F., Macaluso M., Zinnai A., Tavarini S., Botto A., Serra A., Conte G., Flamini G. (2020): Flaxseed cake as a tool for the improvement of nutraceutical and sensorial features of sourdough bread. *Foods*, 9, 204.
- Sediqi M. N. (2012): Adaptability of Oilseed Species at High Altitudes of Colorado and Technology Transfer to Afghanistan. MSc Thesis, Colorado State University, Fort Collins.
- Selçuk A., Tuğba B., Suphi D., Duran B., Çağrı K., Fatma K. (2022): Effects on Performance, Egg Quality Criteria and Cholesterol Level of Adding Different Ratios Flaxseed Oil Instead of Sunflower Oil to Compound Feed of Laying Hens. *Journal of Agricultural Sciences* 28, 1: 107 - 114, <https://doi.org/10.15832/ankutbd.788824>
- Stanton C., Ross R. P., Fitzgerald G. F., van Sinderen D. (2005): Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology* 16, 198–203.
- Tvrzicka E., Kremmyda L.-S., Stankova B., Zak A. (2011): Fatty acids as biocompounds: Their role in human metabolism, health and disease-a review. Part 1: Classification, dietary sources and biological functions. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub.*, 155, 117–130.
- Yaqoob N., Bhatti I. A., Anwar F., Mushtaq M., Artz W. E. (2016): Variation in physico-chemical/analytical characteristics of oil among different flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. *Ital. J. Food Sci.*, 28, 83–89.
- Čolović D. (2014): Ispitivanje uticaja procesa ekstrudiranja na dobijanje i stabilnost funkcionalnog hraniva za životinje na bazi lanenog semena, Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Zhu L., Sha L., Li K., Wang Z., Wang T., Li Y., Liu P., Dong X., Dong Y., Zhang X., Wang H. (2020): Dietary flaxseed oil rich in omega-3 suppresses severity of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in rats. *Lipids in Health and Disease*, 19: 1–16.

NUTRITIVNI KVALITET HIBRIDA KUKURUZA IZ RAZLIČITIH CIKLUSA SELEKCIJE: PROTEINI I ULJE

Ivica Đalović, Dragan Živančev, Nada Grahovac, Vojin Đukić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institut od nacionalog značaja
za Republiku Srbiju, Novi Sad, Srbija

IZVOD

U ovom radu proučavan je sadržaj ulja i proteina kod 30 komercijalnih NS hibrida kukuruza iz različitih perioda selekcije u cilju određivanja njihove namene u procesnoj industriji. Za određivanje sadržaja ulja korišćena je standardna metoda po Soxhlet-u, dok je za određivanje sadržaja proteina korišćena standardna metoda po Kjeldahl-u. Prosečan sadržaj ulja u zrnu svih analiziranih hibrida kretao se u intervalu od 4,05 do 6,14% s.m., dok je prosečan sadržaj proteina bio u rasponu od 8,67 do 13,05% s.m. Pet NS hibrida kukuruza mogu se okarakterisati kao visokouljani hibridi, dok je prema sadržaju proteina samo hibrid G27 imao vrednost višu od 13% što ga čini važnim biljnim izvorom proteina. Gajenje hibrida kukuruza visokog kvaliteta proteina obezbedilo bi proizvodnju biljnih proteina veće hranljive i biološke vrednosti za ishranu ljudi i domaćih životinja.

Ključne reči: hibridi kukuruza, sadržaj ulja, sadržaj proteina.

NUTRITIONAL QUALITY OF HYBRIDS MAIZE FROM DIFFERENT SELECTION CYCLES: PROTEINS AND OIL

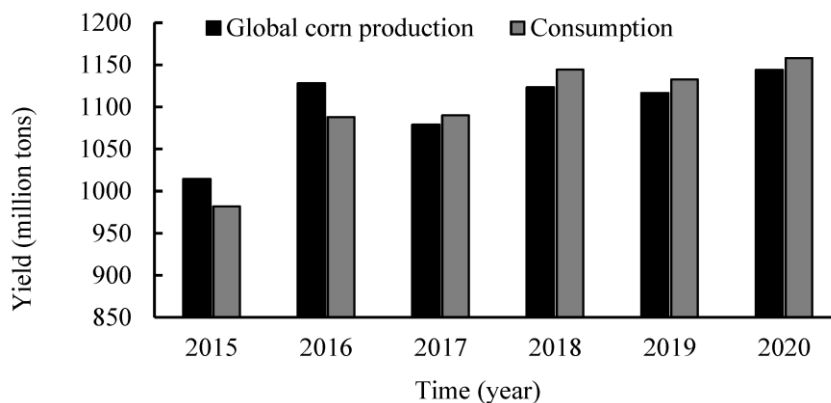
ABSTRACT

In this paper is examined oil and protein content of 30 maize NS hybrids to evaluate it purpose for process industry. The standard Soxhlet method was used to determine the oil content, while the standard Kjeldahl method was used to determine the protein content. The average oil content in the grain of all tested hybrids ranged from 4.05% to 6.14% d.m. basis, while the average protein content ranged from 8.67% to 13.05% d.m. basis. Five NS maize hybrids can be characterized as high-oil hybrids, while only one corn hybrid had a value over 13% per d.m. basis.

Key words: maize hybrids, oil content, protein content.

UVOD

Kukuruz je pored pšenice i pirinča, jedna od najvažnijih žitarica u svetu. U 2021. godini u svetu je proizvedeno 1,21 milijardi tona kukuruza (FAO, 2022). Na globalnom nivou u periodu od 2016. do 2020. godina proizvodnja i potrošnja kukuruza je bila iznad 1000 miliona tona (slika 1).



Slika 1. Proizvodnja i potrošnja kukuruza u svetu u periodu od 2015-2020. godine (FAO, 2021)

Figure 1. Production and consumption of maize in the world in the period from 2015 to 2020. (FAO, 2021)

Na svetskoj rang listi Republika Srbija zauzima 15. mesto po proizvodnji kukuruza sa ostvarenom proizvodnjom od preko 6 miliona tona godišnje. Najveći deo svetske proizvodnje kukuruza (oko 78% ili približno 800 miliona tona) usmeren je na proizvodnju stočne hrane. U novije vreme, pored namene proizvodnje kukuruza za stočnu hranu, izražena je i potreba za korišćenjem kukuruza u ljudskoj ishrani, posebno u manje razvijenim zemljama sveta, u sub-saharskom delu Afrike i Latinskoj Americi (Ortiz i sar., 2010).

Osnovni privredni značaj kukuruza proizilazi iz njegove raznovrsne upotrebe u ljudskoj i životinjskoj ishrani, kao i industrijskoj preradi, od koga se tehnološkim postupcima dobija preko 1500 najrazličitijih industrijskih i prehrambenih poluproizvoda i/ili proizvoda, kao što su kukuruzna prekrupa, kukuruzni griz (grits), skrob, brašno, tortilje, različite vrste grickalica, zaslađivači, ulja, napitci, lepak, industrijski alkohol, etanol i dr. (Ranum i sar., 2014). Pored toga što je sirovina sa visokom energetsom vrednošću, kukuruz se tradicionalno koristi kao biljni izvor proteina u hrani za ishranu peradi (Velmurugu, 2013). Pored skroba, proteini i ulje su najznačajnije komponente u zrnju kukuruza. Kukuruz sadrži 8-9% proteina, od čega je 80-85% skladišteno u endospermu, dok preostalih 20-25% u klici. Prema Shah i sar. (2016) kukuruz se sastoji najviše od polisaharida glukoznog tipa – skroba (71,88%), znatno manje proteina (8,84%), ulja (4,57%), vlakana (2,15%), dok preostali deo čine minerali, različiti vitamini, karotenoidi, fenolna jedinjenja i fitosteroli. Nutritivne vrednosti kukuruza razlikuju se na osnovu nutritivnog sadržaja i svarljivosti. Variranje nutritivnog sadržaja je pod kontrolom genetičkih i vremenskih uslova u toku vegetacione sezone gajenja (Szepe i sar., 2021). Proteini endosperma kukuruza, imaju nizak sadržaj esencijalnih aminokiselina, naročito

lizina, triptofana i metionina (Segal i sar., 2003). Šezdesetih godina prošlog veka otkriven je prirodni *opaque2* mutant kukuruza, koji u endospermu zrna sadrži 69–100% više lizina i 66% više triptofana u odnosu na standardni kukuruz. Inkorporacija *opaque 2* gena u visoko prinodne komercijalne hibride se pokazala neuspešnom zbog brojnih agronomskih nedostataka i problema u preradi, uzrokovanih mekim endospermom (Henry i sar., 2005; Holding i sar., 2008; Joshi i sar., 2022). Ovi nedostaci mogu biti prevaziđeni stvaranjem kukuruza visokog kvaliteta proteina (*Quality Protein Maize* – QPM), koji pored *opaque2* gena sadrži i gene modifikatore tvrdoće zrna. Povećanje sadržaja proteina u zrnu dovodi do povećanja tehnološkog kvaliteta zrna (Shewry, 2007). Kukuruzno ulje predstavlja koncentrovani izvor energije za životinje, a povećanje saržaja ulja u zrnu dovodi do povećanja kalorijske vrednosti kukuruznog zrna. Obzirom da je kukuruz biljna vrsta sa visokim sadržajem ulja između 3 i 4% (Flint-Garcia i sar., 2009) ujedno je i veoma interesantna sirovina za industriju ulja. Očekuje se da će potražnja za biljnim uljima u prehrambenom i industrijskom sektoru značajno porasti u bliskoj budućnosti. Cilj rada je bio da se ispita hemijski sastav zrna (sadržaj proteina i ulja) 30 hibrida kukuruza poreklom iz različitih ciklusa selekcije iz kolekcije Instituta za ratarstvo i povrtarstvo.

MATERIJAL I METODE RADA

U istraživanju je ispitivano 30 hibrida kukuruza stvorenih u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Institutu od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju. Od svakog genotipa odabrana su dva reprezentativna uzorka od po 30 zrna. Sadržaj vlage, sadržaj ulja i sadržaj proteina u zrnu kukuruza određeni su standardnim analitičkim metodama (AACC, 2000). Ukupan sadržaj proteina u zrnu kukuruza određen je po Kjedal (Kjeldahl) metodi (Vivek i sar., 2008). Po ovoj metodi sadržaj proteina se određuje indirektno, na osnovu koncentracije azota (N) u uzorku dobijene odgovarajućom titracijom tehnikom. Sadržaj ulja određen je metodom po Soxhlet-u. Ukupan sadržaj ulja i proteina preračunat je na suhu materiju. Dobijeni rezultati su statistički obrađeni jednofaktorijalnom analizom varijanse ANOVA, a srednje vrednosti su poređene Tukijevim testom poređenja srednjih vrednosti korišćenjem programskog paketa STATISTICA 12.0. Multivarijaciona analiza glavnih komponenti (PCA) primenjena je u cilju utvrđivanja osnovnih međuzavisnosti između sadržaja ulja i proteina kod analiziranih hibrida kukuruza korišćenjem programa XLSTAT-Pro, demo version, Version 5.03, 2014 software (Addinsoft, Paris, France).

REZULTATI I DISKUSIJA

Prosečne vrednosti sadržaja ulja i proteina kod analiziranih hibrida kukuruza date su u tabeli 1.

Tabela 1. Prosečne vrednosti sadržaja ulja i proteina NS hibrida kukuruza
Table 1. Average values of oil and protein content of NS maize hybrids

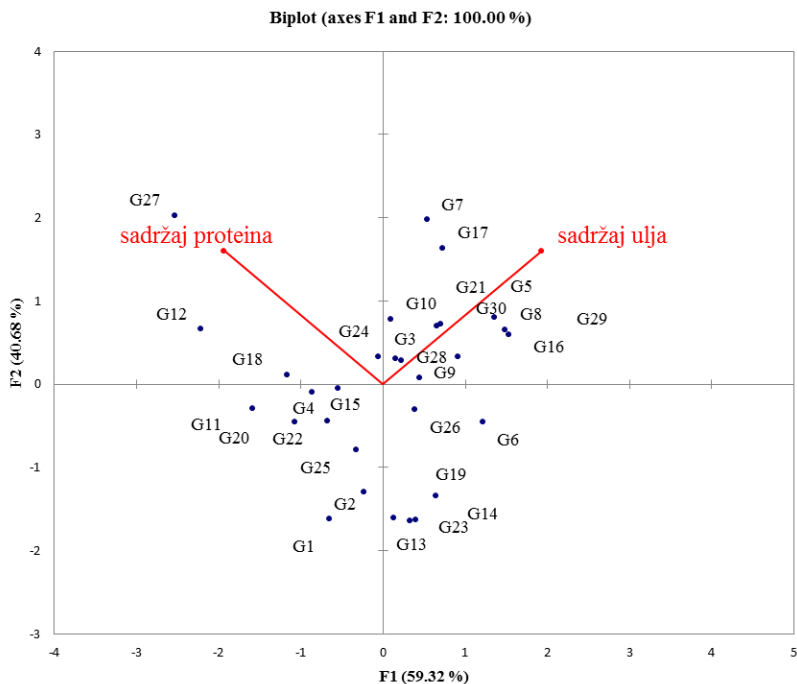
Hibridi Hybrids	Sadržaj ulja (% na s.m.) Oil Content (% d.m.)	Sadržaj proteina (% na s.m.) Protein Content (% d.m.)
G1	4,05 ^d	9,41 ^k
G2	4,39 ^{cd}	9,29 ^{kl}
G3	5,28 ^{abcd}	9,97 ^{gh}
G4	4,58 ^{abcd}	10,53 ^d
G5	6,02 ^{abc}	9,37 ^{kl}
G6	5,45 ^{abcd}	8,72 ^m
G7	6,14 ^a	10,78 ^c
G8	6,08 ^{ab}	9,18 ^l
G9	5,30 ^{abcd}	9,65 ^{ij}
G10	5,40 ^{abcd}	10,33 ^{de}
G11	4,13 ^d	10,95 ^c
G12	4,21 ^d	12,00 ^b
G13	4,44 ^{bcd}	8,82 ^m
G14	4,84 ^{abcd}	8,67 ^m
G15	4,75 ^{abcd}	10,33 ^{de}
G16	5,63 ^{abcd}	9,44 ^{jk}
G17	6,10 ^a	10,45 ^d
G18	4,54 ^{abcd}	10,96 ^c
G19	4,55 ^{abcd}	8,69 ^m
G20	4,32 ^d	10,46 ^d
G21	5,70 ^{abcd}	9,88 ^{hi}
G22	4,54 ^{abcd}	10,19 ^{efg}
G23	4,60 ^{abcd}	8,67 ^m
G24	5,16 ^{abcd}	10,21 ^{ef}
G25	4,54 ^{abcd}	9,66 ^{ij}
G26	5,10 ^{abcd}	9,44 ^{jk}
G27	4,59 ^{abcd}	13,05 ^a
G28	5,23 ^{abcd}	9,99 ^{gh}
G29	6,01 ^{abc}	9,14 ^l
G30	5,65 ^{abcd}	9,85 ^{hi}

*Srednje vrednosti obeležene istim slovom se statistički ne razlikuju ($P>0,05$).
Means with a common letter are not significantly different ($P>0,05$).*

Na parametre kvaliteta (sadržaj proteina i ulja u zrnu) značajno je uticao genotip. Prosečan sadržaj ulja kod pojedinih hibrida kretao se u rasponu od 4,05% s.m. (G1) do 6,14% s.m. (G7). Sa statistički značajno višim prosečnim sadržajem ulja u odnosu na ostale izdvojili su se hibridi G7 i G17. Ovi hibridi, kao i hibridi kukuruza G5, G8 i G29 mogu se okarakterisati kao visokouljani hibridi kukuruza jer je utvrđeni sadržaj ulja bio na nivou od 5,50% (Sanjeev i sar., 2014). Ovi hibridi mogu se iskoristiti u tehnološkom procesu dobijanja kukuruznog ulja koje se proizvodi presovanjem kukuruznih klica dobijenih tokom proizvodnje kukuruznog skroba. Prosečan sadržaj proteina kod proučavanih hibrida kretao se u rasponu od 8,67% s.m (G14) do 13,05% s.m. (G27). Ovo je u saglasnosti sa rezultatima koje su dobili Stevanović i sar. (2012) koji su takođe analizirani nutritivni profil hibrida kukuruza različitih grupa FAO zrenja (8,00-14,00%).

Od ukupnog sadržaja proteina u zrnu kukuruza, oko 80% (ili oko 8% u apsolutnom iznosu) se nalazi u endospermu, dok je samo oko 20% (ili oko 2% u apsolutnom iznosu) u klici. Za razliku od niskog kvaliteta proteina endosperma, proteini deponovani u klici zrna kukuruza su visoke biološke vrednosti. Hibridi kukuruza sa višim sadržajem proteina značajni su za nutritivni kvalitet kukuruza koji se koristi za ishranu životinja, jer prema istraživanju Jan i sar. (2008) takvi hibridi su posedovali veći koeficijent svarljivosti, a nisu uticali na balans i zadržavanje azota.

Uljani hibridi sa povećanim sadržajem ulja imaju i povećan sadržaj najznačajnijih aminokiselina, koje ujedno povećavaju biološku vrednost zrna. Milašinović-Šeremešić i sar. (2019) su u ispitivanjima nutritivnog kvaliteta zrna kukuruza deset različitih genotipova ustanovili značajne razlike među genotipovima u sadržaju skroba, proteina, ulja i celuloze. Ukupna količina skroba kretala se u rasponu 64,55-68,96%, proteina 8,13-11,21%, ulja 3,58-4,46%, celuloze 2,14-2,78% i pepela 1,11-1,36%. Vázquez-Carrillo i sar. (2011) su u svojim istraživanjima utvrdili da populacije kukuruza, u odnosu na hibride imaju veći sadržaj proteina, ulja, glukoze, saharoze, te ukupnih i slobodnih fenola. Sadržaj proteina kod proučavanih populacija kukuruza varirao je u rasponu od 9,76 do 12,54%, dok je kod hibrida bio u rasponu od 8,24 do 11,34%. Budući da su svi genotipovi uzgajani u približno jednakim agroekološkim uslovima uz primenu slične agrotehnike, varijabilnost sadržaja proteina se pripisuje isključivo uticaju genotipa. Ünlü i sar. (2018) istraživali su raznolikost 35 turskih genotipova kukuruza na osnovu analize proteinskih i nutritivnih svojstava zrna. Rezultati analize proteina pokazali su statistički značajne razlike među analiziranim genotipovima. Sadržaj proteina varirao je u širem rasponu od 6,67 do 11,34%, dok se sadržaj ulja kretao u granicama od 2,83 do 6,27%. Na osnovu srednjih vrednosti sadržaja ulja i proteina u zrnu analiziranih hibrida kukuruza konstruisan je PCA biplot (slika 1).



Slika 1. PCA biplot sadržaja ulja i proteina hibrida kukuruza
Figure 1. PCA biplot of oil and protein content of maize hybrids

Faktor 1 (F1) i faktor 2 (F2) činili su 59,32% i 40,68% ukupne varijanse. Dvanaest hibrida kukuruza (G3, G5, G7, G8, G9, G10, G16, G17, G21, G28, G29 i G30) su bili pozicionirana blizu sadržaja ulja, dok su tri hibrida (G12, G18 i G27) bili pozicionirani blizu sadržaja proteina što ukazuje da ovi hibridi imaju visoke vrednosti ovih parametra. Takođe, PCA biplot je prikazao da sadržaj ulja nije povezan sa sadržajem proteina.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati PCA analize sadržaja ulja i proteina ukazuju da ova dva parametra nisu međusobno povezana. Takođe, na osnovu analize sadržaja ulja 5 NS hibrida kukuruza (G5, G7, G8, G17 i G29) mogu se okarakterisati kao visokouljani hibridi. Prema sadržaju proteina samo je hibrid kukuruza G27 imao vrednost višu od 13% što ga čini važnim biljnim izvorom proteina. Gajenje hibrida kukuruza visokog kvaliteta proteina obezbedilo bi proizvodnju biljnih proteina veće hranljive i biološke vrednosti za ishranu ljudi i domaćih životinja.

Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat istraživanja koje je podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, evidencioni broj ugovora: 451-03-47/2023-01/200032.

LITERATURA

- American Association of Cereal Chemistry, Approved Methods of Analysis. 10th edn). Methods (44-15.02, 30-25.01 i 46-16.01). AACCC, St. Paul, MN (2000).
- FAO (2022). FAO statistics, food and agriculture organization of the united nations. Available online at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, 23.03.2023.
- Flint-Garcia, S. A., Bodnar, A. L., Paul, S. M. (2009). Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein profiles among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. *Theor. Appl. Gen.*, 119: 1129–1142.
- Henry, A. M., Manicacci, D., Falque, M., & Damerval, C. (2005). Molecular evolution of the opaque-2 gene in *Zea mays* L. *Journal of Molecular Evolution*, 61: 551–558.
- Holding, D. R., Hunter, B. G., Chung, T., Gibbon, B. C., Ford, C. F., Bharti, A. K., Messing, J., Hamaker, B. R., & Larkins, B. A. (2008). Genetic analysis of opaque-2 modifier loci in quality protein maize. *Theoretical Applied Genetics*, 117: 157–170.
- Jan, B., Olga, L., Romana, A. (2008). Energy utilization and nutritive value of maize grain cultivars for broiler chickens. *J. Cent. Eur. Agric.*, 9: 225–228.
- Joshi, S., Sharma, R., Sharma, S., Gupta, A., Singh, B. (2022). Quality protein maize: nutritional and bioactive composition, technological attributes and potential food applications. *International Journal of Food Science & Technology*, 57, 9: 5600–5610.
- Milašinović Šeremešić, M., Radosavljević, M., Srđić, J., Tomičić, Z., Đuragić, O. (2019): Physical traits and nutritional quality of selected Serbian maize genotypes differing in kernel hardness and colour, *Food and Feed Research*, 46 (1): 51–59.
- Ortiz, R., S. Taba, V.H. Chávez Tovar, M. Mezzalama, Y. Xu, J. Yan, J.H. Crouch (2010): Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods – a perspective from CIMMYT. *Crop Sci.* 50: 13–28.
- Ranum, P., Pena-Rosas, P. J., Garcia-Casal, N. M. (2014): Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1312: 105–112.
- Sanjeev, P., Chaudhary, D.P., Sreevastava, P., Rajenderan, A., Sekhar, J.C., Chikkappa, G.K. (2014). Comparison of Fatty Acid Profile of Specialty Maize to Normal Maize. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91: 1001-1005 <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2429-y>
- Segal, G., R.T. Song, J. Messing (2003): A new opaque variant of maize by a single dominant RNA-interference-inducing transgene. *Genetics* 165: 387–397.
- Shah, R. T., Prasad, K., Kumar, P. (2016). Maize – A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food Agric.* 2: 1166995 <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1166995>
- Shewry, R. P. (2007). Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science* 46 (3): 239–250.
- Stevanović, M., Mladenović Drinić, S., Dragičević, V., Camdžija, Z., Filipović, M., Veličković, N., Stanković, G. (2012). An assessment of nutritional quality of hybrid maize grain based on chemical composition. *Genetika*, 44: 571–582.
- Szepe J. K., Dyer, S. P., Johnson, I. R., Salter, M. A., Avery, V. S. (2021): Influence of environmental and genetic factors on food protein quality: current knowledge and future directions. *Current Opinion in Food Science*, 40: 94–101.

- Ünlü, E., Mutlu, E., Polat, M., Çeri, S., Kahrıman, F. (2018): Diversity among Turkish maize landraces based on protein band analyses and kernel biochemical properties. *Journal of Crop Improvement*. 32(2): 175–187.
- Vázquez-Carrillo, G., García-Lara, S., Salinas-Moreno, Y., Bergvinson, D. J., PalaciosRojas, N. (2011): Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods Hum Nutr*. 66: 203–208.
- Velmurugu, R. (2013). Main ingredients used in poultry feed formulations in: *Poultry Development Review*, FAO, ISBN 978-92-5-108067-2, pp. 67–70.
- Vivek, B. S., Krivanek, A. F., Palacios-Rojas, N., Twumasi-Afriyie, S., Diallo, A. O. (2008): *Breeding Quality Protein Maize (QPM): Protocols for Developing QPM Cultivars*. Mexico, D.F.: CIMMYT.

OSTVARENE UŠTEDE HEKSANA U POGONU EKSTRAKCIJE DIJAMANT DOO ZRENJANIN

Ištvan Tot, Gordan Parenta, Borislav Mrakić

Dijamant d.o.o., Zrenjanin, Srbija

IZVOD

U ovom radu analiziran je mesec dana kontinualne proizvodnje u oktobru 2021. i 2023. godine kada je prerađeno ~17.000 tona suncokreta. Potrošnja heksana u 2021. iznosila je 0,7 kg po toni ulaznog materijala, dok je u istom periodu 2023. godine iznosila 0,56 kg po toni ulaznog materijala.

U ostalim mesecima kalendarske godine 2021. i 2023. razlika u potrošnji heksana je bila još veća, pa je 2023. godine ušteda na potrošnji heksana u odnosu na 2021. godinu iznosila ~100.000 kg. Uzimajući u obzir starost pogona od 45 godine, zaključak je da se najviše pažnje mora posvetiti zaptivanju transportera i uređaja.

Ključne reči: heksan, potrošnja, zaptivanje.

REALIZED HEXANE SAVINGS IN THE EXTRACTION PLANT DIJAMANT LLC ZRENJANIN

ABSTRACT

This paper analyzes a month of continuous production in October 2021 and 2023, when ~17.000 tons of sunflowers were processed. Hexane consumption in 2021 was 0,7 kg per ton of input material, while in 2023 it was 0,56 kg per ton of input material.

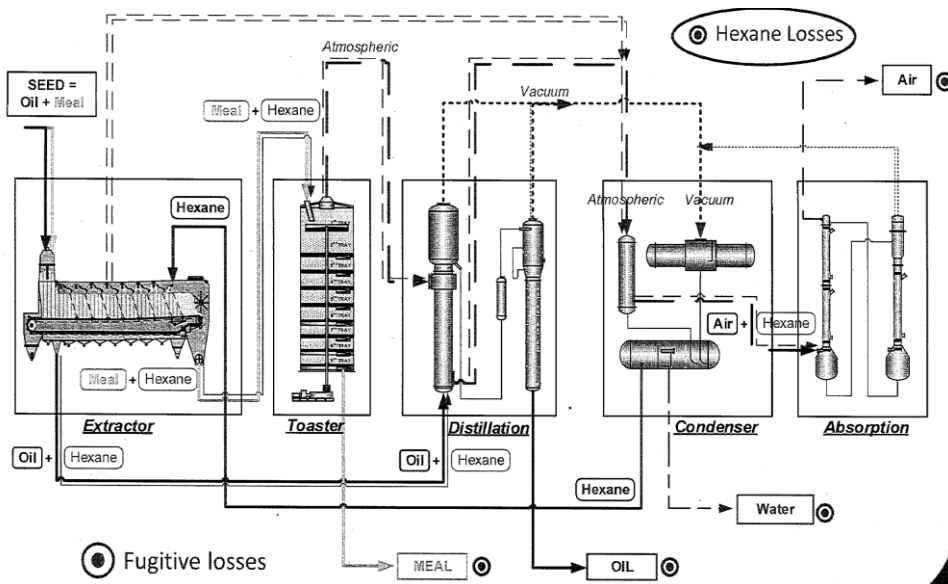
In the other months of the calendar year 2021 and 2023, the difference in hexane consumption was even greater, so in 2023 the savings on hexane consumption compared to 2021 amounted to ~100.000 kg. Taking into account the age of the plant of 45 years, the conclusion is that the most attention must be paid to the sealing of conveyors and equipment.

Key words: hexane, consumption, sealing, equipment.

UVOD

Merljivi gubici heksana u pogonu ekstrakcije su mogući preko otpadnih voda, apsorpcionog sistema, sačme i ulja.

Mesta gde su mogući gubici heksana u pogonu su prikazani na slici 1.



Slika 1. Pogon ekstrakcije i mesta gde se gubi heksan

Figure 1. Extraction plant end hexane losses

Pored gore navedenih merljivih gubitaka značajni su gubici zbog loše zaptivenosti i pojava perforacija na uređajima koji se ne mogu neposredno izmeriti. Razlika između projektovanih i izmerenih gubitaka heksana u oktobru 2021. godine prikazana je na slici 2.



Slika 2. Poređenja između projektovanih i izmerenih gubitaka heksana

Figure 2. Comparison between estimated losses and the literature results

Cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj zaptivanja uređaja na potrošnju heksana u pogonu ekstrakcije fabrike ulja Dijamant d.o.o., Zrenjanin.

U postupku ekstrakcije ulja primenjene su operacije kondenzacije i apsorpcije u mineralnom ulju. One u velikoj meri zavise od temperature ulja i rashladne vode koja učestvuje u apsorpciji.

U radu će biti prikazana mesta gde je moguća emisija heksana u pogonu ekstrakcije. Prilikom rada postrojenja dešavaju se i neke promene mimo ustaljenog režima rada, te je potrebno revidirati i modernizovati režim rada, kako bi se novonastali problemi rešili. To podrazumeva iznalaženje rešenja kako bi se eliminisali takvi problemi. Posebno su interesanta rešenja koja dovode do smanjenja potrošnje energenata i repromaterijala. U slučaju ekstrakcije posebno je zanimljivo smanjenje potrošnje heksana. U zadnjih nekoliko godina su zamenjeni postojeći izmenjivači toplote na apsorpcionom sistemu sa novim veće snage. Kondenzacija je takođe poboljšana jer predgrejač heksana sada radi kao kondenzator.

Upoređiće se oktobar mesec 2021. i 2023. godine. U oba meseca je prerađeno ~17.000 tona suncokretovog semena.

EMISIJA HEKSANA SA OTPADNOM VODOM

Para heksana i vodena para iz kupole desolventajzer-tostera, kao i para iz stripera otpadnih voda ulaze u skruber-prečistač za paru.

Kondenzat iz svih kondenzatora sadrži kondenzat vode sa heksanom. U rezervoaru separatora vode i rastvarača teža vodena faza se taloži na dnu i izlazi preko cevnog kraka u striper za otpadnu vodu. Kada voda teče ka dole kroz striper za otpadnu vodu, direktna para otparava sve tragove heksana rastvorenog u vodi. Stripovana, izdvojena voda protiče kroz zasun u sabirnik otpadne vode (interceptor).

Temperatura skrubera se održava na 74°C dodavanjem direktne pare od 3,5 bara. Temperatura Stripera otpadnih voda se održava na 95°C pomoću pare iz ejektora vakuum kondenzatora koja iznosi 8 bara.

U otpadnoj vodi nije izmereno prisustvo heksana.

EMISIJA HEKSANA U ATMOSFERU PREKO VENTILATORA SISTEMA

Uklanjanje jedne ili više odabranih komponenata iz smeše gasova apsorpcijom pomoću pogodne tečnosti je separaciona operacija koja se zasniva na međufaznom prenosu mase kontrolisanom uglavnom brzinom difuzije. Primena apsorpcije u pogonu ekstrakcije ima za cilj da pomoću mineralnog ulja ukloni što je više moguće heksana iz gasne smeše heksan-vazduh. Gasna faza (heksan-vazduh) je u ovom slučaju apsorptiv, a tečna faza (mineralno ulje) je apsorbens. S obzirom da nema hemijske reakcije između gasne i tečne faze kod apsorpcije heksana sa mineralnim uljem, ova apsorpcija je fizička apsorpcija. Sa apsorpcijom se simultano odvija i

operacija desorpcije, gde se nerastvorna gasna faza (para) i tečna faza (mineralno ulje-heksan) dovode u kontakt s ciljem prelaska isparljive komponente iz tečne faze (mineralno ulje-heksan) u gasnu fazu (heksan). Pri projektovanju uređaja u kojima će se ostvarivati apsorpcija gasa, osnovi zahtev je da se omogući kontakt gasa i tečnosti, s tim da efikasnost uređaja prvenstveno zavisi od načina kontakta dve faze. U apsorpciji, gasna smeša se uvek uvodi na dnu kolonskog uređaja, dok se tečnost obavezno dovodi na vrh uređaja. Rastvarač, zajedno sa apsorbovanim gasom, napušta kolonu na dnu, a osiromašena gasna struja izlazi iz kolone na vrhu uređaja. U pogonu ekstrakcije se nalazi apsorpciona kolona sa punjenjem koja obezbeđuje relativno veliku površinu kontakta između gasne i tečne faze. U kolonskom uređaju se nalaze perforirana pregrada koja nosi sloj punjenja sa Palovim prstenovima. Mineralno ulje se uvodi na vrh kolone kroz dovodnu cev, a isparenja iz tostera i ekstraktora na dnu kolone. Nakon intenzivnog kontakta faza pri prolasku kroz kanale formirane u nasutom punjenju, mineralno ulje sa heksanom se izvodi iz kolone, a gasna faza napušta kolonski uređaj na vrhu kroz otvor do ventilatora sistema. Radi bolje raspodele i kontakta mineralnog ulja iznad nasutog punjenja, mineralno ulje se uvodi u kolonu pomoću specijalnog distributara tj. raspršivača. Efikasnost apsorpcije se ogleda i u potrošnji heksana tj. u gubicima heksana kroz apsorpcioni sistem.

U vremenskom periodu posle postavljanja novih izmenjivača toplote veće snage na liniji apsorpcije potrošnja heksana je smanjena. „Aerolab” d.o.o. iz Beograda, laboratorija za ekološka ispitavanja i merenje aerozagađenja je izvršila merenja pri dnevnom kapacitetu prerade od 600 tona suncokretovog zrna dnevno. Rezultati merenja su prikazana u tabeli 1.

Tabela 1. Potrošnja heksana za posmatrani period
Table 1. Consumption of hexane for the observed period

	Prolećno-jesenji period	Zimski period	Letnji period
Dnevna potrošnja heksana (kg)	<20	<20	~20

EMISIJA HEKSANA SA SAČMOM

Ekstrahovana sačma, ocedena, ali još vlažna od rastvarača transportuje se u I etažu (kupolu) desolventajzer-toastera. Prve tri etaže tostera su namenjene da kompletno

eliminiraju rastvarač iz sačme putem dodira sa direktnom parom do 3,5 bara i zagrevanjem sačme na podovima indirektnom parom visokog pritiska do 11 bara. Na svakom podu je obezbeđen ventilacioni otvor radi uklanjanja nekondenzovanih gasova koji kroz kupolu odlaze u skruber. Na podovima broj 1, 2, 3, 4 i 5 obezbeđena je indirektna para za zagrevanje podova. U desolventajzer-toasteru indirektno grejanje smanjuje sadržaj heksana i vlage u sačmi i tostira sačmu na željenu boju. U 2023. godini je za ~5 cm povećan nivo materijala u prve tri etaže, dok je u preostalim pet spušten nivo.

Analizu sačme je uradila SP Laboratorija iz Bečeja. Sadržaj heksana je prikazan u tabeli 2.

Tabela 2. Potrošnja heksana sa sačmom
Table 2. Consumption of hexane for with meal

Vrsta ispitivanja	Izmerena vrednost	Metoda ispitivanja	
Heksan [mg/kg]	277 (2021. godina)	SRPS ISO 9289:2002	GC/FID/HSS
Heksan [mg/kg]	103 (2023. godina)	SRPS ISO 9289:2002	GC/FID/HSS

EMISIJA HEKSANA SA SIROVIM ULJEM

Miscela se pumpa iz rezervoara miscele u cevni sistem prvostepenog isparivača, nakon toga prolazi kroz izmenjivač toplote koji povećava temperaturu miscele pre ulaza u drugostepeni isparivač gde temperatura dostiže 105°C. Iz drugostepenog uparivača ulje sa tragovima heksana se prepumpava u striper i sušač ulja. Ejektori vakuuma od 400 mbar (u II uparivaču i striperu ulja) i 600 mbar na sušaču ulja olakšavaju izdvajanje isparavanja heksana i vode u kondenzatorima.

Analizu ekstrahovanog ulja je uradila SP Laboratorija iz Bečeja. Sadržaj heksana je prikazan u tabeli 3.

Tabela 3. Potrošnja heksana sa uljem
Table 3. Consumption of hexane for with oil

Vrsta ispitivanja	Izmerena vrednost	Metoda ispitivanja	
Heksan [mg/kg]	244 (2021. godina)	SRPS EN ISO 9832	GC/FID/HSS
Heksan [mg/kg]	143 (2023. godina)	SRPS EN ISO 9832	GC/FID/HSS

2022. godine je detektovana perforacija na cevnom razmenjivaču toplote miscela-degumirano ulje, koja je u međuvremenu sanirana.

EMISIJA HEKSANA USLED POJAVE PERFORACIJA NA UREĐAJIMA

Zbog zastoja u proizvodnji, starosti opreme i kapaciteta prerade većih od nominalnih dolazi do većih isparenja i habanja opreme, takođe dolazi do perforacija kao što je prikazano na slici 3, tako da je u pogonu gubitak heksana zbog nedovoljno dobre zaptivenosti uređaja oko 60%.



Slika 3. Perforacije na uređajima

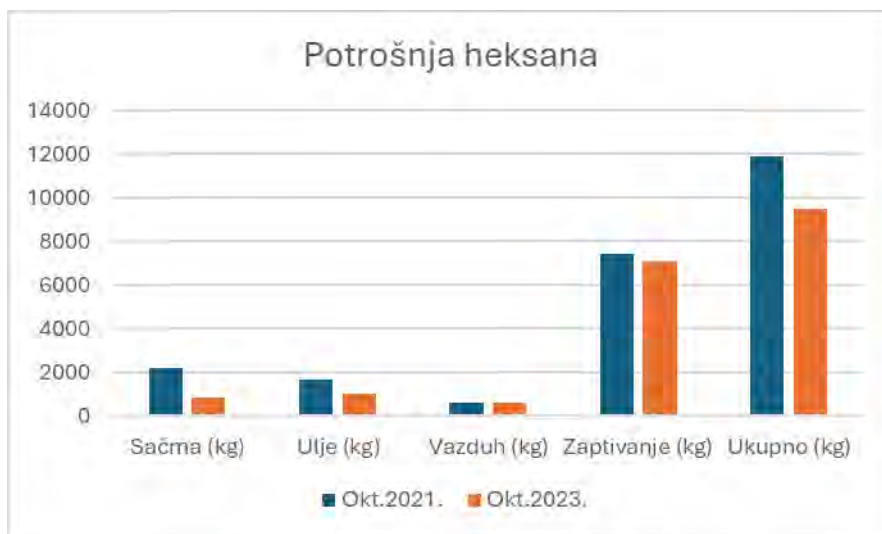
Figure 3. Equipment perforations

ZAKLJUČAK

Na osnovu izmerene potrošnje heksana koje su prikazane na slici 4, zaključak je sledeći:

1. U otpadnim vodama nema heksana ili se nalazi u tragovima.
2. Sadržaj heksana u sačmi je smanjen sa 2.166 kg na 805 kg mesečno.

3. Sadržaj heksana u ulju je smanjen sa 1.680 kg na 985 kg mesečno.
4. Emisija heksana u atmosferu iznosi 600 kg za oba posmatrana perioda.
5. Potrošnja heksana zbog loše zaptivenosti opreme je smanjena sa 7.434 kg na 7.090 kg mesečno.



