

VOLUMEN 50, BROJ 1 (2019)

Ujarsfuo

JOURNAL OF EDIBLE OIL INDUSTRY

ULJARSTVO

ČASOPIS ZA INDUSTRIJU BILJNIH ULJA, MASTI I PROTEINA

Volumen 50. **Broj 1** **Godina 2019.**

Originalni naučni radovi

Original scientific papers

1. Grahovac N., Sakač Z., Jocić S., Cvejić S., Miklič V.
ISPITIVANJE MASNOKISELINSKOG SASTAVA U ULJU SEMENA SUNCOKRETA
SELEKCIJE INSTITUTA ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO
*Investigation of Fatty Acid Profile in Sunflower Oil of Selection of Institute of Field
and Vegetable Crops* 5
2. Romanić R., Lužaić T., Grahovac N., Cvejić S., Jocić S., Kravić S., Stojanović Z.
GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE SEMENA HIBRIDA SUNCOKRETA
GAJENIH U MIKROOGLEDIMA 2017. GODINE U SRBIJI I ARGENTINI
*Geometric Characteristics of Sunflowers Seeds Hybrids Grown of Small-Plot Trials
in 2017 in Serbia and Argentina* 13
3. Đukić V., Stojanović D., Miladinović J., Miladinov Z., Đorđević V., Dozet G., Petrović K.
SADRŽAJ PROTEINA I ULJA U NS SORTAMA SOJE REGISTROVANIM
U 2019. GODINI
Contents of Oil and Proteins in Ns Soybean Varieties Registered in 2019 19
4. Marjanović Jeromela A., Grahovac N., Miroslavljević M., Acín V., Šarac V., Milovac Ž.
PROCENA KORELACIONE POVEZANOSTI RAZLIČITIH SEZONA GAJENJA
ULJANE REPICE I VREMENSKIH POKAZATELJA
*Estimation of Correlation Coefficient Among Different Growing Season of Rapeseed
and Weather Indicators* 25
5. Beretka J., Romanić R., Lužaić T., Radić B.
KARAKTERIZACIJA SPECIJALNIH NAMENSKIH MASTI IZ UVOZA
PROIZVEDENIH OD PALMINOG ULJA I ULJA PALMINIH KOŠTICA
*Characterisation of Specialty Confectionary Fats from Imports Produced From Palm Oil
and Palm Kernel Oil* 33
6. Petrović J., Lončarević I., Pajin B., Nikolovski Z.
KVALITET ČAJNOG PECIVA SA DODATKOM RAZLIČITIH VRSTA SOJINOG
BRAŠNA I SOJINOG PROTEINSKOG KONCENTRATA
*Quality of Biscuit With the Addition of Different Types of Soy Flour and Soy
Protein Concentrate* 41
7. Nikolić I., Maravić N., Šereš Z., Dokić Lj., Kertesz S., Šoronja Simović D.
EMULGUJUĆA SVOJSTVA VLAKANA I PEKTINA IZ ŠEĆERNE REPE
U PREHRAMBENIM EMULZIJAMA TIPa ULJE U VODI
*Emulsifying Properties of Sugar Beet Fibers and Sugar Beet Pectin in O/W
Food Emulsions* 47

Pregledni radovi

Review papers

8. Vujačić Lj., Nović G.
MASTI I ULJA KAO NOVA HRANA
Fats and Oils as a Novel Food 57

9. Parenta G., Romanić R.
3-MONOHLOORPROPAN-1,2-DIOL ESTRI U JESTIVIM RAFINISANIM ULJIMA
I MASTIMA
3-Monochlorpropane-1,2-Diol Esters In Refined Edible Oils and Fats 75

Stručni radovi*Technical papers*

10. Šarac V., Stojanović Z., Trzin D., Kancko D.
RAZLIKE PRIJEMNOG I PRERADNOG KVALITETA ULJARICA U PERIODU
2009 - 2019. GODINE
*Difference of Reciving and Procesing Quality of Oilseeds in the Period
2009-2019. Years* 85
11. Đurkić S., Ševo M., Knežević-Jugović Z.
MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE SOJINIH PROTEINSKIH HIDROLIZATA
IZ SOJINIH PROTEINSKIH KONCENTRATA
*Possibilities of Production of Soy Protein Hydrolysate from Soybean
Protein Concentrates* 91

