

2023

Reološke i senzorske osobine hladno presovanih ulja dostupnih na tržištu Republike Srbije

Nikolić Ivana, Vidosavljević Milica, Romanić Ranko, Lužaić Tanja, Takači Aleksandar

Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad; Institut za ratarstvo i povrtarstvo; Poslovna zajednica "Industrijsko bilje" DOO

Nikolić, Ivana, Vidosavljević, Milica, Romanić, Ranko, Lužaić, Tanja, and Takači, Aleksandar. 2023. Reološke i senzorske osobine hladno presovanih ulja dostupnih na tržištu Republike Srbije. *Uljarstvo: časopis za industriju biljnih ulja, masti i proteina / journal of edible oil industry* 54(1): 71–81. <https://open.uns.ac.rs/handle/123456789/32663> (accessed 12 May 2024).

<https://open.uns.ac.rs/handle/123456789/32663>

Downloaded from DSpace-CRIS - University of Novi Sad

JOURNAL OF EDIBLE OIL INDUSTRY

ujarstvo

(Online)

Volumen 54, broj 1 (2023)

ISSN 0351-9503 (Print)

ISSN 2956-0594 (Online)

DOO INDUSTRIJSKO BILJE NOVI SAD



INDUSTRIJSKO BILJE

www.indbilje.co.rs

JOURNAL OF EDIBLE OIL INDUSTRY

ULJARSTVO

ČASOPIS ZA INDUSTRIJU BILJNIH ULJA, MASTI I PROTEINA

Volumen 54, broj 1

(Online)

Godina 2023

SADRŽAJ

CONTENT

Pregledni radovi

Review articles

1. Čurović O.

- UTICAJ GLOBALNIH KRIZA NA PROIZVODNJU I TRŽIŠTE ULJANIH USEVA** 5
*INFLUENCE OF GLOBAL CRISES IN THE WORLD ON PRODUCTION
AND MARKET OF OIL CROPS*

Originalni naučni radovi

Original scientific papers

2. Lužaić T., Grahovac N., Stojanović Z., Đurović A., Kravić S., Kozomora K., Romanić R.

- OKSIDATIVNA STABILNOST HLADNO PRESOVANOG ULJA SUNCOKRETA LINO-
LNOG I VISOKOOLEINSKOG TIPA SA DODATKOM RUZMARINA I BELOG LUKA** 21
*OXIDATIVE STABILITY OF LINOLEIC AND HIGH-OLEIC COLD PRESSED SUNFLOWER
OIL COLD PRESSED SUNFLOWER OIL WITH THE ADDITION ROSEMARY AND GARLIC*

3. Grahovac N., Aleksić M., Đurović A., Stojanović Z., Cvejić S., Jocić S., Lužaić T., Romanić R.

- OPTIMIZACIJA EKSTRAKCIJE HLOGROGENE KISELINE IZ UZORAKA SUNCOKRETA
ZA ODREĐIVANJE VISOKOPRITISNOM TEČNOM HROMATOGRAFIJOM** 29
*OPTIMIZATION OF CHLOROGENIC ACID EXTRACTION FROM SUNFLOWER
SAMPLES FOR HIGH-PRESSURE LIQUID CHROMATOGRAPHY ANALYSIS*

4. Đukić V., Miladinović J., Stojanović D., Mamlić Z., Čeran M., Randelović P., Vasiljević S.

- SADRŽAJ I PRINOS PROTEINA I ULJA U NS SORTAMA SOJE REGISTROVANIM
U 2023. GODINI** 39
*CONTENT YIELD OF PROTEIN AND OIL IN NS SOYBEAN VARIETIES REGISTERED
IN 2023*

5. Đukić V., Miladinović J., Dozet G., Mamlić Z., Kandelinska O., Randelović P., Latković D.

- INTERAKCIJA AMONIJUM NITRATA NA KVALITET ZRNA SOJE
PRI JESENJOJ I PROLEĆNOJ OSNOVNOJ OBRADI ZEMLJIŠTA** 47
*INTERACTION OF AMMONIUM NITRATE ON THE QUALITY OF SOYBEAN
IN AUTUMN AND SPRING ON SOIL CULTIVATION*

6. Dozet G., Đukić V., Miladinović J., Mamlić Z., Cvijanović G., Bajagić M., Cvijanović V.

- REAKCIJA SOJE NA PRIMENU NPK ĐUBRIVA** 55
SOYBEAN REACTION TO THE APPLICATION OF NPK FERTILIZERS

7. Mamlić Z., Dozet G., Đukić V., Miladinović J., Čeran M., Đurić N., Ulharik A.

- UZAJAMNI ODNOS ĐUBRENJA I VREMENA OSNOVNE OBRADE
NA PRINOS I KVALITET ZRNA SOJE** 63
*MUTUAL RELATIONSHIP OF FERTILIZATION AND THE TIME OF BASIC
PROCESSING ON THE YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN GRAIN*

8. Nikolić I., Vidosavljević M., Romanić R., Lužaić T., Takači A., Kravić S.
**REOLOŠKE I SENZORSKE OSOBINE HLADNO PRESOVANIH ULJA
DOSTUPNIH NA TRŽIŠTU REPUBLIKE SRBIJE** 71
*RHEOLOGY AND SENSORY PROPERTIES OF COLD PRESSED OILS
AVAILABLE ON THE MARKET OF THE REPUBLIC OF SERBIA*
9. Stožinić M., Lončarević I., Pajin B., Zarić D., Aleksić S., Škrbić J.
**OKSIDATIVNA STABILNOST PARCIJALNO HIDROGENOVANE MASTI I MASTI
BEZ TRANS MASNIH KISELINA NAMENJENIH PROIZVODNJI KREM PROIZVODA** 83
*OXIDATIVE STABILITY OF PARTIALLY HYDROGENATED FAT AND FAT WITHOUT
TRANS FATTY ACIDS INTENDED FOR THE PRODUCTION OF CREAM PRODUCTS*
10. Purić M., Rabrenović B., Nedović V., Rac V., Lević S.
**INKAPSULACIJA HLADNO PRESOVANOG ULJA SEMENKI JABUKE METODAMA
ELEKTROSTATIČKE EKSTRUZIJE I „SPREJ” SUŠENJA** 93
*ENCAPSULATION OF COLD PRESSED APPLE SEED OIL USING ELECTROSTATIC
EXTRUSION AND SPRAY DRYING*