Slika 4. Potrošnja heksana
Figure 4. Hexane consumption

Na osnovu gore navedene potrošnje heksana nameće se zaključak uzimajući u obzir starost pogona od 45 godina, da se najviše pažnje mora posvetiti zaptivanju transportera i uređaja. U ostalim mesecima kalendarske godine 2021. i 2023. razlika u potrošnji je još veća, pa je 2023. godine ušteda na potrošnji heksana u odnosu na 2021. godinu ~100.000 kg.

LITERATURA

- Hexane Losses&Control, Ir. David de Schaetzen, Desmet Ballestra Group.
- Roque, T. V., Correia, M. J., Carvalho, R. (2015). Analysis of the Hexane Loss in a Vegetable Oil Extraction Unit, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal.
- Sovilj, M. (2004). Difuzione operacije, Tehnološki fakultet Novi Sad.
- Tehnička dokumentacija Dijamant d.o.o., Zrenjanin.
- Uputstvo za rukovanje postrojenjem za proizvodnju sirovog ulja ekstrakcijom, Simon-Rosedowns Ltd.

REKUPERACIJA ENERGIJE U POGONU ALKOHOLNE EKSTRAKCIJE

Branislav Sremčev, Zoran Nikolovski, Milan Ševo, Vladimir Šarac

Sojaprotein d.o.o., Bečej, Srbija

IZVOD

Najkonvencionalniji proces proizvodnje tradicionalnih sojinih proteinskih koncentrata (SPC) obuhvata sledeće operacije: prosejavanje ulaznog materijala, ekstrakcija šećera i ostalih materija rastvorljivih u rastvoru voda/alkohol, presovanje materijala iz ekstraktora u cilju uklanjanja rastvarača, proces tostovanja i kompletnog uklanjanja rastvarača iz čvrstog dela, ostali dodatni procesi prosejavanja i mlevenja.

Proces proizvodnje SPCa koristi značajne količine energije, kako električne tako i toplotne u vidu vodene pare. Optimizacija procesa u cilju smanjenja ukupne energije predstavlja jedan od osnovnih zadataka u samom postupku rada. Optimizacijom potrošnje energije i smanjenjem iste dobijaju se konkurentniji proizvodi.

Cljučne reči: SPC, energija, vodena para.

ENERGY RECOVERY IN ALCOHOL EXTRACTION PLANT

ABSTRACT

The most conventional process to produce traditional soy protein concentrates (SPC) includes the following operations: sieving of the input material, extraction of sugar and other substances soluble in water/alcohol solution, pressing of the material from the extractor to remove the solvent, toasting process, and complete removal of the solvent from the solid part, others additional sieving and grinding processes.

The production process of SPC uses significant amounts of energy, both electrical and thermal in the form of steam. Optimizing the process to reduce the total energy is one of the basic tasks in the work process itself. By optimizing energy consumption and reducing it, more competitive products are obtained.

Key words: SPC, energy, water steam.

UVOD

U savremenom industrijskom okruženju, efikasnost proizvodnih procesa postaje sve važnija kako bi se zadovoljile potrebe tržišta i istovremeno smanjili troškovi proizvodnje. U tom kontekstu, optimizacija energetske resursa predstavlja ključni aspekt koji utiče na održivost i konkurentnost industrijskih postrojenja. Jedna od ključnih oblasti u kojoj se ova optimizacija može primeniti jeste proizvodnja sojinog proteinskog koncentrata (SPC), čija je vitalnost u prehrambenoj industriji sve veća.

Alkoholna ekstrakcija sojinih proizvoda predstavlja osnovni korak u proizvodnom procesu SPCa. Ovaj postupak omogućava izdvajanje važnih komponenti soje,

uključujući proteine, masti i ugljene hidrate, čime se stvara osnova za dalju obradu i proizvodnju koncentrata visoke nutritivne vrednosti. Razumevanje ovog procesa ključno je za efikasnu proizvodnju visokokvalitetnog SPCa.

Proizvodnja SPCa predstavlja složen proces koji zahteva pažljivo balansiranje između tehnoloških zahteva i ekonomskih faktora. Ovaj proces obuhvata niz koraka, uključujući ekstrakciju proteina, filtraciju, sušenje i pakovanje, a svaki od ovih koraka predstavlja potencijalnu tačku gubitka ili efikasnosti u korišćenju resursa.

Jedna od ključnih tema koja se javlja u kontekstu proizvodnje SPCa jeste njegova široka upotreba u ishrani ljudi. Sojin protein, kao visokokvalitetni izvor proteina biljnog porekla, postaje sve popularniji među potrošačima širom sveta. Njegova primena obuhvata širok spektar proizvoda, uključujući mlečne zamene, energetske štangle, dodatke ishrani i još mnogo toga. Razumevanje potreba tržišta i zahteva potrošača ključno je za uspeh proizvođača SPCa.

Uzimajući u obzir potrebu za optimizacijom proizvodnih procesa i smanjenjem ekološkog uticaja industrijskih postrojenja, sve veća pažnja posvećuje se rekuperaciji toplotne energije. U procesu proizvodnje SPCa, posebno, postoji značajan potencijal za iskorišćavanje vodene pare kao resursa za generisanje dodatne energije ili za druge svrhe u proizvodnji. Razumevanje i primena efikasnih tehnika rekuperacije toplotne energije mogu značajno doprineti smanjenju energetske troškova i ekološkom održavanju proizvodnih procesa.

U ovom radu, detaljno ćemo istražiti sve navedene teme kako bismo bolje razumeli procese proizvodnje SPCa i identifikovali mogućnosti za optimizaciju energetske efikasnosti kroz rekuperaciju toplotne energije, posebno kroz iskorišćavanje vodene pare. Kroz ovo istraživanje, cilj nam je da doprinesemo razvoju održivijih i efikasnijih praksi u proizvodnji sojinog proteinskog koncentrata, što će rezultirati pozitivnim uticajem kako na industriju tako i na životnu sredinu (Chat GPT, VI).

Tehnološki opis pogona za proizvodnju sojinog proteinskog koncentrata (SPC)

Obezmašćene tostovane bele flekice (UTBF) se lančastim transporterom dopremaju u prijemne ćelije alkoholne ekstrakcije. Flekice iz ovih ćelija prelaze preko sita radi odvajanja krupne frakcije koja se šalje preko puževa za natapanje u ekstraktor. Sitna frakcija se pneumatskim transportom šalje u odeljenje brašna i griza. U horizontalnom ekstraktoru se odvija tehnološki proces unakrsne, višestepene, protivstrijne ekstrakcije pomoću rastvarača voda/etanol. U procesu ekstrakcije dolazi do ekstrahovanja rastvorljivih šećera iz flekica, pa se nakon ekstrakcije dobijaju dva toka materijala: čvrsti i tečni.

Čvrsti tok materijala čini tok sojinog proteinskog koncentrata koji je natopljen rastvaračem. Ovaj materijal prolazi kroz prese i potom se lančastim transporterom doprema u uređaje za desolventizaciju/tostovanje (DT), a nakon toga i u uređaj za

sušenje i hlađenje (DC). Nakon DC-a dobija se međufazni proizvod sojin proteinski koncentrat koji se pneumatski transportom šalje u pogon obrade sojinog proteinskog koncentrata.

Deo materijala sa presa se doprema u lančasti transporter, bunker i zatim pužnim transporterom ulazi u cevni sistem za desolventizaciju (dupli FDS). FDS je istostrujni pneumatski transportni cevni sistem, koji koristi pregrijane pare rastvarača, kao medijum za sušenje i transport. Pare rastvarača greju se u pregrejaču za etanol, pre nego što dođu u kontakt sa SPC-om. Materijal ulazi u cev FDS-a gde ga nose zagrijane pare rastvarača, velike brzine, prolazeći kroz niz ravnih cevi i kolena, dizajniranih da se obezbedi određeno vreme zadržavanja, potrebno za desolventizaciju. Vreme zadržavanja je veoma kratko zbog što blažeg toplotnog tretmana.

Proizvod se prikuplja u visokoefikasnom ciklonu sa rotacionom zaustavom, kako bi se materijal razdvojio od druge faze, tj. druge FDS linije. Isparenja sa ciklona se odvođe pomoću ventilatora, koji vodi isparenja etanola/vode do pregrejača. Isparenja rastvarača stvaraju blagi nadpritisak u sistemu, koji se prati i reguliše klapnom koja se nalazi između ventilatora i pregrejača.

Materijal prelazi iz prve u drugu fazu fleš desolventizacije pomoću malog pužnog transportera, zatim se prazni direktno u cevovod, na mestu posle drugog pregrejača. Vreme zadržavanja je manje od 6 sekundi, po fazi (od ulaza do pražnjenja iz ciklona), tako da je ukupno vreme zadržavanja manje od 12 sekundi, ne uključujući transport kroz pužne transportere. Nakon drugog FDS-a materijal se suši i hladi, a potom transportuje u pogon za obradu SPC-a.

Tečni tok materijala čini bogata miscela čijom se višestepenom destilacijom izdvaja rastvarač iz sojine melase. Sojina melasa se koncentriše u postupku uparavanja i sušenja i šalje u tank kotlarnice za biomasu. Sojina melasa se koristi kao energent i kao dodatak ishrane za životinje.

Celokupan pogon ekstrakcije je pokriven sistemom za apsorpciju para etanola koje se nakon desorpcije i kondezacije vraćaju tehnološki proces.

Za potrebe hlađenja i obaranja para etanola koristi se rashladni sistem.

Pogon za obradu sojinog proteinskog koncentrata

Međufazni sojin proteinski koncentrat (SPC) se skladišti u ćelijama pogona za obradu sojinog proteinskog koncentrata. SPC se melje na mlinu radi postizanja granulacije definisane u specifikaciji pojedinih proizvoda. SPC odgovarajućeg kvaliteta se pakuje u big beg vreće, izdaje preko rinfuz ćelije ili šalje u pogon BiG.

Pogon za proizvodnji brašna i grizeva i teksturiranih sojinih proteina

Međufazni proizvodi (UTBF, TBF, LTBF i SPC) se skladište u prijemnim ćelijama. U zavisnosti od plana proizvodnje se pojedine vrste međufaznih proizvoda šalju u ćelije iznad mlinova.

Pri proizvodnji brašna i grizeva međufazni proizvod se usitnjava na turbo mlinovima na određenu granulaciju kada nastaju brašna i grizevi koja se pakuju na pakericama i šalje u magacin gotovih proizvoda.

Pri proizvodnji teksturiranih sojinih proteina, međufazni proizvod se usitnjava na turbo mlinovima na određenu granulaciju, potom ekstrudira, prosejava, suši i pakuje na pakericama, odakle se šalje u magacin gotovih proizvoda (Tehnička dokumentacija Sojaproteina).

MATERIJAL I METODE RADA

Pri redovnoj kontroli procesa proizvodnje SPCa, prati se potrošnja vodene pare na dnevnom nivou, a analizira na mesečnom nivou.

Merenja se rade pomoću uređaja za merenje protoka vodene pare. Rezultati na meračima protoka se preračunavaju u količinu energije u jedinicama (MJ/kg).

Novim investicionim ulaganjima su prepoznate određene pozicije u procesu i urađeni projekti u cilju rekuperacije toplotne energije. Ove pozicije i osnovni proračuni za uštedu energije se nalaze u tabeli 1.

Tabela 1. Planirana mesta ušteda sa očekivanim umanjnjem potrošnje
Table 1. Planned areas of savings with an expected reduction in consumption

Mesto uštede	Topla strana	Hladna strana	Potencijalna ušteda	
			Energija (MJ/hr)	10 bar para (kg/h)
DC vazdušni predgrejač	Etanolske pare posle tostera	Predgrejač vazduha DC	2550	1275
DDC vazdušni predgrejač	Pare rastvarača posle prvog FDS a	Predgrejač vazduha DDC	1413	707
DDC vazdušni predgrejač	Poslednji otparak kondezata pare	Predgrejač vazduha DDC	1681	841
Grejanje miscele pre striping kolone	Pare rastvarača posle prvog FDS a	Striping kolona, ulaz (zadnji stepen destilacije)	467	234
Prvo stepeni recirkulacioni ekonomajzer destilacije etanola	TFE, tankoslojni uparivač pare od Ugušćivanja melase	Prvostepena recikulacija destilacije etanola	2489	1245
Grejanje rastvarača pre ekstrakcije	Etanolske pare posle rotodiska	Predgrejač rastvarača	2677	1339
			11277	5639
				Svega



Slika 1. Roto disk
Figure 1. Roto disc



Slika 2. Dogradnja pogona SPC, nova linija za proizvodnju SPC
Figure 2. Plant upgrade SPC, new production line SPC

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih projektovanih merenja može se zaključiti da su uštede energije 5,6 t/h.

Uobičajna cena vodene pare u ovom Sojaproteinu je 30 €/t. Daljom kalkulacijom se dolazi do ukupne uštede na godišnjem nivou od 800.000 €.

LITERATURA

Chat GPT, VI.

Tehnička dokumentacija Sojaproteina.

UTICAJ SADRŽAJA SLOBODNIH MASNIH KISELINA U ZRNU SOJE NA SADRŽAJ FOSFORA U SIROVOM SOJINOM ULJU

*Maja Franjo, Bojan Cvetković, Miljan Kračković Dejan Kancko,
Zorica Stojanović, Dragan Trzin*

Victoriaoil d.o.o., Šid, Srbija

IZVOD

Proizvodnja sirovog sojinog ulja sastoji se iz više faza prerade. Jako bitna faza proizvodnje sirovog sojinog ulja je vodeno degumiranje u kojoj se sadržaj fosfora spušta do deklariranih vrednosti ili do vrednosti koje zahtevaju kupci. Na ovaj način se sirovo sojino ulje takođe dovodi do kvaliteta pogodnog za dalju rafinaciju. Kao vredan nusproizvod vodenog degumiranja dobija se lecitin.

U ovom radu je prikazan uticaj sadržaja slobodnih masnih kiselina u zrnu soje i ekstrahovanom sojinom ulju na sadržaj fosfora u sirovom, odnosno vodeno degumiranom sojinom ulju

Ključne reči: sirovo sojino ulje, vodeno degumiranje, slobodne masne kiseline, sadržaj fosfora.

THE INFLUENCE OF FREE FATTY ACIDS CONTENT IN SOYBEAN SEED ON THE PHOSPHORUS CONTENT IN CRUDE SOYBEAN OIL

ABSTRACT

The production of crude soybean oil consists of several stages of processing. A very important stage in the production of crude soybean oil is water degumming, during which is the phosphorus content lowered to the declared values or to the values required by customers. In this way, crude soybean oil is also brought to a quality suitable for further refining. Lecithin is obtained as a valuable by-product of this process. In this paper is shown the influence of the free fatty acid content in soybean seed and extracted soybean oil on phosphorus content in crude, that is, water degummed oil.

Key words: crude soybean oil, water degumming, free fatty acids, phosphorus content.

UVOD

Soja spada u najvažnije njivske biljke. Soja takođe predstavlja važnu industrijsku biljku. Seme soje sadrži više proteina (35-50%) i masti (17-24%), a manje ugljenih hidrata od ostalih mahunarki. Među biljkama za proizvodnju proteina i ulja, u svetu je najrasporstranjenija soja.

Žetva soje u Srbiji se odvija u periodu septembar-oktobar. Nakon žetve soja se transportuje do fabrika ili skladišta, gde svo zrno prvo prolazi tehnološke faze čišćenja i sušenja. Posle skladištenja zrna deo zrna se prerađuje, a veći deo skladišti

tokom ostatka godine. Ovaj period pripreme zrna za čuvanje na duži period predstavlja najrizičniji period kada može doći do značajnih poremećaja kvaliteta, koji se kasnije u toku prerade ne mogu popraviti, na prvom mestu do porasta sadržaja slobodnih masnih kiselina (SMK), kao i gubitaka suve materije zrna (ulja i proteina).

Masne kiseline mogu biti povezane ili pridružene drugim molekulima kao što su trigliceridi ili fosfolipidi. Ako nisu povezane, nazivamo ih slobodnim masnim kiselinama. Slobodne masne kiseline nastaju razlaganjem triglicerida na početne komponente, masne kiseline i glicerol. Ove kiseline mogu biti zasićene ili nezasićene. One masne kiseline u kojima svi ugljenikovi atomi unutar lanca sadrže dva vodonikova atoma, pa prema tome ne sadrže dvostruke veze, zovu se zasićene. Masne kiseline koje sadrže dvostruke veze zovu se nezasićene. Step en nezasićenosti ulja zavisi od prosečnog broja dvostrukih veza njegovih masnih kiselina.

Sastav zasićenih masnih kiselina u sojinom ulju je:

Laurinska: 0,2%
Miristinska: 0,1%
Palmitinska: 6,1%
Stearinska: 2,4%

Sastav nezasićenih masnih kiselina u sojinom ulju je:

Oleinska: 28,9%
Linolna: 52,3%
Linolenska: 3,6%
Druge: 2,7%

Fosfolipidi su klasa jedinjenja koja je prisutna u svim prirodnim uljima i mastima, ali u veoma malim ili čak minornim količinama, značajan su indikator kvaliteta sirovog sojinog ulja. Fosfolipidni kompleks biljnih ulja ima veoma složen sastav. Osnovu fosfatidnih komponenti čini fosfatidna kiselina koja se sastoji od glicerola na kojem se u položaju jedan i dva nalaze masne kiseline esterifikovane sa OH grupama, a u položaju tri je esterifikovan molekul fosforne kiseline. Jedinjenja koja su vezana za fosforu kiselinu bitno opredeljuju karakter datog fosfatida i imaju znatno veći značaj od toga koja će biti masna kiselina vezana za dva ugljenikova atoma u molekulu.

Posmatrajući sa tehnološkog aspekta, posebno radi mogućnosti uklanjanja fosfolipida iz ulja, veoma važno svojstvo je njihova hidratibilnost.

Naime, fosfolipidi mogu biti:

-hidratibilni, što znači da molekuli fosfolipida relativno lako vežu molekul vode ili
-nehidratibilni, što znači da veoma sporo „reaguju” sa vodom.

Hidratabilnost fosfolipida ukazuje na to da njihova molekularna struktura određuje da li će ostati u uljanoj fazi ili će preći u vodenu fazu pri kontaktu ulja sa vodom. Postoje značajne razlike među uljima, kako po ukupnoj količini, tako i po sadržaju hidratabilnih i nehydratabilnih fosfatida.

Hemijske karakteristike fosfatida u sojinom ulju su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijske karakteristike fosfatida u sojinom ulju

Tabela 1. Hemijske karakteristike fosfatida u sojinom ulju

Sojino ulje	
Sadržaj fosfora (ppm)	400-1200
Sadržaj fosfatida (%)	1,0-2,9
PC fosfatidil holin (%)	32-47
PI fosfatidil inositol (%)	21-24
PE fosfatidil etanolamin (%)	20-23
PA fosfatidna kiselina (%)	9

PC i PI - hidratabilni fosfatidi

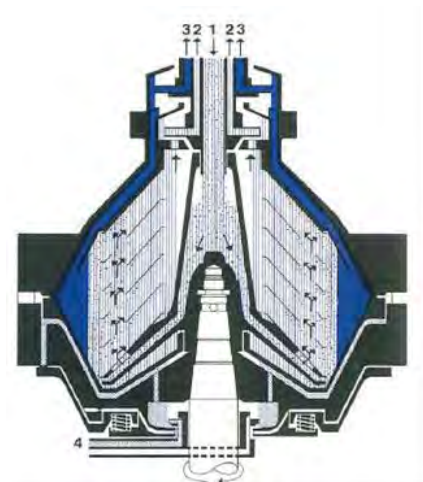
PE i PA - nehydratabilni fosfatidi

Tokom tehnološkog procesa prerade zrna ove komponente se izdvajaju zajedno sa uljem (prelaze u ulje).

Za uklanjanje fosfatida iz sirovih ulja je od posebnog značaja koliko ima hidratabilnih i nehydratabilnih. Ovo delom zavisi od sastava zrna koje ulazi u proces, ali i od tehnoloških uslova. Fosfolipidi treba da se uklone zbog njihovog emulzifikujućeg dejstva i takođe ukoliko se ne uklone izazivaju potamnjenje ulja prilikom tretmana na visokim temperaturama u toku deodorizacije. Fosfolipidi se uklanjaju različitim procesima i tretmanima, zajednički nazvanim degumiranje. Tretman obično podrazumeva hidrataciju ili tretman sa fosfornom ili polubaznom organskom kiselinom, ili kombinaciju hidratacije i tretmana kiselinom, nakon čega sledi separacija upotrebom centrifuge ili adsorpcija zemljom za beljenje. Jednostavno rečeno, degumiranje je postupak uklanjanja nepoželjnih gumastih materija koje utiču na stabilnost proizvoda u kasnijim fazama prerade.

Princip procesa vodenog degumiranja temelji se na hidrataciji fosfolipida dodatkom 1-3% vode i izdvajanju nastalog fosfatidnog taloga. Veći udeo fosfolipida u sirovom ulju nalazi se u hidratabilnoj formi (90%) i može se ukloniti vodenim degumiranjem. Problem procesa vodenog degumiranja predstavljaju nehydratabilni fosfolipidi koji se moraju prvo prevesti u hidratabilni oblik da bi se zatim uspešno uklonili vodom iz ulja.

Vodenim degumiranjem se uklanjaju prvenstveno fosfatidi, a takođe se uklanjaju i fine nečistoće iz ulja. Uklanjanje se izvodi u centrifugalnom separatoru (slika 1).



Slika 1. Centrifugalni separator za degumiranje
Figure 1. Centrifugal separator for degumming

U ovom radu je prikazan uticaj sadržaja slobodnih masnih kiselina (SMK) u zrnu soje, odnosno u ekstrahovanom sojinom ulju na sadržaj fosfora u sirovom, vodeno degumiranom ulju.

MATERIJAL I METODE RADA

Određivanje sadržaja SMK i fosfora su standardne analize u Victoriaoil-u i rade se prema metodama SRPS EN ISO 660:2021 za SMK, odnosno AOCS Ca 12-55: 2017 za sadržaj fosfora. Sadržaj SMK u zrnu soje predstavlja sadržaj SMK u ulju laboratorijski ekstrahovanom iz zrna soje.

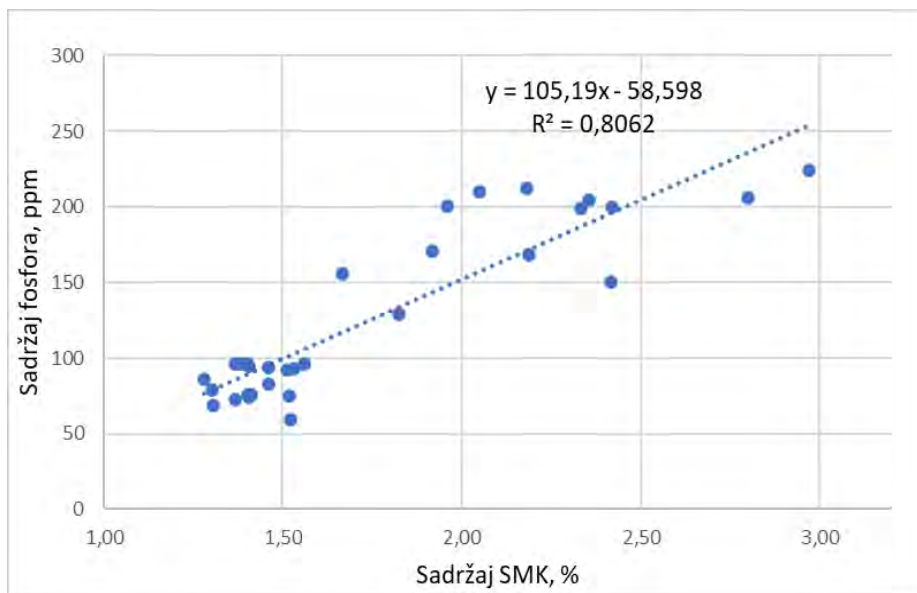
REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2, kao i na pratećim grafikonima (slike 2 i 3) prikazana je zavisnost sadržaja fosfora u sirovom, vodeno degumiranom ulju od sadržaja SMK u zrnu soje, odnosno od sadržaja SMK u ekstrahovanom ulju. Kako ekstrakcija ulja iz zrna soje nije potpuna, deo SMK zaostaje u sačmi, tako da je sadržaj SMK u ekstrahovanom ulju manji za oko 0,4-0,5% u odnosu na zrno soje. Prilikom vodenog degumiranja dolazi do dodatnog smanjenja sadržaja SMK za još oko 0,3%. Vrednosti u tabeli predstavljaju prosečne dnevne vrednosti. Doziranje vode za hidriranje se menjalo u opsegu 1,5-2,5%, ali ono uglavnom nema značajniji uticaj na sadržaj fosfora u degumiranom ulju. Ostali parametri procesa su bili u standardnim granicama, pretpostavka je da nisu bitnije uticali na sadržaj fosfora u degumiranom ulju.

Tabela 2. Zavisnost sadržaja fosfora u vodeno degumiranom sojinom ulju od sadržaja SMK u zrnu soje i ekstrahovanom sojinom ulju

Table 2. Dependence of the phosphorus content in water degummed soybean oil on the FFA content in soybean seed and extracted soybean oil

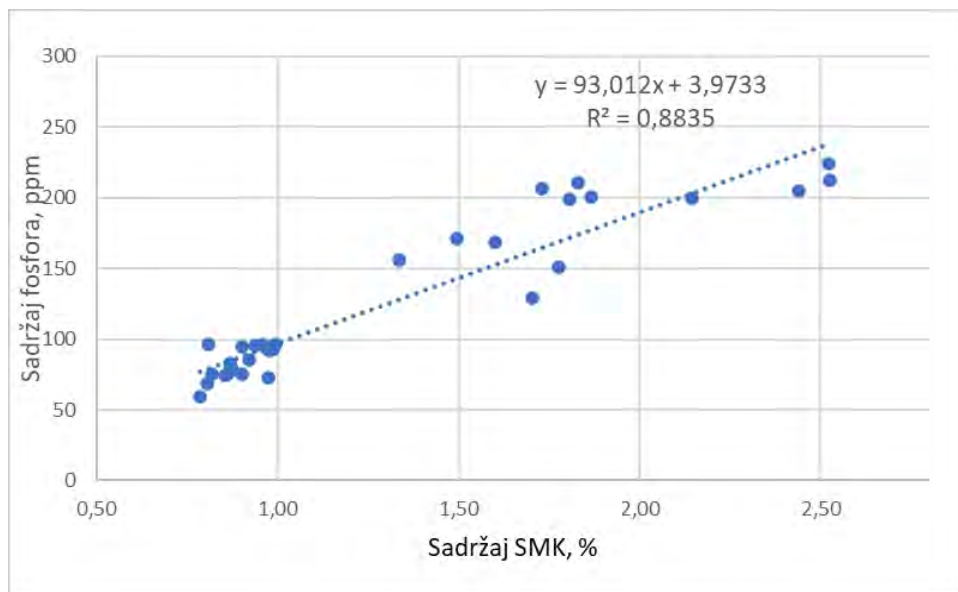
Zrno soje - sadržaj SMK (%)	Ekstrahovano ulje - sadržaj SMK (%)	Ekstrahovano ulje - sadržaj fosfora (ppm)	Degumirano ulje - sadržaj SMK (%)	Degumirano ulje - sadržaj fosfora (ppm)
2,97	2,52	694	1,95	224
2,80	1,73	653	1,52	206
2,42	2,14	544	1,74	200
2,42	1,78	601	1,51	151
2,35	2,44	544	2,32	205
2,33	1,81	699	1,62	199
2,19	1,60	646	1,47	169
2,18	2,53	748	2,07	212
2,05	1,83	701	1,61	210
1,96	1,87	584	1,52	200
1,92	1,49	639	1,19	171
1,83	1,70	616	1,24	129
1,67	1,34	673	1,06	156
1,56	0,99	636	0,85	96
1,53	0,99	778	0,80	93
1,52	0,79	543	0,44	59
1,52	0,86	698	0,67	75
1,51	0,98	765	0,42	92
1,46	0,87	727	0,52	82
1,46	0,97	474	0,87	93
1,41	0,90	632	0,71	75
1,41	0,90	683	0,55	94
1,41	0,86	601	0,45	74
1,40	0,81	692	0,54	96
1,40	0,82	585	0,48	75
1,38	0,96	680	0,63	96
1,37	0,97	509	0,52	73
1,37	0,94	549	0,58	96
1,31	0,81	525	0,46	68
1,30	0,88	624	0,76	78
1,28	0,92	652	0,51	86



Slika 2. Zavisnost sadržaja fosfora u vodeno degumiranom sojinom ulju od sadržaja SMK u zrnu soje

Figure 2. Dependence of phosphorus content in water-degummed soybean oil on FFA content in soybean seed

Na osnovu rezultata iz tabele, odnosno grafika, očigledna je veza između sadržaja SMK u zrnu soje, odnosno ekstrahovanom ulju i sadržaja fosfora u degumiranom ulju. Sa povećanjem sadržaja SMK raste i sadržaj fosfora u degumiranom ulju. Veza je približno linearna sa visokim stepenom korelacije. Bolja korelacija se javlja između sadržaja SMK u ekstrahovanom ulju i sadržaja fosfora u degumiranom ulju, u odnosu na vezu između sadržaja SMK u zrnu soje i sadržaja fosfora u degumiranom ulju. Promena procesnih parametara u granicama standardnih vrednosti ne utiče bitnije na sadržaj fosfora u degumiranom ulju. Može se zaključiti da se od boljeg, odnosno bolje očuvanog zrna soje, sa sadržajem SMK do 1,5% sigurno dobija degumirano ulje sa sadržajem fosfora ispod 150 ppm, što je granica specifikacije, dok se za sadržaj SMK u zrnu preko 2% sigurno dobijaju vrednosti preko 150 ppm, uglavnom oko 200 ppm. Radi dovođenja u granice specifikacije ovakvo ulje je neophodno dalje doraditi, odnosno degumirati u pogonu rafinerije.



Slika 3. Zavisnost sadržaja fosfora u vodeno degumiranom sojinom ulju od sadržaja SMK u ekstrahovanom ulju

Figure 3. Dependence of phosphorus content in water-degummed soybean oil on FFA content in extracted soybean oil

ZAKLJUČAK

Kvalitet sirovog odnosno vodeno degumiranog sojinog ulja u velikoj meri je definisan kvalitetom zrna soje u pogledu očuvanosti zrna, odnosno sadržaja SMK. Postoji direktna, približno linearna zavisnost sa visokim stepenom korelacije između sadržaja SMK u zrnu soje i sadržaja fosfora u sirovom, odnosno vodeno degumiranom sojinom ulju. Od zrna soje sa sadržajem SMK ispod 1,5% dobijaju se vrednosti u granicama specifikacije od 150 ppm, u proseku 100 ppm fosfora, dok se od lošijeg zrna, sa preko 2% SMK dobijaju vrednosti izvan granica specifikacije, oko 200 ppm fosfora. Ovakvo ulje je neophodno doradivati u pogonu rafinerije.

LITERATURA

- Hrustić, M., Vidić, M., Jocković, Đ. (1998). Soja, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, DD za preradu soje, Bečej.
- Interna dokumentacija Victoriaoil d.o.o., Šid.
- Rabrenović, B. B., Vujasinović, V. B. (2021). Tehnologija biljnih ulja i masti, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd.
- Rohani, M. Z. (2007). Process design in degumming and bleaching of palm oil. Master thesis in chemical engineering, Universiti Teknologi, Malaysia.

Živanović, Lj. R., Kolarić, Lj. D., Ikanović, J. I. (2017). Čuvanje ratarskih proizvoda, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd.

PREDVIĐANJE SADRŽAJA VOSKOVA U VINTERIZOVANOM ULJU SUNCOKRETA NAKON FILTRACIJE POTPOMOŽNUTE FILTRACIONIM SREDSTVIMA NA BAZI CELULOZE

*Tanja Lužaić¹, Katarina Nedić Grujin^{1,2}, Branislava Nikolovski¹,
Zoran Maksimović³, Ranko Romanić¹*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Dijamant DOO, Zrenjanin, Srbija

³Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, Srbija

IZVOD

Voskovi, fosfolipidi, slobodne masne kiseline, peroksidi, aldehidi, sapuni, metali u tragovima i vlaga prisutni u sirovom suncokretovom ulju, negativno utiču na kvalitet ulja i stoga se uklanjaju tokom procesa rafinacije. Voskovi kristališu pri niskim temperaturama i uklanjaju se tokom faze vinterizacije, hlađenjem i filtracijom. Voskovi otežavaju filtraciju ulja pa proces industrijske filtracije mora biti poboljšan upotrebom pomoćnih sredstava za filtraciju. Danas se tradicionalna sredstva za filtraciju (dijatomit, perlit, itd.) često zamenjuju pomoćnim sredstvima na bazi celuloze. U radu je ispitan uticaj filtracije ulja pomoću filtracionih sredstava na bazi celuloze na sadržaj voskova, vlage, fosfolipida, sapuna, slobodnih masnih kiselina i karotenoida u vinterizovanom ulju suncokreta dobijenom filtracijom u industrijskim uslovima na horizontalnom ramskom filteru. Višestruka linearna regresija primenjena je za dobijanje modela za predviđanje sadržaja voskova u ulju nakon filtracije na osnovu navedenih parametara u ulju pre filtracije. Na osnovu parametara validacije dobijenih modela (prosečnih vrednosti $R^2=0,9359$; $F=59,5756$; $SD=0,0288$) zaključeno je da je moguće predvideti sadržaj voskova u ulju na izlazu iz filtera na osnovu karakteristika ulja pre procesa filtracije (sadržaja voskova u ulju na ulazu u filter, sadržaja fosfora, slobodnih masnih kiselina, sapuna, vlage i ukupnih karotenoida).

Ključne reči: suncokretovo ulje, vinterizacija, voskovi, pomoćno filtraciono sredstvo na bazi celuloze, višestruka linearna regresija.

PREDICTION OF WAX CONTENT IN WINTERIZED SUNFLOWER OIL AFTER FILTRATION ASSISTED BY CELLULOSE-BASED FILTRATION AIDS

ABSTRACT

Waxes, phospholipids, free fatty acids, peroxides, aldehydes, soaps, trace metals, and moisture are present in crude sunflower oil. They negatively impact the oil's quality and are therefore removed during the refining process. Waxes crystallize at low temperatures and are eliminated during the winterization step through cooling and filtration. Waxes make oil filtration difficult, so necessitating the improvement of industrial filtration processes assisted

by filtration aids. Nowadays, traditional filtration materials (such as diatomaceous earth and perlite) are often replaced with cellulose-based filtration aids. In the study, the impact of oil filtration using cellulose-based filtration aids on the content of waxes, moisture, phospholipids, soaps, free fatty acids, and carotenoids in winterized sunflower oil obtained of filtration under industrial conditions using a horizontal pressure leaf filter was investigated. Multiple linear regression was applied to develop a model for predicting the wax content in the oil after filtration based on the specified parameters in the oil before filtration. Based on the validation parameters of the obtained models (average values of $R^2 = 0,9359$; $F = 59,5756$; $SD = 0,0288$), it was concluded that it is possible to predict the wax content in the oil after filter based on the oil's characteristics before the filtration process (wax content in the oil before filter, phospholipids content, free fatty acids, soaps, moisture, and total carotenoids content).

Key words: sunflower oil, winterization, waxes, cellulose-based filtration aids, multiple linear regression.

UVOD

Sirovo suncokretovo ulje sadrži nepoželjne komponente kao što su fosfolipidi, slobodne masne kiseline, peroksidi, aldehidi, metali u tragovima, polimeri, voskovi, mono- i diacilgliceroli, vlaga i druga isparljiva jedinjenja (Aluyor i sar., 2009). Ove komponente se uklanjaju tokom procesa rafinacije zbog njihovog negativnog uticaja na senzorska svojstva, hidrolitičku i oksidativnu stabilnost rafinisanog ulja, kao i na gubitke ulja tokom rafinacije (Ergönül i Nergiz, 2015; Gupta, 2017; Guo i sar., 2023). Proces rafinacije obuhvata predefiniciju ili degumiranje, nakon čega sledi neutralizacija, dekolizacija, vinterizacija i deodorizacija, potencijalno izvedeni i drugačijim redosledom (Gupta, 2017; Gharby, 2022; Wen i sar., 2023). Tokom procesa rafinacije, fosfolipidi i slobodne masne kiseline se uvek prvi uklanjaju, a zatim se delimično uklanjaju teški metali i pigmenti (Gupta, 2017; Farr i Proctor, 2013; Chew i Ali, 2021; Ye i Liu, 2023). Procesom vinterizacije prvenstveno se uklanjaju komponente koje kristališu na niskim temperaturama i izazivaju zamućenje ulja (Manjula i Subramanian, 2006). U suncokretovom ulju ove komponente su u najvećoj meri voskovi (Turkulov i sar., 1986). Voskovi prisutni u suncokretovom ulju su estri uglavnom masnih kiselina dugog lanca i alkohola sa 34 do 50 ugljenikovih atoma (Carelli i sar., 2002). Njihova tačka topljenja je između 70 i 80°C (Martini i Añón, 2003; Kanya i sar., 2007). Većina voskova potiče iz ljuske suncokreta (Dijkstra i van Opstal, 1989; Kanya i sar., 2007; Kupiec i sar., 2020). Tokom vinterizacije uklanja se samo deo ukupnih voskova, voskovi kratkog lanca koji sadrže manje od 42 ugljenikova atoma ostaju prisutni u rafinisanom ulju (Carelli i sar., 2002).

Najzastupljeniji fosfolipidi u sirovom suncokretovom ulju su fosfatidna kiselina (69%), fosfatidil holin (13%), fosfatidil etanolamin (13%) i fosfatidil inozitol (5%)

(Dijkstra i van Opstal, 1989). Prisustvo fosfolipida u jestivim uljima inhibira kristalizaciju pri niskim koncentracijama voskova (Morrison i Robertson, 1975). To se pre svega odnosi na fosfolipide, slobodne masne kiseline i sapune u uljima pre procesa vinterizacije (Rivarola i sar., 1988). Visok sadržaj sapuna u ulju, pre filtracije, dovodi do smanjenja poroznosti filtracione pogače i, tokom deodorizacije, izaziva tamniju boju ulja i promenu ukusa (Gupta, 2017). Vlaga izaziva hidrolitičke promene, povećan sadržaj slobodnih masnih kiselina i zamućenje ulja (Orhevba i sar., 2013).

Karotenoidi su najzastupljeniji pigmenti u suncokretovom ulju (Grompone, 2005; Grompone, 2020). Sadržaj ukupnih karotenoida se značajno smanjuje tokom procesa rafinacije, iako je njihovo prisustvo u ulju poželjno zbog antioksidativne aktivnosti (Kondal Reddy i sar, 2001; Erten, 2004; Topkafa i sar., 2013; Ma i sar., 2023).