Prilozi*Supplement*

2019. GODINA U KOJOJ SLAVIMO VELIKE JUBILEJE
2019, the Year in Which We Celebrate the Great Jubilee 99
- NAJAVA KONFERENCIJA I SAVETOVANJA U 2020. GODINI
Announcement of Conferences in 2020 102
- UPUTSTVO ZA UREĐIVANJE I PRIPREMANJE RADOVA
Instructions for Editing and Preparing of Manuscripts 105

Izdavač(i)*Publisher(s)*

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Tehnologija biljnih ulja i masti
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, 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 Novi Sad
Business Association „Industrial crops” Novi Sad

Savetodavni odbor*Advisory board*

Doc. dr Ranko Romanić, Prof. dr Biljana Pajin, Dr Vladimir Miklič, Prof. dr Biljana Rabrenović, 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 Metallurgy, 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*

Doc. dr Ranko Romanić, Zoran Nikolovski, dipl. inž., mr Zvonimir Sakač

Glavni i odgovorni urednik*Editor in chief*

Doc. dr Ranko Romanić

Urednik*Editor*

Dr Olga Čurović

Tehnička priprema i dizajn*Technical preparation and design*

Feljton, Novi Sad

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

Tiraž*Number of copies*

150

Štampa*Print*

Štamparija Feljton, Stražilovska 17, 21000 Novi Sad, Republika Srbija

ISPITIVANJE MASNOKISELINSKOG SASTAVA U ULJU SEMENA SUNCOKRETA SELEKCIJE INSTITUTA ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO

Nada Grahovac*, Zvonimir Sakač, Siniša Jocić, Sandra Cvejić, Vladimir Miklič

IZVOD

Stepen homogenosti suncokretovog ulja za 21 ispitivanu inbred liniju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo koje su gajene tokom 2017. godine na oglednom polju na Rimskim šančevima, utvrđen je primenom tehnike gasne hromatografije sa plameno-jonizujućom detekcijom. Suncokretovo ulje je dobijeno postupkom hladnog presovanja suncokretovog semena. Sastav masnih kiselina u ulju utvrđen je postupkom transesterifikacije masnih kiselina u njihove isparljive metilestre primenom rastvora reagensa TMSH (trimetilsulfonijum-hidroksid u metanolu) i dalje je analiziran tehnikom gasne hromatografije. Metilestri prisutnih masnih kiselina, dobijeni postupkom transesterifikacije, kvalitativno su određeni na osnovu retencionih vremena, poređenjem sa retencionim vremenima dobijenim prethodnim analiziranjem smeše metilestara masnih kiselina u analitičkom standardu. Primenom hijerarhijske klaster analize uspešno je dokazana sličnost među ispitivanim genotipovima, kao i njihovo jasno grupisanje.

Ključne reči: *Helianthus annuus L.*, ulje suncokreta, sastav masnih kiselina, hijerarhijska klaster analiza

INVESTIGATION OF FATTY ACID PROFILE IN SUNFLOWER OIL OF SELECTION OF INSTITUTE OF FIELD AND VEGETABLE CROPS

ABSTRACT

In this paper was investigated the degree of homogeneity of sunflower oil for 21 tested inbred lines that have grown during 2017 at the experimental field at Rimski šančevi. Sunflower oil is obtained by the process of cold pressing sunflower seeds. The fatty acid composition of the oil was carried out by the process of transesterification of the fatty acids into their volatile methyl esters using a solution of TMSH reagents (trimethylsulfonium hydroxide in methanol) and further analyzed by gas chromatography with flame ionization detection. The methyl esters of the fatty acids present, obtained by the transesterification process, were qualitatively determined on the basis of the retention times, compared to the retention times obtained by preliminary analysis of the fatty acid methyl ester mixture in the analytical standard. By using the hierarchical cluster analysis has been successfully demonstrated the similarity between the genotypes studied, as well as their clear grouping.

Key words: *Helianthus annuus L.*, sunflower oil, fatty acid composition, hierarchical cluster analysis

UVOD

Suncokret (*Helianthus annuus L.*) se u svetu proizvodi na preko 26 miliona hektara u više od 60 zemalja sveta (FAOSTAT, 2017). Ova uljana biljna vrsta zauzima četvrto mesto po zasejanim površina-

ma i produkciji među uljaricama, posle soje, uljane palme i uljane repice (FAOSTAT, 2017).