Stručni radovi

Technical papers

11. Parenta G., Romanić R., Lužaić T., Klac P., Gvozdrenović M., Milković B., Števanov M, Švenderman S.,
Vlahović N.
**UTICAJ FILTRACIJE I KLARIFIKACIJE NA KVALITET SIROVOG PRESOVANOG
SUNCOKRETOVOG ULJA** 103
*INFLUENCE OF FILTRATION AND CLARIFICATION ON THE QUALITY
OF CRUDE PRESSED SUNFLOWER OIL*
12. Šarac V., Nikolovski Z., Ševo M., Sremčev B.
**POVEĆANJE EFIKASNOSTI UKLANJANJA RASTVARAČA ZAMENOM PRESA
U POGONU SPC** 111
*REPLACEMENT OF THE PRESS IN THE SPC PLANT IN ORDER TO INCREASE
THE EFFICIENCY OF SOLVENT REMOVAL*

Prilozi

Supplements

- IN MEMORIAM - Prof. dr STEVAN MAŠIREVIĆ 117
IN MEMORIAM - Prof. dr STEVAN MAŠIREVIĆ
- DOGAĐAJI 119
EVENTS
- UPUTSTVO ZA UREĐIVANJE I PRIPREMANJE RADOVA 123
INSTRUCTIONS FOR EDITING AND PREPARING OF MANUSCRIPTS

Izdavač(i)*Publisher(s)*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Tehnologija biljnih ulja i masti
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Novi Sad
Poslovna zajednica „Industrijsko bilje” DOO, Novi Sad**
*University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Vegetable Oils and Fats Technology
Institute of Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia, Novi Sad
Business Association „Industrial crops” Novi Sad*

Savetodavni odbor*Advisory board*

**Prof. dr Ranko Romanić, Prof. dr Biljana Pajin, Dr Vladimir Miklič, Prof. dr Biljana Rabrenović,
Doc. dr Ivana Lončarević, Gordan Parenta, dipl. inž., Milan Ševo, dipl. inž., Nada Grbić, dipl. inž.,
Dragan Trzin, dipl. inž., Mirjana Grujić, dipl. hem.**

Članovi savetodavnog odbora iz inostranstva*Advisory board members from abroad*

**Prof. György Karlovits, Ph.D., Corvinus University, Budapest, Hungary; Ph.D. Branislav Dozet,
KWS Group, Budapest, Hungary; Prof. Mirjana Bocevska, Ph.D., Faculty of Technology and
Metalurgy, Skopje, Macedonia; Prof. Vlatko Marušić, Ph.D., Mechanical Engineering Faculty,
Slavonski Brod, Croatia; Prof. Nedyalka Yanishlieva-Maslarova, Ph.D., Institute of Organic
Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria; Prof. Gerhard Jahreis, Ph.D., Friedrich-
Schiller-Universität, Jena, Germany; Ph.D. Werner Zschau, Wörthsee, Germany**

Uređivački odbor*Editorial board*

Prof. dr Ranko Romanić, Zoran Nikolovski, dipl. inž., Mr Zvonimir Sakač

Glavni i odgovorni urednik*Editor in chief*

Prof. dr Ranko Romanić

Urednik*Editor*

Dr Olga Čurović

Tehnička priprema i dizajn*Technical preparation and design*

Prof. dr Ranko Romanić

Adresa redakcije*Editorial board address*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Tehnologija biljnih ulja i masti,
21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, Republika Srbija
Telefon: 021 485 3700; Fax: 021 450 413; e-mail: uljarstvo.tf@uns.ac.rs**
*University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Vegetable Oils and Fats Technology,
21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republic of Serbia
Phone: +381 21 485 3700; Fax: +381 21 450 413; e-mail: uljarstvo.tf@uns.ac.rs*

ISSN (Štampano izdanje)

ISSN (Print)

0351-9503

ISSN (Online)

ISSN (Online)

2956-0594

Web-adresa (URL)*Web address (URL)*

<https://www.tf.uns.ac.rs/nauka-i-istrazivanje/publikacije/17-srpski/nauka-i-istrazivanje/publikacije/553-uljarstvo.html>

REOLOŠKE I SENZORSKE OSOBINE HLADNO PRESOVANIH ULJA DOSTUPNIH NA TRŽIŠTU REPUBLIKE SRBIJE

Ivana Nikolić, Milica Vidosavljević, Ranko Romanić, Tanja Lužaić,
Aleksandar Takači, Snežana Kravić*

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

IZVOD

Hladno presovana ulja dobijena iz različitih sirovina sve više su dostupna na tržištu Republike Srbije. Ovim radom predstavljene su senzorske i reološke osobine pojedinih hladno presovanih ulja, s obzirom da je senzorski kvalitet najčešće presudan faktor pri odabiru proizvoda od strane potrošača. Reološka analiza hladno presovanih ulja bitna je sa aspekta mogućnosti njihove primene u proizvodnji uljnih mešavina i formulaciji nutritivno obogaćenih proizvoda.

Ključne reči: hladno presovana ulja, senzorske osobine, reološke osobine, masnokiselinski sastav.

RHEOLOGY AND SENSORY PROPERTIES OF COLD PRESSED OILS AVAILABLE ON THE MARKET OF THE REPUBLIC OF SERBIA

ABSTRACT

Cold pressed oils obtained from different raw materials are increasingly available on the market of the Republic of Serbia. This work presents the sensory profile and rheological properties of certain cold pressed oils, considering that sensory quality is deciding factor for choosing a product by consumers. The rheological analysis of cold pressed oils is important from the aspect of the possibility of their application in the production of blended oils and the formulation of nutritionally enriched products.