Filtracija suncokretovog ulja tokom faze vinterizacije je otežana prisustvom zaostalih supstanci. Tokom filtracije, čvrste čestice se odvajaju od tečne faze, ostajući na filtracionom medijumu (Ripperger i sar., 2017). Obično su čestice koje izazivaju zamućenje ulja male i stišljive. Posle kratkog vremenskog perioda, ove čestice izazivaju začepljenje pora medijuma za filtriranje, smanjujući kapacitet filtera i kvalitet filtrata. Da bi se sprečilo začepljenje filtracionog medijuma i smanjila njegova specifična otpornost, odnosno da bi se produžilo trajanje ciklusa filtracije, mora se koristiti sredstvo za filtriranje. Filtraciono sredstvo ne bi trebalo da utiče na hemijski sastav, aromu ili ukus ulja i mora biti sastavljeno od čvrstih, fino poroznih, nestišljivih čestica. Pre filtracije, pomoćno sredstvo za filtraciju se nanosi na porozne pregrade filtera u vidu naplavnog sloja i tokom filtracije se kontinuirano dozira u ulje pre ulaska u filter. Na ovaj način se značajno smanjuje otpor filtracionog sloja i, pored velikog protoka, obezbeđuje visok stepen filtracije, odnosno bistrenja (Smith, 1998; Buyel i sar., 2015). Filtracija bez pomoćnih sredstava ne bi bila moguća jer bi, kada bi se sam filter koristio, filteri delovali kao površinski filteri (Anlauf, 2019).

Cilj ovog rada je da se ispita uticaj filtracije ulja potpomognute filtracionim sredstvima na bazi celuloze na pojedine parametre kvaliteta ulja suncokreta nakon filtracije pomoću industrijskih horizontalnih ramskih filtera. Pored toga, primenom višestruke linearne regresije dobijeno je devet modela za predviđanje sadržaja voskova u ulju nakon filtracije na osnovu pomenutih parametara u ulju pre filtracije.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

Za ispitivanja u okviru ovog rada korišćeni su ulja suncokreta sa različitim sadržajem voskova. Uzorci za ispitivanja su pripremljeni u „industrijskim” uslovima, tj. u toku

redovne proizvodnje, odnosno klasične alkalne rafinacije sirovog ulja suncokreta. Proces rafinacije sirovog suncokretovog ulja obuhvatao je neutralizaciju sa kiselim degumiranjem, zatim vinterizaciju, koju čine odvajanje voskova na separatoru („mokra” vinterizacija) i filtracija i na kraju deodorizaciju. Vinterizacija suncokretovog ulja odvija se nakon faze neutralizacije. Neutralno ulje je ohlađeno i tretirano razblaženim rastvorom natrijum hidroksida. Zatim je ulje podvrgnuto kristalizaciji sporim mešanjem u rezervoarima na 8 °C. Nakon kristalizacije, deo voskova je, zajedno sa sapunima, odvojen na niskoj temperaturi. Nakon toga, ulje je isprano i osušeno. Dobijeno ulje sadrži voskove, fosfolipide, sapune, slobodne masne kiseline, vlagu i karotenoide. U cilju izdvajanja preostalih jedinjenja koja izazivaju zamućenje, ulje je ohlađeno i filtrirano. Filtracija je izvedena na horizontalnom ramskom filteru pod pritiskom na 16 °C. Dva komercijalno dostupna pomoćna sredstva na bazi celuloze su korišćena za pripremu suspenzije za filtriranje - pomoćno sredstvo označeno sa FA-P korišćeno je za nanos na početku procesa, dok je drugo, oznake FA, kontinuirano dozirano tokom procesa filtracije.

Ulja su uzorkovana pre i posle horizontalnog ramskog filtera. Praćena su ukupno 22 ciklusa filtracije ulja i uzorci ulja iz ovih ciklusa, označeni oznakama od F_01 do F_22. Oko 1 L ulja uzorkovan je u PET boce od 1 L, boca je zatvorena originalnim dvodelnim zatvaračima i ulje čuvano u frižideru na 4 ± 2 °C do analize.

Metode

Sadržaj voskova u uzorcima ulja pre horizontalnog ramskog filtera određen je gravimetrijskom metodom prema Oštrić-Matijašević i Turkulov (1973). Ključne faze u određivanju bile su kristalizacija voskova, „topla” i „hladna” ekstrakcija. Na osnovu ovih selektivnih ekstrakcija, bilo je moguće kvantitativno odrediti sadržaj voskova, koristeći njihove karakteristike za kristalizaciju i taloženje u ulju na nižim temperaturama. Sadržaj voskova u uzorcima ulja nakon horizontalnog ramskog filtera bio je nizak, ispod granice kvantifikacije gravimetrijskom metodom. U ovom slučaju, sadržaj voskova je praktično određen kao prag zamućenja ulja, najmanja količina voskova koja izaziva zamućenje ulja, u uslovima ispitivanja. Ulje je držano određeno vreme na definisanoj niskoj temperaturi: 0, 5, 7, 12 ili 15 °C, posmatrano vizuelno i zabeleženo je vreme potrebno za pojavu zamućenosti ulja. Ova metoda se takođe koristi za procenu „otpornosti” ulja na kristalizaciju i najčešće se koristi za kontrolu procesa vinterizacije (Turkulov i sar., 1986; Chulu i sar., 1989; Botha i Mailer, 2001). Uzorci ulja su zagrevani na 130 °C uz stalno mešanje. Zatim su uzorci ohlađeni na 25 °C, stavljeni u vodeno kupatilo na 0 °C. Posle 5,5 h, uzorci ulja su vizuelno posmatrani u cilju utvrđivanja pojave zamućenja. Ukoliko nije došlo do zamućenja, kvantitativna (gravimetrijska) metoda ne može da se primeni i sadržaj

voskova je manji od 14 mg/kg (AOCS, 1986; Turkulov i sar., 1986; Grompone, 2005).

Sadržaj vlage je određen prema metodi ISO 662 (2016).

Sadržaj ukupnih fosfolipida dobijen je spektrofotometrijski, prema metodi AOCS (1989).

Sadržaj sapuna je određen volumetrijski, prema metodi AOCS (1985).

Sadržaj slobodnih masnih kiselina određen je prema ISO 660 (2020).

Sadržaj ukupnih karotenoida (kao β -karoten) određen je spektrofotometrijskom metodom (British Standard, 1977) merenjem apsorpcije čistog uzorka ulja na 445 nm korišćenjem UV/VIS spektrofotometra T80+ („PG Instruments”, UK).

Na osnovu eksperimentalno dobijenih podataka u okviru ovog rada, višestrukom (multiplom) linearnom regresijom, utvrđeni su MLR (eng. *Multiple Linear Regression*) modeli opšteg oblika, kao što je prikazano u jednačini 1:

$$Y = k_1 (\pm SE) X_1 + k_2 (\pm SE) X_2 + k_3 (\pm SE) X_3 + k_4 (\pm SE) \quad (1)$$

koji mogu poslužiti za predviđanje sadržaja voskova u ulju nakon filtracije W_{out} (Y).

U jednačinama dobijenih MLR modela, $k_1 - k_3$ su oznake koeficijenta uz nezavisno promenljive $X_1 - X_3$, k_4 je koeficijent tj. slobodni član u jednačinama ovih modela, a SE - standardna greška.

Dobijeni MLR modeli treba da budu statistički validni. Statistički parametri validacije su Pearsonov koeficijent korelacije (R), koeficijent determinacije (R^2), prilagođeni koeficijent determinacije (R^2_{adj}), Fišerova vrednost (F), srednja kvadratna greška (SD), koeficijent unakrsne validacije (R^2_{CV}) i odnos PRESS/TSS (TSS, ukupni zbir kvadrata; PRESS, zbir predviđenih rezidualnih kvadrata) (Jevrić i sar., 2018). Multikolinearnost ne bi trebalo da se javlja u dobijenim MLR modelima, odnosno dobijene vrednosti VIF ne bi trebalo da prelaze 10 (Jevrić i sar., 2018).

REZULTATI I DISKUSIJA

Sadržaj voskova, vlage, fosfolipida, sapuna, slobodnih masnih kiselina, ukupnih karotenoida u ispitivanim uzorcima ulja zavisi od sirovog ulja i od prethodnih faza prerade, dok na sadržaj ovih kompenanata posle filtracije utiču uslovi filtracije (količina dodatog pomoćnog sredstva za filtraciju i vreme filtracije).

Sadržaj voskova je glavni pokazatelj kvaliteta rafinisanog ulja i efikasnosti procesa vinterizacije (Broughton i sar., 2018). U uzorcima ulja pre horizontalnog ramskog filtera, sadržaj voskova je već delimično smanjen, kao posledica neutralizacije i odvajanja voskova, ali nedovoljno da zadovolji parametar kvaliteta rafinisanih ulja - manje od 14 mg/kg voskova (Gupta, 2017). U radu je utvrđen različit sadržaj

voskova u analiziranim uljima pre filtracije, odnosno pre horizontalnog ramskog filtera. Najveći sadržaj voskova (V_pre) utvrđen je u uzorku ulja F_08 i iznosio je 549 ± 11 mg/kg, dok je najmanji sadržaj voskova bio u uzorku F_16 (281 ± 8 mg/kg). Sadržaj voskova u suncokretovim uljima nakon filtracije (V_posle) potpomognute filtracionim sredstvom na bazi celuloze bio je veoma nizak. Voskovi su praktično potpuno uklonjeni iz suncokretovog ulja u svim uzorcima ulja (98,97–99,42%, u poređenju sa uzorcima ulja pre filtracije). Najveći sadržaj voskova posle filtracije zabeležen je u uzorcima F_08 i F_13 ($3,21 \pm 0,06$ i $3,21 \pm 0,05$ mg/kg, respektivno), dok su najniže vrednosti sadržaja voskova $2,89 \pm 0,04$ i $2,89 \pm 0,05$, utvrđene u uzorcima F_09 i F_16. Slične rezultate dobili su i Mitrović i sar. (2009). Naime, sadržaj voskova pre filtracije je bio 590 i 700 mg/kg, a posle filtracije <14 mg/kg. Sadržaj voskova u vinterizovanom ulju dobijen turbidimetrijskom metodom kretao se od 5,91 mg/kg do 16,07 mg/kg (Stojanović i sar., 2018).

Fosfolipidi i slobodne masne kiseline prisutne su kao prateće komponente sirovog suncokretovog ulja i moraju se ukloniti tokom procesa rafinacije ulja (Lamas i sar., 2016). Većina fosfolipida i sapuna se ukloni tokom degumiranja i neutralizacije. Prateće komponente igraju izuzetno važnu ulogu u uklanjanju voskova tokom vinterizacije (Smith i sar., 2011). Shodno tome, ispitan je sadržaj ukupnih fosfolipida i sapuna u uljima pre i posle filtracije uz pomoć sredstava na bazi celuloze. Najveći sadržaj ukupnih fosfolipida u uljima pre filtracije (F_pre) zabeležen je u uzorcima F_08 i F_13 i iznosio je 80 ± 5 mg/kg i 80 ± 6 mg/kg, respektivno, dok je najmanji sadržaj ukupnih fosfolipida (5 ± 1 mg/kg) utvrđen u uzorku F_15. U uzorku ulja F_05, pre filtracije, nisu detektovani fosfolipidi. Slični rezultati su zabeleženi u enzimski degumiranom ulju (između 63,5 i 65,25 mg/kg) (Lamas i sar., 2014), dok su Lamas i sar. (2016) utvrdili značajno veće vrednosti ukupnog sadržaja fosfolipida u degumiranom suncokretovom ulju (između 470 i 1230 mg/kg). Uzorci ulja posle filtracije pomoću horizontalnog ramskog filtera (F_05, F_06, F_07, F_12, F_14, F_15, F_18 i F_22) nisu sadržali fosfolipide, dok je kod ostalih uzoraka sadržaj ukupnih fosfolipida iznosio od 4 ± 2 do 38 ± 4 mg/kg.

Tokom klasične alkalne rafinacije, slobodne masne kiseline (SMK) se pomoću natrijum hidroksida (NaOH) uklanjaju u obliku sapuna. Dobijeni sapuni su rastvorljivi u vodi, pa se pranjem ulja lako smanjuje sadržaj sapuna na minimalne vrednosti, ispod 50 mg/kg (Codex Alimentarius, 1999), čak i ispod 10 mg/kg. Sadržaj sapuna u suncokretovom ulju se menja u određenim fazama rafinacije, uključujući i vinterizaciju. Pored voskova i fosfolipida, sadržaj sapuna se razlikovao i u uljima pre i posle filtracije. U svim ispitivanim uljima uzorkovanim pre filtracije (S_pre), detektovano je prisustvo sapuna. Najveći sadržaj sapuna utvrđen je u uzorku ulja F_02 (119 ± 3 mg/kg), a najmanja vrednost 30 ± 4 mg/kg zabeležena je u uzorku F_15. Međutim, suncokretova ulja uzorkovana nakon filtracije imala su veoma nizak

sadržaj sapuna, njihovo prisustvo nije detektovano primenjenom metodom, odnosno efikasnost uklanjanja sapuna je bila praktično maksimalna, $100 \pm 0,00\%$.

Sadržaj vlage je važan pokazatelj kvaliteta sirovih i rafiniranih ulja. Prisustvo vlage u ulju je nepoželjno iz više razloga, pre svega ekonomskih interesa i pitanja kvaliteta (Bockisch, 1998). Sadržaj vlage u uljima uzorkovanim pre filtracije (Vl_pre) kretao se od $0,06 \pm 0,01\%$ (F_22) do $0,23\%$ (F_6 i F_11). Posle filtracije, vrednosti sadržaja vlage variraju u opsegu od $0,08 \pm 0,01\%$ (F_18) do $0,28 \pm 0,01\%$ (F_04).

Slobodne masne kiseline nastaju hidrolitičkom razgradnjom triacilglicerola pri neadekvatnom skladištenju i pripremi semena za presovanje, pri presovanju, i dalje u toku proizvodnje sirovog ulja (Tynek i sar., 2011). Slobodne masne kiseline su veoma podložne oksidaciji, ispoljavaju prooksidativno dejstvo, utiču na oksidativnu stabilnost i održivost ulja (Mistry i Min, 1987). Sadržaj slobodnih masnih kiselina u uljima uzorkovanim pre filtracije (SMK_pre) kretao se od $0,07 \pm 0,01\%$ (F_19) do $0,12 \pm 0,01\%$ (F_15). Ulja nakon filtracije sadržala su od $0,08 \pm 0,01\%$ do $0,11 \pm 0,01\%$ slobodnih masnih kiselina. Dobijene vrednosti sadržaja vlage i slobodnih masnih kiselina u uljima posle, u odnosu na ulja pre filtracije uglavnom ukazuju na smanjenje ovih parametara.

Karotenoidi su velika grupa polinezasićenih ugljovodonika, sastavljena od ostataka izoprena (Merhan, 2017) i dominantni su pigmenti suncokretovog ulja (Grompone, 2005; Grompone, 2020). Filtracija ulja potpomognuta celuloznim filtracionim sredstvima dovela je do smanjenja ukupnog sadržaja karotenoida u uljima. Ukupan sadržaj karotenoida u uzorcima ulja pre filtracije (K_pre) kretao se od $6,55 \pm 0,04$ (uzorak F_08) do $4,75 \pm 0,01$ mg/kg (F_05), dok su u uljima nakon filtracije uočene niže vrednosti (od $5,98 \pm 0,02$ mg/kg – F_08) do $4,57 \pm 0,05$ mg/kg – F_05). Prosečna efikasnost uklanjanja ukupnih karotenoida bila je $7,99 \pm 3,20\%$.

Modelovane zavisnosti pružaju mogućnost predviđanja sadržaja voskova posle filtracije V_posle u odnosu na vrednosti nezavisno promenljivih V_pre, Vl_pre, SMK_pre, F_pre, S_pre, K_pre. MLR modeli parametara kvaliteta ulja dati su jednačinama MLR1 - MLR9:

MLR1	$V_posle = 0,971 (\pm 7,623 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,060 (\pm 0,127) Vl_pre + 0,011 (\pm 0,577) SMK_pre + 2,596 (\pm 0,071)$
MLR2	$V_posle = 0,938 (\pm 10,585 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,05 (\pm 0,122) Vl_pre + 0,038 (\pm 0,000) F_pre + 2,611 (\pm 0,036)$
MLR3	$V_posle = 1,030 (\pm 9,566 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,05 (\pm 0,119) Vl_pre - 0,090 (\pm 0,000) S_pre + 2,598 (\pm 0,034)$
MLR4	$V_posle = 0,981 (\pm 6,703 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,06 (\pm 0,117) Vl_pre + 0,078 (\pm 0,012) K_pre + 2,517 (\pm 0,075)$
MLR5	$V_posle = 0,930 (\pm 10,729 \cdot 10^{-5}) V_pre + 0,006 (\pm 0,604) SMK_pre + 0,050 (\pm 0,000) F_pre + 2,591 (\pm 0,073)$

MLR6	$V_posle = 1,030 (\pm 10,379 \cdot 10^{-5}) V_pre + 0,000 (\pm 0,548) SMK_pre - 0,100 (\pm 0,000) S_pre + 2,583 (\pm 0,071)$
MLR7	$V_posle = 0,967 (\pm 7,386 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,030 (\pm 0,565) SMK_pre + 0,080 (\pm 0,012) K_pre + 2,527 (\pm 0,089)$
MLR8	$V_posle = 1,160 (\pm 13,339 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,130 (\pm 0,000) F_pre - 0,140 (\pm 0,000) S_pre + 2,562 (\pm 0,033)$
MLR9	$V_posle = 1,030 (\pm 10,950 \cdot 10^{-5}) V_pre - 0,070 (\pm 0,000) F_pre + 0,065 (\pm 0,012) K_pre + 2,504 (\pm 0,084)$

Statistički parametri kvaliteta dobijenih MLR modela prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Statistički parametri kvaliteta dobijenih MLR modela
Table 1. Statistical parameters of the quality of the obtained MLR models

Para- metar	Model								
	MLR1	MLR2	MLR3	MLR4	MLR5	MLR6	MLR7	MLR8	MLR9
R	0,9666	0,9668	0,9685	0,9696	0,9656	0,9675	0,9680	0,9709	0,9686
R²	0,9344	0,9349	0,9380	0,9400	0,9324	0,9360	0,9266	0,9427	0,9383
F	85,41	86,12	90,82	94,05	82,70	87,75	89,41	98,71	91,21
R²_{adj}	0,9234	0,9240	0,9277	0,9300	0,9211	0,9253	0,9371	0,9331	0,9280
R²_{cv}	0,9108	0,9109	0,8879	0,9185	0,9044	0,8803	0,9122	0,8659	0,9143
CV%	0,96	0,96	0,93	0,92	0,98	0,95	0,94	0,95	0,94
PRESS	0,0208	0,0208	0,0262	0,0190	0,0223	0,0280	0,0205	0,0313	0,0200
TSS	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337	0,2337
PRESS/ TSS	0,0890	0,0890	0,1121	0,0813	0,0954	0,1198	0,0877	0,1339	0,0856
SD	0,0292	0,0291	0,0284	0,0279	0,0296	0,0288	0,0286	0,0287	0,0287
VIF1	1,2268	2,3839	2,0463	1,0383	2,3581	2,3324	1,2023	3,8743	2,6168
VIF2	1,0926	1,0132	1,0178	1,0109	1,3909	1,2091	1,3068	2,4265	2,5285
VIF3	1,3079	2,3866	2,0706	1,0458	2,7370	2,0549	1,1293	2,0957	1,1105

Prilikom analize dobijenih MLR modela (tabela 1) može se zaključiti da se Pearsonov koeficijent korelacije R kreće od 0,9656 do 0,9709, odnosno da je u svim modelima prisutna veoma jaka korelacija. Koeficijenti determinacije R² se kreću od 0,9266 do 0,9427 što, takođe pokazuje veoma jaku korelaciju, kao i „prilagođeni” koeficijent determinacije R²_{adj} koji se kreće od 0,9211 do 0,9371. Koeficijent R²_{cv} se kreće od 0,8659 do 0,9185, a odnos PRESS/TSS teži 0. Vrednosi VIF1, VIF2 i VIF3 su niže od 10, što ukazuje da multikolinearnost nije prisutna. Standardna greške su

izuzetno niske, ispod 0,0296. Visoke F vrednosti iznad 82,70 ukazuju na dobro slaganje podataka.

ZAKLJUČAK

Pokazalo se da su proces vinterizacije i filtracija ulja potpomognuta filtracionim sredstvom na bazi celuloze veoma efikasni u uklanjanju voskova. Prema dobijenim rezultatima, ovakva filtracija ima višestruke pozitivne efekte tokom filtracije suncokretovog ulja. Pored sadržaja voskova, smanjuju se i sadržaj ukupnih fosfolipida (50-100%) i sadržaj sapuna (100%). Pored toga, u ovom radu je primenjena višestruka linearna regresija. Na osnovu prosečnih vrednosti parametara validacije dobijenih modela ($R=0,9680$; $R^2=0,9359$; $F=59,5756$; $R^2_{adj}=0,9277$; $R^2_{cv}=0,9006$; $CV\%=0,9478$; $PRESS/TSS=0,0993$; $SD=0,0288$; $VIF<3,8743$) zaključeno je da je moguće predvideti sadržaj voskova u ulju na izlazu iz filtera na osnovu karakteristika ulja pre procesa filtracije (sadržaja voskova u ulju na ulazu u filter, sadržaja fosfora, slobodnih masnih kiselina, sapuna, vlage i ukupnih karotenoida). Na parametre koji su korišćeni za predviđanje sadržaja voskova u ulju na izlazu iz filtera moguće je uticati vođenjem procesa u prethodnim fazama rafinacije.

Zahvalnica

Istraživanje sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, broj projekta: 7752847, Value-Added Products from Maize, Wheat and Sunflower Waste as Raw Materials for Pharmaceutical and Food Industry - PhAgroWaste.

LITERATURA

- Aluyor, E.O., Aluyor, P., Ozigagu, C.E. (2009). Effect of refining on the quality and composition of groundnut oil. *Afr. J. Food Sci.*, 3: 201–205.
- Anlauf, H. (2019). *Wet cake filtration: Fundamentals, equipment, and strategies*, 1st ed.; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, pp. 1–349.
- AOCS Official Method Ca 12-55 (1989). Phosphorus in Oil. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, ed. D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, USA, pp. 1–2.
- AOCS Official Method Cc 11-53 (1986). Cold Test. *Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists' Society*, ed. D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, USA, pp. 1.
- AOCS Official Method Cc 17-79 (1985). Soap in Oil-Titrimetric Method, *Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists' Society*, ed. D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, USA, pp. 1.
- Bockisch, M. (1998) *Fats and Oils Handbook*, 1st ed.; Elsevier: Urbana, Illinois, pp. 345–445.
- Botha, I., Mailer, R. J. (2001). Evaluation of cold-test methods for screening cloudy canola oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 78: 395–399.
- British Standard (1977). *British standard method of analysis of fats and fatty oils - Determination of carotene in vegetable oils*, British Standard Illustration, London.

- Broughton, R., Ruíz-Lopez, N., Hassall, K.L., Martínez-Force, E., Garcés, R., Salas, J.J., Beaudoin, F. (2018). New insights in the composition of wax and sterol esters in common and mutant sunflower oils revealed by ESI-MS/MS. *Food Chem.*, 269: 70–79.
- Buyel, J.F., Opdensteinen, P., Fischer, R. (2015). Cellulose-based filter aids increase the capacity of depth filters during the downstream processing of plant-derived biopharmaceutical proteins. *Biotechnol. J.*, 10: 584–591.
- Carelli, A.A., Frizzera, L.M., Forbito, P.R., Crapiste, G.H. (2002). Wax composition of sunflower seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79: 763–768.
- Chew, S.C., Ali, M.A. (2021). Recent advances in ultrasound technology applications of vegetable oil refining. *Trends Food Sci Technol*, 116: 468–479.
- Chulu, C.L., Barlow, P., Hole M. (1989). Cloudiness in Zambian Sunflower Oil: Effect of Storage Temperature and Wax Levels. *Trop. Sci.*, 29: 33–38.
- Codex Alimentarius (1999). Standard for Named Vegetable Oils Codex Stan 210-1999. Codex Alimentarius, 1999.
- Dijkstra, A.J., Van Opstal, M. (1989). The total degumming processes. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66: 1002–1009.
- Ergönül, P., Nergiz, C. (2015). The effect of different filter aid materials and winterization periods on the oxidative stability of sunflower and corn oils. *CYTA – J. Food*, 13: 174–180.
- Erten Y. (2004). Use of Domestic Minerals for Vegetable Oil Bleaching. Master Thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey.
- Farr, W.E., Proctor, A. (2013). *Green Vegetable Oil Processing* revised 1st ed.; Elsevier Inc, pp. 1–294.
- Gharby, S. (2022). Refining Vegetable Oils: Chemical and Physical Refining. *Sci. World J.* 2022: 6627013
- Grompone, M. A. (2020). Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 7th ed.; Shahidi F., Ed.; John Wiley & Sons, Volume 1, pp. 1–54.
- Grompone, M.A. (2005). Sunflower Oil. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th ed.; Shahidi F., Ed.; John Wiley & Sons, Volume 2, pp. 154–196.
- Guo, Y., Jia, Z., Wan, L., Cao, J., Fang, Y., Zhang, W. (2023). Effects of refining process on *Camellia vietnamensis* oil: Phytochemical composition, antioxidant capacity, and anti-inflammatory activity in THP-1 macrophages. *Food Biosci.*, 52: 102440.
- Gupta, M. (2017). *Practical Guide to Vegetable Oil Processing*, 2nd ed.; AOCS Press, pp. 41–78.
- ISO 660 (2020). Animal and vegetable fats and oils – Determination of acid value and acidity. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 662 (2016). Animal and vegetable fats and oils – Determination of moisture and volatile matter content. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jevrić, L.R., Karadžić, M., Podunavac-Kuzmanović, S.O., Tepić Horecki, A.N., Kovačević, S.Z., Vidović, S.S., Šumić, Z.M., Ilin, Ž.M. (2018). New guidelines for prediction of antioxidant activity of *Lactuca sativa* L. varieties based on phytochemicals content and multivariate chemometrics. *J. Food Process. Preserv.*, 42: 1-11.

- Kanya, T.C.S., Rao, L.J., Sastry, M.C.S. (2007). Characterization of wax esters, free fatty alcohols and free fatty acids of crude wax from sunflower seed oil refineries. *Food Chem.*, 101: 1552–1557.
- Kondal Reddy, K., Subramanian, R., Kawakatsu, T., Nakajima, M. (2001). Decolorization of vegetable oils by membrane processing. *Eur. Food Res. Technol.*, 213: 212–218.
- Kupiec, M., Zbikowska, A., Marciniak-Lukasiak, K., Kowalska, M. (2020). Rapeseed oil in new application: Assessment of structure of oleogels based on their physicochemical properties and microscopic observations. *Agriculture*, 10: 1–11.
- Lamas, D.L., Constenla, D.T., Raab, D. (2016). Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 6: 138–143.
- Lamas, D.L., Crapiste, G.H., Constenla, D.T. (2014). Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. *LWT*, 58: 71–76.
- Ma, G., Wang, Y., Li, Y., Zhang, L., Gao, Y., Li, Q., Yu, X. (2023). Antioxidant properties of lipid concomitants in edible oils: A review. *Food Chem.*, 422: 136219.
- Manjula, S., Subramanian, R. (2006). Membrane technology in degumming, dewaxing, deacidifying, and decolorizing edible oils. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 46: 569–592.
- Martini, S., Añón, M.C. (2003). Crystallization of sunflower oil waxes. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 80: 525–532.
- Merhan, O. (2017). The Biochemistry and Antioxidant Properties of Carotenoids. In *Carotenoids*; Cvetkovic, D., Nikolic, G., Eds.; InTech: London, United Kingdom, pp. 51–66.
- Mistry, B. S., Min, D. B. (1987). Effects of Fatty Acids on the Oxidative Stability of Soybean Oil. *J. Food Sci.*, 52: 831–832.
- Mitrović, S., Dimić, E., Grujin, K., Muc, S. (2009). New technological process of removing of waxes from the oil in Dijamant A.D. *Uljarstvo/Journal of edible oil industry*, 1: 67–72.
- Morrison, W.H., Robertson, J.A. (1975). Solvent winterization of sunflower seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 52: 148–150.
- Orhevba, B.A., Chukwu, O., Oguagwu, V., Osunde, Z.D. (2013). Effect of Moisture Content on some Quality Parameters of Mechanically Expressed Neem Seed Kernel Oil. *Int. J. Eng. Sci.*, 2: 1–7.
- Oštrić-Matijašević B., Turkulov, J. (1973). Determination of Waxes in Sunflower Grains, Shells and Oil. Modified Method of Extraction. *Rev. fr. corps gras*, 20: 5–10.
- Ripperger, S., Gösele, W., Alt, C., Loewe, T. (2011). Filtration, 1. Fundamentals. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 7th ed.; Wiley-VCH, Ed.; Wiley-VCH Verlag GmbH & Co: Weinheim, Germany, Volume 1, pp. 1–38.
- Rivarola, G., Añón, M.C., Calvelo, A. (1988). Influence of phospholipids on the crystallization of waxes in sunflower seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65: 1771–1773.
- Smith, G. (1998). Filter aid filtration. In *Filtration in the Biopharmaceutical Industry*, 1st ed.; Meltzer, T.H., Jornitz, M.W. Eds.; Marcel Dekker Inc: New York, USA, Volume 1, pp. 1–69.
- Smith, K.W., Bhaggan, K., Talbot, G., Van Malssen, K.F. (2011). Crystallization of fats: Influence of minor components and additives. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 88: 1085–1101.

- Stojanović Z., Šarac V., Kojčin A. (2018). Praćenje promene sadržaja voskova u suncokretovom ulju tokom procesa rafinacije turbidimetrijskom metodom. *Uljarstvo*, 49: 55–60.
- Topkafa, M., Ayyildiz, H., Arslana, F. N., Kucukkolbasi, S., Durmaz, F., Sen, S., Kara, H. (2013). Role of Different Bleaching Earths for Sunflower Oil in a Pilot Plant Bleaching System. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 63: 147–154.
- Turkulov, J., Dimić, E., Karlović, D., Vukša, V. (1986). The effect of temperature and wax content on the appearance of turbidity in sunflowerseed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 63: 1360–1363.
- Tynek, M., Hazuka, Z., Pawłowicz, R., Dudek, M. (2001). Changes in the frying medium during deep-frying of food rich in proteins and carbohydrates. *J. Food Lipids*, 8: 251–261.
- Wen, C., Shen, M., Liu, G., Liu, X., Liang, L., Li, Y., Zhang, Y., Xu, X. (2023). Edible vegetable oils from oil crops: Preparation, refining, authenticity identification and application. *Process Biochem.*, 124: 168-179.
- Ye, Z., Liu, Y. (2023). Polyphenolic compounds from rapeseeds (*Brassica napus* L.): The major types, biofunctional roles, bioavailability, and the influences of rapeseed oil processing technologies on the content. *Food Res. Int.*, 163: 112282.

SENZORSKI KVALITET ODABRANIH RAFINISANIH BILJNIH ULJA DOSTUPNIH NA TRŽIŠTU REPUBLIKE SRBIJE

Ivana Nikolić¹, Milica Vidosavljević², Ranko Romanić¹, Tanja Lužaić¹

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije
u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Rafinacija je obavezna za sirova biljna ulja koja se ne mogu konzumirati kao devičanska ulja, jer se na taj način proizvodu obezbeđuje duži rok trajanja i adekvatan senzorski kvalitet. Međutim, rafinacija može imati i nepoželjnih uticaja što se negativno odražava na kvalitet ulja. Kvalitet rafinisanih ulja u velikoj meri određuje i poreklo sirovine, pored procesa obrade. Kao i kod većine proizvoda, senzorska svojstva biljnih ulja su kod potrošača obično presudan faktor pri odabiru.

U ovom radu posmatrane su senzorske osobine odabranih rafinisanih ulja dostupnih na tržištu Republike Srbije, sa ciljem da se uporedi njihov senzorski kvalitet i prihvatljivost.

Ključne reči: biljna ulja, rafinacija, senzorski kvalitet.

SENSORY QUALITY OF SELECTED REFINED VEGETABLE OILS AVAILABLE ON THE MARKET OF THE REPUBLIC OF SERBIA

ABSTRACT

Refining is mandatory for crude vegetable oils that cannot be consumed as virgin oils. By this way, a longer shelf life and adequate sensory quality is provided to the product. However, refining can also have undesirable effects that negatively affect the quality of the vegetable oil. The quality of refined oils is largely determined by the origin of the raw material, in addition to the obtaining process. The sensory properties of vegetable oils are usually a decisive factor for choosing by consumers, as for most food products. In this work, the sensory properties of selected refined vegetable oils available on the market of the Republic of Serbia were observed, with the aim to compare their sensory quality and acceptability.

Key words: vegetable oils, refining, sensory quality.

UVOD

Postoji nekoliko načina za izdvajanje biljnih ulja iz različitih izvora. Glavne metode izdvajanja biljnih ulja su hladno presovanje, toplo „ceđenje” i ekstrakcija rastvaračem.

Generalno, ako polazna sirovina (semena uljarica ili voća) ima pogodan kvalitet, ulja izdvojena hladnim presovanjem ne treba rafinisati, a dobijena ulja nazivaju se

devičanskim uljima. Međutim, ulja ekstrahovana toplim presovanjem ili rastvaračima nazivaju se sirova ulja (Hashempour-Baltork i sar., 2022).

Sirova ulja sadrže u velikom udelu triacilglicerole (oko 98 g/100 g), triestre nastale u reakciji između glicerola i masnih kiselina, kao i druge supstance u manjim udelima. Neke od njih kao što su diacilgliceroli, vitamini, fitosteroli, tokoferoli i polifenolna jedinjenja su važne sa aspekta zdravstvenih benefita biljnih ulja (Gharby, 2022). Ostala jedinjenja poznata po svom negativnom uticaju na kvalitet i stabilnost ulja, uključuju slobodne masne kiseline, neosapunjive materije, voskove, pigmente, čvrste nečistoće (uglavnom vlakna), oksidacione proizvode (perokside, aldehide, ketone, alkohole i oksidovane masne kiseline). Ova jedinjenja nisu toksična, ali njihovo prisustvo u uljima je nepoželjno, jer negativno utiču na stabilnost i senzorsku prihvatljivost od strane potrošača zato što doprinose lošem ukusu i mirisu i loše utiču na funkcionalna svojstva ulja (Gharby, 2022; Chen i Sun, 2023). Biljna ulja, takođe mogu sadržati neke kontaminante, kao što su pesticidi, metali u tragovima, aromatični ugljovodoni (MOAH), aflatoksini, dioksini, policiklični aromatični ugljovodoni (PAH) i organski rastvarač u tragovima (Gharby, 2022; Hashempour-Baltork i sar., 2022). Tretman koji eliminiše nepoželjne i toksične komponente iz sirovih biljnih ulja poznat je kao rafinacija. Rafinacija je praktično obavezna za sirova ulja koja se ne mogu konzumirati kao devičanska ulja i na taj način proizvodu se obezbeđuje adekvatan izgled, neutralan ukus i veća otpornost na oksidaciju (Chew i Ali, 2021). Rafinacija biljnih ulja ima i nekoliko nedostataka, iako produžava rok trajanja ulja. Jedan od glavnih nedostataka je gubitak komponenata odgovornih za zdravstvene benefite konzumacije ulja, kao što su tokoferoli, fosfolipidi, skvalen, polifenolna jedinjenja i fitosteroli. Još jedan značajan nedostatak rafinacije je stvaranje nepoželjnih jedinjenja kao npr. glicidil estara, 3-MCPD estara (3-monohlorpropan-1,3-diol), štetnih *trans* masnih kiselina i polimernih triacilglicerola, koji mogu direktno uticati na bezbednost rafiniranih ulja (Chew i Nyam, 2020; Gharby, 2022). Tokom procesa rafinacije biljno ulje izlaže se visokoj temperaturi, dejstvu alkalije (natrijum hidroksid) i kiseline (zemlja za beljenje aktivirana kiselinom, fosforna kiselina ili sirćetna kiselina), kao i uticaju metalne opreme. Ove izloženosti mogu dovesti do brojnih promena u hemijskom sastavu tretiranih ulja, koje nepovoljno utiču na njihovu oksidativnu stabilnost. Kako bi se očuvao nutritivni kvalitet rafiniranih biljnih ulja stalno se teži unapređenju procesa rafinacije biljnih ulja (Chew i Ali, 2021).

Senzorska evaluacija pruža važne kvalitativne podatke koji pomažu u razvoju proizvoda i utiču na marketinške odluke. Procena senzorskih svojstava često je pod uticajem subjektivnog faktora procene ocenjivača ili na nju mogu uticati različiti spoljni faktori. Eliminacija subjektivnosti tokom procene postiže se zahvaljujući dobroj obučenosti senzorskih panela kako bi se izbegla pristrasnost, koja je

uobičajena za potrošački panel. Često se najbolje procene kvaliteta ulja i masti i prehrambenih proizvoda na bazi ulja i masti sprovode upotrebom kombinacije senzorskih i analitičkih metoda, jer analitičke tehnike obezbeđuju objektivna merenja stabilnosti i kvaliteta proizvoda, posebno za proizvode na bazi ulja i masti gde se određuju molekuli oksidacije (Yang i Boyle, 2016; Zhang i sar., 2020).

Cilj ovog rada bio je analiza senzorskih svojstava odabranih rafiniranih biljnih ulja dostupnih na tržištu Republike Srbije, sa ciljem da se uporedi njihov senzorski kvalitet koji svakako utiče na prihvatljivost ovih ulja na tržištu.

MATERIJALI I METODE RADA

U okviru eksperimentalnog rada za ispitivanja korišćeni su uzorci rafiniranih biljnih ulja prikazani u tabeli 1 i na slici 1.

Tabela 1. Nazivi i oznake ispitivanih uzoraka ulja

Table 1. Type and marks of analyzed oil samples

Uzorci ulja Oil samples	Oznaka Marks
Rafinisano ulje pirinčanih mekinja	RBO
Rafinisano ulje semenki grožđa	RGO
Rafinisano ulje kukuruznih klica	RCO
Rafinisano ulje suncokreta	RSO
Rafinisano ulje kikirikija (arašida)	RPO



Slika 1. Uzorci rafiniranih ulja koji su korišćeni za ispitivanja

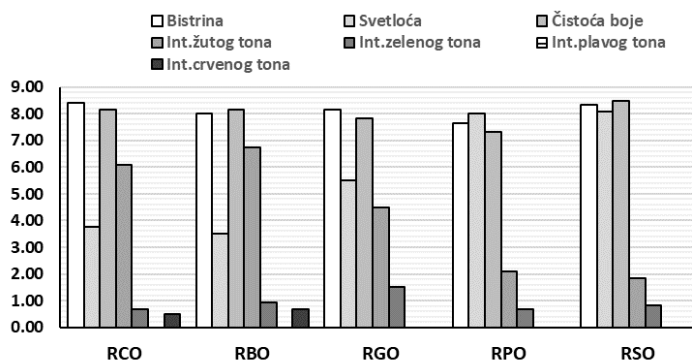
Figure 1. Samples of analyzed refined oils

Uzorci rafiniranih ulja dostupnih na tržištu Republike Srbije posmatrani su sa senzorskog aspekta metodom deskriptivne senzorske analize. Pri tome su, u skladu sa odgovarajućim ISO standardima obezbeđeni potrebni uslovi za ocenu proizvoda (Cerretani i sar., 2008; Brühl i Matthäus, 2008; Bendini i sar, 2011). Uzorci su ocenjivani u adekvatnom prostoru (ISO 8589, 2007) od strane šestočlanog stručnog panela (ISO 8586-2, 2008) primenom numeričkih skala sa devet nivoa ocene za svako senzorsko svojstvo (ISO 4121, 2003). Posmatrana senzorska svojstva odnose se na izgled ulja, miris i ukus, kao i na teksturu i taktilne osećaje. Opisana je i sveobuhvatna prihvatljivost ulja nakon analize svih senzorskih svojstava. Dobijene ocene senzorskih svojstava ulja obrađene su statističkom metodom jednostruke ANOVA analize pri pragu značajnosti $p=0,05$.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 2 prikazane su srednje vrednosti ocena za senzorska svojstva koja se odnose na izgled ulja.