Hemijski sastav semena suncokreta određen je genetskim faktorima i nalazi se pod velikim uticajem spoljne sredine (zemljište, klima i drugi uslovi gajenja). Seme suncokreta ima značajnu hranjivu vrednost, a po sadržaju hemijskih jedinjenja, suncokret se ubraja u uljano-proteinsku biljnu vrstu. Sadržaj ulja u semenu može značajno varirati pod uticajem naslednih osobina genotipa, nivoa primenjene agrotehnike, karakteristika zemljišta kao i klimatskih uslova. Sirovo (nerafinisano) ulje sastoji se

*Dr Nada Grahovac
Tel.: +381 21 489 83 21
E-mail: nada.grahovac@ifvns.ns.ac.rs
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog
30, 21000 Novi Sad, Srbija

od triacilglicerola (>98%) i manjeg udela minornih konstituenata kao što su diacilgliceroli, fosfolipidi, glikolipidi, slobodne masne kiseline, alifatični alkoholi, voskovi, fenolna jedinjenja, karotenoidi, hlorofili, tokoferoli i fitosteroli (Grompone, 2005). Najveći deo minornih konstituenata ulja suncokreta čine liposolubilni neosapunjivi delovi (AOCS, 2011). Neosapunjive materije u sirovom suncokretovom ulju uglavnom predstavljaju tokoferoli, fitosteroli, alkoholi, ugljovodonici i fenoli. U sastavu triacilglicerola preovlađuju nezasićene masne kiseline (mononezasićene i polinezasićene) uz manji procenat zasićenih masnih kiselina i manji udeo liposolubilnih organskih jedinjenja (liposolubilni vitamin A, D i E) što daje suncokretovom ulju veliku energetska i nutritivnu vrednost (Martínez-Force, 2015). Kvalitet suncokretovog ulja, odnosno njegova oksidativna stabilnost kao i uticaj na biološko-nutritivne procese najčešće je povezan sa sadržajem nezasićenih masnih kiselina. Linolna kiselina (omega-6) je posebno značajna, pripada grupi esencijalnih masnih kiselina, njen udeo u ulju standardnog tipa suncokreta (linolnog tipa) je preovlađujući. Kao što je poznato, esencijalne masne kiseline organizam ne može sintetisati, one se moraju unositi putem hrane, odnosno putem prirodnih ulja i masti. Ove masne kiseline imaju bitnu funkciju u organizmu pored toga što služe kao izvor energije, učestvuju kao gradivni elementi fosfolipida i strukturnih elemenata ćelijskih membrana i prekursori su važnih jedinjenja sa hormonskim dejstvom (prostaglandini, leukotrieni) (Simopoulos, 2002). Unos esencijalnih masnih kiselina neophodan je u pravilnoj ishrani kako zbog njihovog primarnog metabolizma, tako i sa aspekta metabolizma lipoproteina plazme koji imaju značajan uticaj na učestalost kardiovaskularnih bolesti (Erkkilä i sar., 2008). Osim toga, unos biljnih ulja putem ishrane u kojoj preovlađuju polinezasićene masne kiseline utiče na metabolizam pojedinih polinezasićenih masnih kiselina dugačkog lanca serije n-3 i n-6. Upravo, zbog svega navedenog, ulje suncokreta ima biološko-nutritivnu vrednost i u pojedinim slučajevima može imati značajan uticaj na poboljšanje opšteg zdravstvenog stanja organizma.

Povećana potrošnja ulja suncokreta kao i potražnja proizvoda na bazi suncokreta, zahteva povećanje proizvodnje semena suncokreta, odgovarajućeg kvaliteta i hemijskog sastava. Kontinuirani rad na stvaranju novih hibrida, sa visokim prinosom seme-

na i ulja, otpornih prema dominantnim bolestima i suši kao i poboljšanim svojstvima, značajan je kako za oplemenjivače, tako i za proizvođače suncokreta (Miklič i sar., 2009). Institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, u okviru Odeljenja za suncokret, proizveo je veliki broj hibrida suncokreta kroz višegodišnji oplemenjivački rad, koji se po kvalitetu ubrajaju u vodeće hibride i uspešno se gaje u velikom broju zemalja. Do sada, kreirani su genotipovi suncokreta sa alteracijom pojedinih masnih kiselina (mono- i polinezasićenih) u ulju, kao što je visokooleinski hibrid suncokreta koji može sadržati u ulju više od 80% oleinske kiseline i izmenjen sastav i sadržaj tokoferola (Škorić i sar., 2008). Pored toga kreirani su hibridi suncokreta za posebne namene kao što je konzumni suncokret, suncokret tolerantan prema određenim grupama herbicida i dekorativni suncokret (Jocić i sar., 2004; Miklič i sar., 2008).