Key words: cold pressed oils, sensory properties, rheological properties, fatty acid composition.

UVOD

Hladno presovanje predstavlja proces kojim se ekstrahuje ulje iz različitih sirovina mehaničkim delovanjem. Ekstrakcija ulja presovanjem se ostvaruje na niskim temperaturama koje ne narušavaju prirodne karakteristike i kvalitet dobijenog ulja, pa se i proces naziva hladno presovanje. Ulja dobijena hladnim presovanjem imaju bogat nutritivni sastav, očuvanu aromu i kvalitet ulja (Chandra i sar., 2020; Romanić, 2020).

Hladno presovanje je brz, jednostavan i ekološki opravdan proces kojim se dobija proizvod bez tragova organskog rastvarača, što je osnovna prednost ovog procesa „ekstrakcije” ulja u odnosu

* Dr Ivana Nikolić, vanredni profesor
Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Republika Srbija
Tel. +381 21 485 3800, E-mail: ivanikolic@uns.ac.rs

na uobičajeni proces rafinacije ulja. Još jedna velika prednost procesa hladnog presovanja je da dobijeno ulje zadržava vredne bioaktivne komponente, kao što su tokoferoli i tokotrienoli, slobodni i esterifikovani steroli, skvaleni, triterpenski alkoholi, karotenoidi, hlorofil i fosfolipidi sa oksidativnim svojstvima, koji se inače delimično uklanjaju ili uništavaju tokom procesa industrijske rafinacije. Takođe, proces ne zahteva veliku potrošnju energije, s obzirom da se ostvaruje na niskim temperaturama i pogodan je za proizvođače malog ili srednjeg kapaciteta. Nedostatak ovog procesa je svakako mali prinos ulja (Mushtaq i sar., 2020).

Na tržištu su hladno presovana ulja vrlo cenjena i uvek imaju višu tržišnu cenu nego rafinisana ulja. Na tržištu se mogu naći hladno presovana ulja iz različitih sirovina, semena, koštica, voća, jezgrastog voća, kao što su seme grožđa, maslina, repica, soja, paprika, susam, seme crnog kima, amarant, narandža, seme limuna, grejpfrut, nar, čia seme, kukuruz, suncokret, šafranjika, uljana tikva, lešnik, pistaći, orah, pekan orah, karanfilić, bobice, origano, šipak, šargarepa, korijander, kikiriki, niger, pirinčane mekinje, avokado, seme paradajza i argan (Durazzo i sar., 2022). Neophodno je da sirovina sadrži više od 15% ulja, osim u slučaju semena amaranta gde je sadržaj ulja od 4,9-8,1% (Chandra i sar., 2020).

Većina ulja dobijenih hladnim presovanjem sadrži ω -3 i ω -6 masne kiseline (Prescha i sar., 2014; Di Stefano i sar., 2021). Zahvaljujući vrednom nutritivnom sastavu hladno presovana ulja dokazano povoljno utiču na brojne zdravstvene probleme u organizmu, kao što su ishemične srčane bolesti, gojaznost, hipertenzija i druge i imaju izražena antioksidativna svojstva (Chandra i sar., 2020.)

Sveobuhvatni kvalitet, kako sa hemijskog tako i sa senzorskog aspekta, posmatranja ulja dostupnih na tržištu može biti veoma različit i obično je povezan sa načinom ekstrakcije ulja iz sirovine, što često dovodi potrošača do nedoumica tokom izbora ulja. Mnoge isparljive komponente koje ostaju u ulju dobijenom procesom hladnog presovanja zaslužne su za izraženu aromu ovih ulja u odnosu na rafinisana ulja.

U ovom radu posmatrane su reološke i senzorske osobine hladno presovanih ulja trenutno dostupnih na tržištu Republike Srbije. Deskriptivni senzorski testovi su sofisticirane tehnike senzorske analize, koje obuhvataju kvalitativni i kvantitativni opis proizvoda na osnovu procene od strane treniranog ocenjivačkog panela. Sve organoleptičke (senzorske) karakteristike ovih ulja mogu se kvantitativno izraziti zahvaljujući deskriptivnoj senzorskoj analizi, čime se stiče uvid i u opštu prihvatljivost ulja. Reološkim definisanjem ulja određuju se dalje mogućnosti primene ulja sa ciljem uključivanja u različite formulacije prehrambenih proizvoda.

MATERIJAL I METODE

U ovom radu ispitana su hladno presovana ulja trenutno dostupna na tržištu Republike Srbije. To su: hladno presovano ulje suncokreta (CPSO), hladno presovano ulje kukuruznih klica (CPCO), hladno presovano ulje semena grožđa (CPGO) i hladno presovano ulje kikirikija (CPPO) (slika 1).



Slika 1. Hladno presovana ulja

Figure 1. Cold pressed oils

Za određivanje senzorskih karakteristika hladno presovanih ulja korišćena je deskriptivna senzorska analiza, prema odgovarajućim ISO standardima koji obezbeđuju potrebne uslove za ocenu proizvoda (Cerretani i sar., 2008; Brühl i Matthäus, 2008; Bendini i sar., 2011). Senzorski parametri su osnova za pravilnu procenu kvaliteta ulja ili klasifikaciju proizvoda u komercijalne klase. Adekvatna standardizovana senzorska metoda je kvantitativna deskriptivna analiza (QDA analiza), kada su potrebne detaljne informacije o indentifikaciji i kvalifikaciji senzorskih atributa i senzorskog profila proizvoda. Primenom ove metode moguće je poređenje sličnih proizvoda, testiranje korelacija između instrumentalnih i hemijskih merenja sa senzorskim svojstvima, kao i definisanje standarda za kontrolu kvaliteta.