IZGLED



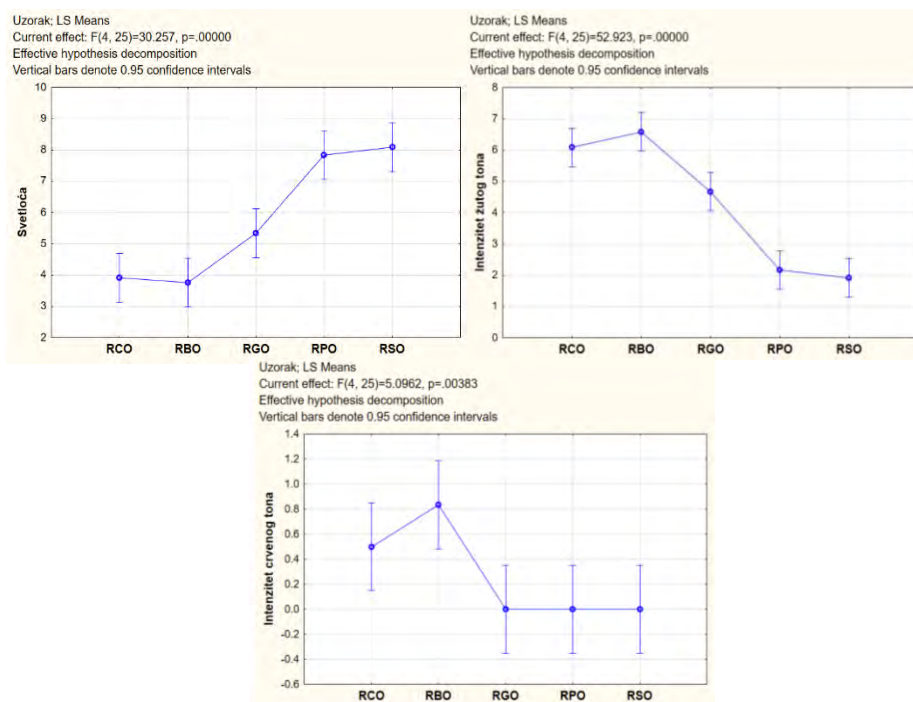
Slika 2. Senzorski parametri izgleda rafiniranih ulja

Figure 2. Sensory parameters of the appearance of refined oils

Vizuelnim posmatranjem rafiniranih ulja određena su senzorska svojstva bistrina, svetloća, čistoća boje ulja, zastupljenost žutog, zelenog, plavog i crvenog tona. Svi uzorci ulja imali su visoku ocenu za bistrinu, kao i visoku ocenu za čistoću boje. Zastupljenost svetloće u boji ulja izražena je kod uzoraka suncokretovog ulja i ulja kikirikija, dok su vrednosti ocena svetloće pirinčanog, kukuruznog i ulja semenki grožđa niže.

Intenzitet žutog tona značajno je zastupljen u boji pirinčanog i kukuruznog ulja, dok je kod ostalih ulja intenzitet žutog tona značajno manji. Generalno, žuti ton u boji ulja smatra se pozitivnom senzorskom karakteristikom. Prekomerno zagrevanje

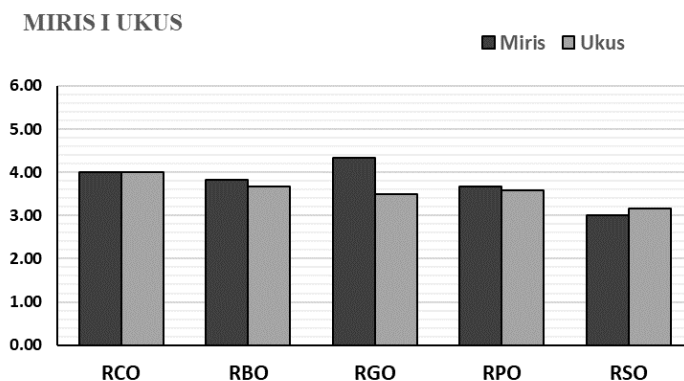
tokom procesa ekstrakcije ulja može da dovede do formiranja proizvoda Majlardovih reakcija, koji su odgovorni za tamnjenje boje (Echeverria i sar., 2021). Kod svih ulja, takođe je prisutan zeleni ton manjeg intenziteta. Pri tome se ulje semenki grožđa ističe po nešto izraženijem udelu zelenog tona, dok je crveni ton prisutan u uljima pirinčanih mekinja i kukuruznom ulju za razliku od ostalih posmatranih ulja. Plavi ton nije uočen ni u jednom uzorku ulja. Statistička metoda jednostruke ANOVA analize ukazala je na statistički značajne promene ($p < 0,05$) vrednosti ocena za svetloću, intenzitet žutog i crvenog tona, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Statistički značajne promene parametara izgleda rafinisanih ulja
Figure 3. Statistically significant changes of parameters for the appearance of refined oils

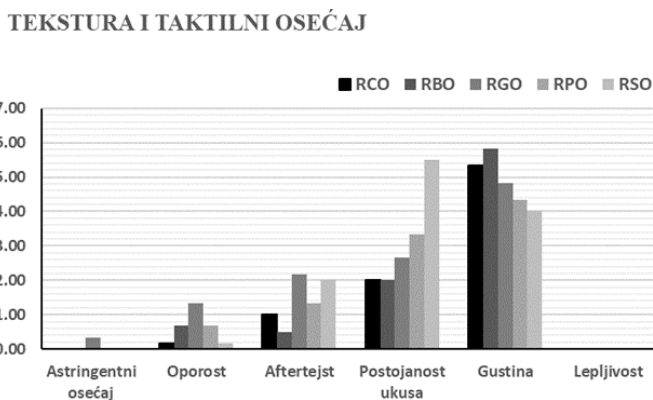
Nagli porast svetloće u boji uzoraka ulja potvrđen je kod rafinisanih ulja od kikirikija i suncokreta u odnosu na ostala posmatrana ulja. Boja ulja od kikirikija je obično svetlo žuta zbog prisustva β -karotena i luteina (Davis i sar., 2016). Boja ulja kikirikija može biti i malo tamnija u zavisnosti od sorte, endogenog sadržaja šećera, zrelosti plodova i uslova obrade (Davis i sar., 2008).

Takođe, statistički značajan porast intenziteta žutog tona u boji ulja karakteristika je kukuruznog ulja i ulja iz pirinčanih mekinja. Ista ulja imaju i statistički značajan porast crvenog tona, dok kod ostalih ulja intenzitet crvenog tona teži nuli.



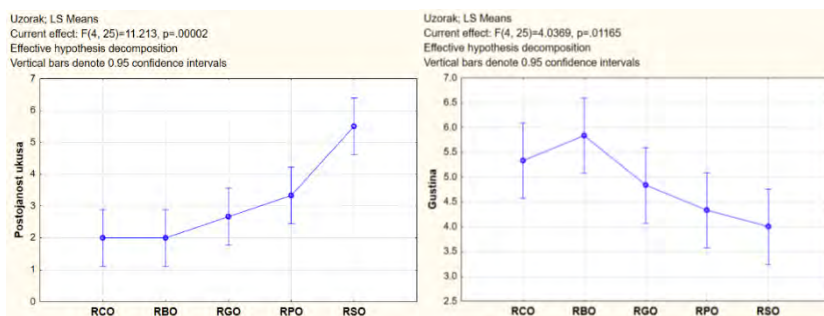
Slika 4. Ocene mirisa i ukusa rafinisanih ulja
Figure 4. Marks for odor and taste of the refined oils

Miris i ukus posmatranih rafinisanih ulja ocenjeni su većinom kao vrlo blagi ili blagi. Pri tome nešto izraženiji i određeniji miris ima uzorak ulja semenki grožđa. Miris kukuruznog ulja opisan je kao blag travnati miris tipičan za kukuruz, dok je ukus „na slamu”, kukuruzni i podseća na zeleno zrno žita. Vrlo sličan blag travnati miris i blag semenski i ukus „na slamu” bio je karakterističan i za suncokretovo ulje i ulje iz pirinčanih mekinja. Nešto izraženiji miris na voće istakao se kod uzorka ulja semenki grožđa, dok je kod ulja kikirikija preovladao orašasti miris i ukus.



Slika 5. Teksturna i taktilna senzorska svojstva rafinisanih ulja
Figure 5. Texture and tactile sensory properties of refined oils

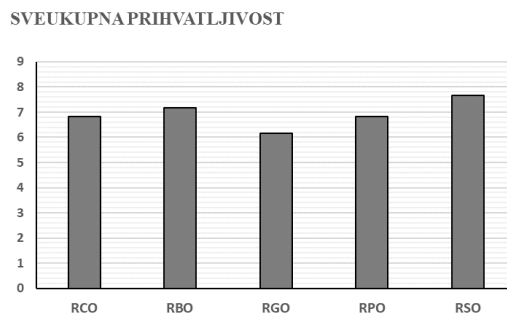
U okviru teksturnih i taktilnih svojstava rafiniranih ulja posmatrani su astringentni osećaj (osećaj skupljanja i sušenja na površini jezika zbog tanina), oporost (oštar osećaj u ustima, posebno u grlu poput gorčine), „aftertejt” (naknadni ukus, postojanost ukusa, gustina i lepljivost. Specifično je, da nijedan uzorak ulja nije ispoljio lepljivost. Najveću gustinu imalo je ulje iz pirinčanih mekinja, dok je najmanju imalo suncokretovo ulje. Ostala ulja su po gustini između tih vrednosti. Suncokretovo ulje se takođe istaklo po najpostojanijem ukusu nakon konzumiranja. Naknadni ukus, odnosno „aftertejt”, oporost i astringenti osećaj bili su izražena senzorska karakteristika ulja semenki grožđa.



Slika 6. Statistički značajne promene teksturnih i taktilnih parametara rafiniranih ulja

Figure 6. Statistically significant changes of texture and tactile parameters for refined oils

To je potvrdila i statistička obrada dobijenih ocena i istakla statistički značajne ($p < 0,05$) promene postojanosti ukusa i gustine posmatranih uzoraka ulja, gde se suncokretovo ulje izdvojilo po izraženoj postojanosti ukusa, a ulje pirinčanih mekinja po najvećoj gustini u odnosu na ostala rafinisana ulja.



Slika 7. Ocene sveukupne prihvatljivosti rafiniranih ulja

Figure 7. Marks for overall acceptability of refined oils

Rafinisano suncokretovo ulje, takođe se izdvojilo i po najvećoj oceni za sveukupnu prihvatljivost ulja (7,66), koja je definisana na osnovu svih posmatranih senzorskih svojstava ulja. Odmah zatim je prema oceni sveukupne prihvatljivosti ulje pirinčanih mekinja (7,16). Ocene sveukupne prihvatljivosti za ostala ulja su niže, ali svakako u opsegu visokih vrednosti od 6,16 do 6,83.

ZAKLJUČAK

Nakon senzorske ocene rafinisanog ulja dostupnih trenutno na tržištu Republike Srbije i nakon statističke obrade dobijenih rezultata može se zaključiti da su se po visokoj sveobuhvatnoj oceni prihvatljivosti izdvojili rafinisano ulje suncokreta, a odmah za njim i rafinisano ulje pirinčanih mekinja. Ostala ulja su sa nižom, ali opet visokom ocenom prihvatljivosti, što je sa ekonomskog aspekta vrlo značajno. Izuzetnoj prihvatljivosti suncokretovog ulja svakako su doprineli vrlo blag miris okarakterisan kao „travnati” i vrlo blag „semenski” ukus izražene postojanosti. Nešto manja prihvatljivost rafinisanog ulja semenki grožđa posledica je postojanja astringentnog osećaja, odnosno osećaja skupljanja i sušenja na površini jezika, zbog prisustva tanina, kao i postojanja oporosti i naknadnog zaostalog ukusa, što je u skladu sa poreklom sirovine za proizvodnju ovog ulja.

Zahvalnica

Ovaj rad urađen je u okviru Programa Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, evidencioni brojevi 451-03-66/2024-03/200134 i 451-03-65/2024-03/200134.

LITERATURA

- Cerretani, L., Salvador, M. D., Bendini, A., Fregapane, G. (2008). Relationship between sensory evaluation performed by Italian and Spanish official panels and volatile and phenolic profiles of virgin olive oils. *Chemosens Percept*, 1(4), 258.
- Chen, X., Sun, S. (2023). Color reversion of refined vegetable oils: A review. *Molecules*, 28(13), 5177.
- Chew, S. C., Ali, M. A. (2021). Recent advances in ultrasound technology applications of vegetable oil refining. *Trends Food Sci. Tech.*, 116, 468–479.
- Chew, S. C., Nyam, K. L. (2020). Refining of edible oils, pp. 213-241. U: Editor C. M., Galanakis, *Lipids and edible oils*, Academic Press, Cambridge, MA, USA.
- Davis, J. P., Dean, L. O., Faircloth, W. H., Sanders, T. H. (2008). Physical and chemical characterizations of normal and high-oleic oils from nine commercial cultivars of peanut. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 85, 235–243.
- Davis, J. P., Price, K., Dean, L. L., Sweigart, D. S., Cottonaro, J., Sanders, T. H. (2016). Peanut oil stability and physical properties across a range of industrially relevant oleic acid/linoleic acid ratios. *Peanut Science*, 43(1), 1–11.

- Echeverria, G., Leclerc, C., Giné-Bordonaba, J., Romero, A. (2021). Sensorial Evaluation and Aroma of Vegetable Oils, pp. 245–278. U: Editor T., Lafarga, G., Bobo, I., Aguiló-Aguayo, Oil and Oilseed Processing: Opportunities and Challenges, Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Gharby, S. (2022). Refining vegetable oils: Chemical and physical refining. *The Scientific World Journal*, Volume 2022, Article ID 6627013, 1–10.
- Hashempour-Baltork, F., Farshi, P., Alizadeh, A. M., Azadmard-Damirchi, S., Torbati, M. (2022). Nutritional aspects of vegetable oils: refined or unrefined? *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 124 (12), 2100149.
- ISO 4121 (2003). Sensory analysis – Guidelines for the use of quantitative response scales. International Organization for Standardization.
- ISO 8586–2 (2008). Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors - Part 2: Expert sensory assessors. International Organization for Standardization.
- ISO 8589 (2007). Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms. International Organization for Standardization.
- Yang, X., Boyle, R. A. (2016). Chapter 3 Sensory evaluation of oils/fats and oil/fat-based foods, pp. 157-185. U: Editor M., Hu, C., Jacobsen, Oxidative stability and shelf life of foods containing oils and fats, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
- Zhang, W., Cao, X., Liu, S. Q. (2020). Aroma modulation of vegetable oils – A review. *Crit. Rev. Food Sci.*, 60 (9), 1538–1551.

SADRŽAJ MAKRO I MIKROELEMENATA U HLADNO PRESOVANIM ULJIMA NA TRŽIŠTU SRBIJE

*Biljana Rabrenović¹, Aleksandar Kostić¹, Mirjana Demin¹,
Lazar Pejić¹, Biljana Dojčinović²*

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od
nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd, Srbija

IZVOD

U radu je ispitivano 10 hladno presovanih biljnih ulja komercijalno dostupnih na tržištu Srbije. Određen je sastav masnih kiselina gasnom hromatografijom i osnovni parametri kvaliteta (peroksidni i kiselinski broj) standardnim metodama. Međutim, osnovni cilj je bio da se indukovano-kuplovanom optičkom emisionom spektrometrijom (ICP-OES) utvrdi sadržaj makro i mikroelemenata, sa posebnim osvrtom na potencijalno toksične elemente (PTE). Dobijeni rezultati su ukazali na dobar kvalitet ispitivanih ulja. Vrednosti za sastav masnih kiselina, peroksidni i kiselinski broj su bile u skladu sa važećim pravilnikom i literaturnim navodima, sa izuzetkom vrednosti kiselinskog broja kod ulja semena maka. Ispitivanje sadržaja PTE pokazao je da njihov sadržaj ne prelazi granice propisane odgovarajućim pravilnikom.

Ključne reči: hladno presovana ulja, ICP-OES, toksični elementi, kvalitet ulja.

CONTENT OF MACRO AND MICRO ELEMENTS IN COLD PRESSED OILS ON THE MARKET OF SERBIA

ABSTRACT

The study examined 10 cold-pressed vegetable oils available on the Serbian market. The composition of the fatty acids was determined by gas chromatography and the basic quality parameters, peroxide, and acid values, were determined using standard methods.

However, the main objective was to determine the content of macro- and microelements, especially potentially toxic elements (PTEs), using inductively coupled optical emission spectrometry (ICP-OES). The results obtained indicated a good quality of the oils analysed, and the values obtained for the composition of fatty acids, peroxide and acid values were in accordance with national rulebook and literature references, except for the acid value for poppy seed oil. The analysis of the PTEs' content showed that their content did not exceed the limits specified in the relevant regulations.

Key words: cold pressed oils, ICP-OES, toxic elements, oil quality.

UVOD

Hladno presovana biljna ulja su danas veoma popularna, imaju sve značajnije mesto na tržištu, a njihov asortiman se stalno proširuje. Karakterišu ih specifične senzorne karakteristike i visok sadržaj bioaktivnih komponenata, a činjenica da se u postupku dobijanja hladno presovanih ulja koristi samo mehanička snaga prese i da daljeg tretmana ulja nema, osim taloženja i po potrebi filtracije, dodatno afirmiše ovu kategoriju proizvoda kod potrošača.

U proizvodnji hladno presovanih ulja koriste se semena biljaka, plodovi, mezokarp, klice, kopra ili jezgro koštica različitih biljaka koja u sebi sadrže ulje. Poslednjih godina postoji trend da se kao sirovine za dobijanje ulja koriste semena ili jezgra koja su nusproizvodi u proizvodnji vina ili sokova, čime se pospešuje cirkularna ekonomija i smanjenjuje organski otpad.

Sadržaj ulja, proteina i pojedinih bioaktivnih komponenata u polaznoj sirovini zavisiće pre svega od sorte, ali i od klimatskih faktora i primenjenih agro-tehničkih mera. Pored pomenutih komponenata u sirovini se nalaze i određene neorganske supstance, makro i mikroelementi, koji tokom postupka presovanja ili ekstrakcije prelaze u ulje. U makroelemente spadaju natrijum (Na), kalijum (K), kalcijum (Ca), magnezijum (Mg), hlor (Cl), fosfor (P), sumpor (S), silicijum (Si), kiseonik (O), ugljenik (C), vodonik (H) i azot (N), dok su mikroelementi ili elementi u tragovima gvožđe (Fe), cink (Zn), jod (J), bakar (Cu), mangan (Mn), fluor (F), selen (Se), molibden (Mo), olovo (Pb), živa (Hg), zlato (Au), arsen (As), nikl (Ni), kobalt (Co) i hrom (Cr) (Stanojević i Pešić, 2017). Njihovo poreklo u biljnim organima može biti endogeno i egzogeno. Endogeni izvori makro i mikroelemenata mogu biti zemljište na kome je biljka uzgajana, voda, pesticidi i đubrivo. Elementi kao što su natrijum, kalijum, kalcijum, magnezijum, gvožđe, mangan, cink i bakar su uglavnom neophodni za rast i razvoj biljke, ali i za odvijanje metaboličkih procesa, rast, razvoj i fiziološke potrebe ljudskog organizma. Međutim, neki potencijalno štetni, toksični elementi, kao što su olovo, kadmijum, hrom, kobalt, nikal i bakar, mogu da potiču od kontaminiranih podzemnih voda, od industrijskih isparenja i produktata sagorevanja goriva kojima biljaka može biti izložena, a kada dospeju u ljudski organizam bioakumuliraju se i imaju veoma dug period poluraspada (Lacoste i sar., 1999; Duijn, 2016).

Faktori koji utiču na biodostupnost, akumulaciju i koncentraciju potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u zemljištu su pH vrednost zemljišta, sadržaj organskih supstanci, tekstura zemljišta, sadržaj gline, atmosfersko taloženje i klima. Grabmann (2009) je sproveo multielementalnu analizu tikvinog semena poreklom iz Austrije, Slovenije, Hrvatske, Srbije, Mađarske i Kine i došao do zaključka da su koncentracije pojedinih elemenata bile 10 i više puta različite u zavisnosti od zemlje porekla.

Blizina autoputa ili industrijske zone mogu da utiču na povećanje kontaminacije ovim elementima. Postoje podaci da se PTE nalaze u gornjim slojevima zemljišta, dok su u donjim slojevima manje prisutni. Za uljanu repicu je karakteristično da je transfer hroma, žive, olova iz zemljišta u biljku manji u poređenju sa kadmijumom, bakrom, cinkom i niklom (Nezirević-Nizić i sar., 2020). Potencijalno toksični elementi se koncentrišu u određenim delovima biljke, pa je njihov transfer u ulje različit i u zavisnosti od načina na koji se ulje dobija (Lacoste, 2014; Zhuravlev, 2015). Cao i sar. (2019) su utvrdili da je na apsorpciju olova i kadmijuma iz zemljišta u velikoj meri uticao sadržaj P i K dostupan u zemljištu u kome je gajena uljana repica.

Egzogeni izvori elemenata prisutnih u biljnim uljima, su uglavnom iz proizvodnog procesa, kao npr. gvožđe i bakar koji potiču od rđe i korozije sa procesne opreme i opreme za manipulaciju. Međutim, verovatnije je da PTE potiču iz tankova za skladištenje ulja, imajući u vidu da su gvožđe, hrom i mangan glavni sastojci nerđajućeg čelika (Kamerud i sar., 2013).

PTE su retko prisutni u rafinisanim uljima i mastima jer se efikasno uklanjaju tokom postupaka neutralizacije i beljenja sa kiselinskim predtretmanom (Fangkun i sar., 2011). Međutim, s obzirom da hladno presovana i devičanska ulja ne podležu daljim tretmanima, neophodno je obezbediti da polazne sirovine bude najboljeg kvaliteta. Praćenjem parametara, kao što su uzgajanje, berba, prerada i skladištenje polaznih sirovina i gotovog proizvoda, tokom celog proizvodnog procesa i industrijskog lanca moguće je obezbediti određeni kvalitet i bezbednost ulja.

Neophodno je praćenje kvaliteta semena i sadržaja toksičnih elemenata pre nego što se ona upotrebe za proizvodnju hladno presovanih ulja. Pored atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS) i elektrotermalne AAS sa grafitnom cevi, indukovano-kuplovana optička emisija spektrometrija (ICP-OES) se pokazala kao najpreciznija metoda za određivanje sadržaja makro i mikroelemenata. Osim toga, ICP-OES omogućava multielementalnu analizu što značajno pospešuje i pojeftinjuje ispitivanje kvaliteta namirnica.

Pored ispitivanja osnovnih parametara kvaliteta i sastava masnih kiselina, cilj ovog istraživanja je bio da se primenom ICP-OES utvrdi sadržaj makro i mikroelemenata, sa posebnim osvrtom na potencijalno toksične elemente, u komercijalno dostupnim hladno presovanim uljima na tržištu Srbije.

MATERIJAL I METODE

Materijal

U radu je ispitivano 10 uzoraka hladno presovanih ulja, različitih proizvođača, komercijalno dostupnih na tržištu Srbije i to ulje: 1. semena suncokreta, 2. ploda

masline (devičansko), 3. semena susama, 4. semena uljane repice, 5. kukuruzne klice, 6. jezgra lešnika, 7. semena lana, 8. kokosove kopre, 9. semena maka i 10. semena tikve. Ulja su bila u staklenoj ambalaži zapremine 250 ml i u roku trajanja.

Peroksidni i kiselinski broj

Primarni kvalitet uzoraka ulja ispitan je određivanjem peroksidnog (Pbr) i kiselinskog broja (Kbr) standardnim metodama, SRPS EN ISO 660:2021 i SRPS EN ISO 3960:2017, redom.

Određivanje sastava masnih kiselina

Priprema metil estara masnih kiselina izvršena je prema standardnoj metodi (SRPS EN ISO 12966-2:2017). Metodom gasne hromatografije, prema standardu (SRPS EN ISO 12966-1:2015), na gasnom hromatografu (Agilent Technologies 6890, SAD) sa split-splitless injektorom, plamenojonizujućim detektorom (FID) i kapilarnom kolonom Supelco SP-2560 (100 m dužina x 0,25 mm unutrašnji prečnik x 0,20 µm debljina filma, Supelco, Bellefonte, USA), izvršeno je razdvajanje metil estara i njihova detekcija. Kao mobilna faza korišćen je helijum protoka 5 ml/min.

Temperature injektora i detektora bile su 250°C i 260°C, redom. Injektovana zapremina je bila 1 µl, a odnos raspodele injektora je podešen na 20:1. Temperatura kolone je programirana sa početnih 50°C (održavana 5 minuta) do 240°C (održavana 20 minuta), uz linearnu promenu temperature 4°C/min. Hromatografski pikovi u uzorku su identifikovani poređenjem relativnih retencionih vremena metil estara masnih kiselina iz uzoraka sa standardnom mešavinom metilestara Supelco 37 Component (Supelco, Bellefonte, SAD). Sadržaj masnih kiselina je računat u mg/g lipida i izražen, u relativnoj količini, kao maseni procenat od ukupnih masnih kiselina.

Analiza sadržaja makro i mikroelemenata

Totalna mineralizacija (digestija) uzoraka je urađena u mikrotalasnom digestoru Advanced Microwave Digestion System (ETHOS 1, Milestone, Italy) korišćenjem HPR-1000/10S segmentiranog rotora koji radi pod visokim pritiskom.

Odmereno je oko 0,5 g uzorka ulja na analitičkoj vagi sa tačnošću od ± 0,1 mg, direktno u teflonsku kivetu. Za totalnu mineralizaciju je korišćeno 7 ml ultra-čiste azotne kiseline (HNO₃, 65 wt.%, Suprapur®, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) i 2 ml vodonik-peroksida, (H₂O₂, 30 wt.%, Suprapur®, Merck KGaA, Darmstadt, Germany). Digestija je izvedena tokom vremenskog perioda od 20 minuta, pri konstantnoj temperaturi od 200°C i pri pritisku maksimalno do 100 bar, uz prethodno linearno zagrevanje do 200°C tokom 15 min.

Ovaj mikrotalasni digestor radi sa kontrolom temperature digestije, a snaga mikrotalasnog zračenja se dozira automatski (0-1000 W) da bi se ispoštovao zadati temperaturni profil digestije. Ceo proces digestije je bio kontrolisan sa dva temperaturna senzora, jednog unutrašnjeg uronjenog direktno u uzorak (termopar) i jednog spoljašnjeg (infracrvenog). Nakon digestije i hlađenja do sobne temperature i bez filtracije, uzorak je razblažen do 10 ml u normalnom volumetrijskom sudu (rastvor je bio bistar). Za razblaženje je korišćena ultra-čista voda koja je imala električnu provodljivost od 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ultra-čista voda je pripremljena u aparatu Barnstead™ GenPure™ Pro (Thermo Scientific, Germany).

ICP-OES kvantifikacija

Koncentracije makro- i mikroelemenata u rastvoru dobijenom posle totalne mineralizacije ulja izmerene su korišćenjem analitičke tehnike induktivno kuplovana plazma sa optičkom emisionom spektrometrijom (ICP-OES). ICP-OES merenje je urađeno na instrumentu model Thermo Scientific iCAP 6500 Duo ICP (Thermo Fisher Scientific, Cambridge, United Kingdom) opremljenim RACID86 Charge Injector Device (CID) detektorom i iTEVA operacionim softverom.

Standardni rastvori za kalibraciju instrumenta za merenje koncentracije, pripremljeni su od sertifikovanog standardnog rastvora: Multi-Element Plasma Standard Solution 4, Specpure®, 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Germany); SS-Low Level Elements ICV Stock and ILM 05.2 ICS Stock 1 (oba od VHG Labs, Inc- Part of LGC Standards, Manchester, NH 03103 USA). Standardi su pripremljeni u adekvatnim koncentracionim opsezima. Kvantifikacija je urađena u duplikatu ($n=2$), na emisionim linijama sa minimalnim spektroskopskim smetnjama za dati matriks uzorka. Relativna standardna devijacija je bila $\text{RSD}<3\%$ za ponovljena merenja istog rastvora (instrumentalna RSD). Koeficijenti korelacije kalibracionih krivih su bili $>0,99$. Limiti detekcije su bili $\text{LOD}= 0,1-1 \mu\text{g}/\text{L}$. Na osnovu izmerene koncentracije elemenata u rastvoru, mase uzorka ulja i zapremine normalnog suda, urađen je proračun. Koncentracije elemenata ($\mu\text{g}/\text{g}$ ulja) u uzorcima ulja date su u tabeli 2.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 dat je sastav masnih kiselina i parametri kvaliteta, peroksidni i kiselinski broj, ispitivanih uzoraka ulja.

Sastav masnih kiselina ispitivanih uzoraka ulja bio je u skladu je sa Pravilnikom o kvalitetu i drugim zahtevima zajestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode (2013), Pravilnikom o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo maslinovo ulje i jestivo ulje komine masline (2004) kada je u pitanju uzorak maslinovog ulja, kao i sa literaturnim podacima kada su u pitanju

uzorci ulja lešnika i maka (Dimić, 2005; Kamal-Eldin i Moreau, 2015; Gong i sar., 2017; Özbek i Ergönül, 2020).

Tabela 1. Sastav masnih kiselina, peroksidni i kiselinski broj ispitivanih uzoraka ulja
Table 1. Composition of fatty acids, peroxide and acid values of the oil samples analysed

Masna kiselina Fatty acid (%)	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C8:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7,4	n.d.	n.d.
C10:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6,1	n.d.	n.d.
C12:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	51,6	n.d.	n.d.
C14:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17,3	n.d.	n.d.
C16:0	5,9	10,1	9,1	3,1	10,4	5,8	6,5	8,2	8,9	7,3
C16:1	n.d.	2,6	n.d.	0,2	0,2	0,2	0,1	n.d.	n.d.	n.d.
C18:0	4,3	3,2	5,1	2,9	1,4	2,6	5,3	2,9	2,2	1,4
C18:1	29,8	73,1	39,6	63,7	25,9	78,9	22,5	5,3	14,9	38
C18:2n-6	58,6	9,6	44,4	19,6	59,9	11,8	14	1,1	73,1	43,1
C18:3n-3	0,1	0,4	0,9	7,1	0,9	0,5	51,5	n.d.	0,5	0,1
C20:0	0,2	0,5	0,3	0,8	0,7	0,1	n.d.	n.d.	0,3	nd
C20:1	0,1	0,2	0,1	2,3	0,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C22:0	0,9	0,2	0,4	0,2	0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pbr (mmol/kg)	1,7	1,9	2,4	1,4	3,2	1,1	4,1	2,0	4,3	1,6
Kbr (mgKOH/g)	2,0	0,9	1,4	3,1	3,9	0,9	3,7	1,4	4,2	2,1

* 1 - suncokret; 2 - maslina (devičansko); 3 - susam; 4 - uljana repica; 5 - kukuruzna klica; 6 - lešnik; 7 - lan; 8 - kokos; 9 - mak; 10 - tikva; Pbr - peroksidni broj; Kbr - kiselinski broj; n.d. - nije detektovano

Takođe, Kbr i Pbr ispitivanih uzoraka ulja bili su u granicama koje propisuju pomenuti Pravilnici (2004, 2013) gde je za Kbr maksimalno dozvoljena vrednost 4,0 mgKOH/g, a za Pbr 7,5 mmol/kg odnosno kada je u pitanju devičansko maslinovo ulje $Kbr \leq 1,0\%$ (m/m) slobodnih masnih kiselina, računato kao oleinska kiselina, a $Pbr \leq 10$ mmol/kg.

Izuzetak su bili ulje semena lana i maka kod kojih je određen najviši peroksidni broj od ispitivanih uzoraka, 4,1 i 4,3 mmol/kg, redom, ali koji je još uvek bio u granicama propisanim Pravilnikom (2013), dok je kiselinski broj ulja semena maka bio 4,2 mgKOH/g i iznad maksimalno dozvoljene vrednosti propisane Pravilnikom (2013). Ove dve vrste ulja su zbog visokog udela polinezasićenih masnih kiselina, linolne odnosno linolenske kiseline, nestabilne i veoma podložne oksidativnom kvarenju.

Sadržaj makro i mikroelemenata

U tabeli 2 dat je prikaz sadržaja makro i mikroelemenata u analiziranim hladno presovanim uljima.

Tabela 2. Sadržaj makro i mikroelemenata u ispitivanim uljima
Table 2. The content of macro and microelements in the oils examined

Element (µg/g)	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Al	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,11	0,08	0,06
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
B	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ca	6,18	5,30	20,58	22,79	8,26	7,15	24,46	6,41	38,35	28,05
Cd	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Co	n.d.	n.d.	0,04	0,04	0,06	0,07	0,01	0,04	n.d.	0,01
Cr	0,24	0,01	0,01	n.d.	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,03
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	0,02	0,01	0,03	n.d.	0,44
Fe+	0,43	0,64	0,44	0,66	0,41	0,50	0,47	0,57	0,49	1,65
K	1,09	1,29	4,25	2,04	2,81	3,26	3,80	4,56	4,63	30,73
Li	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mg	3,36	0,37	12,89	6,01	5,06	2,60	9,57	4,41	6,17	52,04
Mn+	0,03	0,08	0,10	0,11	0,09	0,22	0,10	0,11	0,39	0,18
Na	1,11	0,79	0,71	0,52	1,16	1,07	1,35	0,91	1,37	13,07
Ni+	0,05	0,03	0,07	0,12	0,11	0,28	0,18	0,04	0,02	0,31
P	15,91	10,90	41,87	32,61	17,82	14,18	39,53	19,74	28,89	148,31
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S	120,74	114,38	22,14	25,26	118,18	8,85	195,94	202,78	11,62	44,70
Se	0,18	0,16	0,38	0,18	0,24	0,17	0,18	0,18	0,30	0,24
Si	2,01	6,96	4,00	5,55	2,21	0,72	0,66	1,90	n.d.	0,61
Sr	0,02	0,03	0,30	0,07	0,02	0,02	0,05	0,02	0,14	0,09
Zn+	n.d.	0,05	0,28	0,11	0,72	0,19	0,45	0,08	0,21	0,22

* 1 - suncokret; 2 - maslina (devičansko); 3 - susam; 4 - uljana repica; 5 - kukuruzna klica; 6 - lešnik; 7 - lan; 8 - kokos; 9 - mak; 10 - tikva;
Pbr - peroksidni broj; Kbr - kiselinski broj; n.d. - nije detektovano

Od ispitivanih 22 makro i mikroelementa detektovano je 19. Toksični elementi As, Li i B nisu detektovani u ispitivanim uzorcima, dok je Pb u minimalnoj koncentraciji od 0,06 µg/g detektovano u ulju uljane repice.

Najzastupljeniji makroelement kod većine ispitivanih ulja bio je sumpor sa sadržajem koji se kretao od 8,85 µg/g u ulju lešnika do 202,78 µg/g u ulju kokosa. Drugi po zastupljenosti makroelement u uzorcima je bio fosfor (10,90 µg/g-148,31 µg/g), zatim slede Mg (0,37-52,04 µg/g), Ca (5,30-38,35 µg/g) i K (0,28-30,73 µg/g). Od mikroelemenata po sadržaju su se izdvojili gvožđe (0,41-1,65 µg/g), cink (0,05-0,72 µg/g), selen (0,16-0,38 µg/g), nikl (0,03-0,31 µg/g) i mangan (0,03-0,39 µg/g). Pojedini mikroelementi su samo u nekim od uzoraka ulja bili sa nešto višim sadržajem, kao što je npr. stroncijum u susamovom ulju (0,30 µg/g), bakar u tikvinom ulju (0,44 µg/g) i hrom u suncokretovom ulju (0,24 µg/g). Uzorak tikvinog ulja se od ostalih izdvajao po višem sadržaju K, Ca, Mg, Na, Fe, Ni, Cu i P, što je u potpunosti u saglasnosti sa rezultatima do kojih su došli Glew i sar. (2006). Fruhwirth i Hermetter (2007) su zaključili da se sadržaj ovih elemenata u ulju menja u zavisnosti od sorte, uslova gajenja i procesa proizvodnje. Ispitujući uzorke hladno presovanih ulja sa tržišta Hrvatske, Cindrić i sar. (2007) su takođe došli do zaključka da se tikvino ulje razlikovalo od ostalih ispitivanih ulja (maslina, suncokret, susam, lešnik, grožđe, pirinčane mekinje, soja) po sadržaju Ca, Fe, Zn, Ni i Al. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama („Službeni list SRJ” br. 5/92, 11/92 - ispr. i 32/2002 i „Službeni glasnik RS” br. 25/2010 - dr. pravilnik i 28/2011 - dr. pravilnik) definiše samo sadržaj olova, arsena, bakra i gvožđa u nerafinisanim biljnim uljima. Sadržaj ovih elemenata u ispitivanim uljima bio je u granicama dozvoljenim ovim pravilnikom.

ZAKLJUČAK

Ispitivana ulja su u pogledu sastava masnih kiselina i osnovnih pokazatelja kvaliteta bila u potpunosti u skladu sa Pravilnikom za tu kategoriju proizvoda, sa izuzetkom ulja semena maka koje je imalo neznatno viši kiselinski broj u odnosu na maksimalnu vrednost navedenu u Pravilniku. Tikvino ulje se u odnosu na ostala ispitivana ulja izdvojilo po višem sadržaju K, Ca, Mg, Na, Fe, Ni, Cu i P. Sadržaj toksičnih elemenata odnosno sadržaj olova, arsena, bakra i gvožđa je bio u dozvoljenim granicama, što ukazuje da je i polazna sirovina bila dobrog kvaliteta i da tokom proizvodnje ulja nije došlo do kontaminacije.

Zahvalnica

Autori su zahvalni Ministarstvu za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije ugovori br. 451-03-65/2024-03/200116 i 451-03-66/2024-03/200026.