Sadržaj viših masnih kiselina kao i njihov međusobni odnos su važni parametri koji određuju kvalitet ulja. Jestivim uljima se poklanja sve veća pažnja zbog zdravstvenih i nutritivnih razloga, važno je kreirati ulje željenog sastava, kojem se pospešuje njegova stabilnost kao i popravljena nutritivna svojstva. Standardno ulje suncokreta sadrži linolnu (62-72%), oleinsku (15-25%), palmitinsku (5-7%), stearinsku (4-6%) i u tragovima nekoliko drugih masnih kiselina (Grompone, 2005; Miklič i sar., 2008) i kao takvo je veoma osetljivo na oksidaciju. Sa druge strane, ulje suncokreta visokoolcinskog tipa suncokreta, po sastavu masnih kiselina dosta je slično maslinovom ulju, ima visok nivo mononezasićenih i nizak nivo zasićenih masnih kiselina. Stvaranjem novih NS hibrida suncokreta za različite namene i uslove proizvodnje dobija se kvalitetnija sirovina sa poboljšanim tehničko-tehnološkim svojstvima za potrebe uljarske i prehrambene industrije.

Na osnovu gore navedenog, cilj istraživanja je ispitivanje masnokiselinskog sastava u ulju semena suncokreta izabranih inbred linija kao i sagledavanje mogućnosti stvaranja novih hibridnih kombinacija sa različitim kvalitetom ulja kao i za različite namene.

MATERIJAL I METODE RADA

Korišćen materijal je iz genetske kolekcije suncokreta Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Suncokret je gajen tokom 2017. godine na eksperimentalnom polju Rimski šančevi, na zemljištu tipa černozem.

Setva je izvedena u optimalnom roku i od svakog genotipa je posejano po 12 biljaka. U toku vegetacije urađene su sve neophodne agrotehničke mere iz tehnologije proizvodnje suncokreta. Žetva je izvedena ručno, za analizu je izabrana po jedna zdrava biljka sa najviše semena po genotipu. Posle žetve, seme je čuvano u papirnim vrećicama na temperaturi od $4 \pm 1^\circ\text{C}$ do daljih ispitivanja.

Izdvajanje ulja

Za izdvajanje ulja iz uzoraka semena suncokreta primenjen je postupak hladnog presovanja na ručnoj, hidrauličnoj presi (Sirio, Mikodental 10 tons strength, cc 400 bars). Izdvojeno ulje je dobijeno iz neoljuštenog semena suncokreta, do momenta analize čuvano u frižideru na temperaturi od 4°C .

Priprema uzoraka

U reakcionom vial odmereno je $10 \mu\text{L}$ ulja na koje je direktno dodato $190 \mu\text{L}$ reagensa za derivatizaciju, trimetilsulfonijum hidroksid reagensa ($0,2 \text{ mol/dm}^3$ methanolic trimethylsulfonium hydroxide solution, TMSH). Nakon dodatka reagensa za transesterifikaciju dobijena smeša je homogenizovana uz upotrebu vorteksa. U prisustvu ovog reagensa omogućena je kvantitativna transesterifikacija masnih kiselina iz mono-, di- i triacilglicerola u odgovarajuće njihove isparljive metil-estre (AOAC, 2000).

Gasno hromatografska analiza

Sastav masnih kiselina i dobijeni metil-estri u derivatizovanim uzorcima ulja određeni su gasnom hromatografijom, pri čemu je kao detektor korišćen plameno-jonizujuć detektor.

Za gasno hromatografsku analizu korišćena je zapremina uzorka od $1 \mu\text{L}$, pri čemu je odnos razdeljivanja iznosio 1:70.