Uzorci su ocenjeni 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). QDA analizu sproveli su kvalifikovani ocenjivači, koji su prošli specifičnu obuku, radi dobijanja pouzdanih i doslednih rezultata.

Senzorska analiza ulja podeljena je na analize tri značajne grupe senzorskih svojstava: I grupa – izgled, II grupa – miris i ukus, III grupa – tekstura i taktilni osećaj. Izgled ulja uključuje bistrinu, svetloću, čistoću boje ulja, zastupljenost žutog, zelenog, plavog i crvenog tona. Miris i ukus određeni su organoleptički (senzorski) i predstavljaju opis i intenzitet mirisa i ukusa. Tekstura i taktilni osećaj obuhvatili su analizu svojstava: zastupljenost astringentnog osećaja (osećaj skupljanja i sušenja na površini jezika zbog tanina), zastupljenost oporosti (oštar osećaj u ustima, posebno u grlu poput gorčine), naknadnog ukusa ili „aftertejsa”, postojanost ukusa, gustinu i lepljivost (Yılmaz i sar., 2015; Tauferova i sar., 2021). Takođe je utvrđena i sveobuhvatna prihvatljivost ulja nakon analize svih senzorskih svojstava.

Pri statističkoj obradi dobijenih ocena senzorske analize primenjene su metode korelacije i višestruke regresione analize pri pragu značajnosti $p=0,05$.

Pored senzorskog profila jestivih ulja, vrlo značajni pokazatelji kvaliteta su i brojne druge fizičke i hemijske osobine, kao što su: sastav masnih kiselina, sadržaj vlage i isparljivih materija, sadržaj

nerastvorljivih nečistoća, alkalitet, kiselinski broj, sadržaj voskova i fosfolipida, liposolubilnih vitamina i mnogi drugi pokazatelji.

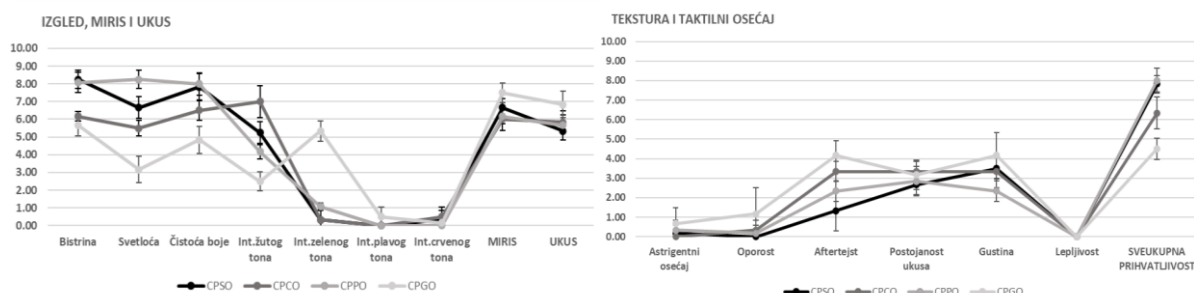
Reološke karakteristike ulja dobijenih hladnim presovanjem ispitane su primenom rotacionog viskozimetra Haake Rheo Stress 600. Merenja su izvedena na radnoj temperaturi od 25°C, pri čemu je korišćen pribor konus-ploča C 60/1° Ti sa rastojanjem između konusa i ploče od 0,052 mm. Pri određivanju reoloških osobina ulja posmatrane su krive proticanja određene metodom histerezisnih petlji i posmatranjem promena napona smicanja τ [Pa] sa promenom brzine smicanja $\dot{\gamma}$ [1/s]. Brzina smicanja povećavana je od 0–100 1/s tokom 3 minuta, zatim je održavana 1 minut na maksimalnoj brzini od 100 1/s, a smanjivanje brzine smicanja od 100–0 1/s takođe je trajalo 3 minuta (Kim i sar., 2010).

Sastav masnih kiselina u ulju određen je gasno hromatografskom – maseno spektrofotometrijskom (GC–MS) analizom, na osnovu standardne AOAC metode 963.22 (AOAC, 2000), primenom gasnog hromatografa Hewlett–Packard (HP) 5890 sa maseno–spektrometrijskim detektorom HP 5971A. Korišćena je kapilarna kolona SP–2560 („Supelco”, USA) dužine 100 m i unutrašnjeg prečnika 0,25 mm. Korišćena je zapremina uzorka od 1 μ l pri čemu je odnos razdeljivanja iznosio 1:40, a gas nosač je bio helijum. Analize su izvedene primenom definisanog temperaturnog programa: početna temperatura kolone 100°C (5 min.), porast temperature brzinom 6°C min⁻¹ do krajnje temperature 240°C (20 min.). Maseni spektri snimani su SCAN tehnikom u interval m/z 40–400 a.m.u. Kvalitativno određivanje izvedeno je na osnovu masenih spektara i retencionih vremena, a kvantitativno u skladu sa AOAC metodom (AOAC, 2000) pri čemu je za definisanje korekcionih faktora korišćen standardni rastvor smeše trideset sedam metil estara masnih kiselina (37 component FAME Mix, 47885–U, Supelco, Bellefonte, PA, USA) (Kravić i sar., 2006; Kravić i sar., 2012).

REZULTATI I DISKUSIJA

Senzorske osobine hladno presovanih ulja

Dijagrami na slici 2 prikazuju srednju vrednost ocena senzorskih svojstava hladno presovanih ulja, određenih od strane šestočlanog senzorskog panela.