LITERATURA

- Cao, X., Wang, X., Tong, W., Gurajala, K. H., Lu, M., Hamid, Y., Feng, Y., He, Z., Yang, X., (2019): Distribution, availability and translocation of heavy metals in soil - oilseed rape (*Brassica napus* L.) system related to soil properties, *Environmental Pollution* (252): 733–741.
- Cindrić, I.J., Zeiner, M., Steffan, I. (2007). Trace elemental characterization of edible oils by ICP-AES and GFAAS. *Microchemical Journal*, 85, 136–139.
- Dimić, E., (2005). Hladno ceđena ulja, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Duijn V. G. (2016). Fate of contaminants during the refining process of vegetable oils and fats: A calculation model. *Sci. Technol.* 118: 353–360.
- Fangkun Z., F. Wenxiu, W. Xuejing, L. Qu, Y. Shuwen (2011). Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. *Food Chem. Toxicol.*, 49: 3081–3085.
- Fruhwith, G. O., Hermetter, A. (2007). Seeds and oil of the Styrian oil pumpkin: Components and biological activities. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109 (11): 1128–1140. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700105>
- Glew, R. H., Glew, R. S., Chuang, L. T., Huang, Y. S., Millson, M., Constans, D., Vanderjagt, D. J. (2006). Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the Republic of Niger. *Plant Foods Hum. Nutr.* 61(2): 51–56. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0010-z>
- Gong, Y., Pegg, R.B., Carr, E.C., Parrish, D.R., Kellett, M.E., Kerrihard, A.L. (2017). Chemical and nutritive characteristics of tree nut oils available in the US market. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 119, 1600520. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600520>
- Grabmann, G. (2009). Provenance studies of wine, pumpkin seeds and pumpkin seed oil by element and isotope fingerprints using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Thesis. University of Wien.
- Kamal-Eldin, A., Moreau, R. A., in: R. A. Moreau, A. Kamal-Eldin (Eds.), *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*, AOCS Press, Urbana, IL 2015, pp. 127–149.
- Kamerud, K. L., Hobbie, K. A., Anderson, K. A. (2013). Stainless steel leaches nickel and chromium into foods during cooking. *J. Agric. Food Chem.* 61(39), 9495–9501.
- Lacoste, F. (2014). Undesirable compounds in vegetable oils: anything to declare? *OCL*, 21(1) A103.
- Lacoste, F., van Dalen, G., Dysseler, P. (1999). The determination of cadmium in oils and fats by direct graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Pure Appl. Chem.* 71: 361–368.
- Nezirević-Nizić, E., Čorbo, S., Podrug, S., Begić, M., (2020). Determination of Antioxidant and Heavy Metal in Cold-Pressed Edible Oils, Springer Nature Switzerland: 295–302.
- Özbek, Z. A., Ergönül, P. G. (2020). Determination of Physicochemical Properties, Fatty Acid, Tocopherol, Sterol, and Phenolic Profiles of Expeller-Pressed Poppy Seed Oils from Turkey. *J Am Oil Chem Soc.* 97: 591–602. <https://doi.org/10.1002/aocs.12337>
- Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama

- („Službeni list SRJ” br. 5/92, 11/92 - ispr. i 32/2002 i „Službeni glasnik RS” br. 25/2010 - dr. pravilnik i 28/2011 - dr. pravilnik).
- Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode („Službeni list SCG” br. 23/2006 i 43/2013).
- Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo maslinovo ulje i jestivo ulje komine masline, („Službeni list SCG” br. 54/1999 i 56/2003).
- Stanojević, S., Pešić, M., (2017). Uvod u biohemiju hrane, Beograd, Poljoprivredni fakultet, Naučna KMD, 189–205.
- Zhuravlev, A., A. Zacharia, S. Gucer, A. Chebotarev, M. Arabadji, A. Dobrynin (2015). Direct atomic absorption spectrometry determination of arsenic, cadmium, copper, manganese, lead and zinc in vegetable oil and fat samples with graphite filter furnace atomizer. *J. Food Compos. Anal.* 38: 62–68.

PREGLED REZULTATA ANALIZA PARAMETARA BEZBEDNOSTI BILJNIH ULJA I MASTI U SP LABORATORIJI

Ljiljana Vujačić, Gordana Nović

SP Laboratorija a.d., Bečej, Srbija

IZVOD

Uzorci hrane se analiziraju u skladu sa važećim zakonom o bezbednosti hrane. Metodologija rada je u potpunosti u skladu sa propisima EU vezanim za kvalitet hrane i hrane za životinje. Analiza rezultata urađena je za period od pet godina, pri čemu se obrađeni rezultati odnose na analizu broja uzoraka i bezbednosti uzoraka biljnih ulja i masti, margarina. Tokom perioda od 5 godina (od 2019 do 2023. godine) analizirano je oko 10000 uzoraka biljnih ulja i masti, margarina i sl. Broj uzoraka je konstantno rastao, da bi 2023. u odnosu na 2019. godinu bio skoro četiri puta veći.

Ključne reči: biljna ulja i masti, margarin, parametri bezbednosti.

REVIEW OF THE RESULTS OF ANALYSIS ON SAFETY PARAMETERS EDIBLE OILS AND FATS IN SP LABORATORY

ABSTRACT

Samples of the food are analyzed in accordance with current law on food safety. The work methodology is fully in line with EU regulations related to the quality of food and feed. Analysis of the results was done for the period of previous five years, with the processed results related to the safety analysis and number of samples of edible fat and oils, margarine. During a period of 5 years (from 2019 to 2023), about 10,000 samples of vegetable oils and fats, margarine etc., were analyzed. The number of samples has been constantly growing, so that in 2023 compared to 2019 it will be almost four times larger.

Key words: vegetable oils and fats, margarine, safety parameters.

UVOD

Za zaštitu života i zdravlja ljudi od primarnog je značaja korišćenje zdravstveno i higijenski ispravne hrane, što predstavlja osnovno ljudsko pravo, garantovano univerzalnom deklaracijom o ljudskim pravima iz 1948. godine. Da bi se to obezbedilo potrebna je kontrola kvaliteta hrane. U skladu sa Zakonom o bezbednosti hrane (Službeni glasnik RS, br. 41 od 2. juna 2009. godine, br. 17 od 14 marta 2019), cilj je obezbediti visok nivo zaštite života i zdravlja ljudi i zaštitu interesa potrošača, uključujući načelo poštenja i savesnosti u prometu hranom, uzimajući u obzir, kada je to moguće, zaštitu zdravlja i dobrobiti životinja, kao i zdravlja bilja i zaštite životne sredine. Samo kada je hrana bezbedna može zadovoljiti nutritivne potrebe i omogućiti odraslima da žive aktivan i zdrav život i deci da rastu i razvijaju se.

Nebezbedna hrana predstavlja pretnju ljudskom zdravlju i privredi. Od bolesti koje se prenose putem hrane, na godišnjem nivou oboli oko 600 miliona ljudi u svetu. Hrana koja sadrži štetne bakterije, viruse, parazite ili hemijske sastojke odgovorna je za više od 200 bolesti. Promene u proizvodnji, distribuciji i konzumaciji hrane, promene u životnoj sredini, pojava novih patogena i sve otpornijih mikroba predstavljaju izazov svim nacionalnim sistemima koji brinu o bezbednosti hrane. Dostupnost dovoljnih količina bezbedne i nutritivno vredne hrane jeste globalni izazov, koji predstavlja ključ održanja života i promocije dobrog zdravlja.

Prve pisane dokumente o bezbednosti hrane nalazimo kod Hipokrata, Horacija i Ovidija koji su pisali o otrovnim biljkama, kao i kod Euripida koji je pisao o celoj porodici otrovanoj pečurkama. Do početka XX veka o bezbednosti hrane se nije mnogo znalo, a još manje se o njoj govorilo ili činilo. Prvi moderni regulatorni dokument iz oblasti bezbednosti hrane, Zakon o inspekciji mesa, čiste hrane i lekova, objavljen je u Sjedinjenim Američkim Državama 1906. godine, kao posledica velikog interesovanja javnosti koje je nastupilo nakon što je poznati pisac i nosilac Pulicerove nagrade, Apton Sinkler, objavio knjigu „Džungla” u kojoj je opisao užasne uslove u čikaškim fabrikama za pakovanje mesa.

Do 1960. godine, naučna saznanja vezana za bezbednost hrane su dostigla nivo koji je omogućio kompaniji „Pillsbury” da proizvede hranu za astronaute. Na bazi ovog iskustva, Hauard Bauman, glavni tehnolog u kompaniji „Pillsbury”, osmislio je HACCP sistem (Analiza opasnosti na kritičnim kontrolnim tačkama) koji je sastavni deo svih standarda koji se primenjuju u objektima koji se bave preradom, pakovanjem, skladištenjem, transportom i uslugama vezanim za hranu. HACCP sistem počeo da se primenjuje u industriji hrane početkom 70-ih godina najpre u SAD, Codex Alimentarius je objavio prvi standard 1969. godine, a u EU je HACCP postao obavezan usvajanjem Regulative EC/178/2002.

Pored Zakona o bezbednosti hrane kao krovnog zakona, važni prateći propisi koji omogućavaju uspostavljanje sveobuhvatnog sistema bezbednosti hrane „od njive do trpeze” su propisi o higijeni hrane, mikrobiološkim kriterijumima i službenoj kontroli hrane, propisi o hemijski zagađivačima, aditivima, novoj hrani, materijalima koji dolaze u kontakt s hranom, dijetetskim proizvodima, dodacima ishrani i dr., a veoma značajni su i propisi o deklarisanju i označavanju hrane.

Cilj ovog rada je sagledavanje značaja i potrebe za analizom bezbednosti biljnih ulja i masti, margarina i dr., kao i osvrt na metode određivanja, pregled rezultata dobijenih u periodu 2019-2023. godine, kao i poređenje ovih rezultata tokom navedenog perioda.

MATERIJAL I METODE RADA

Kontrolom kvaliteta, SP Laboratorija je počela da se bavi još od svog osnivanja 1983. godine. Za sva ispitivanja koja su rađena SP Laboratorija je akreditovana prema SRPS ISO/IEC 17025: 2017 (obim akreditacije dostupan na sajtu Akreditacionog tela Srbije, www.ats.rs).

Za analizu u ovom radu korišćeni su podaci dobijeni u SP Laboratoriji, analizom uzoraka biljnih ulja i masti, margarina sa tržišta u periodu od 2019. do 2023. godine. Metodologija rada je u potpunosti u skladu sa propisima EU vezanim za kvalitet hrane.

Neka od zahtevanih ispitivanja se ne rade u SP Laboratoriji. Takvi uzorci se šalju na ispitivanja u druge laboratorije koje moraju biti akreditovane za data ispitivanja. U tabeli 1 je dat prikaz analiza koje se rade u SP Laboratoriji i analiza koje se rade u ugovorenim laboratorijama.

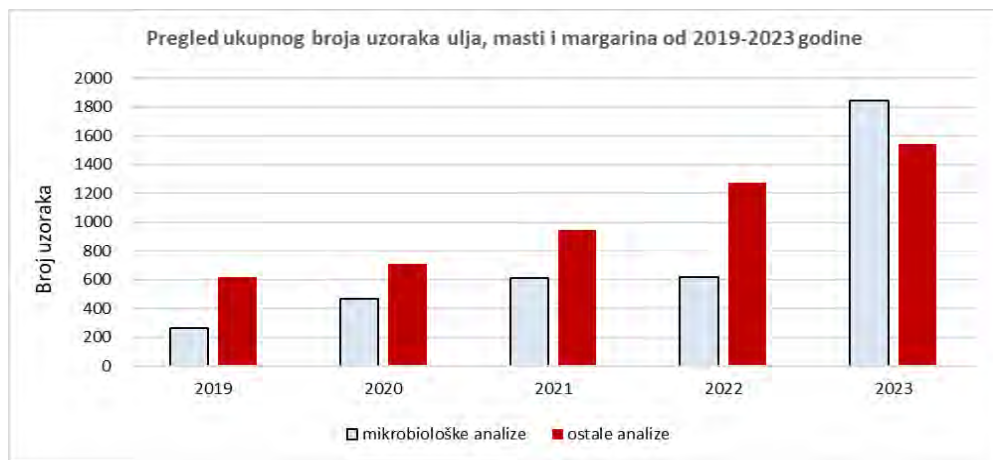
Tabela 1. Analize koje se rade u SP Laboratoriji i analize koje se rade u ugovorenim laboratorijama

Table 1. Analyzes performed in the SP Laboratory and analyzes performed in contracted laboratories

SP Laboratorija SP Laboratory	Ugovaranje Contracted
Senzorika	Radiologija
Pregled deklaracije	Dioksini, Furani, PCB slični dioksinima, PCB koji nisu slični dioksinima
Kvalitet	3-monohlorpropan-1,2-diol (3-MCPD) (slobodan i vezan, uključujući glicidol), 3-monohlorpropan-1,2-diol (3-MCPD) (slobodan i vezan)
Mikrobiologija	Glicidol
Kontaminenti: - teški metali - eruka kiselina - mikotoksini - benzo(a)piren - PAHs - PCBs (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180) - akrilamid	2-monohlorpropan-1,3-diol (2-MCPD) (slobodan i vezan)
Rezidue pesticida uključujući i: - etilen oksid	MOSH/MOAH

REZULTATI I DIKUSIJA

U periodu od 2019. do 2023. godine, u SP Laboratoriji, je analizirano više hiljada uzoraka biljnih ulja i masti i margarina, slika 1.

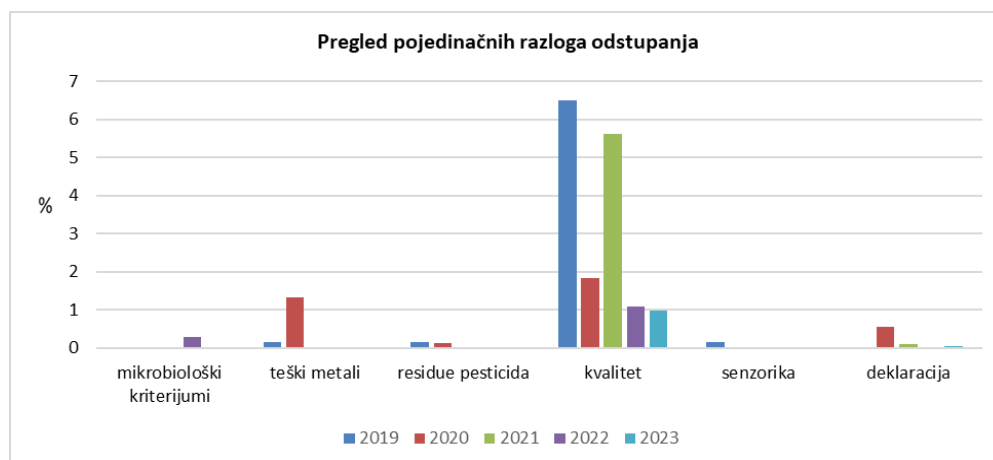


Slika 1. Broj uzoraka u periodu 2019-2023. godine

Figure 1. Number of samples from 2019-2023 year

Tokom perioda od 5 godina analizirano je oko 10000 uzoraka biljnih ulja i masti, margarina. Broj uzoraka je konstantno rastao, da bi 2023. godine, u odnosu na 2019. godinu bio skoro četiri puta veći.

Na slici 2 prikazan je procentualni udeo pojedinačnih razloga odstupanja za određene parametre bezbednosti.



Slika 2. Pregled pojedinačnih razloga odsupanja od zadatih parametara po godinama

Figure 2. Overview of individual reasons for deviation of the given parameters by the years

Dobijeni rezultati ukazuju na to da je u periodu od 2019. do 2023. godine:

- Procenat uzoraka koji mikrobiološki nije odgovarao Pravilniku o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa (Službeni glasnik RS br. 72/2010 i 62/2018) ili proizvođačkoj specifikaciji, 2022. godine je bio ispod 0,3%, dok ostalih godina svi uzorci su bili mikrobiološki ispravni.

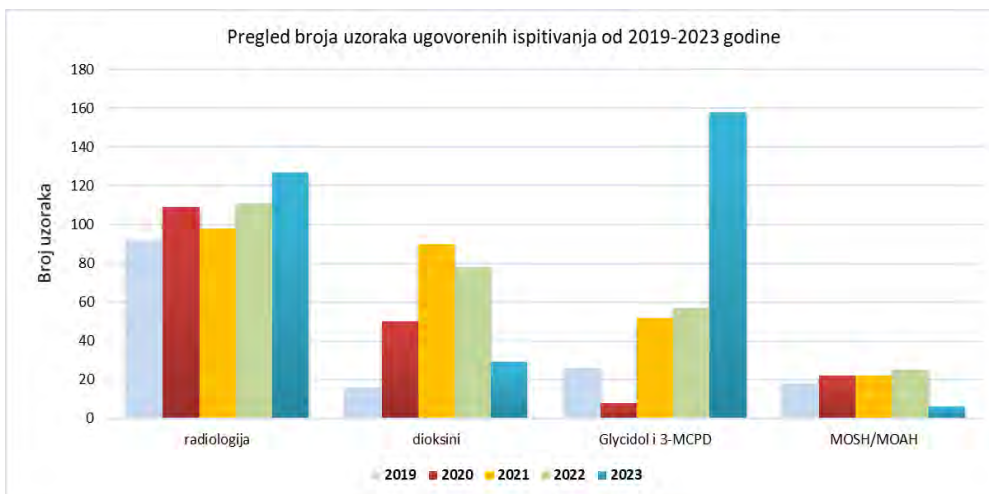
- Procenat uzoraka koji nije odgovarao Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021, 127/2022, 110/2023) i Commission Regulation (EU) No 2023/915 of 25 April 2023, as amended, on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006 i proizvođačkoj specifikaciji po pitanju sadržaja teških metala je 2019. godine bio ispod 0,2%, da bi se 2020. godine povećao na 1,3%. Od 2021. godine do 2023. godine nije bilo uzoraka sa nezadovoljavajućim vrednostima sadržaja teških metala. Po pitanju ostalih rezidua (PAHs, PCBs, eruka kiselina) svi uzorci su bili ispravni.

- Procenat uzoraka u kojima sadržaj rezidua pesticida nije odgovarao Pravilniku o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje (Službeni glasnik RS br. 91/2022) je 2019. godine i 2020. godine bio ispod 0,2%. Od 2021. godine do 2023. godine nije bilo neodgovarajućih uzoraka.

- Najčešći razlog za neispravnost uzoraka je bio kvalitet. Tokom posmatranog perioda od svih uzoraka koji su bili neispravni, u preko 90% slučajeva, uzrok je bio odstupanje parametara kvaliteta. Od ukupnog broja analiziranih uzoraka, procenat uzoraka koji nije odgovarao Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo biljno ulje i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode (Službeni list SCG br. 23/2006), standardima i proizvođačkim specifikacijama je 2019. godine i 2021. godine bio oko 6,0%, 2020. godine je bio oko 2,0% a 2022. godine je pao na 1% i tako je i ostao i 2023. godine. Od analiziranih uzoraka samo 2019. godine u 0,1% slučajeva senzorika nije zadovoljila. Od 2020. godine svi uzorci su bili ispravni.

- Procenat uzoraka čija deklaracija nije odgovarala zahtevima Pravilnika o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane (Službeni glasnik RS br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022) je najveću vrednost imao 2020. godine, oko 0,5% da bi 2023. godine pao ispod 0,1%.

Od zahtevanih ispitivanja koja se ne rade u SP Laboratoriji, broj uzoraka koji je poslat na ugovaranje prikazan je na slici 3.

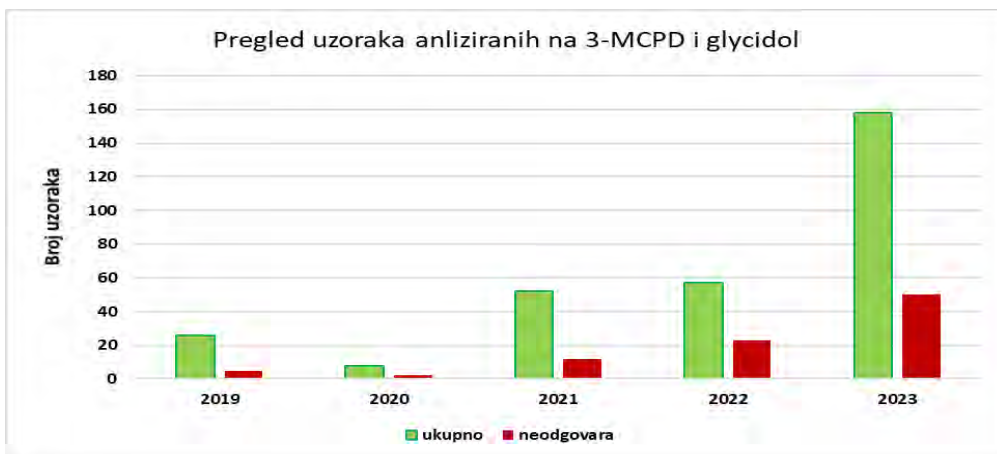


Slika 3. Broj uzoraka ugovorenih ispitivanja u periodu 2019-2023. godine

Figure 3. Number of samples contracted analysis from 2019 to 2023 year

- Broj uzoraka u kojima je rađena radiologija je od 2019. godine u blagom porastu. U ovom periodu (od 2019. do 2023. godine) nije bilo neispravnih uzoraka.
- Broj uzoraka u kojima su rađeni dioksini varirao je od godine do godine, ali tokom ovog perioda (od 2019. do 2023. godine), svi uzorci su odgovarali Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021, 127/2022 i 110/2023) i Commission Regulation (EU) No 2023/915 of 25 April 2023, as amended, on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006.
- U proteklih 5 godina primećen je značajan porast broja uzoraka biljnih ulja i masti u kojima su rađene analize, Glicidyl fatty acid esters, expressed as glycidol i 3-MCPD. Broj uzoraka u 2023. godini je bio tri puta veći nego 2021.godine. Do 2022. godine je po Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021 i 118/2021), bilo predviđeno da se u biljnim uljima i mastima radi samo glicidol. Pravilnik o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021 i 127/2022) od februara 2022. godine precizira da u biljnim uljima i mastima pored glicidola treba da se radi i 3-MPCD.
- Od 2019. do 2023. godine bilo je uzoraka koji nisu zadovoljili kriterijume date u Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021, 127/2022 i 110/2023) i Commission Regulation (EU) No 2023/915 of 25 April 2023, as amended, on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No

1881/2006 po pitanju ova dva parametara. Na slici 4 prikazan je broj uzoraka koji nije zadovoljio kriterijume za glicidol i 3-MCPD .



Slika 4. Broj uzoraka analiziranih na glicidol i 3-MCPD u periodu 2019-2023 godine

Figure 4. Number of samples analyzed on glycidol i 3-MCPD from 2019 to 2023 year

- Oko trećina analiziranih uzoraka je imala veće vrednosti za ova dva parametra nego što je definisano u Pravilniku o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021, 127/2022 i 110/2023).

- Za mineralna ulja MOSH/MOAH još uvek nema zvanične EU regulative, postoji samo preporuka komisije EU 84/2017 o praćenju ugljovodonika iz mineralnih ulja u hrani i materijalima koji dolaze u dodir sa hranom.

U slučaju kada neki od parametara bezbednosti odstupa u znatnoj meri i postoji mogućnost da ugrozi zdravlje ljudi postoji način međunarodnog oglašavanja putem **RASFF – Rapid Alert System for Food and Feed**, sistema brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje. To je sistem za prijavljivanje pitanja bezbednosti hrane i hrane za životinje u Evropskoj uniji uspostavljen Uredbom 178/2002 od 28. januara 2002. godine, koja je stupila na snagu 21. februara 2002. godine. Od 2002. godine do danas se na ovoj listi od biljnih ulja i masti našlo maslinovo ulje iz Grčke, slika 5.

ID	Category	Product	Date	Origin	Notification	Severity	
2024.3563	Feed materials	feed	Sunflower meal, pellets	3 MAY 2024	Sweden	information notification for follow-up	not serious
2024.3562	Herbs and spices	food	Multiple pesticide residues in peppers from Viet Nam	3 MAY 2024	France	border rejection notification	potentially serious
2024.3561	Fats and oils	food	Unauthorized substance chlortrifos in olive oil from Greece	3 MAY 2024	Denmark	alert notification	serious
2024.3559	Dietetic foods, food...	food	Food supplement with Chelidonium majus L from Luxembourg	3 MAY 2024	Belgium	alert notification	potentially serious
2024.3557	Fruits and vegetables	food	Acephate in green beans from Kenya	3 MAY 2024	France	border rejection notification	not serious

Slika 5. Primer RASFF liste sistema brzog uzbunjivanja
Figure 5. Example of a RASFF Rapid Alert System list

ZALJUČAK

Svakom parametru bezbednosti mora se pristupiti sa posebnom pažnjom. Proizvođači imaju primarnu odgovornost za plasman bezbednih proizvoda na tržište, što zahteva praćenje zakonske regulative u svim segmentima proizvodnje. Kontrola kvaliteta kako međufaznih, tako i finalnih proizvoda je drugi, veoma bitan, činilac, koji obezbeđuje da jedemo kvalitetnu i bezbednu hranu.

LITERATURA

- Bezbednost hrane u Republici Srbiji broj: 400-493/2023-04/39 Beograd, 25. decembar 2023. godine (Čl. 43, st. 1, Zakona o Vladi, Službeni glasnik RS br. 55/2005, 71/2005 - ispravka, 101/2007, 65/2008, 16/2011, 68/2012-US, 72/2012, 7/2014 - odluka US, 44/2014 i 30/2018 - dr. zakon).
- Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on Maximum Levels for Certain Contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006).
- Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane (Službeni glasnik RS br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022).
- Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama (Službeni list SRJ br. 5/1992, 11/1992 - ispr., 32/2002, Službeni glasnik RS br. 25/2010 - dr. pravilnik i 28/2011 - dr. pravilnik).
- Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo biljno ulje i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode (Službeni list SCG br. 23/2006).
- Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo maslinovo ulje i jestivo ulje komine masline (Službeni list SRJ br. 54/1999).
- Pravilnik o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminata u hrani (Službeni glasnik RS br. 81/2019, 126/2020, 90/2021, 118/2021, 127/2022, 110/2023).

Pravilnik o maksimalno dovoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje (Službeni glasnik RS br. 91/2022).

Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa (Službeni glasnik RS br. 72/2010 i 62/2018).

Pravilnik o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS br. 53/2018).

SRPS E.K1.020: 2014 Sirovo suncokretovo ulje.

SRPS E.K1.022: 2014 Sirovo ulje od uljane repice sa niskim sadžajem eruka kiseline.

SRPS E.K1.025:2014 Odsluženo sirovo ulje soje.

Zakon o bezbednosti hrane (Službeni glasnik RS br. 41/2009).

Zakon o genetički modifikovanim organizmima (Službeni glasnik RS br. 41/2009).

ENZIMSKA HIDROLIZA POGAČE ULJANE REPICE: DOBIJANJE BIOLOŠKI AKTIVNIH PROTEINSKIH HIDROLIZATA

Ljiljana Popović¹, Pavle Jovanov², Branislava Đermanović², Danka Dragojlović², Bojana Šarić²

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije
u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Potencijalni izvor biljnih proteina, zbog lakog uzgoja i proteinski bogate uljane pogače kao nusproizvoda u procesu ekstrakcije ulja, može biti uljana repica. Konvencionalni način dobijanja proteina - alkalna ekstrakcija uz izoelektrično taloženje, u ovom radu je zamenjena direktnom enzimskom hidrolizom pogače uljane repice u cilju povećanja prinosa proteina i dobijanja hidrolizata unapređenih osobina. Hidroliza je izvedena primenom dva enzima, alkalaza i pepsin, određen je stepen hidrolize i okarakterisani dobijeni hidrolizati primenom elektroforeze. Pored toga, dobijenim hidrolizatima je određen antioksidativna aktivnost. Rezultati su pokazali da se sa primenom oba ispitivana enzima dobijaju proteinski hidrolizati koji se odlikuju visokim antioksidativnim osobinama, što ih čini potencijalno dobrim za primenu u različitim formulacijama prehrambenih proizvoda.

Ključne reči: pogača uljane repice, enzimska hidroliza, bioaktivni hidrolizati.

ENZYMATIC HYDROLYSIS OF RAPESEED CAKE: OBTAINING BIOACTIVE PROTEIN HYDROLYSATES

ABSTRACT

A potential source of vegetable protein, due to its easy cultivation and protein-rich oil cake as a by-product in the oil extraction process, can be rapeseed. The conventional way of obtaining protein - alkaline extraction with isoelectric precipitation, in this work was replaced by direct enzymatic hydrolysis of rapeseed cake in order to increase the protein yield and obtain hydrolysate with improved properties. Hydrolysis was performed using two enzymes, alcalase and pepsin, the degree of hydrolysis was determined and the obtained hydrolysates were characterized using electrophoresis. In addition, the antioxidant activity of the obtained hydrolysates was determined. The results showed that protein hydrolysates obtained with the application of both tested enzymes are characterized by high antioxidant properties, which makes them potentially good for use in different formulations of food products.

Key words: rapeseed cake, green extraction, food proteins.

UVOD

Uljane pogače, kao ostaci nakon ekstrakcije ulja iz uljarica predstavljaju vredan nusproizvod uljane industrije (Mailer, 2016). U sastavu uljanih pogača u najvećoj meri su zastupljeni proteini (23–46%) i vlakna (20–49%), kao i druge minorne komponente (Arrutia i sar., 2020). Zbog svog hemijskog sastava, one su veoma atraktivne kao održivi izvor vrednih sastojaka. Najveći izazov za dobijanje vrednih proizvoda predstavlja prisustvo pojedinih antinutrijenta, čiji sadržaj zavisi od vrste i sorte uljarica (Mailer, 2016; Arrutia i sar., 2020). Tradicionalno, sačma i pogače uljarica se koriste kao stočna hrana i kompost zemljišta, što čini ekonomski isplativo iskorišćenje ovih nusproizvoda bez dodatnih troškova. U poslednjim godinama one su prepoznate kao izvor za proizvodnju ciljanih bioaktivnih jedinjenja, uglavnom proteina, ugljenih hidrata i fenolna jedinjenja (Teh i sar., 2015; Kotecka-Majchrzak i sar., 2020).

Uljana repica je jedna među najrasprostranjenijim uljanim kulturama u svetu. Posle niza godina neprestanog porasta proizvodnje, dostigla je drugo mesto na svetskom tržištu, sa 90 miliona tona u 2023. godine, a očekuje se da će nastaviti sa povećanjem (FAOSTAT, 2023). Logično, svetska proizvodnja pogače uljane repice takođe raste, i nameće potrebe za valorizacijom ovog vrednog nusproizvoda.

Prema izveštaju koji je objavio Fortune Business Insights (2021) (Ferrero i sar., 2021), globalno tržište proteinskih suplemenata na biljnoj bazi se predviđa da će porasti sa 5,40 milijardi dolara u 2021. godini na 7,84 milijarde dolara u 2028. godini, sa godišnjom stopom rasta (CAGR) od 5,5% u predviđenom periodu. Najveći izazovi u proizvodnji hrane na biljnoj bazi su ograničeni resursi i preveliki troškovi proizvodnje. Dakle, rastuća potražnja za alternativnim proteinima nameće porast istraživanja u oblasti proteinskih izolata i hidrolizata koji sadrže bioaktivne peptide.

Hidrolitička razgradnja proteina velike molekulske mase do proteina niske molekulske mase, dejstvom enzima, je osnovni princip proizvodnje proteinskih hidrolizata (HP) enzimskom hidrolizom. Koristeći različite enzime i promenljive proteolitičke uslove, kao što su pH, temperatura, vreme, i enzim – supstrat odnos, može se dobiti ogroman dijapazon različitih proteinskih hidrolizata u pogledu fizičkih, hemijskih, funkcionalnih i bioloških osobina. Veliki broj proteaza životinjskog, biljnog i mikrobiološkog porekla se koriste za hidrolizu proteina u peptide. Jedan od najčešće korišćenih enzima je Alcalase®, koja se smatra endopeptidazom koja može da hidrolizuje proteine u središtu lanca aminokiselina i proizvodi peptidi koji se odlikuju funkcionalnim i biološkim svojstvima kao što su antioksidantno, antimikrobno i antihipertenzivno dejstvo (Pan i sar., 2011; Dabbour i sar., 2019; Tacias-Pascacio i sar., 2020). Pored nje, Flavourzime® je enzim kojim se dobijaju peptidi sa antioksidativnim delovanjem i zdravstveno pozitivnim

svojstvima (Popović, 2022). Pored njih i enzimi digestivnog trakta, pepsin i tripsin takođe su se uspešno dokazali kao delotvorni u ove svrhe (Velliquette i sar., 2020). Prvi korak u produkciji bioaktivnih peptide je izolacija proteina. Nakon toga sledi enzimska hidroliza, i, u nekim slučajevima, prečišćavanje proteina prema molekulskim masama (Popović, 2022). Ovaj postupak podrazumeva primenu niza koraka u procesu dobijanja peptide. Kao alternativa može se izostaviti proces izolacije proteina i direktno primenuti enzimsku hidrolizu na uljanu pogaču, čime bi proces dobijanja bioaktivnih peptide bio značajno kraći i ekonomski prihvatljiviji. U ovom kontekstu, cilj ovog rada bio je da se predloži novi proces proizvodnje proteinskih hidrolizata primenom različita dva enzima za hidrolizu pogače uljane repice, fokusirajući se na izostavljanje faza izolacije proteina. Takođe ispitana je antioksidativna aktivnost dobijenih hidrolizata. Rezultati ovog istraživanja bi mogli ponuditi novu proceduru za valorizaciju pogače uljane repice kroz dobijanje proteinskih hidrolizata i njihov *scale-up* na industrijski nivo.

MATERIJAL I METODE RADA

Proces enzimске hidrolize

Prethodno obezmaščena pogača uljane repice podvrgava se tretmanu uklanjanja fenola. Ekstrakcija fenola vršena je u odnosu 1:20, 60% etanolom u trajanju od 1 h. Predtretirana pogača suspendovana je u TRIS-HCl 0,2M puferu u odnosu 1:20 uz održavanje odgovarajućih reakcionih uslova za enzime alkalazu ($t=50^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=8$) i pepsin ($t=37^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=2,5$). Hidroliza alkalazom vršena je u odnosu enzim supstrat $E/S=1/50$, dok je hidroliza pepsinom vršena u odnosu $E/S=1/25$. Hidroliza je trajala 180 minuta, uz uzimanje alikvota u određenim vremenskim intervalima. Alikvoti se nakon uzimanja tokom hidrolize 10 min kuvaju na temperaturi od 90°C radi inaktivacije enzima, nakon čega se centrifugiraju 5 minuta na 14000 rpm (Eppendorf mini spin plus). Dobijeni supernatant koji se koristi se čuva u zamrzivaču za dalje analize.

Određivanje stepena hidrolize

Stepen hidrolize (eng. *Degree of Hydrolysis* DH) određen je primenom trihlorsirćetne kiseline TCA prema metodi opisanoj od strane Tsumura i sar. (1999). Vrednost DH je izračunata prema jednačini:

$$\text{DH}(\%) = (C_{\text{TCA}}/C_{\text{UK}}) \times 100$$

gde je: C_{TCA} - koncentracija rastvorljivih proteina u TCA frakciji, C_{UK} - koncentracija ukupnih proteina u hidrolizatu.

Prinos hidrolize

Za izračunavanje masenog i proteinskog prinosa, korišćene su sledeće formule:

$$\text{Maseni prinos(\%)} = (\text{masa hidrolizata} / \text{početna masa izvora proteina}) \times 100$$

$$\text{Proteinski prinos (\%)} = (\text{masa proteina u proteinskom hidrolizatu} / \text{početna masa proteina u izvoru}) \times 100$$

Određivanje antioksidativne aktinosti DPPH metodom

Ovo ispitivanje obavljeno je po metodi Morales i Jimenez-Perez (2001).

Određivanje antioksidativne aktivnosti ABTS metodom

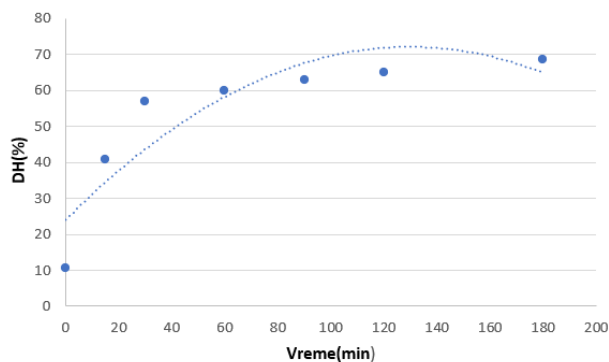
Ovaj test je preciziran ABTS testom dekolorizacije radikala katjona kako su definisali Re i sar. (1999).

SDS-PAGE elektroforeza

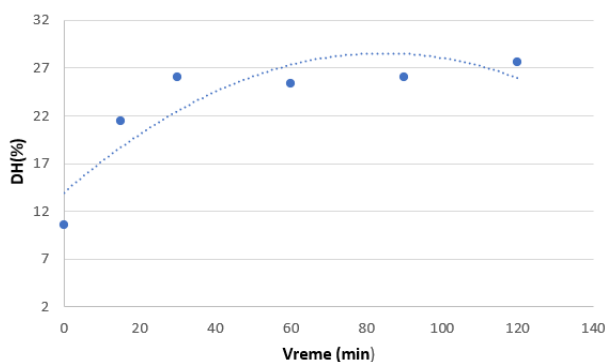
Proteinske podjedinice uzorka proteinskih uzoraka razdvojene su metodom koju je opisao Laemmli, 1970. Sistem gela se sastoji od dva gela, 4 % v/v akrilamidnog gela za slaganje (gel za uzorke) i 10% (v/v) gela za odvajanje akrilamida. Uzorci (1 mg/mL) su pripremljeni rastvaranjem u Tris/Gli puferu (pH 6,8) koji sadrži 20 g/L SDS i 50 g/L 2- merkaptoetanol. Nakon pripreme gelova i uzoraka, aparat za elektroforezu (Multi Drive KSL, Pharmacia, Upsala, Švedska) je pušten u rad na 50 mA, na 25°C, sve dok obojeni tragač dođe do dna svakog gela. Kada je elektroforeza završena, gelovi su bojeni u zavisnosti od vrste i koncentracije uzoraka na dva načina: Gelovi su obojeni sa 0,2% (v/v) Coomassie brilliant blue R-250 u 10% (v/v) sirćetnoj kiselini tokom 30 minuta: 50% (v/v) metanolu, a nakon toga su obezbojavani tokom 48 h sa 10% (v/v) sirćetne kiseline koja sadrži 40% (v/v) metanola.

REZULTATI I DISKUSIJA

Enzimski hidroliza izvedena je na pogači uljane repice primenom dva enzima: alkalaze i pepsina. Izbor ovih enzima je bio taj jer je u pitanju jedna alkalna i jedna kisela proteaza i na taj način je ispitan i uticaj pH na početnu rastvorljivost i dostupnost samih proteina dejstvu enzima. Tok hidrolize je praćen preko vrednosti stepena hidrolize (DH). Na slici 1 predstavljeni su DH(%) hidrolizata tretirani pepsinom (a) i alkalazom(b).