Za razdvajanje metilestara korišćena je kapilarna kolona (Omegawax capillary column) dužine 30 m, unutrašnjeg prečnika $0,25 \text{ mm}$, sa debljinom filma stacionarne faze od $0,25 \mu\text{m}$. Helijum je korišćen

kao gas nosač sa protokom koji je iznosio 1 ml/min .

Analize su izvedene uz primenu sledećeg temperaturnog programa: početna temperatura kolone od 150°C održavana je 1 minut, nakon čega je sledio porast temperature brzinom od 12°C/minuti do konačne temperature od 250°C koja je održavana narednih 8 minuta. Temperature injektora i detektora su iznosile 250°C .

Kvalitativno određivanje izvedeno je poređenjem retencionih vremena pojedinih masnih kiselina iz uzorka sa retencionim vremenom masnih kiselina u različitim FAME standardima (Cat. No. O7006-1AMP; O7131-1AMP; O7256-1AMP; O7756-1AMP; O7381-1AMP), kao i poređenjem sa internom bazom podataka, baziranoj na predhodnim istraživanjima. Kvantitativno određivanje je izvedeno primenom modifikovane metode 100% (AOAC, 2000). Rezultati su izraženi kao sadržaj pojedinačne masne kiseline ili grupe masnih kiselina (g) u 100 g ukupnih masnih kiselina.

Analiza podataka

Hromatogrami ispitivanih uzoraka ulja, dobijeni gasnom hromatografijom, analizirani su primenom Konikrom plus softvera, verzija 2.3.0.195 (Konik Group, Barcelona, Spain). Površine pikova detektovanih metiestara masnih kiselina automatski su integrisani i njihove numeričke vrednosti su korišćene za kvantitativno određivanje. Izvršena je hijerarhijska klaster analiza za grupisanje parametara u klaster na osnovu sličnosti ili razlike između njih, primenom softverskog paketa Statistica 10. Primenom klaster analize moguće je grupisanje u manje grupe na osnovu njihovog masnokiselinskog sastava (Vandeginste i sar., 1998; Otto, 1999).

REZULTATI I DISKUSIJA

Prema sastavu masnih kiselina analizirani uzorci ulja dobijeni hladnim presovanjem različitih inbred linija suncokreta pripadaju grupi oleinsko-linolnog tipa, što je potvrđeno i rezultatima prikazanim u tabeli 1.

Tabela 1. Sadržaj masnih kiselina u suncokretovom ulju od ispitivanih inbred linija
Table 1. Content of fatty acids in sunflower oil of investigated inbred lines

Oznaka uzorka <i>Sample</i>	Masne kiseline (%) <i>Fatty acids (%)</i>				Ukupno zasićenih <i>Sum of saturated</i>	Ukupno nezasićenih <i>Sum of unsaturated</i>	Aterogeni indeks <i>Atherogenic index</i>
	16:0	18:0	18:1n9c	18:2n6c			
A)							
LIP-MAR-F ₁ _3B_9	4,45	2,44	87,17	5,95	6,89	93,11	0,07
LIP-MAR-F ₁ _8B_2	4,30	2,44	81,84	11,42	6,74	93,26	0,07
LIP-MAR-F ₁ _10B_2	4,71	2,91	89,68	2,70	7,61	92,39	0,08
LIP-MAR-F ₁ _11B_5	5,25	2,96	89,78	2,00	8,22	91,78	0,09
LIP-MAR-F ₁ _12B_5	5,31	2,57	90,55	1,57	7,88	92,12	0,09
LIP-MAR-F ₁ _21B/6	3,78	3,02	90,91	2,29	6,80	93,20	0,07
LIP-MAR-F ₁ _23B/3	4,24	2,28	78,92	14,55	6,53	93,47	0,07
LIP-MAR-F ₁ _25B/7	4,62	2,31	89,07	4,00	6,94	93,06	0,07
LIP-MAR-F ₁ _27B	5,49	2,61	73,42	18,48	8,11	91,90	0,09
LIP-MAR-F ₁ _28B/9	4,45	2,66	90,92	1,97	7,11	92,89	0,08
B)							
LIP-MAR-F ₁ _1B_2	6,12	4,62	47,81	41,46	10,74	89,27	0,12
LIP-MAR-F ₁ _2B_5	5,92	4,40	38,42	51,26	10,33	89,68	0,11
LIP-MAR-F ₁ _6B_8	6,07	4,84	43,56	45,54	10,90	89,10	0,12
LIP-MAR-F ₁ _7B_3	5,10	3,80	45,13	45,97	8,90	91,10	0,09
LIP-MAR-F ₁ _15B/8	6,86	3,91	43,35	45,89	10,77	89,23	0,12
LIP-MAR-F ₁ _17B	6,38	4,30	44,17	45,16	10,67	89,33	0,12
LIP-MAR-F ₁ _20B	4,83	3,06	44,87	47,25	7,88	92,12	0,09
LIP-MAR-F ₁ _22B/3	6,10	3,33	40,92	49,65	9,42	90,58	0,10
C)							
LIP-MAR-F ₁ _26B/1	5,94	3,07	32,84	58,15	9,01	90,99	0,09
LIP-MAR-F ₁ _14B_7	6,97	1,94	22,39	68,70	8,91	91,09	0,09
LIP-MAR-F ₁ _18B/4	5,89	4,67	29,51	59,93	10,56	89,44	0,12