Slika 2. Rezultati senzorske analize hladno presovanih ulja (srednja vrednost ocene \pm 1 SD, n= 6)

Figure 2. Results of the sensory analysis of cold pressed oils (mean values of marks \pm 1 SD, n= 6)

Srednje vrednosti ocena senzorskih karakteristika posmatranih ulja obrađene su statističkom metodom analize korelacije i višestruke regresione analize, sa ciljem da se utvrdi povezanost ovih osobina ulja, kao i uticaj ocene senzorskih svojstava na opštu sveobuhvatnu prihvatljivost

uzoraka. Cilj korelacione analize je da se utvrdi da li između varijacija ocena posmatranih senzorskih svojstava postoji kvantitativno slaganje (korelaciona veza) i, ako postoji, u kom stepenu. Kao mera jačine korelacione veze korišćen je Pirsonov koeficijent korelacije, koji je izračunat za svaku senzorsku osobinu uzoraka ulja i predstavljen je u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije

Table 1. Values of Pearson's correlation coefficient

Senzorska karakteristika hladno presovanog ulja		Pirsonov koeficijent korelacije
Izgled	Bistrina	0,92
	Svetloća	0,94
	Čistoća boje	1,00
	Intenzitet žutog tona	0,31
	Intenzitet zelenog tona	-0,83
	Intenzitet plavog tona	-0,89
	Intenzitet crvenog tona	-0,30
Miris		-0,73
Ukus		-0,93
Tekstura i taktilni osećaj	Astringentni osećaj	-0,65
	Oporost	-0,96
	„Aftertejtst”	-0,80
	Postojanost ukusa	-0,67
	Gustina	-0,80
	Lepljivost	0,00

Prema tabeli, na osnovu vrednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije uočena je direktna povezanost (pozitivne vrednosti koeficijenta) pojedinih parametara izgleda uzoraka, kao što su bistrina uzorka, svetloća, čistoća boje, intenzitet žutog tona, na sveobuhvatnu ocenu prihvatljivosti uzorka. Pri tome se posebno izdvaja uticaj čistoće boje uzorka sa koeficijentom od 1,00, odnosno sa takozvanom savršenom funkcionalnom vezom sa sveobuhvatnom ocenom prihvatljivosti. To je strogo određena ili funkcionalna veza pri kojoj svakoj vrednosti jedne pojave odgovara samo jedna vrednost druge pojave. Ostali parametri izgleda uzorka ulja, kao i senzorski parametri teksture, taktilnog osećaja, mirisa i ukusa ispoljili su negativnu korelaciju sa opštom ocenom prihvatljivosti uzorka. Prema tome, sa porastom ocene ovih senzorskih parametara ulja opada ocena sveobuhvatne prihvatljivosti uzoraka ulja.

Ova korelaciona analiza rezultata senzorske ocene hladno presovanih ulja uputila je dalju statističku analizu na primenu višestruke regresione analize i na utvrđivanje modela uticaja pojedinih senzorskih osobina ulja na sveobuhvatnu ocenu senzorske prihvatljivosti ulja. Cilj višestruke regresione analize je da se odredi onaj regresioni model koji najbolje opisuje vezu između pojava i da se na osnovu tog modela ocene i predvide vrednosti zavisne promenljive Y za odabrane vrednosti nezavisne promenljive X.

Tako su odabrane senzorske osobine uzoraka, koje imaju visok koeficijent korelacije kao što su: bistrina, svetloća, čistoća boje, ukus i oporost kao ulazni faktori u daljoj statističkoj analizi višestruke linearne regresije, gde je izlazni faktor upravo finalna ocena–opšta sveukupna

prihvatljivost uzorka. Rezultati višestruke regresione analize pokazali su veoma značajan kolektivni uticaj između X1, X2, X3, and Y, ($F(1, 3) = 86868,15$, $p < 0,001$, $R^2 = 1$, $R^2_{adj} = 1$), gde su X1 bistrina ulja, X2 svetloća boje i X3 čistoća boje, a Y opšta sveobuhvatna prihvatljivost ulja. Statistička značajnost i veličina tog uticaja ovih ulaznih faktora ispitana je uz postepenu eliminaciju faktora i prikazana je u tabeli 2 vrednostima verovatnoće (p vrednost).

Tabela 2. Tabele koeficijenata iteracije (prilagođeni R-kvadrat = 1)

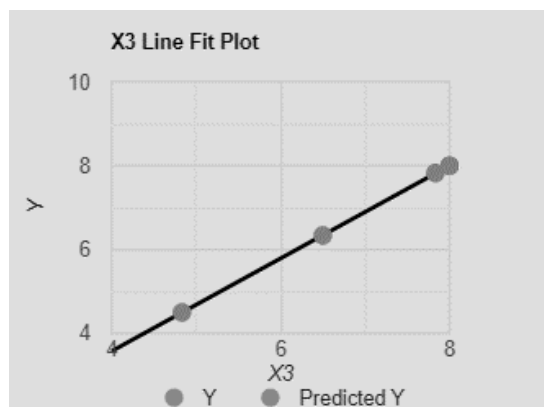
Table 2. Tables of iteration coefficients (adjusted R-squared = 1)

Iteracija 1		Iteracija 2		Iteracija 3	
b	p vrednost	b	p vrednost	b	p vrednost
X1	0,445089	X1	0,153497	X3	8,61315·10 ⁻⁸
X2	0,704043	X3	0,0000338012		
X3	0,0103422				

U sva tri analizirana slučaja ispoljila se izrazita dominacija i izuzetno visok stepen uticaja ulaznog faktora X3, odnosno uticaja čistoće boje ulja. To je samo potvrdilo rezultate korelacione analize, gde je koeficijent korelacije ove senzorske osobine ulja i sveobuhvatne prihvatljivosti ulja bio 1. Primenom višestruke regresione analize dobijen je i model uticaja ovog ulaznog faktora:

$$\hat{Y} = -0,857593 + 1,107715 X3$$

gde je: \hat{Y} - predviđena ocena sveukupne prihvatljivosti uzorka, a X3 - je čistoća boje kao ulazni faktor. U dobijenom modelu ulazni faktor čistoća boje ulja je bio jedini statistički značajan faktor ($p < 0,000001$), koji ima praktično linearnu zavisnost sa finalnom ocenom, prikazanu na slici 3.