(a)



(b)

Slika 1. Tok hidrolize pogače uljane repice primenom: (a) pepsina, (b) alkalaze
Figure 1. The course of hydrolysis of oilseed cake using: (a) pepsin, (b) alkalase

Sa slike 1 se vidi da oba hidrolizata pokazuju sličan trend porasta vrednosti DH tokom vremena. Kod proteinski hidrolizata tretiranih pepsinom (PHP) tokom prvih 30 minuta nakon dodavanja pepsina DH dostiže vrednost od 56%, dalja hidroliza ne dovodi do značajnih promena jer nakon nje maksimalni iznos DH iznosi 68%. Proteinski hidrolizati tretirani alkalazom (PHA) imaju manje vrednosti DH, što ukazuje na potencijalnu rastvorljivost proteina u alkalnoj sredini. Tok hidrolize alkalazom je sličan, dostiže vrednost od 26% nakon 30 minuta, a dalja hidroliza ne pokazuje značajne promene u vrednosti DH.

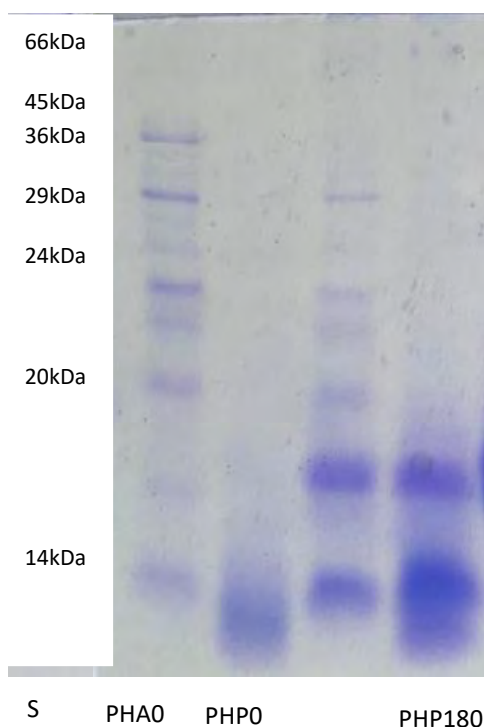
U Tabeli 2 prikazani su maseni i proteinski prinosi hidrolizata dobijenog primenom pepsina (PHP) i alkalaze (PHA). Maseni prinos PHP (34%) je znatno veći od masenog prinosa PHA, dok je proteinski prinos PHA veći od PHP za 15%.

Tabela 2. Maseni i proteinski prinosi hidrolizata

Table 2. Mass and protein yields of hydrolyzates

	PHP	PHA
MP(%)	34,00 ±1,22	26,00±0,98
PP(%)	30,30±1,22	45,54±0,98

Na slici 2 prikazan je SDS-PAGE profil proteinskih hidrolizata tretirani alkalazom i pepsinom neposredno nakon dodavanja enzima i nakon hidrolize u trajanju od 180 minuta. Posmatrajući dobijeni elektroforetski profil proteina u nultom vremenu hidrolize (trake PHA0 i PHP0), zaključuje se da ih karakterišu popipeptidni lanci niskih molekulskih masa, prikazane polipeptidnim trakama između 14 i 66 kDa.

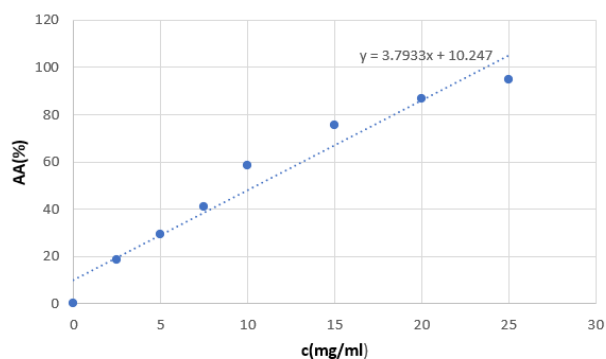


Slika 2. SDS-PAGE profil proteinskih hidrolizata u nultom i 180-om minutu hidrolize alkalazom(PHA0, PHA180) i pepsinom (PHP0, PHP180) zajedno sa standardom proteinskih markera (linija S)

Figure 2. SDS-PAGE profile of protein hydrolysates at the zero and 180th minute of hydrolysis with alkalase (PHA0, PHA180) and pepsin (PHP0, PHP180) together with the standard of protein markers (line S)

Nakon hidrolize od 180 minuta u oba zorka (PHA180 i PHP180) dominira prisustvo dve grupe intenzivnih traka koje odgovaraju molekulskim masama manjim od 14 i 20 kDa. Najzastupljenije frakcije nalaze se na polipeptidnim trakama od 14 kDa, i pripadaju albuminima. Ovo dokazuje da je primenom enzima došlo do hidrolize proteinskih frakcija većih molekulske mase i da su kao rezultat dobijeni hidrolizati malin molekulske mase.

Antioksidativna aktivnost hidrolizata ispitivana je testovima neutralizacije DPPH radikala i ABTS radikal katjona. Antioksidativna aktivnost (AA) proteinskih hidrolizata prikazana je preko grafičke zavisnosti AA i koncentracije uzorka (Slike 3,4). DPPH test nije mogao da se primeni na uzorke dobijene primenom alkalaze. Razlog je pH vrednost hidrolizata koja je alkalna i u tom slučaju etanol prisutan u reagensu je izazavao taloženje prisutnih proteina.

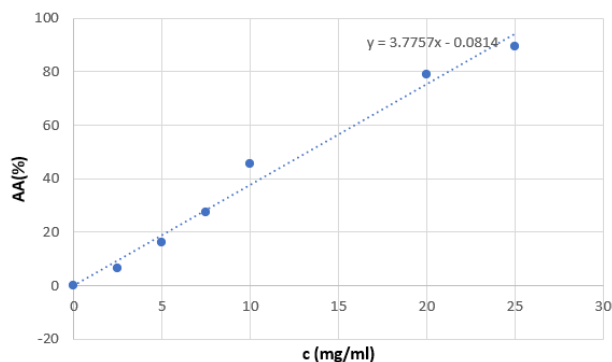


Slika 3. Zavisnost antioksidativne aktivnosti od koncentracije proteinskih hidrolizata za PHP

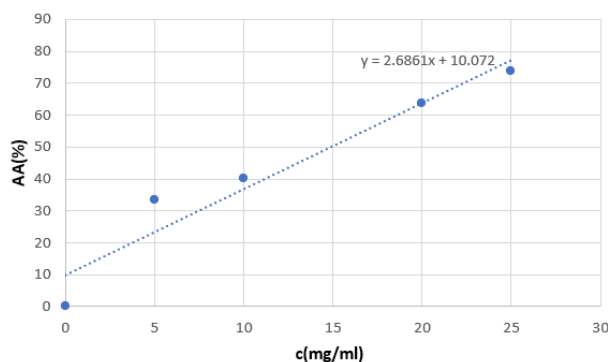
Slika 3. Dependence of antioxidant activity on concentration of protein hydrolysates for PHP

Sa slike 3 se vidi da antioksidativna aktivnost linearno raste sa porastom koncentracije hidrolizata, čime je pokazan tzv. „dose response” efekat. ABTS test je primenjen na oba hidrolizata i takođe predstavljen u funkciji koncentracije hidrolizata.

Rezultati dobijeni ABTS testom (slika 4) imaju nešto veće vrednosti u odnosu na DPPH, što zavisi od prirode uzorka i uslova metode. Na osnovu grafičke zavisnosti AA od koncentracije, takođe možemo zaključiti da PHP (a) i PHA (b) imaju dobar antioksidativni kapacitet, kako se vrednost AA povećava sa koncentracijom. Antioksidativna aktivnost je izražena kod oba uzorka u početnim koncentracijama od 5mg/ml, i iznosi za PHP 16,02% i za PHA 33,58%, dok pri većoj koncentraciji doseže do 89% i 73,88%.



(a)



(b)

Slika 4. Zavisnost antioksidativne aktivnosti od koncentracije proteinskih hidrolizata za PHP (a) i PHA (b)

Figure 4. Dependence of antioxidant activity on protein hydrolyzate concentrations for PHP (a) and PHA (b)

Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da oba hidrolizata imaju dobar antioksidativni kapacitet. Ova osobina prikazuje njihov dobar biološki efekat nakon konzumiranja, predstavljajući još jedan dobar razlog za njihovo korišćenje kao sam proizvod ili dodatak drugim prehrambenim proizvodima.

ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih istraživanja i dobijenih rezultata može se zaključiti da proteinski hidrolizati uljane repice, ispitivani direktno na pogaču bez prethodnih tretmana daju dobre rezultate kao potencijalni izvor biljnih proteina iz nusproizvoda industrije ulja. Činjenica da hidrolizati pokazuju dobru antioksidativnu aktivnost, ukazuje na kvalitet izvršene hidrolize bez prethodno izvršene izolacije proteina.

Ovaj tip enzimske hidrolize ima značajan potencijal za lakši i jednostavniji *scale-up* proces.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano sredstvima Fonda za nauku Republike Srbije, broj projekta: 6673, pod nazivom: „PROTein from Rapeseed Oil Processing Waste: Application in Food and Wastewater Treatment – PROTOPOWER”.

LITERATURA

- Arrutia, F., Binner, E., Williams, P., Waldron, K. W. (2020). Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. *Trends in Food Science & Technology*, 100(1), 88–102.
- Dabbour, M., He, R., Mintah, B., & Ma, H. (2019). Antioxidant activities of sunflower protein hydrolysates treated with dual-frequency ultrasonic: Optimization study. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), 1–12.
- FAOSTAT (2023). FAO Statistical Database. Value of Agricultural Production. <https://www.fao.org/faostat/>.
- Ferrero, R. L., Soto-Maldonado, C., Weinstein-Oppeneheimer, C., Cabrera-Muñoz, Z., Zúñiga-Hansen, M. E. (2021). Antiproliferative rapeseed defatted meal protein and their hydrolysates on mcf-7 breast cancer cells and human fibroblasts. *Foods*, 10(2), 1–14.
- Kotecka-Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., & Montowska, M. (2020). Oilseed proteins – properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science & Technology*, 106(1), 160–170.
- Laemmli, U.K., (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680–685.
- Mailer, R. J. (2016). The oilseeds. In *Encyclopedia of food grains* (2nd ed.). Elsevier Ltd.
- Morales, F. J., Jimenez-Perez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to color and fluorescence. *Food Chemistry*, 72, 119–125.
- Pan, M., Jiang, T. S., Pan, J. L. (2011). Antioxidant activities of rapeseed protein hydrolysates. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1144–1152.
- Popović, Lj., Protein ii biohemijske transformacije, Tehnološki fakultet Novi Sad, 2022.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231–1237.
- Tacias-Pascacio, V. G., Morellon-Sterling, R., Siar, E., Tavano, O., Berenguer-Murcia, A., Fernandez-Lafuente, R. (2020). Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165(B), 2143–2196.
- Teh, S.-S., El-Din, A., Bekhit, A. (2015). Utilization of oilseed cakes for human nutrition and health benefits. In: *Agricultural biomass based potential materials*, pp. 191–229.
- Tsumura, K, Kugimya, W., Bando, N., Hiemori, M., Ogawa, T. (1999). Preparation of hypoallergic soybean protein with processing functionally by selective enzymatic hydrolysis. *Food Science Technology*, 5, 171-175.

Velliquette, R. A., Fast, D. J., Maly, E. R., Alashi, A. M., Aluko, R. E. (2020). Enzymatically derived sunflower protein hydrolysate and peptides inhibit NFκB and promote monocyte differentiation to a dendritic cell phenotype. *Food Chemistry*, 319 (1), 1–7.

UTICAJ VRSTE NAMENSKIH MASTI NA OKSIDATIVNU STABILNOST KEKSA TOKOM SKLADIŠTENJA

*Ivana Lončarević¹, Milica Stožinić¹, Biljana Pajin¹, Zorica Stojanović², Danica Zarić³,
Suzana Aleksić⁴, Jelena Škrbić⁴, Maja Ćurković⁴*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Victoriaoil d.o.o., Šid, Srbija

³Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu d.o.o., Beograd, Srbija

⁴Dijamant d.o.o., Zrenjanin, Srbija

IZVOD

U radu je ispitan uticaj tri vrste namenskih masti (hidrogenovana mast - H, margarin - M i palmina mast - P) na oksidativnu stabilnost keksa tokom godinu dana skladištenja na sobnoj temperaturi. Najpre su analizirane toplotne i teksturalne karakteristike navedenih masti, a zatim su pomenute masti korišćene u proizvodnji keksa, pri čemu su dobijeni sledeći uzorci: KEKS-H, KEKS-M i KEKS-P. U cilju određivanja oksidativne stabilnosti masti primenjene su 2 metode: metoda ubrzane oksidacije na uređaju RapidOxy 100 i Rancimat test, dok je oksidativna stabilnost keksa određena primenom uređaja RapidOxy100.

Ključne reči: masti, keks, toplotne osobine, čvrstoća, RapidOxy 100, Rancimat test.

THE IMPACT OF EDIBLE FATS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF COOKIES DURING STORAGE

ABSTRACT

The paper examined the influence of three types of edible fats (hydrogenated fat - H, margarine - M, and palm fat - P) on the oxidative stability of cookies during one year of storage at room temperature. First, the thermal and textural characteristics of the mentioned fats were analysed, and then these fats were used in the production of cookies, resulting in the following samples: COOKIE-H, COOKIE-M, and COOKIE-P. In order to determine the oxidative stability of the fats, two methods were applied: accelerated oxidation method using the RapidOxy 100 device and the Rancimat test, while the oxidative stability of the cookies was determined using the RapidOxy100 device.

Keywords: fats, cookies, thermal properties, texture, RapidOxy 100, Rancimat.

UVOD

Čajno pecivo je vrsta keksa koji ima veći sadržaj masti i šećera u odnosu na tvrdi keks i kreker (Manley, 2011b), te je izbor masti za ovu vrstu proizvoda veoma bitan. Namenske masti koje se koriste pri zamesu testa za keks su najčešće masti koje su dobijene modifikacijom mešavine biljnih ulja i veoma često se nazivaju „šorteninzi”. Naziv „šortening” potiče od toga što mast skraćuje i podmazuje glutenske segmente,

odnosno „skraćuje testo”, što utiče na olakšanu obradivost i oblikovanje testa, kao i na bolju topivost gotovog proizvoda. Šortening je po pravilu čista mast, proizvedena modifikacijom mešavine rafinisanog ulja (sa ili bez emulgatora), koja obezbeđuje šorteningu širok temperaturni interval topljenja, odnosno plastičnost. U proizvodnji specijalnih vrsta keksa može se koristiti i maslac, koji predstavlja mešavinu mlečne masti i vode, čiju stabilnost održavaju mlečni proteini koji deluju kao emulgatori. Pri zamesu testa za keks može se koristiti i imitacija maslaca – margarin, koji se proizvodi modifikacijom (najčešće hidrogenacijom) mešavine rafinisanog biljnog ulja i vode, uz dodatak emulgatora i drugih aditiva. Proizvođači keksa veoma često koriste i palminu mast, koja ne zahteva modifikaciju u vidu hidrogenacije ili interesterifikacije, budući da na radnoj temperaturi od oko 25°C sadrži dovoljnu količinu čvrste faze (oko 20%). Palmina mast kristališe u poželjnom β' kristalnom obliku zbog prisustva velikog broja raznovrsnih masnih kiselina i velikog udela palmitinske masne kiseline, a uz to ima i nižu cenu u poređenju sa ostalim mastima koje se koriste pri zamesu testa za keks (Manley, 2011a). Masti koje imaju naglašene plastične osobine sadrže određeni udeo nezasićenih masnih kiselina koje su podložne procesu oksidacije, odnosno adiciji kiseonika na dvostruke veze. Tokom ovog postupka stvaraju se peroksidi kao primarni produkti oksidacije, koji dalje izazivaju razlaganje masti na aldehide, ketone, alkohole i kiseline, čime prouzrokuju neželjenu izmenu sastava, ukusa i mirisa masti, odnosno proizvoda (Pajin, 2014). U ovom radu su najpre ispitane toplotne i teksturalne karakteristike hidrogenovane masti, margarina i palmine masti, a zatim su pomenute masti korišćene u proizvodnji keksa kako bi se ispitalo njihov uticaj na oksidativnu stabilnost uzoraka tokom 12 meseci skladištenja na sobnoj temperaturi.

MATERIJAL I METODE RADA

U radu je korišćeno 3 uzorka namenskih masti domaćeg proizvođača:

1. Rafinisana biljna mast, proizvedena postupkom delimičnog hidrogenovanja jestivog rafinisanog sojinog ulja (u daljem tekstu H);
2. Rafinisana biljna mast, proizvedena postupkom mešanja jestivog delimično hidrogenovanog sojinog ulja, jestivih rafinisanih biljnih ulja (palminog i suncokretovog ulja), vode i emulgatora (u daljem tekstu M);
3. Rafinisana palmina mast (u daljem tekstu P).

Određivanje sastava masnih kiselina u namenskim mastima

U cilju određivanja sastava masnih kiselina namenskih masti primenjena je gasna hromatografija, prema metodi ISO 5508:1990.

Određivanje toplotnih karakteristika masti

Intervali topljenja masti određeni su primenom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC), korišćenjem uređaja DSC 910, Thermal analyzer 990 i Dynamic mechanical analyzer (TA Instruments, USA), pri čemu se uzorak izlaže brzini zagrevanja od 5°C /min, u temperaturnom intervalu od 25-50°C.

Određivanje teksturalnih karakteristika namenskih masti

U cilju određivanja čvrstoće i rada smicanja namenskih masti primenjena metoda penetracije konusa na sobnoj temperaturi od 25°C, na teksturometru TA.XT Plus (Stable Micro System, UK), prema metodi Margarine Spreadability – MAR4_SR. Korišćeni pribor čine oprema HDP/SR koja obuhvata teg od 5 kg, konusni klip i čašice pričvršćene za metalnu platformu HDP/90.

Proizvodnja keksa - čajnog peciva

Najpre se izračuna masa svake sirovine prema sirovinskom sastavu, kao i količina vode, koja se obračunava na osnovu normativa sirovina. Izračunata količina vode se podeli za potrebe rastvaranja nekih sirovina, a ostatak se kao slobodna voda dozira u zames. U mesilicu se dozira brašno, mast i šećer u prahu i meša 5,5 minuta pri brzini od 60 o/min. Zatim se dodaju rastvori svih ostalih sirovina i destilovana voda, mesilica poklopi i testo mesi 15 minuta. Sitno grudvasto testo se ručno presuje na uređaju za presovanje pri čemu poprima oblik niskog valjka. Zatim se testo prenese na traku reverzibilnog laminatora i izrađuje se testana traka propuštanjem testa dva puta u oba smera između dva valjka čiji zazori iznose 14, 10, 6 mm. Zatim se testana traka prenese na gumenu ploču i oblikuje testo utiskivanjem kalupa na površinu testane trake. Oblikovano testo se prenese na lim za pečenje i čajno pecivo se peče 15 minuta na temperaturi 230°C (Pajin, 2009).

Određivanje oksidativne stabilnosti namenskih masti i keksa

Oksidativna stabilnost namenskih masti i čajnog peciva je najpre analizirana primenom uređaja Rapid Oxy 100 (Anton Paar, Nemačka). Odmereno je 3 g uzorka u staklenu posudicu i postavljeno u komoru uređaja. U uređaj se uvodi kiseonik do porasta pritiska do 700 kPa. Zatim se komora sa uzorkom zagreva do 140°C. Sa povećanjem temperature u komori sa uzorkom, povećava se pritisak (do oko 1000 kPa) sve do početka procesa oksidacije. Usled reakcije kiseonika sa ispitivanim uzorkom dolazi do potrošnje kiseonika, a pritisak unutar komore se smanjuje. Kada pritisak u komori opadne za 10% odigrala se potpuna reakcija oksidacije uzorka (indukcioni period) (Anton Paar, 2022).

Tokom 4 meseca skladištenja masti, korišćen je i ubrzani oksidacioni test - Rancimat test (ISO 6886:2016). U kivetu sa zatvaračem se odmeri uzorak (3 g), potom se kiveta

postavi na aparat i poveže gumenim crevom sa konduktometrijskom ćelijom. Na temperaturi od 120°C, u kivetu se uvodi vazduh (protok 10-20 l/h) i pod ovim uslovima dolazi do oksidacije uzorka. Produkti oksidacije zajedno sa vazduhom prelaze iz kivete preko gumenog creva u konduktometrijsku ćeliju (posuda u kojoj se nalazi destilovana voda i elektroda za merenje provodljivosti). Kraj analize, odnosno indukcionog perioda predstavlja nagli porast provodljivosti (>200 µS/cm indicira kraj analize).

REZULTATI I DISKUSIJA

Sastav masnih kiselina ispitivanih masti

Sastav masnih kiselina namenskih masti prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Sastav masnih kiselina namenskih biljnih masti

Table 1. Fatty acid composition of confectionery fats

Masna kiselina (%)	H	M	P
Laurinska (C12:0)	0,08	-	0,26
Miristinska (C14:0)	0,11	0,22	1,04
Palmitinska (C16:0)	11,95	14,86	45,00
Stearinska (C18:0)	8,50	8,37	4,77
Arahinska (C20:0)	0,45	0,41	-
Behenijska (C22:0)	0,45	0,5	-
Lignocerinska (C24:0)	0,16	-	-
Palmitoleinska (C16:1)	0,05	-	0,16
Oleinska (C18:1)	74,96	59,75	39,36
C18:1 <i>trans</i>	33,57	22,50	0,06
C18:1 <i>cis</i>	41,39	37,25	39,30
C20:1	0,20	-	-
Linolna (C18:2)	3,09	15,89	9,41
C18:2 <i>trans</i>	2,78	1,12	0,13
C18:2 <i>cis</i>	0,31	14,77	9,28

Palmina mast (P) sadrži najveći udeo palmitinske masne kiseline (45%), što utiče na najveći udeo zasićenih masnih kiselina (51,07%), dok hidrogenovana mast (H) sadrži najmanji udeo palmitinske masne kiseline (11,95%) i zasićenih masnih kiselina (21,70%). S druge strane, udeo stearinske masne kiseline je najzastupljeniji u masti H (8,50%), koja joj obezbeđuje neophodnu čvrstoću na sobnoj temperaturi, a najmanje je zastupljen u masti P (4,77%).

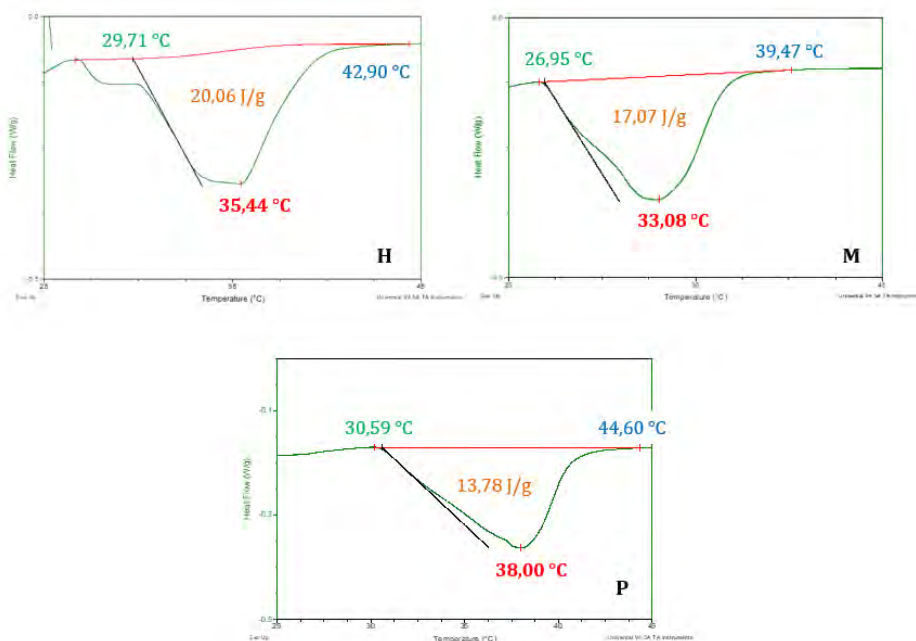
Mononezasićene masne kiseline su najzastupljenije u H masti, gde dominira oleinska (74,96%), od čega je čak 33,57% u nepoželjnom *trans* obliku. Margarin

takođe sadrži visok udeo oleinske masne kiseline (59,75%), od čega 22,50% u *trans* obliku. S druge strane, palmina mast sadrži najmanji udeo oleinske masne kiseline (39,36%), sa svega 0,06% u nepoželjnom *trans* obliku.

Polinezasićena linolna masna kiselina je najzastupljenija u margarinu (15,89%), zatim u palminoj masti (9,41%), a najmanje u hidrogenovanoj masti (3,09%)

Toplotne karakteristike masti

Na slici 1 prikazani su intervali topljenja ispitivanih masti.

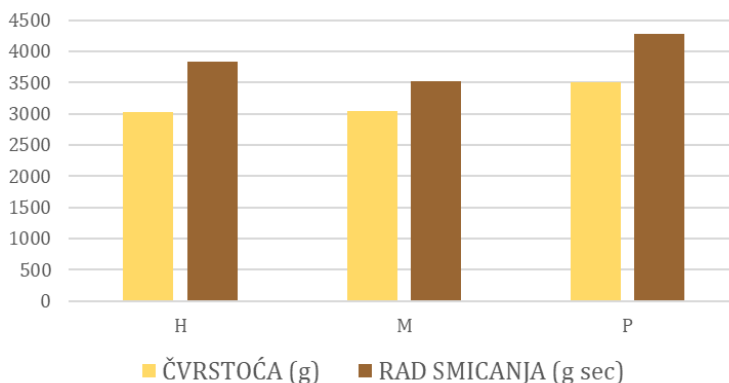


Slika 1. Intervali topljenja masti za keks
Figure 1. Melting intervals of fats for cookies

Sve tri vrste namenskih masti pokazuju plastična svojstva, odnosno tope se u širokom temperaturnom intervalu. Margarin počinje da se topi na najnižoj temperaturi (26,95°C) usled najvećeg sadržaja polinezasićenih masnih kiselina. Takođe, M mast ima najnižu tačku topljenja (33,08°C), dok mast P ima najvišu tačku topljenja (38°C) usled najvećeg sadržaja zasićenih masnih kiselina. Završetak topljenja palmine masti iznosi 44,60°C, hidrogenovane masti 42,90°C, a margarina 39,47°C. Uzorak masti H ima najveću entalpiju topljenja što ukazuje na uređeniji sistem i zahteva veću količinu termalne energije kako bi ova mast prešla iz čvrstog u tečno agregatno stanje.

Teksturalne karakteristike masti na 25°C

Čvrstoća i rad smicanja ispitivanih namenskih masti na sobnoj temperaturi prikazani su na slici 3.



Slika 3. Čvrstoća i rad smicanja ispitivanih uzoraka masti
Figure 3. Hardness and work of shearing of examined fat samples

Palmina mast ima najveću čvrstoću i rad smicanja na sobnoj temperaturi, što je u skladu sa najvećim sadržajem zasićenih masnih kiselina i najvišom tačkom topljenja. Margarin i hidrogenovana biljna mast imaju veoma sličnu čvrstoću na sobnoj temperaturi, pri čemu mast M ima manju vrednost rada smicanja. To ukazuje da M mast zahteva manju silu koju je neophodno primeniti kako bi se ova mast deformisala (Schädle i sar., 2022) i raspoređivala u testu prilikom zamesa.

Oksidativna stabilnost namenskih masti i čajnog peciva

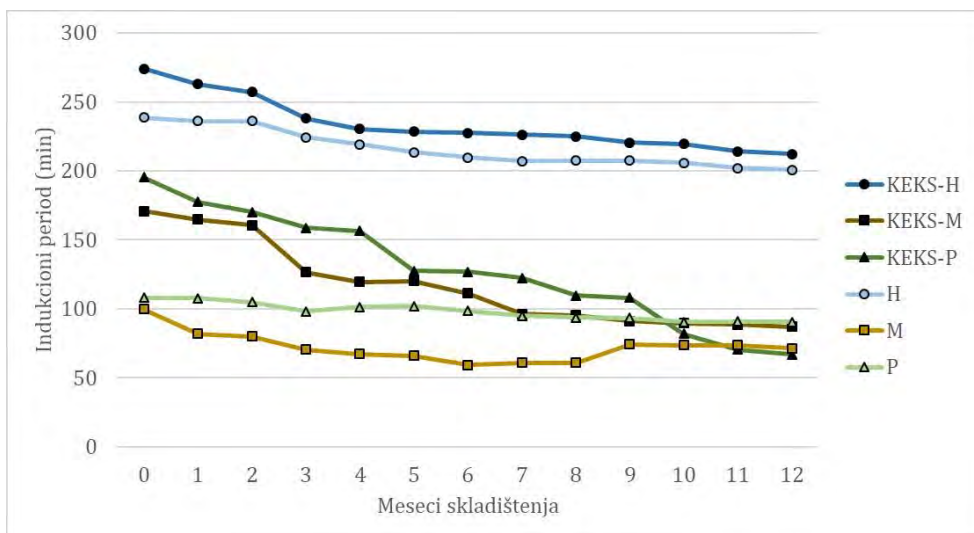
Na slici 4 prikazana je oksidativna stabilnost, odnosno indukcioni periodi masti i čajnog peciva, tokom 12 meseci skladištenja na sobnoj temperaturi, određenih primenom uređaja RapidOxy 100.

Sa slike 4 se vidi da je mast H najstabilnija, odnosno da ima najveći indukcioni period tokom svih 12 meseci skladištenja, koji je i preko dva puta veći od indukcioni perioda masti M i P. S druge strane, mast M je bila najmanje oksidativno stabilna tokom navedenog perioda skladištenja masti.

Kada se posmatra nulti mesec i dvanaesti mesec skladištenja, opadanje vrednosti indukcioni perioda H masti iznosi 15,78%, M masti 28,28%, a P masti 16,16%, što opet ukazuje na najmanju oksidativnu stabilnost M masti.

Čajno pecivo, koje je proizvedeno sa svakom pojedinačnom masti, ima veći indukcioni period od čiste masti, tokom svih 12 meseci skladištenja. Na povećani indukcioni period utiču ostale sirovine u čajnom pecivu, koje su oksidativno veoma stabilne. Očekivano, čajno pecivo sa hidrogenovanom masti ima najveći indukcioni

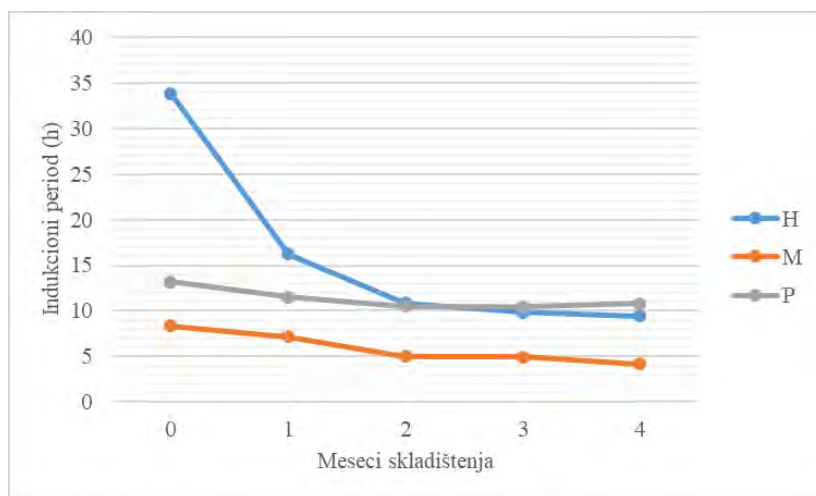
period tokom posmatranog perioda skladištenja, dok čajno pecivo sa margarinom ima najmanji indukcioni period.



Slika 4. Indukcioni periodi namenskih masti i čajnog peciva tokom godinu dana skladištenja

Figure 4. Induction periods of edible fats and cookies during one year of storage

Na slici 5 prikazana je oksidativna stabilnost, odnosno indukcioni periodi masti, tokom 4 meseca skladištenja na sobnoj temperaturi, određenih primenom Rancimat testa.



Slika 5. Indukcioni periodi masti tokom 4 meseca skladištenja - Rancimat test

Figure 5. Induction periods of fats during 4 months of storage - Rancimat test

Rancimat test je takođe pokazao da margarin ima najmanju oksidativnu stabilnost tokom prva 4 meseca skladištenja, dok palmina mast ima bolju oksidativnu stabilnost. Očekivano, i u skladu sa određivanjem oksidativne stabilnosti primenom uređaja RapidOxy 100, H mast ima mnogo bolju oksidativnu stabilnost u nultom mesecu skladištenja u poređenju sa mastima M i P. Ipak, indukcioni periodi ovih masti neočekivano opadaju tokom skladištenja, pri čemu je ovaj test pokazao da nakon 4 meseca skladištenja palmina mast ima bolju oksidativnu stabilnost od H masti.

ZAKLJUČAK

Za razliku od delimično hidrogenovane masti (H) i margarina (M), koji je takođe proizveden metodom delimične hidrogenacije, palmina mast sadrži svega 0,19% *trans*-masnih kiselina. Sadržaj ovih nepoželjnih masnih kiselina u *trans* obliku je prisutan u H masti sa udelom od 36,35%, a u M masti 23,62%. Mast P, s druge strane, sadrži najveći udeo zasićenih masnih kiselina, što utiče da ova mast ima najveću čvrstoću i tačku topljenja (38°C).

Prisustvo najvećeg udela polinezasićenih masnih kiselina u margarinu rezultuje najnižom tačkom topljenja ove masti, ali i najmanjom oksidativnom stabilnosti ove masti tokom 12 meseci skladištenja na sobnoj temperaturi, prema ispitivanjima sprovedenim korišćenjem uređaja RapidOxy 100. Mast M takođe ima i najveće opadanje vrednosti indukcionog perioda tokom navedenog perioda skladištenja (28,28%), dok mast H ima najbolju oksidativnu stabilnost i opadanje vrednosti indukcionog perioda od svega 15,78%.

Primena navedenih masti u proizvodnji keksa rezultirala je da KEKS-H ima najbolju, a KEKS-M najmanju oksidativnu stabilnost tokom 12 meseci skladištenja.

Rancimat test je takođe pokazao najmanju oksidativnu stabilnost masti M tokom 4 meseca skladištenja, kao i bolju oksidativnu stabilnost masti P. Neočekivano, rezultati oksidativne stabilnosti masti H se ne poklapaju kada je u pitanju primena uređaja RapidOxy i Rancimat testa. Iako je indukcioni period masti H značajno veći u nultom mesecu skladištenja u poređenju sa mastima M i P, vrednosti ovog parametra neočekivano opadaju tokom skladištenja, da bi nakon četvrtog meseca vrednost bila niža u odnosu na mast P.

U narednom periodu istraživanja planira se ponavljanje ispitivanja oksidativne stabilnosti sveže H masti korišćenjem Rancimat testa.

Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i inovacija Republike Srbije (Program, broj ugovora: 451-03-66/2024-03/200134 u 451-03-65/2024-03/200134).

LITERATURA

- Anton Paar (2024). Determination of Oxidation Stability - a User Guideline. Relevant for: Food Industry; Anton Paar: Graz, Austria.
- ISO 5508:1990: Animal and vegetable fats and oils - Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids.
- ISO 6886:2016. Animal and vegetable fats and oils. Determination of oxidative stability (accelerated oxidation test).
- Manley, D. (2011a). Fats and oils as biscuit ingredients. In: Manley, D. (ed) Manley's technology of biscuits, crackers and cookies, Woodhead Publishing, England (Oxford and Cambridge) and USA (Philadelphia and New Delhi).
- Manley, D. (2011b). Classification of biscuits. In: Manley, D. (ed.) Manley's technology of biscuits, crackers and cookies, Woodhead Publishing, England (Oxford and Cambridge) and USA (Philadelphia and New Delhi).
- Pajin, B. (2009). Praktikum iz tehnologije konditorskih proizvoda, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija, str. 14–15.
- Pajin, B. (2014). Tehnologija čokolade i kakao proizvoda, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija, str. 130.
- Schädle, C. N., Bader-Mittermaier, S., Sanahuja, S. (2022). Characterization of reduced-fat mayonnaise and comparison of sensory perception, rheological, tribological, and textural analyses. *Foods*, 11(6), p. 806.

KARAKTERISTIKE ČAJNOG PECIVA SA DODATKOM SOJINE LJUSKE

*Jovana Petrović¹, Biljana Pajin¹, Ivana Lončarević¹, Dragana Šoronja-Simović¹, Ivana Nikolić¹,
Jana Zahorec¹, Jovana Doroslovac²*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Sojaprotein d.o.o., Bečej, Srbija

IZVOD

Kao posledica povećane svesti potrošača o uticaju koji ishrana ima na zdravlje, značajno raste interes za uključivanje bioaktivnih sastojaka u postojeće prehrambene proizvode. U poslednje vreme, sve je više konditorskih proizvoda, posebno različitih vrsta keksa, koji zahvaljujući dodatku novih, funkcionalnih sirovina postaju nosioci nutrijenata neophodnih ili veoma korisnih u ishranu ljudi. Poseban trend u prehrambenoj industriji jeste iskorišćenje sporednih proizvoda prehrambene industrije koji obiluju prehrambenim vlaknima, proteinima, polifenolnim jedinjenjima, kao sirovina za proizvodnju novih proizvoda. Ukupna proizvodnja soje je oko 50% svetske proizvodnje uljarica. Prilikom prerade soje i dobijanja ulja i brašna, sojina ljuska zaostaje kao glavni sporedni proizvod ili se eventualno koristi kao sirovina za proizvodnju hrane za životinje. Sojina ljuska predstavlja 8-10% mase zrna soje. Zbog visokog sadržaja prehrambenih vlakana (više od 70%) sojina ljuska ima veliki potencijal kao sirovina za dobijanje proizvoda koji će imati pozitivan uticaj na zdravlje ljudi. Prednost sojine ljuske, pored biljnih proteina i prehrambenih vlakana je da sadrže bogat vitaminsko-mineralni kompleks. Takođe, ovaj proizvod potpuno je bez holesterola, a cena nije previše visoka. U radu su ispitane fizičke i nutritivne karakteristike čajnog peciva sa dodatkom sojine ljuske u količini od 5, 10 i 15% u cilju sagledavanja mogućnosti korišćenja sojine ljuske u industrijskoj proizvodnji čajnog peciva.

Ključne reči: sojina ljuska, čajno pecivo, senzorska analiza, nutritivne karakteristike.