Analizirana ulja su podeljena u tri grupe (A, B i C), prvu grupu (A) čine inbred linije sa visokim sadržajem oleinske kiseline (73,42-90,92%) i niskim sadržajem linolne kiseline (1,57-18,48%), druga grupa (B) sadrži uzorke sa srednjim sadržajem oleinske kiseline (38,42-47,81%) i linolne (41,46-51,26%) i u trećoj grupi (C) su inbred linije sa niskim sadržajem oleinske (22,39-32,84%) i povećanim sadržajem linolne kiseline (58,15-68,70%).

Ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina je visok, kretao se od 89,10% (LIP-MAR-F₁_6B_8) do 93,47% (LIP-MAR-F₁_23B_3). Sadržaj uku-

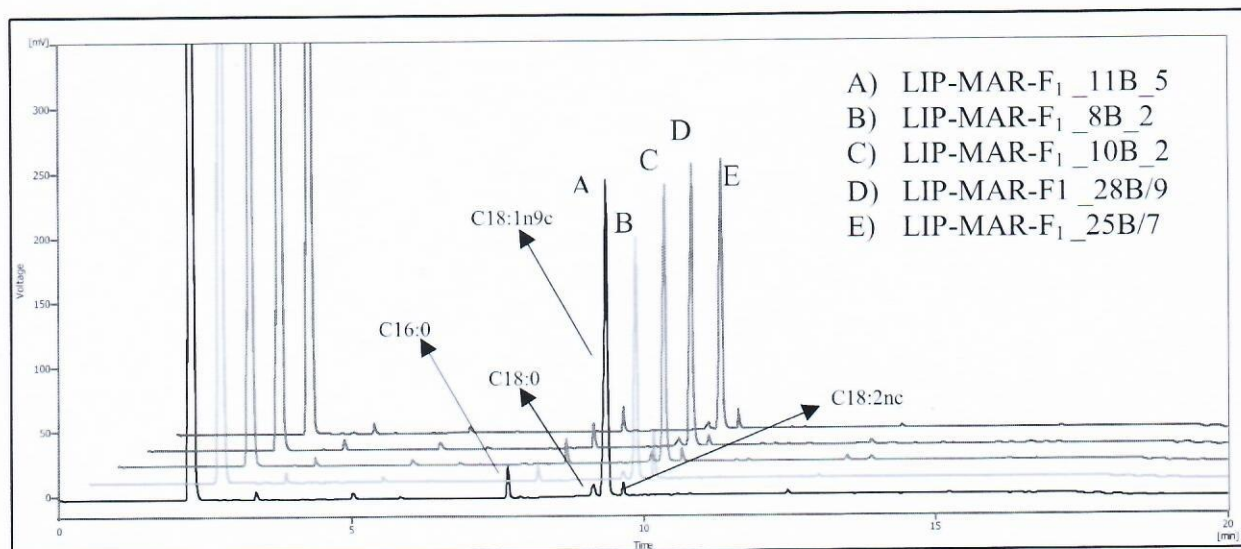
pnih zasićenih masnih kiselina je ispod 11%, dok su mono- i polinezasićene masne kiseline prisutne u količini od 89,10% (LIP-MAR-F₁_6B_8) do 93,47% (LIP-MAR-F₁_23B_3). Sadržaj dve dominantne masne kiseline u analiziranim uljima kretao se u sledećim intervalima od 22,39% (LIP-MAR-F₁_14B_7) do 90,92% (LIP-MAR-F₁_28B_9) za oleinsku i od 1,57% (LIP-MAR-F₁_12B_5) do 68,70% (LIP-MAR-F₁_14B_7) za linolnu kiselinu.