Slika 3. Model linearne zavisnosti sveobuhvatne ocene ulja sa čistoćom boje ulje

Figure 3. Model of linear dependence of overall oil rating with oil color purity

Na osnovu dobijenih rezultata i primenjene statističke analize može se zaključiti da presudan uticaj na sveobuhvatanu ocenu prihvatljivosti hladno presovanog ulja ima čistoća boje ulja sa direktnom linearnom zavisnošću. Najvišu ocenu ovog senzorskog parametra imalo je hladno presovano ulje kikirikija (CPPPO), a za njim i hladno presovano ulje suncokreta (CPSO). Drugi ulazni faktor po statističkoj značajnosti je svetloća boje, gde su se opet izdvojili prvo ulje kikirikija, pa za njim i ulje suncokreta. Treći statistički značajan ulazni faktor bistrina boje izdvojio je prvo suncokretovo, pa zatim ulje kikirikija.

Ostali parametri koji opisuju izgled ulja i odnose se na intenzitete određenog tona imali su manje koeficijente korelacije sa sveobuhvatnom ocenom ulja i pri tome negativno usmeren, osim intenziteta žutog tona. To znači da porast intenziteta zelenog, plavog i crvenog tona smanjuju u manjoj meri finalnu prihvatljivost uzorka.

To se značajno ispoljilo kod hladno presovanog ulja semena grožđa (CPGO) zbog porasta intenziteta zelenog tona i kod hladno presovanog ulja kukuruznih klica (CPCO) zbog porasta intenziteta žutog tona, što je svakako posledica same sirovine iz koje ulje potiče.

Ukus hladno presovanih ulja je ispoljio iznenađujuću negativnu korelaciju visokog stepena na sveobuhvatnu ocenu. To se može objasniti time da porast jačine ukusa, kao i prisustvo karakterističnih ukusa (semenski, orašast, drvenast, gorak, kiseo, ili negativni kao što su užeglo, na kvasac, memljiv, plesniv, strani miris) negativno utiču na ocenu prihvatljivosti. Slična situacija je i sa mirisom, ali pri mnogo manjem intenzitetu uticaja. Dodatni taktilni osećaji doprineli su formiranju ocene, pogotovu negativno usmeren uticaj oporosti, odnosno doživljaja oštrog osećaja kroz usnu šupljinu, posebno u grlu, slično gorčini. Prema intenzivnom ukusu i mirisu, specifičnom po sirovini i sa izraženim naknadnim, zaostalim ukusom, kao i oporosti izdvaja se hladno presovano ulje semena grožđa.

Na kvalitet i održivost ulja utiče više faktora istovremeno. Oksidativnu stabilnost ulja, odnosno u najvećoj meri i održivost određuje sastav masnih kiselina. Sastav metilestara masnih kiselina ispitivanih ulja prikazan je u tabeli 3.

Kod ispitanih hladno presovanih ulja, od nezasićenih masnih kiselina dominantne su linolna (C18:2) i oleinska kiselina (C18:1). Najveći sadržaj linolne kiseline karakterističan je za CPGO uzorak, a najmanji za uzorak CPPO. Sličan, visok sadržaj ove masne kiseline ima i uzorak CPSO. Relativno visok sadržaj linolne kiseline ima i uzorak CPCO.

Uzorak CPPO ima značajno veći udeo oleinske masne kiseline u odnosu na sva ostala ispitana hladno presovana ulja. U daleko manjim udelima utvrđeno je prisustvo α -linolenske (C18:3), eikosenske masne kiseline (C20:1) i palmitooleinske (C16:1) u ispitivanim uzorcima. Palmitooleinska kiselina i α -linolenske nisu detektovane kod CPPO uzorka.

Zasićene masne kiseline koje su najzastupljenije u hladno presovanim uljima su palmitinska (C16:0) i stearinska (C18:0) kiselina, koje zajedno čine skoro celokupanu količinu zasićenih masnih kiselina kod ispitanih hladno presovanih ulja. Zastupljenost palmitinske kiseline u uzorcima može se prikazati opadajućim redosledom CPPO > CPCO > CPGO > CPSO i pri tome je veća od zastupljenosti stearinske kiseline, koja se može prikazati opadajućim redosledom CPGO > CPPO > CPCO > CPSO. Pri tome se uočava da su ove zasićene masne kiseline u najmanjem udelu prisutne u uzorku CPSO. Miristinska kiselina (C14:0) detektovana je kod svih uzorka u istom udelu, osim kod uzorka CPPO gde nije prisutna. Margarinska kiselina (C17:0) detektovana je samo u uzorku CPGO i to u vrlo malom udelu. Utvrđeno je i prisustvo arahidinske (C20:0), behenske (C22:0) i lignocerinske kiseline (C24:0). Nekoliko puta veći sadržaj arahidinske kiseline utvrđen je kod uzorka CPPO, u odnosu na ostala ulja. Behenska kiselina nije detektovana kod uzorka CPGO, a u značajno većem udelu je utvrđeno njeno prisustvo kod uzorka CPPO, u odnosu na ostale uzorke. Dobijeni rezultati za sastav i udeo masnih kiselina u posmatranim hladno presovanim uljima u skladu su sa brojnim literaturnim

podacima (Raš i sar., 2008; Akhtar i sar., 2014; Gotor & Rhazi, 2016; Argon i sar., 2020; Durazzo, 2021).