CHARACTERISTICS OF COOKIES WITH THE ADDITION OF SOY HUSK

ABSTRACT

As a consequence of the increased awareness of consumers about the impact that nutrition has on health, the interest in including bioactive ingredients in existing food products is growing significantly. Recently, there have been more and more confectionery products, especially different types of biscuits, which, thanks to the addition of new, functional raw materials, become carriers of nutrients necessary or very useful in human nutrition. A special trend in the food industry is the use of by-products of the food industry, which are rich in dietary fibers, proteins, and polyphenolic compounds, as raw materials for the production of new products. The total soybean production is about 50% of the world's oil production. During the processing of soybeans and obtaining oil and flour, soybean hulls remain as the main by-product or are eventually used as raw material for the production of animal feed. Soybean hulls represent 8-10% of the mass of soybeans. Due to the high content of dietary

fiber (more than 70%), soybean husk has great potential as a raw material for obtaining products that will have a positive impact on human health. The advantage of soy husks, in addition to vegetable proteins and dietary fibers, is that they contain a rich vitamin-mineral complex. Also, this product is completely cholesterol-free, and the price is not too high. The paper examined the physical and nutritional characteristics of cookies with the addition of soy husks in the amount of 5, 10 and 15% to assess the possibility of using soybean husks in the industrial production of tea biscuits.

Key words: soybean husk, tea pastry, sensory analysis, nutritional characteristics.

UVOD

Za normalno funkcionisanje ljudskog organizma potrebna je određena količina hrane, u kojoj je neophodno da budu sadržani svi oni sastojci koji su potrebni organizmu a to su: masti, proteini, ugljeni hidrati, mineralne soli i vitamini. Sagledavajući nedostatke u ishrani ljudi u visokorazvijenim zemljama, duže vreme nutricionisti ističu važnost prehrambenih vlakana u postizanju, održavanju i poboljšanju zdravstvenog stanja ljudi (Grujić, 1942). U svetu, kao i kod nas, brojna istraživanja usmerena su u pravcu proizvodnje novih, funkcionalnih proizvoda koji će imati pozitivan uticaj na zdravlje ljudi. Konditorski proizvodi često su tema rasprave među nutricionistima zbog svog karakterističnog sirovinskog sastava usled visokog udela šećera i masti. Ipak, u poslednje vreme, sve je više konditorskih proizvoda, posebno različitih vrsta keksa, koji zahvaljujući dodatku novih, funkcionalnih sirovina postaju nosioci nutrijenata neophodnih ili veoma korisnih u ishranu ljudi. Tema „kružne ekonomije“ fokusira se na konceptu prevođenja otpada u proizvod i otpada u energiju pristupila je sa primarnim ciljem da nema „ostatka otpada tako da nema brige za životnu sredinu“. Poseban trend u prehrambenoj industriji jeste iskorišćenje sporednih proizvoda koji obiluju prehrambenim vlaknima, proteinima, polifenolnim jedinjenjima, kao sirovina za proizvodnju novih proizvoda (Petrović, 2018).

Sojina ljuska je primarni otpad u industriji soje kao deo proizvodnje sojinog ulja sa nijansama otpada od 18–20 miliona tona širom sveta (3,8 kg ljuske/kg ulja) sa predviđenim 29,7–37,1 miliona tona sojine ljuske do 2030., koji se obično spaljuje i odgovoran je za različite ekološke probleme (Liu and Li, 2017). Ipak, sojina ljuska sadrži značajnu količinu prehrambenih vlakana i fenolnih jedinjenja koja imaju antioksidativna svojstva, što je veoma značajno sa nutritivnog aspekta, te se može koristiti u proizvodnji nekih novih proizvoda namenjenih za ishranu ljudi. Sadržaj prehrambenih vlakana u soji je veći od 70%. Prehrambena vlakna sojine ljuske se uglavnom sastoje od celuloze, hemiceluloze, pektina i lignina. Prehrambena vlakna su ostaci biljnih materijala koja se ne vare u digestivnom traktu čoveka, a koriste se u medicinskoj nutritivnoj terapiji kod lečenja metaboličkih poremećaja, prevenciji kardiovaskularnih bolesti i drugih oboljenja. Prednost sojine ljuske, pored biljnih

proteina i prehrambenih vlakana je da sadrže bogat vitaminsko-mineralni kompleks. Takođe, ovaj proizvod potpuno je bez holesterola, a cena nije previše visoka. Ukupna proizvodnja soje je oko 50% svetske proizvodnje uljarica. Osnovi razlog gajenja soje jeste povoljan hemijski sastav zrna. Naime, u zrnu soje nalazi se 65% proteina i oko 35% ulja što ga čini veoma povoljnom sirovinom za ishranu ljudi i životinja. Jedna od najperspektivnijih upotreba soje je obogaćivanje proizvoda na bazi žita, kao što su pekarski proizvodi jer proteini soje sadrže sve esencijalne aminokiseline u dovoljnoj količini tako da prerađevine od soje predstavljaju kvalitetnu hranu. Kako se koristi gotovo u svakoj kategoriji pekarske industrije, proizvodi od soje sa visokim sadržajem proteina pružaju funkcionalna svojstva, kao što su poboljšana tekstura, zadržavanje vlage, poboljšanje boja kore i produžetak roka trajanja. Hleb i keks sa visokim sadržajem vlakana sve su prihvatljiviji od strane potrošača kao glavni izvor prehrambenih vlakana u ishrani ljudi. Kako svaka nova sirovina utiče na karakteristike testa za proizvodnju keksa, što je veoma značajno u cilju podešavanja parametara u industrijskim uslovima proizvodnje, kao i na kvalitet krajnjeg proizvoda, u ovom radu ispitan je uticaj zamene pšeničnog brašna sojinom ljuskom u količini od 5, 10 i 15% na fizičke i nutritivne karakteristike gotovog proizvoda.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

Materijal koji je korišćen u eksperimentalnom radu za izradu testa za čajno pecivo je sledeći: namensko penično brašno za brašнено-konditorske proizvode (T-500 "Ratar", Pančevo); sojina ljuska („Sojaprotein” d.o.o., Bečej); šećer u prahu (komercijalni proizvod, proizvođač „Centroproizvod”, Beograd); biljna mast („Vitalina”, proizvođač „Dijamant” d.o.o., Zrenjanin); sredstva za narastanje, NH_4HCO_3 i NaHCO_3 (proizvođač „Centrohém”, Stara Pazova); kuhinjska so, NaCl (proizvođač „Centrohém”, Stara Pazova); voda za piće.

Postupak izrade peciva

Probno pečenje se koristi za ispitivanje uticaja drugih sirovina na promene u reološkim, teksturalnim, senzorskim i nutritivnim svojstvima keksa i srodnih proizvoda. Količina vode za zames testa koriguje se prema sadržaju vode u korišćenom brašnu da bi se dobilo testo sa 22% vlage (Pajin, 2009). Kontrolni uzorak proizveden je samo od pšeničnog brašna (T-500, „Danubius” Novi Sad), a u ostalim uzorcima pšenično brašno zamenjeno je samlevenom sojinom ljuskom u količini od 5% (uzorak SL5), 10% (uzorak SL10) i 15% (uzorak SL15).

Određivanje hemijskih karakteristika pšeničnog brašna, sojine ljuske i čajnog peciva

Hemijske karakteristike ispitivanih uzoraka definisane su primenom standardnih metoda (AOAC, 2000) određivanjem sadržaja: vlage (termogravimetrijska metoda), proteina (metoda po Kjeldahl-u), masti (metoda po Soxhlet-u), pepela (spaljivanjem).

Određivanje ukupnih i nerastvorljivih prehrambenih vlakana

Određivanje ukupnih prehrambenih vlakana zasnovano na AOAC metodi 991.43 „Ukupna, rastvorljiva i nerastvorljiva prehrambena vlakna u hrani” (1991), ostvaruje se na uzorku prethodno osušenom i obezmašćenom (ukoliko je sadržaj masti veći od 10%). Uzorci se kuvaju na ~ 100 °C sa termostabilnom α -amilazom u cilju želatinizacije, hidrolize i depolimerizacije skroba, zatim inkubiraju na 60 °C sa proteazom (radi rastvaranja i depolimerizacije proteina) i amiloglukozidazom (radi hidrolize skrobnih fragmenata do glukoze) i tretiraju se četiri zapreminske mere etanola radi precipitacije rastvorljivih vlakana i uklanjanja depolimerizovanih proteina i glukoze (iz skroba). Dobijeni talog se filtrira, ispira 78%-tnim etanolom, 95%-tnim etanolom i acetonom, suši i meri. Na jednom duplikatu se radi određivanje proteina, a drugi se inkubira na 525 °C radi određivanja pepela.

Boja čajnog peciva

Boja čajnog peciva određena 24h nakon pečenja, upotrebom kolorimetra Minolta CP-410. Uređaj je kalibrisan korišćenjem bele kalibracione ploče, dok su merenja ostvarena u D65 osvetljenju. Parametri boje iskazani su u CIE $L^*a^*b^*$ sistemu (CIE, 1976). Ovaj sistem je zasnovan na tri koordinate preko kojih se definiše boja uzorka: L^* (svetloća boje), a^* (udeo crvene boje ($+a^*$) ili zelene boje ($-a^*$)) i b^* (udeo žute boje ($+b^*$) ili plave boje ($-b^*$)) (Nikolić, 2015).

Čvrstoća čajnog peciva

Čvrstoća čajnog peciva određena je na teksturometru Texture Analyzer. HD Plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK) primenom standardne metode „Hardness measurement of biscuits by cutting” pomoću noža (Knife Edge with Slotted Insert HDP/BS) pri sledećim parametrima: brzina kretanja poluge do momenta sečenja: 1,5 mm/s; brzina analize: 2 mm/s; brzina vraćanja poluge nakon sečenja: 10 mm/s; kapacitet merne ćelije: 250 kg; odstojanje: 5 mm.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijske karakteristike pšeničnog brašna, sojine ljuske i čajnog peciva sa dodatkom sojine ljuske

Kao što se može videti na osnovu rezultata u tabeli 1, sojina ljuska ima veoma veliki sadržaj prehrambenih vlakana (65,82%), od kojih su većina nerastvorljiva (50,33%). Ova količina vlakana je značajno veća u odnosu na količinu vlakana u pšenišnom brašnu koja iznosi samo 3,06%. Pored značajno veće količine prehrambenih vlakana, može se primetiti da sojina ljuska sadrži i značajno veću količinu mineralnih materija (3,40%) u odnosu na pšenično brašno (0,54%), kao i malo veću količinu proteina. U zavisnosti od efikasnosti procesa odstranjivanja ljuske, ona u svom sastavu može imati 29-51% celuloze, 10-25% hemiceluloze, 1-4% lignina, 4-8% pektina i 11-15% proteina, tako da je sojina ljuska prvenstveno lignocelulozni materijal. Međutim, za razliku od nekih drugih lignoceluloznih materijala, sojina ljuska je lako razgradiva i u literaturi postoje podaci da se zbog visokog sadržaja prehrambenih vlakana koristi u proizvodnji keksa i biskvita da bi se smanjio sadržaj masti (Liu i Li, 2017).

Tabela 1. Hemijske karakteristike pšeničnog brašna i sojine ljuske

Table 1. Chemical characteristics of wheat flour and soybean husk

Uzorak Sample	Vlaga Moisture (%)	Proteini Protein (%)	Mast Fat (%)	Pepeo Ash (%)	Ukupna vlakna Total fiber (%)	Nerastvo- rljiva vlakna Insoluble fiber (%)
Pšenično brašno Wheat flour	8,36±0,52	9,04±0,36	1,35±0,65	0,54±0,06	3,06±0,21	1,62±0,11
Sojina ljuska Soybean husk	7,35±0,21	12,06±0,11	3,76±0,14	3,40±0,05	65,82±0,54	50,33±0,36

U skladu sa razlikama u hemijskom sastavu pšeničnog brašna i sojine ljuske, dodatak sojine ljuske nije značajno uticao na promenu sadržaja masti i proteina u uzorcima čajnog peciva, ali je imao značajan uticaj na povećanje sadržaja prehrambenih vlakana (tabela 2). Sadržaj prehrambenih vlakana povećavao se sa povećanjem udela sojine ljuske, a kod uzorka sa dodatkom 15% sojine ljuske, povećao se čak 4 puta.

Tabela 2. Hemijske karakteristike čajnog peciva sa dodatkom sojine ljuske
Table 2. Chemical characteristics of tea pastry with the addition
of soybean husk

Uzorak Sample	Vlaga Moisture (%)	Proteini Protein (%)	Mast Fat (%)	Pepeo Ash (%)	Ukupna vlakna Total fiber (%)	Nerastvo- rljiva vlakna Insoluble fiber (%)
Kontrolni Control	1,21±0,52	7,25±0,36	14,37±0,65	0,48±0,06	2,06±0,21	1,02±0,11
SL5%	1,25±0,21	7,43±0,11	14,17±0,14	0,67±0,05	5,01±0,54	2,41±0,36
SL10%	1,50±0,11	7,50±0,58	14,29±0,11	0,73±0,11	6,92±0,35	4,46±0,75
SL15%	1,49±0,32	7,63±0,36	14,92±0,25	0,83±0,07	8,81±0,61	5,34±0,91

Pored toga, sojina ljuska predstavlja dobar izvor nerastvorljivih vlakana, jer izvori vlakna pogodni za upotrebu kao sastojak hrane treba da imaju odnos rastvorljiva/nerastvorljiva vlakna blizu 1:2. i uključuje uglavnom komponente lignina, celuloze i hemiceluloze. Endres (2001) je otkrio da od svih testiranih osnovnih izvora prehrambenih vlakana, ljuske sojinog zrna imaju najznačajniji efekat u snižavanju holesterola u krvi i ublažavanju opstipacije.

Prema pravilniku o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica (Sl. list SCG, 2004), na pakovanju može da se nalazi nutritivna izjava „izvor vlakana” kada je sadržaj vlakana najmanje 3 g/100 g ili najmanje 1,5 g/100 kcal, a „visok sadržaj vlakana” kada je sadržaj vlakana najmanje 6 g/100 g ili najmanje 3 g/100 kcal. Kao što se može videti na osnovu rezultata u tabeli 5, uzorak sa dodatkom 5% sojine ljuske može biti deklarisan kao „izvor vlakana”, dok uzorci sa dodatkom 10 i 15% sojine ljuske mogu biti deklarirani kao proizvod koji ima „visok sadržaj vlakana”.

Povećanje sadržaja pepela moglo bi da učini proizvod dobrim izvorom minerala kao što je primećeno u sličnim radovima (De Lumen i sar., 2003). Minerali su neophodni u metabolizmu drugih jedinjenja kao što su proteini, masti i ugljeni hidrati (Okaka i Ene, 2005). Sadržaj proteina i masti nije se značajno promenio u uzorcima čajnog peciva sa dodatkom sojine ljuske.

Boja i tvrdoća čajnog peciva

Zamena dela pšeničnog brašna sojinom ljuskom imala je uticaj na boju čajnog peciva (tabela 3). Dodatak sojine ljuske generalno je uticao na stvaranje tamnije boje čajnog peciva (smanjenje vrednosti parametra L*), dok su se vrednosti parametara a* i b*, odnosno udela žutog i crvenog tona boje čajnog peciva povećavale sa povećanjem

udela sojine ljuske od 5 do 15%, međutim, te promene nisu bile značajno veće u odnosu na kontrolni uzorak.

Tabela 3. Boja i tvrdoća uzoraka čajnog peciva

Table 3. Color and hardness of cookie samples

Uzorak Sample	L*	a*	b*	Tvrdoća Hardness (kg)
SL5%	79,17	0,85	22,17	13,93
SL10%	75,65	0,75	24,15	15,29
SL15%	72,49	1,88	24,83	18,08
Kontrolni Control	83,05	0,20	21,34	10,36

Čvrstoća čajnog peciva veoma zavisi od udela vlage u testu. Moć upijanja vode sojine ljuske, usled visokog sadržaja prehrambenih vlakana, mnogo je veća od pšeničnog brašna, usled čega se povećava tvrdoća testa, a time i čajnog peciva sa sojinom ljuskom. Sa povećanjem udela sojine ljuske, povećavala se i tvrdoća uzoraka čajnog peciva, što je bilo u skladu sa rezultatima senzorske analize. Negativan uticaj zamene dela pšeničnog brašna sojinom ljuskom tvrdoću čajnog peciva može se korigovati dodatkom veće količine vode pri zamesu i produžavanjem vremena mešenja.

ZAKLJUČAK

Rezultati u ovom radu pokazali su da sojina ljuska, sporedni proizvod u preradi soje, može biti uspešno uključena u proizvodnju čajnog peciva. Čajno pecivo sa sojinom ljuskom ima veći sadržaj prehrambenih vlakana i mineralnih materija u odnosu na čajno pecivo proizvedeno samo od pšeničnog brašna. Sadržaj prehrambenih vlakana povećavao se sa povećanjem udela sojine ljuske, a kod uzorka sa dodatkom 15% sojine ljuske, povećao se čak 4 puta. Pri tome ovaj dodatak nije imao negativan uticaj na senzorske karakteristike čajnog peciva. Uzorak sa dodatkom 5% sojine ljuske može biti deklarisan kao „izvor vlakana”, dok uzorci sa dodatkom 10 i 15% sojine ljuske mogu biti deklarisani kao proizvod koji ima „visok sadržaj vlakana”.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, br. Programa: 451-03-66/2024-03/200134 i 451-03-65/2024-03/200134.

LITERATURA

- AOAC, (1994). Method 991.43: Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC.
- AOAC, (2000). Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC.
- De Lumen, B.O., Thompson, S., Odegaard, J. W. (1993). Sulphur Amino-Acid Rich Proteins in Acha (*Digitaria exilis*) a Promising Underutilized. *Africa Cereal J. Agric. Food Chemistry* 41:1045–1047.
- Endres, J. G. (2001). Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization. The American Oil Chemists Society.
- Grujić, A. (1942). Soja kao ljudska i stočna hrana. Štamparija „Luč“, Beograd.
- Liu, H. M., Li, H. Y. (2017). Application and conversion of soybean hulls. In Soybean-the basis of yield, biomass and productivity. IntechOpen.
- Nikolić, I. (2015). Fizičke i senzorske karakteristike funkcionalnih prehrambenih namaza na bazi celuloznih hidrokoloida i brašna pogače uljane tikve. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad.
- Okaka, J. C., Ene, G. L. (2005). Food Microbiology: Method in Food Safety Control. OCJANCO Academic Publishers, Enugu, pp. 262.
- Pajin, B. (2009). Praktikum iz tehnologije konditorskih proizvoda. Univerzitet u Novom sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad.
- Petrović, J. (2018). Valorizacija nutritivnog profila keksa proizvedenog sa dodatkom sporednih proizvoda prehrambene industrije. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad.
- Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane (2018). Službeni glasnik RS, br. 51/2018, 103/2018.

LISNATO PECIVO OBOGAĆENO ČIJA SEMENOM I VLAKNIMA

*Dragana Šoronja-Simović¹, Anastasija Selaković², Jana Zahorec¹, Jovana Petrović¹,
Biljana Pajin¹, Ivana Lončarević¹, Olivera Šimurina³*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

²Fidelinka-Skrob d.o.o., Subotica, Srbija

³Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije
u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

IZVOD

Budući da pekarski proizvodi predstavljaju grupu namirnica koje treba da obezbede čak 50% dnevno potrebne energije, njihovo obogaćivanje funkcionalnim komponentama idealan je način za povećanje unosa prehrambenih vlakana, mineralnih materija, vitamina, proteina. Lisnato pecivo je zbog svog specifičnog izgleda i ukusa veoma popularan proizvod, koji može sadržati značajne količine masti. Vlakna šećerne repe, zahvaljujući prisustvu nerastvorljivih i rastvorljivih vlakana, niskom sadržaju lipida i niskoj energetske vrednosti, nude odlične prehrambene i fiziološke pogodnosti i mogu se koristiti za obogaćivanje lisnatog peciva, kao i čija seme koje se zbog svojih karakteristika (visokog sadržaja prehrambenih vlakana, ulja, mineralnih materija i proteina) poslednjih godina sve češće koristi u svakodnevnoj ishrani. U radu su razmatrani pojedinačni i interakcijski uticaji funkcionalnih sirovina: vlakna šećerne repe (0, 5 i 10%) i čija semena (0, 3 i 6%), kao i dodatka ksantana (0, 0,25 i 0,5%) na fizičke, nutritivne i senzorske osobine lisnatog peciva. Na osnovu rezultata određen je optimalni sirovinski sastav funkcionalnog lisnatog peciva: 2,25% vlakana šećerne repe, 3,6% čija semena i 0,5% ksantana. Funkcionalno lisnato pecivo optimalnog sastava se po sadržaju masti, svarljivih ugljenih hidrata i proteina nije bitno razlikovalo od kontrolnog uzorka. Međutim, značajno povećanje količina ukupnih prehrambenih vlakana (6,17 g), Fe (18,2 mg), Mg (17,1 mg), Mn (95,0 mg) i Zn (15,4 mg) na 100 g peciva je zadovoljilo uslove za nutritivne izjave: „bogat vlaknima”, „bogat manganom” i „izvor gvožđa, magnezijuma i cinka”, što potvrđuje značajan doprinos vlakana šećerne repe i čija semena poboljšanju nutritivnog kvaliteta lisnatog peciva.

Ključne reči: lisnato pecivo, čija seme, prehrambena vlakna, funkcionalni pekarski proizvodi.

PUFF PASTRY ENRICHED WITH CHIA SEEDS AND FIBERS

ABSTRACT

Since bakery products represent a group of foods intended to provide up to 50% of daily energy intake, enriching them with functional components is an ideal way to increase the intake of dietary fibers, minerals, vitamins, and proteins. Due to its specific appearance and taste, pastry is a popular product that can contain significant amounts of fat. Sugar beet fibers, thanks to the presence of insoluble and soluble fibers, low lipid content, and low energy value, offer excellent nutritional and physiological benefits and can be used to enrich

pastry, as well as chia seeds, which due to their characteristics (high content of dietary fibers, oils, minerals, and proteins) are increasingly used in daily nutrition. This study examined the individual and interaction effects of functional ingredients: sugar beet fibers (0, 5, and 10%) and chia seeds (0, 3, and 6%), as well as the addition of xanthan gum (0, 0.25, and 0.5%) on the physical, nutritional, and sensory properties of pastry. Based on the results, the functional pastry's optimal raw material composition was 2.25% sugar beet fibers, 3.6% chia seeds, and 0.5% xanthan gum. Functionally optimised pastry did not significantly differ in fat, digestible carbohydrates, and protein content compared to the control sample. However, a significant increase in the levels of total dietary fibers (6.17 g), Fe (18.2 mg), Mg (17.1 mg), Mn (95.0 mg), and Zn (15.4 mg) per 100 g of pastry met the criteria for nutritional claims: "high in fiber," "rich in manganese" and "source of iron, magnesium, and zinc" confirming the significant contribution of sugar beet fibers and chia seeds to improving the nutritional quality of the pastry.

Key words: puff pastry, chia seeds, dietary fibers, functional bakery products.

UVOD

Potrošači veću pažnju posvećuju pravilnom načinu ishrane i dnevnom energetsom unosu nego ranije, zbog čega postoji opravdana potreba za kontinualnim ispitivanjima u oblasti primene novih sirovina i dodataka u prehrambenoj industriji. Proizvodi od žita, prvenstveno hleb, vekovima predstavljaju osnovne namirnice u ishrani svetske populacije. Iako potrošnja hleba u RS opada, podaci RZS RS od 2013. godine ukazuju da je povećana potražnja za pekarskim proizvodima iz grupe peciva (www.stat.gov.rs). Proizvodi od lisnatog testa su stekli veliku popularnost među potrošačima uglavnom zbog svoje lagane i slojevite strukture (Selaković i sar., 2021; Simović i sar., 2009), koja je rezultat specifičnog sastava i procesa obrade lisnatog testa. Najbolji način da se zadovolje preporuke o dnevnom unosu hranljivih sastojaka je obogaćivanje onih proizvoda koji se konzumiraju svakodnevno. Hranljiva vrednost proizvoda određena je energetsom vrednošću, svarljivošću i nutritivnim sastavom (sadržaj proteina, ugljenih hidrata, masti), udelom esencijalnih amino- i masnih kiselina, mineralnih materija, vitamina i prehrambenih vlakana. Brojna istraživanja (Akhlaghi, 2024; Tian i sar., 2024; Bonazzi i sar., 2024; Zhang i sar., 2024; Livesey, 2024; Xiao i sar., 2024) koja su potvrdila pozitivan uticaj prehrambenih vlakana na ljudsko zdravlje u smislu smanjenja određenih faktora rizika (povećan nivo holesterola i glukoze u krvi, visok krvni pritisak) i prevenciju bolesti (gojaznost, dijabetes tip II, kardiovaskularne i cerebro-vaskularne bolesti, maligne bolesti i degenerativne koštano-zglobne bolesti) podstakli su obogaćivanje prehrambenih proizvoda vlaknima iz različitih izvora.

Celulozno-pektinska vlakana iz ekstrahovanih rezanaca šećerne repe, sa odgovarajućim odnosom rastvorljivih i nerastvorljivih vlakana, primenjuju se u proizvodnji pekarskih proizvoda poboljšanog nutritivnog kvaliteta (Šoronja-Simović

i sar., 2016). Čija seme bogato proteinima, prehrambenim vlaknima, mineralnim materijama, vitaminima, esencijalnim masnim kiselinama i antioksidantima (Reyes-Caudillo i sar., 2008), takođe je poslednju deceniju aktuelna funkcionalna sirovina u pekarskoj industriji.

Cilj ovog rada bio je da se ispituju pojedinačni i interakcijski uticaji funkcionalnih sirovina: vlakna šećerne repe (0, 5 i 10%) i čija semena (0, 3 i 6%), kao i dodatka ksantana (0, 0,25 i 0,5%) na fizičke, nutritivne i senzorske osobine lisnatog peciva u cilju dobijanja optimalnog sirovinskog sastava funkcionalnog lisnatog peciva.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

Sastav osnovnog testa činile su sledeće sirovine: Namensko pšenično brašno T-500 i integralno pšenično brašno („Danubius” d.o.o. Novi Sad); namenski margarin za lisnata testa Argenta Pastry HF („Puratos” d.o.o., Beograd); vlakna šećerne repe frakcije <math> < 315 \mu\text{m}</math>, dobijena postupkom modifikacije (Đorđević, 2020); čija seme („Lučar” d.o.o., Novi Sad); kuhinjska so („So produkt” Beograd); voda za piće; vitalni pšenični gluten („Fidelinka-Skrob” d.o.o., Subotica); aditiv za beskvasno testo S 500 Puff Pastry („Puratos”, Belgija); hidrokoloid - ksantan guma E415 (Shandong Fufeng Fermentation, Kina).

Postupak izrade peciva

Sirovinski sastav lisnatog testa činili su sledeći sastojci: 1 kg brašna (700 g namenskog belog brašna i 300 g integralnog pšeničnog brašna), 2% soli, 1% vitalnog pšeničnog glutena, 60% margarina na masu brašna. U skladu sa eksperimentalnim planom nezavisno promenljive bile su: količina vlakana šećerne repe (0-10%), čija seme (0-6%) i ksantan guma (0-0,5%). Nakon zamesa i okruglog oblikovanja, testo se odmaralo 20 min, a zatim je istanjeno na laminatoru „Mac.Pan”, tip laminatora „mk 600”, Italija. Namenski margarin za lisnata testa u toku laminiranja unešen je u testo po engleskom postupku (McGill, 1981). Postupci laminiranja i kombinovanog savijanja testa u tri i četiri dela ponovljeni su dva puta, što je rezultiralo formiranjem 144 sloja testa. Komadi testa kružnog oblika, prečnika $D_0 = 56 \pm 2$ mm, visine $H_0 = 10 \pm 2$ mm i mase 30 ± 2 g pečeni su u laboratorijskoj peći na 220°C , 19-22 minuta.

Određivanje fizičkih osobina lisnatog peciva

Specifična zapremina lisnatog peciva (cm^3/g) određena je laserskim skenerom VolScan profiler (Stable Microsystem, Surrey, UK). Čvrstoća je merena 2h nakon pečenja metodom sečenja. Merena je sila potrebna da preseče pecivo

postavljeno na platformu tekstuometra TA.XTPlus. Narastanje je računato na osnovu visine testa (H_0), maksimalne i minimalne visine (H_{\max} , H_{\min}), po formuli:

$$\text{Narastanje} = (H_{\max} + H_{\min}) / 2 \times H_0 \quad (1)$$

Određivanje senzorskog kvaliteta peciva od lisnatog testa

Senzorski kvalitet peciva određivala je tročlana komisija dva sata nakon pečenja, primenom metode bodovanja opisane u radu Šoronja-Simović i sar. (2009). Ocenjivani su od 1 do 5: spoljašnji izgled (boja, oblik, površina, osobine kore), struktura (listanje, ravnomernost listanja, veličina pora, boja sredine), miris i ukus (topivost) peciva. Maksimalni broj ponderisanih bodova PB bio je 20, a kategorije kvaliteta su bile: odličan (17,9-20,0 PB), vrlo dobar (15,7-17,8 PB), dobar (13,5-15,6 PB), prihvatljiv (11,3-13,4 PB) i neprihvatljiv (<11,2 PB).

Određivanje nutritivne vrednosti peciva

Nutritivna vrednost peciva definisana je određivanjem sadržaja ukupnih masti (Kaluški i Filipović, 1998); zasićenih i trans masnih kiselina, ukupnih šećera (metoda po Luff-Schoorl-u); rastvorljivih, nerastvorljivih i ukupnih prehrambenih vlakana (enzimsko-gravimetrijskom metodom AOAC 991.43); proteina (AOAC 960.52:1994); minerala: Fe, Mg, Mn i Zn (primenom atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS model VSA, 5000), a prema metodi koju je opisao Haswell (1991). Na kraju je izračunata i energetska vrednost proizvoda (Grujić i sar., 2001).

Plan eskperimenta i statistička obrada podataka

Istraživanje je sprovedeno po Box-Benkenovom eksperimentalnom planu 3^3 , tri nezavisno promenljive na tri nivoa, sa 2 ponavljanja u centralnoj tački (15 eksperimenata) (Myers i Montgomery, 2008). Nezavisne varijable i njihovi nivoi, kao i nazivi uzoraka, prikazani su u tabeli 1. Ispitan je uticaj nezavisno promenljivih na fizičke osobine peciva (zapremina, narastanje, čvrstoća) i senzorski kvalitet (spoljni izgled, struktura, miris i ukus). Definisani su matematički modeli na osnovu kojih je izvršena optimizacija željenih ulaznih parametara. Statistička obrada eksperimentalnih podataka urađena je u programima Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc., CA) i DesignExpert Release 8.1 (Stat-Ease, Inc., New York).

REZULTATI I DISKUSIJA

Fizičke osobine lisnatog peciva

Rezultati određivanja fizičkih parametara kvaliteta peciva u zavisnosti od količina funkcionalnih dodataka prikazani su u tabeli 1. Na osnovu rezultata može se uočiti

da sirovinski sastav značajno utiče na narastanje. Najmanje narastanje imao je uzorak III-14 bez čija semena, sa 10% vlakana šećerne repe i 0,25% ksantana, dok je najveća vrednost dobijena kod peciva koje sadrži samo 0,25% ksantana, bez dodatka vlakana i čija semena (III-9).

Specifična zapremina je takođe najveća kod peciva bez vlakana šećerne repe i čija semena sa 0,25% ksantan gume (III-9), dok je najmanju specifičnu zapreminu imao uzorak III-14. Generalno, može se uočiti da su manju specifičnu zapreminu imali uzorci sa najvećom količinom vlakana šećerne repe, a veću uzorci bez vlakana šećerne repe, iz čega se može zaključiti da dodatak vlakana ima negativan uticaj na ove parametre. Takođe je i dodatak čija semena imao nepovoljan uticaj na specifičnu zapreminu. Evidentno je da postoje i velike razlike u čvrstoći između uzoraka peciva. Kao posledica nedovoljnog narastanja i male specifične zapremine, uzorak III-14 imao je najmanju čvrstoću, jer je zbijenija struktura lisnatog peciva, uz prisustvo „slaninastih” mekših slojeva na pojedinim mestima, pri merenju čvrstoće, pružala manji otpor mernom priboru (nož) što je rezultovalo manjom silom potrebnom za presecanje uzorka, kao indirektnim pokazateljem čvrstoće.

Tabela 1. Fizičke osobine lisnatog peciva sa funkcionalnim dodacima

Table 1. Physical properties of puff pastry with functional additives

Uzorak	Nezavisno promenljive			Zavisno promenljive		
	VŠR (%)	ČS (%)	K (%)	Narastanje	Specifična zapremina (cm ³ /g)	Čvrstoća (kgs)
III-1	5	3	0,25	3,23 ± 0,46	3,17 ± 0,45	20,06 ± 4,58
III-2	10	6	0,25	2,69 ± 0,11	2,11 ± 0,08	16,03 ± 2,13
III-3	5	6	0	3,21 ± 0,11	2,78 ± 0,12	29,37 ± 2,45
III-4	5	3	0,25	2,82 ± 0,13	2,50 ± 0,16	9,99 ± 1,42
III-5	0	3	0	4,91 ± 0,23	3,91 ± 0,25	15,38 ± 1,36
III-6	5	0	0,5	3,54 ± 0,19	2,82 ± 0,17	11,19 ± 1,43
III-7	0	3	0,5	5,66 ± 0,30	4,40 ± 0,37	16,06 ± 2,39
III-8	5	6	0,5	3,43 ± 0,13	3,15 ± 0,12	19,16 ± 1,84
III-9	0	0	0,25	6,02 ± 0,45	5,15 ± 0,64	18,40 ± 8,59
III-10	10	3	0,5	2,89 ± 0,05	2,40 ± 0,07	7,61 ± 1,45
III-11	0	6	0,25	4,82 ± 0,26	4,01 ± 0,32	14,62 ± 6,87
III-12	10	3	0	2,83 ± 0,06	2,30 ± 0,06	4,62 ± 0,60
III-13	5	0	0	4,32 ± 0,25	3,35 ± 0,07	12,24 ± 2,82
III-14	10	0	0,25	2,17 ± 0,05	1,88 ± 0,16	1,51 ± 0,47
III-15	5	3	0,25	3,68 ± 0,13	3,20 ± 0,14	12,17 ± 1,48

VŠR - vlakna šećerne repe; ČS - čija seme; K - ksantan guma

Senzorska analiza

Rezultati senzorske ocene kvaliteta peciva metodom bodovanja (tabela 2) usklađeni su sa rezultatima određivanja fizičkih parametara kvaliteta peciva. Sedam uzoraka je bilo dobrog, dva uzorka vrlo dobrog, a po tri uzorka su bila prihvatljivog i odličnog senzorskog kvaliteta. Najlošiji senzorski kvalitet imao je uzorak III-14 bez čija semena, sa 10% vlakana šećerne repe i 0,25% ksantana. Ovaj uzorak je imao najmanje narastanje i najmanju specifičnu zapreminu, kao što je prikazano u tabeli 1. Njegova struktura bila je manje slojevita, zbijena, sa izrazito sitnim porama. Miris pomenutog uzorka je bio svojstven ali slabije izražen, dok je ukus bio nezaokružen, malo testast, a topivost loša. Najbolje ocene dobio je uzorak bez dodatka vlakana, a sa najvećim udelom čija semena (6%) i 0,25% ksantana.

Tabela 2. Parametri senzorskog kvaliteta lisnatog peciva

Table 2. Sensory quality parameters of puff pastry

Uzorak	Nezavisno promenljive			Zavisno promenljive
	VŠR (%)	ČS (%)	K (%)	Metoda bodovanja (PB)
III-1	5	3	0,25	14,6 – dobar
III-2	10	6	0,25	14,2 – dobar
III-3	5	6	0	15,3 – dobar
III-4	5	3	0,25	14,0 – dobar
III-5	0	3	0	18,2 – odličan
III-6	5	0	0,5	14,2 – dobar
III-7	0	3	0,5	16,8 – vrlo dobar
III-8	5	6	0,5	14,3 – dobar
III-9	0	0	0,25	17,9 – odličan
III-10	10	3	0,5	12,1 – prihvatljiv
III-11	0	6	0,25	18,2 – odličan
III-12	10	3	0	12,5 – prihvatljiv
III-13	5	0	0	15,7 – vrlo dobar
III-14	10	0	0,25	12,0 – prihvatljiv
III-15	5	3	0,25	14,4 – dobar

VŠR - vlakna šećerne repe, ČS - čija seme, K - ksantan guma, PB - ponderisani bodovi (min 5; max 20)

Dodatak vlakna šećerne repe očigledno negativno utiče na strukturu lisnatog testa, odnosno na kvalitet lisnatog peciva. Pretpostavlja se da je pomenuti negativan uticaj vlakana šećerne repe uzrokovan većim udelom celuloze u njihovom sastavu. Najbolje ocenjen uzorak je III-11, koji nije imao dodata vlakna šećerne repe u svom sirovinskom sastavu, ali je imao najveći udeo čija semena (6%) i dodatak ksantana. Izgled najlošije i najbolje ocenjenih uzoraka prikazan je na slici 1.



Slika 1. Struktura peciva najlošijeg i najboljeg senzorskog kvaliteta
(levo uzorak III-14, desno uzorak III-11)

Figure 1. Structure of puff pastry with the lowest and best sensory quality
(left sample III-14, right sample III-11)

Nutritivna vrednost peciva

U cilju pravilne optimizacije sastava lisnatog testa obogaćenog funkcionalnim dodacima dobijeni eksperimentalni rezultati određivanja kvaliteta lisnatog peciva (zapremina, narastanje, čvrstoća, senzorska ocena metodom bodovanja) su statistički analizirani (rezultati nisu prikazani). Nakon matematičkog modelovanja eksperimentalnih rezultata za fizičke i senzorske osobine lisnatog peciva izvršena je verifikacija optimalnog uzorka po DesignExpert-u, maksimalne željene funkcije, koji ima sledeći sirovinski sastav: 2,25% vlakana šećerne repe, 3,6% čija semena i 0,5% ksantana (uzorak OD).

Nutritivna vrednost ovog uzorka upoređena je sa rezultatima nutritivne analize kontrolnog uzorka lisnatog peciva (KU), odnosno uzorka bez dodatka vlakana šećerne repe, čija semena i ksantana. Rezultati su prikazani u tabeli 3.

Na osnovu prikazanih rezultata evidentno je da oba uzorka imaju velik sadržaj masti što je posledica udela margarina za laminiranje u sirovinskom sastavu lisnatog testa. S obzirom da se optimalna fizička svojstva namenskih margarina dobijaju kada je SFA (*Saturated Fatty Acids*) + TFA (*Trans Fatty Acids*) na nivou $50 \pm 1\%$, smanjenje *trans* masnih kiselina moralo je dovesti do značajnog povećanja SAFA (Šoronja-Simović, 2009). Rezultati prikazani u tabeli 3 potvrđuju da je udeo zasićenih masnih kiselina u lisnatom pecivu u granicama od 14,35 do 15,59%.

Uzorak OD ima energetske vrednosti 1909 kJ/456 kcal, što je neznatno ispod izračunate vrednosti za kontrolni uzorak. Sadržaj masti je manji, a ukupnih prehrambenih vlakana značajno povećan. Prema *Pravilniku o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji* (2018) sadržaj ukupnih vlakana od 6,17 g/100 g lisnatog peciva OD predstavlja dovoljnu količinu za nutritivnu izjavu - „bogat vlaknima”, što predstavlja najznačajniji doprinos poboljšanju nutritivnog kvaliteta lisnatog peciva.