Tabela 3. Sastav masnih kiselina hladno presovanih ulja

Table 3. Fatty acid composition of cold pressed oils

Masne kiseline		Udeo (%m/m)		
Zasićene	CPSO	CPPO	CPGO	CPCO
C14:0	0,04±0,00	nd	0,04±0,00	0,04±0,00
C16:0	6,25±0,15	8,56±0,02	7,41±0,16	8,29±0,14
C17:0	nd	nd	0,04±0,00	nd
C18:0	2,76±0,05	3,06±0,01	3,97±0,00	2,85±0,04
C20:0	0,21±0,00	1,49±0,06	0,15±0,01	0,34±0,00
C22:0	0,74±0,00	3,17±0,02	nd	0,77±0,01
C24:0	0,37±0,05	2,02±0,07	nd	0,38±0,02
Nezasićene	CPSO	CPPO	CPGO	CPCO
C16:1	0,05±0,00	nd	0,14±0,00	0,07±0,00
C18:1c	28,11±0,19	60,83±0,23	21,52±0,01	36,82±0,49
C18:2c	61,09±0,07	19,83±0,13	66,24±0,19	49,91±0,71
C18:3n3	0,21±0,00	nd	0,31±0,00	0,36±0,00
C20:1	0,17±0,01	1,03±0,00	0,18±0,1	0,19±0,00
Sume	CPSO	CPPO	CPGO	CPCO
SFA	10,37±0,25	18,3±0,11	11,61±0,18	12,66±0,22
MUFA	28,33±0,18	61,86±0,24	21,84±0,001	37,08±0,49
PUFA	61,3±0,07	19,83±0,13	66,55±0,19	50,26±0,71

SFA - suma zasićenih masnih kiselina

MUFA - suma mononezasićenih masnih kiselina

PUFA - suma polinezasićenih masnih kiselina

Reološke osobine hladno presovanih ulja

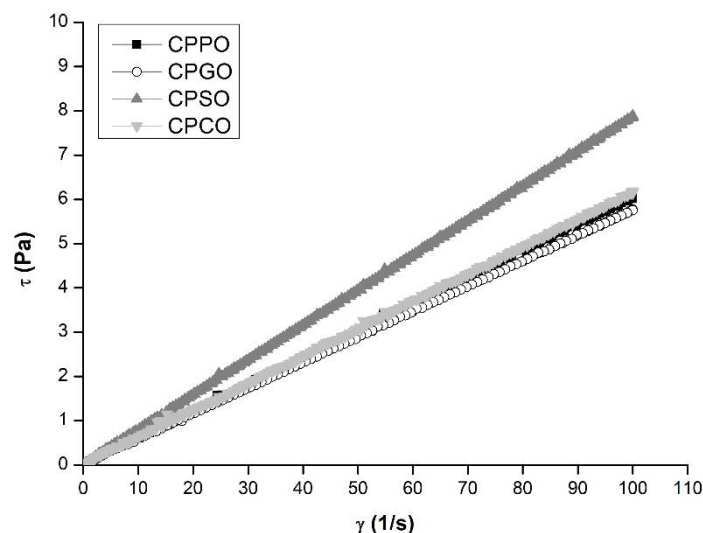
Reološka analiza ulja obuhvata definisanje odgovarajućeg reološkog modela proticanja ulja na osnovu dobijenih eksperimentalnih vrednosti napona smicanja u zavisnosti od brzine smicanja. Ako se na ordinatu nanese napon smicanja, a na apscisu brzina smicanja, onda se kod njutnovskih fluida dobija prava linija čiji koeficijent pravca predstavlja koeficijent viskoziteta (Đaković, 1990) što se može videti na slici 4.

Dobijena zavisnost napona smicanja od brzine smicanja fitovana je prema Njutnovom modelu proticanja fluida na osnovu jednačine (1):

$$\tau = \eta \cdot \gamma \quad (1)$$

gde je: τ - napon smicanja (Pa), γ - brzina smicanja (1/s) i η - Njutnovski viskozitet (Pas).

Brojčana vrednost viskoziteta ulja na 25°C se može odrediti linearnim fitovanjem krive proticanja. Pri tome su dobijeni visoki koeficijenti korelacije fitovanja od 0,9999 do 1 i Njutnovski viskoziteti ispitivanih ulja, prikazani u tabeli 4. Visok koeficijent korelacije dobijenih krivih ukazuje na visoku podudarnost između eksperimentalnih podataka i Njutnovskog modela proticanja.



Slika 4. Krive proticanja hladno presovanih ulja
Figure 4. Flow curves of cold pressed oils

Tabela 4. Reološki parametri krivih proticanja hladno presovanih ulja
Table 4. Rheological parameters of flow curves for cold pressed oils

Uzorak ulja	r	η (mPas)
CPGO	0,9999	57,71
CPPO	1,0000	60,48
CPSO	0,9999	78,73
CPCO	0,9999	61,66

Sva posmatrana hladno presovana ulja imala su sličan obrazac proticanja, gde se napon smicanja povećavao sa povećanjem brzine smicanja. Ova linearna zavisnost između napona smicanja i brzine smicanja pokazuje da sva ulja imaju Njutnovski tip proticanja. I ranija istraživanja hladno presovanih ulja utvrdila su da ova biljna ulja imaju Njutnovski tok proticanja zbog dugih lanaca njihovih molekula (Kim i sar., 2010). Vrednosti Njutnovskog viskoziteta posmatranih ulja izdvojile su CPSO uzorak kao ulje sa najvećim viskozitetom, dok su vrednosti ostalih ulja niže i približno međusobno jednake, što je uočljivo i na slici 4. Druga istraživanja suncokretovog ulja potvrđuju visok viskozitet ovog ulja, upravo zbog izraženo dugih strukturnih lanaca (Maskan, 2003). Dinamički viskozitet hladno presovanih ulja u velikoj meri zavisi od temperature i sastava. Struktura, pogotovu struktura fosfolipida, utiče na formiranje hidrodinamičkih slojeva ulja (Liu i sar., 2012).

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata analize hladno presovanih ulja dostupnih na tržištu Srbije dobijen je senzorski profil i reološko ponašanje posmatranih ulja. Statistička obrada rezultata senzorske analize izdvojila je prema visokoj sveobuhvatnoj oceni prihvatljivosti hladno presovano ulje kikirikija i ulje suncokreta. Korelaciona analiza ukazala je da na visoku ocenu prihvatljivosti ulja presudan uticaj imaju faktori izgleda ulja. Senzorski faktori miris, ukus i

taktilni osećaj ispoljili su negativnu korelaciju sa finalnom ocenom i što su izraženiji hladno presovano ulje je manje prihvatljivo. To je izuzetno ispoljeno kod hladno presovanog ulja semena grožđa. Međutim, pri odabiru hladno presovanog ulja dominantan uticaj ima čistoća boje ulja, koja je pri potpunoj direktnoj linearnoj zavisnosti doprinela finalnoj oceni hladno presovanog ulja, na osnovu rezultata primenjene višestruke regresione analize.

Masnokiselinski sastav posmatranih hladno presovanih ulja istakao je značajne količine esencijalnih masnih kiselina, linolne, koja je ω -6 masna kiselina, kao i oleinske, koja je ω -9 masna kiselina. Pri tome su esencijalne ω -6 masne kiseline najzastupljenije u hladno presovanom ulju semena grožđa, zatim u hladno presovano ulju semena suncokreta, dok ih značajno prati i ulje kukuruznih klica. Oleinska, ω -9, kiselina najzastupljenija je u ulju od kikirikija. Ulja, takođe sadrže i nezanemarljive količine zasićenih masnih kiselina, gde su dominantne palmitinska i stearinska. Hladno presovano ulje suncokreta se izdvaja po najmanjem udelu zasićenih masnih kiselina.

Posmatrana hladno presovana ulja imaju Njutnovski tip proticanja i ulje semena suncokreta ispoljava pri tome najveći viskozitet, usled izraženih strukturnih lanaca makromolekula, što je od značaja pri mogućnostima formiranja mešavina sa drugim uljima sa ciljem poboljšanja njihovih nutritivnih i fizičkih svojstava, kao i pri primeni ovih ulja u različitim formulacijama prehrambenih proizvoda i pri različitim procesnim parametrima proizvodnje.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na finansijskoj podršci za izradu ovog rada u okviru Programa istraživanja NIO, broj ugovora: 451-03-47/2023-01/200134.

LITERATURA

- Akhtar, S., Khalid, N., Ahmed, I., Shahzad, A., Suleria, H. A. R. (2014). Physicochemical characteristics, functional properties, and nutritional benefits of peanut oil: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(12), 1562-1575.
- AOAC, (2000), *Official Methods of Analysis*, Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC.
- Argon, Z. U., Celenk, V. U., Gumus, Z. P. (2020). Cold pressed grape (*Vitis vinifera*) seed oil. In *Cold pressed oils* (pp. 39-52). Academic Press.
- Bendini, A., Barbieri, S., Valli, E., Buchecker, K., Canavari, M., Toschi, T. G. (2011). Quality evaluation of cold pressed sunflower oils by sensory and chemical analysis. *Eur J Lipid Sci Tech*, 113(11), 1375-1384.
- Brühl, L., Matthäus, B. (2008). Sensory assessment of virgin rapeseed oils. *Eur J Lipid Sci Tech*, 110(7), 608-610.
- 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.
- Chandra, S., Kumar, M., Dwivedi, P., Shinde, L. P. (2020). Functional and nutritional health benefits of cold-pressed oils: a review. *J. Agriculture Ecology*, 9, 21-29.
- Đaković, Lj. (1990). *Koloidna hemija*, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Di Stefano, V., Bongiorno, D., Buzzanca, C., Indelicato, S., Santini, A., Lucarini, M., ... Durazzo, A. (2021). Fatty acids and triacylglycerols profiles from Sicilian (cold pressed vs. soxhlet) grape seed oils. *Sustainability*, 13(23), 13038.
- Durazzo, A., Fawzy Ramadan, M., Lucarini, M. (2022). *Cold Pressed Oils: A Green Source of Specialty Oils*. *Front Nutr*, 8, 836651
- Gotor, A. A., Rhazi, L. (2016). Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. *OCL*, 23(2), D207.

- 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.
- Kim, J., Kim, D. N., Lee, S. H., Yoo, S. H., Lee, S. (2010). Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. *Food chemistry*, 118(2), 398-402.
- Kravić, S., Brezo T., Karišik-Đurović, A., Suturović, Z., Milanović, S., Švarc-Gajić, J., Stojanović, Z. (2012). Masnokiselinski sastav kozjih sireva, *Prehrambena industrija - Mleko i mlečni proizvodi*, 1: 49-52.
- Kravić, S., Marjanović, N., Suturović, Z., Švarc-Gajić, J., Pucarević, M. (2006). Fatty acid composition of industrial margarine for household including trans-isomers, *Journal of Edible Oil Industry*, 37: 45-51.
- Liu, C., Yang, M., Huang, F. (2012). Influence of extraction processing on rheological properties of rapeseed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(1), 73-78.
- Maskan, M. (2003). Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil. *European Food Research and Technology*, 218, 20-25.
- Mushtaq, Z., Imran, M., Ahmad, N., Khan, M. K., & Asghar, N. (2020). Cold pressed corn (*Zea mays*) oil. In *Cold Pressed Oils* (pp. 191-195). Academic Press.
- Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *J. American Oil Chem Soc*, 91(8), 1291-1301.
- Raß, M., Schein, C., & Matthäus, B. (2008). Virgin sunflower oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 618-624.
- Romanić, R. (2020). Cold pressed sunflower (*Helianthus annuus L.*) oil. In *Cold pressed oils* (pp. 197-218). Academic Press.
- Tauferova, A., Dordevic, D., Jancikova, S., Tremlova, B., Kulawik, P. (2021). Fortified cold-pressed oils: The effect on sensory quality and functional properties. *Separations*, 8(5), 55.
- Yılmaz, E., Sevgi Arsunar, E., Aydeniz, B., Güneşer, O. (2). Cold pressed capia pepperseed (*Capsicum annuum L.*) oils: Composition, aroma, and sensory properties. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 117(7), 1016-1026.