Tabela 3. Energetska vrednost i nutritivni sastav na 100 g lisnatog peciva
Table 3. Energy value and nutritional composition per 100 g of puff pastry

Nutrijenti	KU	OD
Energetska vrednost (kJ/kcal)	1926/460	1909/456
Masti (g)	27,78	26,57
- od toga zasićene masne kiseline (g)	15,50	14,35
Ugljeni hidrati (g)	42,15	42,92
Ukupna prehrambena vlakna (g)	3,44	6,17
- nerastvorljiva vlakna (g)	2,37	3,98
- rastvorljiva vlakana (g)	0,62	1,49
Proteini (g)	8,66	8,30
So (g)	1,21	1,19
Gvožđe (mg)	2,07 (14,78% PDU)	2,55 (18,21% PDU)
Magnezijum (mg)	55 (14,66% PDU)	64 (17,10% PDU)
Mangan (mg)	1,4 (70% PDU)	1,9 (95% PDU)
Cink (mg)	1,2 (12% PDU)	1,54 (15,40 % PDU)

*PDU - preporučeni dnevni unos

Prema *Pravilniku o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane* (2017), nutritivna izjava „izvor” minerala odobrena je prilikom deklarisanja ukoliko sadržaj minerala u pecivu iznosi 15% od PDU (preporučeni dnevni unos) na 100 g, dok je „bogat” mineralom izjava dozvoljena za najmanje dvostruku količinu minerala u odnosu na „izvor”. Oba uzorka sadrže više od 50% preporučenih dnevnih potreba za manganom i nosioci su izjave „bogat manganom”. Visok sadržaj mangana obezbeđuju i minerali iz integralnog pšeničnog brašna koje je u sirovinski sastav lisnatog peciva uključeno kao zamena dela namenskog pšeničnog brašna. Uzorak lisnatog peciva OD predstavlja i „izvor gvožđa, magnezijuma i cinka”, jer u svom sastavu sadrži određeni procenat čija semena, koje je bogato ovim nutrijentima, što dodatno obogaćuje nutritivni kvalitet lisnatog peciva (Katunzi-Kilewela i sar., 2021).

ZAKLJUČAK

Funkcionalno lisnato pecivo optimalnog sastava (uzorak OD) po sadržaju osnovnih nutrijenata (masti, svarljivi ugljeni hidrati i proteini) i energetske vrednosti (1909 kJ/456 kcal) se bitno ne razlikuje od kontrolnog uzorka. Međutim, količina ukupnih prehrambenih vlakana (6,17 g), Fe (18,2 mg), Mg (17,1 mg), Mn (95,0 mg) i Zn (15,4 mg) na 100 g peciva, dovoljna za nutritivne izjave: „bogat vlaknima”, „bogat

manganom” i „izvor gvožđa, magnezijuma i cinka”, potvrđuje značajan doprinos vlakana šećerne repe i čija semena poboljšanju nutritivnog kvaliteta lisnatog peciva, pri čemu ne utiče negativno na njegov senzorski kvalitet.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, br. Programa: 451-03-66/2024-03/ 200134 i 451-03-65/2024-03/ 200134.

LITERATURA

- Akhlaghi, M. (2024). The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 64(10), 3139–3150.
- AOAC, (1994). Method 960.52: Microchemical determination of nitrogen. Micro-kjeldahl method. *Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC.*
- AOAC, (1994). Method 991.43: Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. *Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC.*
- Bonazzi, E., Bretin, A., Vigué, L., Hao, F., Patterson, A. D., Gewirtz, A. T., Chassaing, B. (2024). Individualized microbiotas dictate the impact of dietary fiber on colitis sensitivity. *Microbiome*, 12(1), 1–14.
- Dorđević, M. (2020). Uticaj prehrambenih vlakana šećerne repe i jabuke na reološke parametre testa i kvalitet bezglutenskog hleba. *Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.*
- Grujić, R., Marjanović, N., Radanović, R., Popov-Raljić, J., Komić, J. (2001). Kvalitet i analiza namirnica. *Univerzitet u Banja Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka.*
- Haswell, S.J. (1991). *Atomic Absorption Spectrometry Theory, Design and Applications, Elsevier, Amsterdam.*
- <http://www.stat.gov.rs/>
- Kaluđerski, G., Filipović, N. (1998). Metode ispitivanja kvaliteta čita, brašna i gotovih proizvoda. *Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju čita i brašna, Novi Sad.*
- Katunzi-Kilewela, A., Kaale, L., Kibazohi, O., Rweyemamu, L. M. P. (2021). Nutritional, health benefits and usage of chia seeds (*Salvia hispanica*): A review. *African Journal of Food Science*, 15(2): 48–59.
- Livesey, G. (2024). Added dietary fiber: inulin-type fructans, do they improve risk factors for cardiovascular disease and type 2 diabetes in adults?. *Am J Clin Nutr*, 119(2), 250–252.
- McGill, E. A. (1981). A closer look at bakery fats. *Peerless Food Products*, 2-20.
- Myers, R. H., Montgomery, D.C. (2008). *Response Surface Methodology - Process and Product Optimization Using Designed Experiments*, 2nd ed., John Wiley Sons Inc., Canada.
- Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane (2017). *Službeni glasnik RS br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020.*
- Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane (2018). *Službeni glasnik RS br. 51/2018, 103/2018.*

- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., Valdivia-López, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chem.*, 107: 656–663.
- Selaković, A., Nikolić, I., Dokić, L., Šoronja-Simović, D., Šimurina, O., Zahorec, J., Šereš, Z. (2021). Enhancing rheological performance of laminated dough with whole wheat flour by vital gluten addition. *LWT*, 138:110604.
- Simovic, D. S., Pajin, B., Seres, Z., Filipovic, N. (2009). Effect of low-trans margarine on physicochemical and sensory properties of puff pastry. *IJFST*, 44(6): 1235–1244.
- Šoronja Simović, D. (2009). Uticaj sastava masne faze margarina na fizičke osobine i kvalitet peciva od laminiranog testa. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Šoronja Simović, D., Maravić, N., Šereš, Z., Mišan, A., Pajin, B., Jevrić, L., Podunavac-Kuzmanović, S., Kovačević, S. (2016). Antioxidant capacity of cookies with non-modified and modified sugar beet fibers: chemometric and statistical analysis. *Eur. Food Res. Technol.*, 243: 239–246.
- Tian, X. Y., Liu, J. F., Wu, N. N., Tan, B. (2024). Effect of steam explosion treatment on structural and physicochemical properties, and potential application of soluble dietary fiber from grain and oil processing by-products: A review. *Cereal Chem.*
- Zhang, G., Wang, D., Ding, Y., Zhang, J., Ding, Y., Lyu, F. (2024). Effect and mechanism of insoluble dietary fiber on postprandial blood sugar regulation. *Trends Food Sci. Tech.*, 104354.
- Xiao, Y. L., Gong, Y., Qi, Y. J., Shao, Z. M., Jiang, Y. Z. (2024). Effects of dietary intervention on human diseases: molecular mechanisms and therapeutic potential. *Signal transduct. target. ther.*, 9(1), 59.

UTICAJ BIOPOLIMERNOG PREMAZA NA BAZI DIVLJEG LANA NA KVALITET OSMOTSKI DEHIDRIRANIH JABUKA

*Senka Popović¹, Danijela Šuput², Nevena Hromiš¹, Dragoljub Cvetković¹,
Aleksandra Ranitović¹, Vladimir Šarac², Nedeljka Spasevski³, Slađana Rakita³*

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

² Sojaprotein d.o.o., Bečej, Srbija

³ Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrebene tehnologije
u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

IZVOD

U ovom radu ispitan je uticaj osmotske dehidracije u melasi soje, kao i uticaj biopolimernog premaza na bazi pogače divljeg lana (*Camelina sativa* L.) na kvalitet jabuka. Kao kontrola praćen je kvalitet sveže jabuke. Uzorci su upakovani u polipropilenske kesice u atmosferskim uslovima i skladišteni 9 dana na sobnoj temperaturi. Ispitana je sadržaj vlage, mikrobiološki profil i senzorska svojstva. Rezultati su pokazali da je osmotska dehidracija pogodna metoda za očuvanje mikrobiološke stabilnosti, dok je biopolimerni premaz na bazi pogače divljeg lana u kombinaciji sa dehidracijom pokazao pozitivan uticaj na mikrobiološki i senzorni kvalitet.

Ključne reči: jabuka, osmotska dehidracija, melasa, biopolimerni premaz, kvalitet.

EFFECT OF BIOPOLYMER COATING BASED ON WILD FLAX ON THE QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED APPLES

ABSTRACT

This study investigated the influence of osmotic dehydration in soybean molasses, as well as the influence of a biopolymer coating based on false flax cake (*Camelina sativa* L.) on the quality of apples. The quality of fresh apples was monitored as a control. The samples were packed in polypropylene bags under atmospheric conditions and stored at room temperature for 9 days. The water content, microbiological profile and sensory properties were tested. The results showed that osmotic dehydration is a suitable method for preserving microbiological stability, while the biopolymer coating based on wild flax cake in combination with dehydration showed a positive effect on microbiological and sensory quality.

Key words: apple, osmotic dehydration, molasses, biopolymer coating, quality.

UVOD

U industriji voća i povrća postoje razne tehnike očuvanja kvaliteta, „post-harvest” tretmanima (hlađenje, kontrola relativne vlažnosti/gasovite atmosfere, nanošenje jestivih filmova i premaza, itd.) sa ciljem ispunjenja očekivanja potrošača (Popović i sar., 2018). Jestivi premazi se koriste za smanjenje metaboličke aktivnosti,

sprečavanje gubitka težine (zadržavanjem vlage), usporavanje prenosa gasova, inhibiranje rasta mikroba, usporavanje aerobnog disanja i poboljšanje izgleda (smanjuje gubitak boje i ukusa) (Conforti i Zinck, 2002; Kerch, 2015).

Mnogi radovi ukazuju na pozitivan uticaj biopolimernih, jestivih premaza na kvalitet svežeg voća i povrća tokom skladištenja (Ungureanu isar., 2023).

U svetlu cirkularne ekonomije, upotreba biorazgradivih ambalažnih materijala, dobijenih iz agroindustrijskih nusproizvoda, predstavlja optimalno rešenje. Upotrebom ovih sirovina kao resursa za dobijanje ambalaže, dodaje im se nova vrednost, a sa druge strane u industriji ambalaže se dobija vredna, obnovljiva sirovina. Visok sadržaj proteina, vlakana i ugljenih hidrata pogača i sačmi čini ih pogodnim sirovinama za proizvodnju jestivih biopolimernih ambalažnih materijala (Popović i sar., 2020), jer su upravo ovi makromolekuli nazastupljeniji kao izvor za dobijanje biorazgradivih filmova i premaza.

U Republici Srbiji, velika je zastupljenost uljarica poput suncokreta, soje, lana i uljane tikve golice. Nakon proizvodnje jestivih nerafinisanih ulja, zaostaje visoko nutritivan sporedni proizvod – pogača, koja čini oko 50% početne mase semena (Popović i sar., 2023). Načini zbrinjavanja velike količine nusproizvoda koji se generiše podrazumevaju proizvodnju biogoriva i stočne hrane, kao i na ekstrakciju biološki vrednih komponenti (proteini, polisaharidi, fenoli itd.). Savremeni ekološki trendovi, usmeravaju iskorišćenje ovih proizvoda kroz proizvodnju biopolimernih filmova. Radovi ukazuju na uspešnu valorizaciju pogače uljane tikve golice (Popović, 2013) i pogače suncokreta (Šuput i sar., 2018) u cilju dobijanja biorazgradivih kompozitnih filmova sa odličnim potencijalom za pakovanje prehrambenih proizvoda.

Godišnja uljarica porodice *Brassicaceae*, *Camelina sativa* L. (kamelina, divlji lan) može se uzgajati u različitim klimatskim uslovima sa niskim potrebama za vodom i hranljivim materijama (Arshad i sar., 2022; Neupane i sar., 2022). Iako je dugo bila zapostavljena, kamelina ponovo privlači sve veću pažnju naučne i stručne javnosti. Naime, seme kameline ima bogat nutritivni profil. Seme sadrži ulje (30 do 49%), proteine (24 do 31%), ugljene hidrate, dijetetska vlakna, ω -3 i ω -6 kiseline, tokoferole, fitosterole i fenolna jedinjenja, između ostalih hranljivih materija (Kurasiak-Popowska i sar., 2020; Ilić i sar., 2022; Yang i sar., 2023). Štaviše, seme kameline ima određenu koncentraciju sluzi, rastvorljivih vlakna koje se nalazi u krajnjem spoljašnjem sloju semena, poznatom kao sluzavi epidermis. Pored bioaktivnih jedinjenja sluzi, koja igraju važnu ulogu u njegovim zdravstvenim svojstvima (Soukoulis i sar., 2018), sluz semena kameline može biti novi izvor hidrokoloida sa svojstvima za zgušnjavanje, želiranje, emulgovanje i stabilizaciju, te se može koristiti u različitim farmaceutskim i prehrambenim aplikacijama (Soukoulis i sar., 2018; Ubeyitogullari i sar., 2020).

Uljana pogača semena kameline, koristi se za proizvodnju biogoriva (biodizel, gorivo za avione), funkcionalne hrane, suplemenata u ishrani, bio-maziva, hemijskih derivat, hrane za životinje, đubriva za zemljište (Sydor i sar., 2022). Prema saznanjima autora, jedino se naša istraživačka grupa bavi valorizacijom pogače semena kameline kroz sintezu novih, ekološko prihvatljivih ambalažnih materijala (Šuput i sar., 2024a, 2024b).

Osmotska dehidracija (OD), iako stara, i dalje je veoma korišćena tehnika očuvanja hrane, koja se uglavnom koristi kao komplementarni korak u integrisanom lancu prerade hrane (Rastogi i sar., 2002). Osmotska dehidracija je proces potapanja supstrata (hrane) u hipertonični rastvor (so, šećer ili aktivnu fiziološku komponentu) na definisanoj temperaturi i vremenu. Bazira se na principu osmotskog uklanjanja vode, gde je pokretač difuzije vode gradijent koncentracije uspostavljen na suprotnim stranama ćelijske membrane (Rastogi i Raghavarao, 2004). Zbog permeabilnosti ćelijske membrane, razvija se gradijent koncentracije, koji olakšava gubitak vode (VL) kao i dobijanje suve materije (SM) kroz osmotske i difuzione mehanizme (Jimenez-Hernandez i sar., 2017; Rascón i sar., 2018).

Nakon osmotske dehidracije, sadržaj vode u supstratnom tkivu opada i aktivnost vode (a_w) opada, čime se usporavaju neželjene mikrobne i biohemijske reakcije. Kao krajnji cilj, postiže se duža održivost proizvoda (Santhurn i sar., 2012). Pored toga, smanjen je gubitak arome, neutralisane su neželjene promene teksture i kaliranja proizvoda (Petrotos i Lazarides, 2001).

Izbor adekvatnog medijuma ključni je faktor za uspešnu dehidraciju, a na ovu odluku utiče odnos gubitak vode/povećanje suve materije (VL/SM) (Sacchetti i sar., 2001). Osmotski rastvor mora imati nisku a_w vrednost, prihvatljiv senzorni kvalitet i mora biti bezbedan po zdravlje. Među potencijalno dobrim rešenjima našli su se rastvor saharoze, rastvor NaCl, kukuruzni sirup itd. Melasa šećerne repe je odličan medijum za OD zbog visokog sadržaja suve materije i specifičnog nutritivnog sastava (Lončar i sar., 2014, 2015; Nićetin i sar., 2015).

Osmotska dehidracija ne obezbeđuje potpunu održivost tretiranog materijala, jer u materijalu ostaje značajna količina vode (do 50%). Ukoliko se zahteva svež izgled dehidriranog proizvoda, efekat dehidracije mora biti 30%, što takve proizvode čini umereno stabilnim i treba ih dalje sušiti, zamrzavati, tretirati aditivima ili zaštititi odgovarajućom ambalažom.

Cilj ovog rada je da se na sveže rezane jabuke primeni osmotska dehidracija u sojinoj melasi i biopolimerni premaz na bazi pogače semena divljen lana i da se prati njihov uticaj na sadržaj vlage, mikrobni profil, kao i senzorska svojstva jabuke tokom 9 dana na sobnoj temperaturi.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

Sojinu melasu, dobijenu alkoholnom ekstrakcijom sojinih belih flekica u procesu proizvodnje sojinog proteinskog koncentrata obezbedila je fabrika „Sojaprotein” (Bečej, Srbija). Do upotrebe melasa je skladištena u frižideru na 4°C.

Pogaču divljeg lana, dobijenu nakon ceđenja ulja iz semena, donirao Institut za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad, Srbija).

Dobijena pogača divljeg lana (PDL) je prosejana kroz univerzalna laboratorijska sita (Buhler AG, Uzwil, Switzerland), a za dalji rad je korišćena frakcija <180 µm. Do upotrebe, pogača je čuvana na 4°C.

Svi ostali reagensi korišćeni u ovom istraživanju bili su analitičkog kvaliteta.

Jabuke (sorte Zlatni delišes) isečene su na kocke dimenzija (1×1×1) cm³. Jedna polovina početne količine jabuka nije tretirana, dok je druga polovina osmotski dehidrirana u sojinoj melasi na sobnoj temperaturi 2 sata uz stalno mešanje. Nakon vremena obrade, uzorci su uklonjeni iz osmotskog rastvora, isprani i nežno očišćeni. Jedna polovina obe grupe uzoraka (od tretiranih/netretiranih) potopljena je u filmogeni rastvor na bazi divljeg lana (prethodno pripremljen kao: 5 g PDL + 0,4 g glicerola/g DPL u 100 ml vode, uz termični tretman na 100°C, pri pH 10 i profiltriran kroz najlonski filter) kako bi se obezbedila dodatna zaštita u vidu jestivog biopolimernog premaza.

Na ovaj način formirane su četiri grupe uzoraka: J - uzorci neobrađene jabuke (kontrola), JC - uzorci jabuke obložene suspenzijom PDL, JM - osmotski dehidrirani uzorci jabuke i JMC - uzorci jabuke su osmotski dehidrirani i zatim obloženi suspenzijom PDL.

Svi uzorci su upakovani u polipropilenske kese pod atmosferskim uslovima i čuvani 9 dana u frižideru (4°C). Uzorkovanje je vršeno nultog, trećeg, šestog i devetog dana skladištenja.

Određivanje sadržaja vlage

Uzorci jabuke su isečeni na kockice (površine 1×1×1 cm³) i izmereni na analitičkoj vagi (m₁). Nakon toga, uzorci su sušeni u sušnici sa cirkulacijom vazduha na 105±2 °C (Instrumentaria, Zagreb, Hrvatska) do konstantne mase (m₂). Sadržaj vlage (SV) je procenat smanjenja težine nakon sušenja filma, izražen na ukupnoj masu uzorka kao:

$$SV (\%) = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100$$

Rezultat je izražen kao srednja vrednost tri nezavisna merenja ± SD, za svaki uzorak.

Određivanje mikrobiološkog statusa

Priprema uzoraka za mikrobiološka ispitivanja obavljena je u skladu sa standardom ISO 6887-1:2017. Za određivanje broja aerobnih kolonija i broja plesni korišćene su standardne metode (ISO 4833-1:2013) i (ISO 21527-2:2008). Sredstvo za pripremu razblaženja (Puferovana peptonska voda) i sve hranljive podloge su proizvođača HiMedia (Mumbai, Indija). Broj mikroorganizama u ispitivanim uzorcima je izražen kao cfu (colony forming units) po gramu uzorka.

Broj mikroorganizama u ispitivanim uzorcima je izražen kao srednja vrednost od tri merenja sa standardnom devijacijom.

REZULTATI I DISKUSIJA

Sadržaj vlage i antimikrobni status jabuke

Sadržaj vlage (SV) u uzorcima svežih jabuka bio je 85,69%, dok je sadržaj vlage u dehidriranim jabukama bio 75,31%. Na smanjenje sadržaja vlage utiče, pored početnog sadržaja vlage, i vreme dehidracije. Kako je vreme dehidracije u ovom slučaju bilo samo 3h, dobijeno smanjenje % vlage u uzorcima jabuke je očekivano. Sa produžetkom vremena kontakta uzoraka i melase, verovatno bi se dobili uzorci sa manjim sadržajem vlage.

Ukupan broj aerobnih bakterija je ujednačen unutar svake grupe uzoraka, a vrednosti su značajno veće za J i JC uzorak, u poređenju sa JM i JMC uzorcima (slika 1). Posledica mikrobiološke stabilnosti uzoraka sa melasom je verovatno posledica smanjenog sadržaja vlage, postupkom osmotske dehidracije, te takvi uzorci nisu pogodan supstart za rast aerobnih bakterija.



Slika 1. Ukupan broj aerobnih bakterija u uzorcima jabuke

Figure 1. Total number of aerobic bacteria in apple samples

Ukupan broj aerobnih bakterija za uzorak JM ostao je ujednačen tokom celog perioda skladištenja, dok se kod uzorka JMC povećao na 160.000 CFU/g tokom 9 dana. Kod uzorka J i JC došlo je do značajnijeg povećanja ukupnog broja aerobnih bakterija, pa je 9. dana u kontrolnom uzorku ukupan broj aerobnih bakterija iznosio 1.533.333 CFU/g, a kod uzorka JC 863.333 CFU/g.

Kvasci i plesni su prisutni u uzorcima svi uzorcima tokom celog perioda skladištenja. Kod uzoraka dehidriranih u melasi, broj kvasaca i plesni nije prelazio vrednost od 10 CFU/g, odonso 333 CFU/g, za uzorak JM i JMC. Sa druge strane, tokom 9 dana skladištenja u uzorku JC broj kvasaca i plesni porastao je na 3.000 CFU/g, a kod kontrolnog na 3.833 CFU/g. Očekivano, najveće prisustvo kvasca i plesni je bilo u kontrolnom uzorku (J) na kraju perioda skladištenja. Manje povećanje broja kvasaca i plesni u uzorcima dehidriranim u sojinoj melasi verovatno je posledica smanjenog sadržaja vlage (slika 2).



Slika 2. Ukupan broj kvasaca i plesni u uzorcima jabuke
Figure 2. Total number of yeasts and molds in apple samples

Uzorci dobijeni sa/bez tretmana osmotskom dehidratacijom i sa/bez nanešenog premaza na bazi pogače divljeg lana prikazani su na slici 3.



- 1 – uzorci neobrađene jabuke (kontrola) (J)
- 2 – uzorci jabuke obložene suspenzijom PDL (JC)
- 3 – osmotski dehidrirani uzorci jabuke (JM)
- 4 – uzorci jabuke su osmotski dehidrirani i zatim obloženi suspenzijom PDL (JMC)

Slika 3. Izgled uzoraka jabuka
Figure 3. Appearance of apple samples

Nakon osmotske dehidracije u sojinoj melasi uzorci jabuke su promenili boju u prepoznatljivu boju melase. Primenom biopolimernog premaza boja se nije značajno promenila.

Uticaj osmotske dehidracije i premaza na senzorne attribute jabuke/osmotski dehidrirane jabuke prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Senzorska ocena uzoraka jabuke
Table 1. Sensory evaluation of apple samples

Dan	Svojtvo	J	JC	JM	JMC
0	Ukus	5	5	5	5
3		4	5	5	5
6		3	4	4	4
9		2,5	3,5	4	4
0	Miris	5	5	5	5
3		4,5	4,5	4,5	4,5
6		3	3,5	4	4
9		2	3	4	4
0	Boja	5	5	5	5
3		3,5	4	5	5
6		3	3,5	5	5
9		2,5	3	5	5

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je tokom vremena skladištenja, senzorski kvalitet jabuka opao, a da je najmanje pogoršanje boje primećeno kod jabuka dehidriranih u melasi, koje su imale smeđu boju, dok je kod

uzoraka J i JC vremenom došlo do karakterističnog tamnjenja jabuke usled hemijskih i enzimskih promena. Najveće promene u sva tri ispitana senzorska parametra zapažena su kod kontrolnog uzorka (J), a potom i kod uzorka sa biopolimernim premazom. Osmotska dehidracija, bez ili u kombinaciji sa premazom (JM i JMC), povoljno je uticala na senzorske karakteristike jabuke, usporavajući promene u ukusu, mirisu i boji, u poređenju sa kontrolnim uzorkom (J).

ZAKLJUČAK

Nakon ispitivanja uticaja osmotske dehidracije i premaza na bazi pogače divljeg lana na mikrobiološku stabilnost jabuke, može se zaključiti da je uzorak dehidriran sojinom melasom imao najbolji mikrobni profil u odnosu na druge uzorke, kao i najbolju senzorsku ocenu. Ovo istraživanje je pokazalo da je proces osmotske dehidracije u sojinoj melasi značajno pozitivno uticao na mikrobni profil osmotski dehidriranih jabuka. Dokazano je da osmotska dehidracija daje zdravstveno bezbedne poluproizvode i proizvode. Pokušaj nanošenja biopolimernog premaza, kao dodatne zaštite za osmotski tretirane/netretirane jabuke, nije u potpunosti opravdao njegovu namenu.

Zahvalnica

Istraživanja u okviru ovog rada su finansirana od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, program broj: 451-03-65/2024-03/200134 i 451-03-66/2024-03/200134, kao i Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživački rad, Autonomna Pokrajina Vojvodina, Republika Srbija, ugovor broj: 142-451-3059/2023-01/02.

LITERATURA

- Arshad, M., Mohanty, K.A., Acker, R.V., Riddle, R., Todd, J., Khalil, H., Misra, M. (2022). Valorization of camelina oil to biobased materials and biofuels for new industrial uses A Review. RSC Advances, 12, 27230–27245.
- Conforti, F.D., Zinck, J.B. (2002). Hydrocolloid-lipid coating effect on weight loss, pectin content, and textural quality of green bell peppers. Journal of Food Science, 67,1360–1363.
- ISO 21527-2:2008. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuff – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 2: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. ISO: Geneva, Switzerland, 2008.
- ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique. ISO: Geneva, Switzerland, 2013.
- ISO 6887-1:2017. Microbiology of the food chain – Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination – Part 1: General rules

- for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions. ISO: Geneva, Switzerland, 2017.
- Jiménez-Hernández, J., Estrada-Bahena, E.B., Maldonado-Astudillo, Y.I., Talavera-Mendoza, O., Arámbula-Villa, G., Azuara, E., Álvarez-Fitz, P., Ramírez, M., Salazar, R. (2017). Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 609–615.
- Kerch, G. (2015). Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 46, 159–166.
- Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K. (2020). The phytochemical quality of *Camelina sativa* seed and oil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 70, 39–47.
- Lončar B., Filipović V., Nićetin M., Knežević V., Pezo L., Plavšić D., Šarić Lj. (2014). Microbiological profile of fish dehydrated in two different osmotic solutions. *Acta Univeritatis Sapientiae, Alimentaria*, 7, 73–80.
- Lončar, B., Filipović, V., Nićetin, M., Knežević, V., Gubić, J., Plavšić, D., Pezo L. (2015). Characterisation of chicken breast cubes osmotically treated in sugar beet molasses. *Journal on Processing Energy in Agriculture*, 19 (4), 186–188.
- Neupane, D., Lohaus, R.H., Solomon, J.K.Q., Cushman, J.C. (2022). Realizing the potential of *Camelina sativa* as a bioenergy crop for a changing global climate. *Plants*, 11, 772.
- Nićetin, M., Lončar, B., Filipović, V., Knežević, V., Kuljanin, T., Pezo, L., Plavšić, D. (2015). The change in microbiological profile and water activity due to the osmotic treatment of celery leaves and root. *Journal on Processing Energy in Agriculture*, 19 (4), 193–196.
- Novak, U., Bajić, M., Körge, K., Oberlintner, A., Murn, J., Lokar, K., Triler, K.V. Likozar, B. (2020). From waste/residual marine biomass to active biopolymer-based packaging film materials for food industry applications – a review. *Physical Sciences Reviews*, 5(3).
- Petrotos, K.B., Lazarides, H.N. (2001). Osmotic concentration of liquid foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 201–206.
- Popović, S. (2013). Istraživanje dobijanja i karakterizacija biorazgradivih kompozitnih filmova na bazi biljnih proteina, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, 1–156.
- Popović, S., Hromiš, N., Šuput, D., Bulut, S., Romanić, R., Lazić, V. (2020). Valorization of by-products from the production of pressed edible oils to produce biopolymer films. In *Cold pressed oils* (pp. 15–30). Academic Press.
- Rascón, M., Huerta-Vera, K., Pascual-Pineda, L., Contreras-Oliva, A., Flores-Andrade, E., Castillo-Morales, M., Bonilla, E., González-Morales, I. (2018). Osmotic dehydration assisted impregnation of *Lactobacillus rhamnosus* in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. *LWT - Food Science and Technology*, 92, 490–496.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S. (2004). Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering fickian diffusion in cubical configuration, *LWT - Food Science and Technology*, 37, 43–47.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjana, K., Knorr, D. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 48–59.

- Sacchetti, G., Gianotti, A., Dalla Rosa, M. (2001). Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, 49, 163–173.
- Santhurn, S.J., Arnaud, E., Zakhia-Rozis, N., Collignan, A. (2012). Drying: Principles and Application. In: *Handbook of Meat and Meat processing*. Hui, Y.H. (ed.), Taylor&Francis Group.
- Soukoulis, C., Gaiani, C., Hoffmann, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, 22, 28–42.
- Sydor, M., Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K., Rogozinski, T. (2022). *Camelina sativa*. Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products*, 187, 115531.
- Šuput, D., Lazić, V., Popović, S., Hromiš, N., Bulut, S., Pezo, L., Banićević, J. (2018). Uticaj procesnih parametara na osobine biopolimernih filmova na bazi pogače suncokreta. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 22, 125–128.
- Šuput, D., Pezo, L., Rakita, S., Spasevski, N., Tomičić, R., Hromiš, N., Popović, S. (2024a). *Camelina sativa* oilseed cake as a potential source of biopolymer films: a chemometric approach to synthesis, characterization, and optimization. *Coatings*, (14) 95.
- Šuput, D., Rakita, S., Spasevski, N., Tomičić, R., Dragojlović, D., Popović, S., Hromiš, N. (2024b). Dried Beetroots: Optimization of the osmotic dehydration process and storage stability, *Foods*, 13, 1494.
- Ubeyitogullari, A., Ciftci, O.N. (2020). Fabrication of bioaerogels from camelina seed mucilage for food applications. *Food Hydrocollids*, 102, 105597.
- Ungureanu, C., Tihan, G., Zgârian, R., Pandelea, G. (2023). Bio-coatings for preservation of fresh fruits and vegetables. *Coatings*, 13, 1420.
- Yang, Y., Gupta, V.K., Du, Y., Aghbashlo, M., Show, P.L., Pan, J., Tabatabaei, M., Rajaei, A. (2023). Potential application of polysaccharide mucilages as a substitute for emulsifiers: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 124800.

INDEKS AUTORA
INDEX OF AUTHORS

A

Aleksić, S. 216
Alnaas, S. M. 87
Aljinin, A. 64

B

Babec, B. 16
Bajagić, M. 80, 87, 94,
102
Bekavac, G. 16
Bošković, J. 125

C

Cvejić, S., 16, 28
Cvetković, B. 158
Cvetković, D. 243
Cvijanović, G. **80**, 94, 102
Cvijanović, V. 57, 80

Č

Čurović, O. 7

Ć

Ćeran, M. 16, 50, 57, **87**
Ćuk, N. 16
Ćurković, M. 216

D

Dedić, B. 16
Demin, M. 187
Dojčinović, B. 187
Doroslovac, J. 225
Dozet, G. **64**, 80, 87, 94,
102
Dragojlović, D. 206
Dušanić, N. 22

Đ

Đalović, I. 137
Đermanović, B. **206**
Đorđević, V. 16, 42, 50, 57
Đukić, V. **42**, 50, **57**, 64,
80, 87, 94, 102
Đurić, N. 80

F

Fačara, L. 64
Franjo, M. 158

G

Glogovac, S. 16
Grahovac, N. 28, 137
Grbić, N. 117
Gvozdenac, S. 16

H

Hladni, N. 16, 22
Hromiš, N. 243

I

Ikanović, J. **72**, 125
Iličković, I. 125
Isakov, M. 125

J

Jaćimović, S. **50**, 87
Janković, S. 72
Jocić, S. 16, 22, 28
Jocković, J. 16
Jocković, M. 16
Jovanov, P. 109

K		N	
Kajiš, K.	72	Nedić Grujin, K.	166
Kancko, D.	158	Nikolić, I.	178 , 225
Kandelinskaja, O.	94, 102	Nikolovski, B.	166
Kiproovski, N.	16	Nikolovski, Z.	152
Kolarić, Lj.	72	Nović, G.	197
Kondić-Špika, A.	16		
Kostić, A.	187	O	
Kračković, M.	158	Omran, S. M.	94
Krstić, M.	16, 22	Ostojić, B.	22
		Ovuka, J.	16
L		P	
Latković, D.	42, 57	Pajin, B.	216, 225, 233
Lončarević, I.	216 , 225, 233	Parenta, G.	145
Lužaić, T.	28, 166 , 178	Pavićević, M.	125
		Pejić, L.	187
Lj		Petrović, J.	225 , 233
Ljubičić, N.	125	Popović, Lj.	206
Ljumović, S.	64	Popović, M.	72
		Popović, S.	243
M		Popović, V.	72, 125
Maksimović, Z.	166		
Mamlić, Z.	42, 50, 57, 64, 94 , 102	R	
Marić, A.	109	Rabrenović, B.	187
Marjanović		Radanović, A.	16
Jeromela, A.	16, 109, 117	Radić, V.	22
Mikić, S.	16	Rajković, D.	109, 117
Miklić, V.	16, 22	Rakašćan, N.	72
Miladinović, D.	16 , 22	Rakita, S.	243
Miladinović, J.	16, 42, 50, 57, 64, 87	Ranđelović, P.	42, 50
Milovac, Ž.	16	Ranitović, A.	243
Mirosavljević, M.	16	Romanić, R.	28 , 109, 166, 178
Mrakić, B.	145		

S

Selaković, A.	233
Spasevski, N.	243
Sremčev, B.	152
Stojanović, D.	42
Stojanović, Z.	117, 158, 216
Stožinić, M.	216

Š

Šarac, V.	117, 152, 243
Šarić, B.	109, 206
Šimurina, O.	233
Škrbić, J.	216
Šoronja-Simović, D.	225, 233
Šuput, D.	243

T

Tančić Živanov, S.	16
Tot, I.,	145
Trkulja, D.	16
Trzin, D.	158

V

Vidosavljević, M.	178
Vujačić, Lj.	197

Z

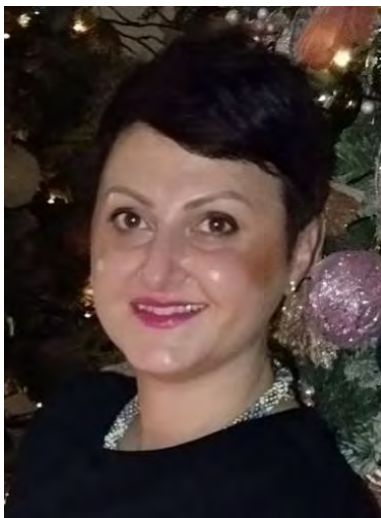
Zahorec, J.	225, 233
Zarić, D.	216
Zelić, V.	16
Zeremski, T.	16

Ž

Živančev, D.	72
Živanović, Lj.	137

IN MEMORIAM

ANA STOJKOVIĆ, dipl. inž.
1982 - 2024.



Ana Stojković je rođena 21.04.1982. godine u Vrbasu. Detinjstvo je provela u Savinom Selu gde je pohađala osnovnu školu. Po završetku Gimnazije „Žarko Zrenjanin” u Vrbasu, upisuje Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu. Diplomirala je 2008. godine. Naredne godine zasniva radni odnos u AD Vital-u, gde svojim marljivim radom ubrzo napreduje i postaje direktor proizvodnje, a nakon toga i zamenik generalnog direktora za proizvodnju i razvoj. Preminula je u 43. godini nakon borbe sa teškom bolešću, 22.05.2024. godine. Iza sebe je ostavila supruga Milenka i dvoje dece Miu (12 godina) i Kostu (5 godina).

Njenim odlaskom AD Vital izgubio je izuzetnog tehnologa i dobrog kolegu. Zauvek će ostati upamćena kao izvanredan stručnjak, sjajna žena i iskren prijatelj.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

633.85(082)
665.3(082)

САВЕТОВАЊЕ Производња и прерада уљарица (65 ; 2024 ; Херцег Нови)

Zbornik radova [Elektronski izvor] / 65. savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica sa međunarodnim učešćem = Proceedings / 65th Conference Production and Processing of Oilseeds with international participation, Herceg Novi, 23-28. jun 2024. godine. - Novi Sad : Tehnološki fakultet : Institut za ratarstvo i povrtarstvo : Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju : Industrijsko bilje, 2024

Način pristupa (URL): https://www.indbilje.co.rs/wp-content/uploads/2023/07/64_Savet_Zbornik_radova_2023.pdf.
- Opis zasnovan na stanju na dan 03.06.2024. - Nasl. s naslovnog ekrana. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad. - Registar.

ISBN 978-86-6253-181-0

а) Уљарице -- Производња -- Зборници б) Уљарице -- Прерада -- Зборници

COBISS.SR-ID 146201353

desmet

Desmet is a leading global provider of custom-engineered plants and equipment for the food, feed and biofuels industries.

Our reliable and innovative technologies transform oilseeds, grains and tropical oils into protein feed/food, edible oils/fats, oleochemicals and biofuel.

We deliver best-in-class expertise through 3 long-standing brands: Desmet, RoseDowns and Stolz with a combined experience of over 300 years.



“Crown is an innovative world leader in oilseed processing offering custom process engineering, equipment, piloting and aftermarket support for crush, refining, biofuels, oleochemicals, plant-based proteins and other specialty extraction.

Crown’s 15,000 square-foot Global Innovation Center includes a full-scale continuous process Liquids Pilot Plant, analytical lab and training facilities. Here, customers access real-world capabilities in a confidential, controlled environment to develop and test product and process feasibility, run benchtop scale to custom processing, commercialize and train staff. Combined with Crown’s technical expertise and guidance, the Global Innovation Center enables you to meet market demands profitably, efficiently, and sustainably, with minimal risk.”



Fibers for Life.

Cellulose Filter Aids and Adsorbents

For Edible Oils Filtration

- › **REPLACE**
Diatomite, Perlite or Silica
- › **REDUCE**
Bleaching Earth
Consumption
- › **SAVE**
Processing Costs

J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH & CO KG

Holzmühle 1 | 73494 Rosenberg

Phone: +49 7967 152-300

www.jrs.eu



THE EFFICIENT PRESSING SINCE 1986

www.screw-presses.com



Powered by **green** energy
for better tomorrow

ISBN 978-86-6253-181-0



9 788662 531810