Osnovni preduslov za kreiranje hibrida sa visokim sadržajem određene masne kiseline, u ulju semena suncokreta, je pre svega da linije majke imaju

visok sadržaj željene masne kiseline u ulju semena kao i da se manifestuje pozitivan efekat heterozisa za ovo svojstvo (Škorić, 1988) uz prethodnu primenu najčešće metode povratnog ukrštanja i prevođenja

inbred linije u citoplazmatsku mušku sterilnu formu (CMS).

Na slici 1 prikazani su reprezentativni HPLC hromatogrami metilestara odabranih uzoraka.



Slika 1. Preklapljeni hromatogrami odabranih analiziranih uzoraka
Figure 1. Overlaid chromatograms of analyzed sunflower oil

Na osnovu dobijenih rezultata za masnokiselinski sastav iz tabele 1 ispitivane inbred linije (grupa A) moguće je koristiti za stvaranje novih visokooleinskih hibrida sa sadržajem oleinske kiseline iznad 80% u masovnoj proizvodnji.

Visok sadržaj mononezasićene oleinske kiseline sa alteracijom pojedinih manje zastupljenih sastojaka (tokoferola), u pogledu sadržaja i sastava, obezbeđuju visokooleinskom suncokretovom ulju veću oksidativnu stabilnost, odnosno održivost, kao jednu od bitnih pozitivnih karakteristika ulja (Ismail Awatif i Arafat Shaker, 2014). Stoga, ovaj tip ulja se preporučuje u ishrani kao delimična zamena za ulje standardnog linolnog tipa. Pored toga, ulje suncokreta visokooleinskog tipa zbog njegove povećane oksidativne stabilnosti pri višim temperaturama ima šire područje primene može se koristiti kao medijum za prženje pri termičkim postupcima pripreme hrane, posebno kao alternativa visokostabilnim uljima i mastima, sa povećanim sadržajem zasićenih masnih kiselina (Aladedunye i Przybylski-Eskin, 2013). Osim toga, usled stalnog poskupljenja nafte na svetskom tržištu značajno je uvećana potrošnja alternativnih izvora energije. Ulje od visokooleinskih hibrida suncokreta je veoma značajna sirovina za proizvodnju kvalitetnog biodizela. Na osnovu dobijenih rezultata (tabela 1) pojedine inbred linije imaju veći udeo oleinske kiseline (>85%) u tiacilgliceridnom sastavu i kao

takve mogu se koristiti za proizvodnju hibrida od kojeg je moguća proizvodnja kvalitetnog biodizela. Prema masnokiselinskom sastavu ispitivane inbred linije u grupi B (tabela 1) moguće je koristiti za proizvodnju standardnog linolnog tipa hibrida sa srednjim sadržajem oleinske i linolne, odnosno za proizvodnju standardnog ulja suncokreta. Ovaj tip ulja se smatra nutritivno visokovrednim uljem, jer sadrži visok nivo esencijalne (linolne) masne kiseline. Međutim, poznato je da standardno suncokretovo ulje može da sadrži i do 70% linolne kiseline i kao takvo veoma je podložno lipidnoj oksidaciji ako se koristi za procese prženja. Prisutni tokoferoli u standardnom ulju suncokreta u većoj meri štite polinezasićene masne kiseline od oksidacije. Stoga, za izdvojene inbred linije u grupi B (tabela 1) od izuzetne važnosti je prisustvo tokoferola (posebno γ - i δ -oblika) u semenu, odnosno ulje dobijeno od ovog hibrida će u većoj meri pokazati veću oksidativnu stabilnost u toku skladištenja i procesa prženja. Kao što je poznato stepen oksidacije oleinske kiseline i linolne kiseline je, redom kako su navedene 1:12. Stoga, visokooleinsko suncokretovo ulje ima bolju oksidativnu stabilnost nego standardno suncokretovo ulje sa povišenim sadržajem linolne kiseline (Smith i sar., 2007).

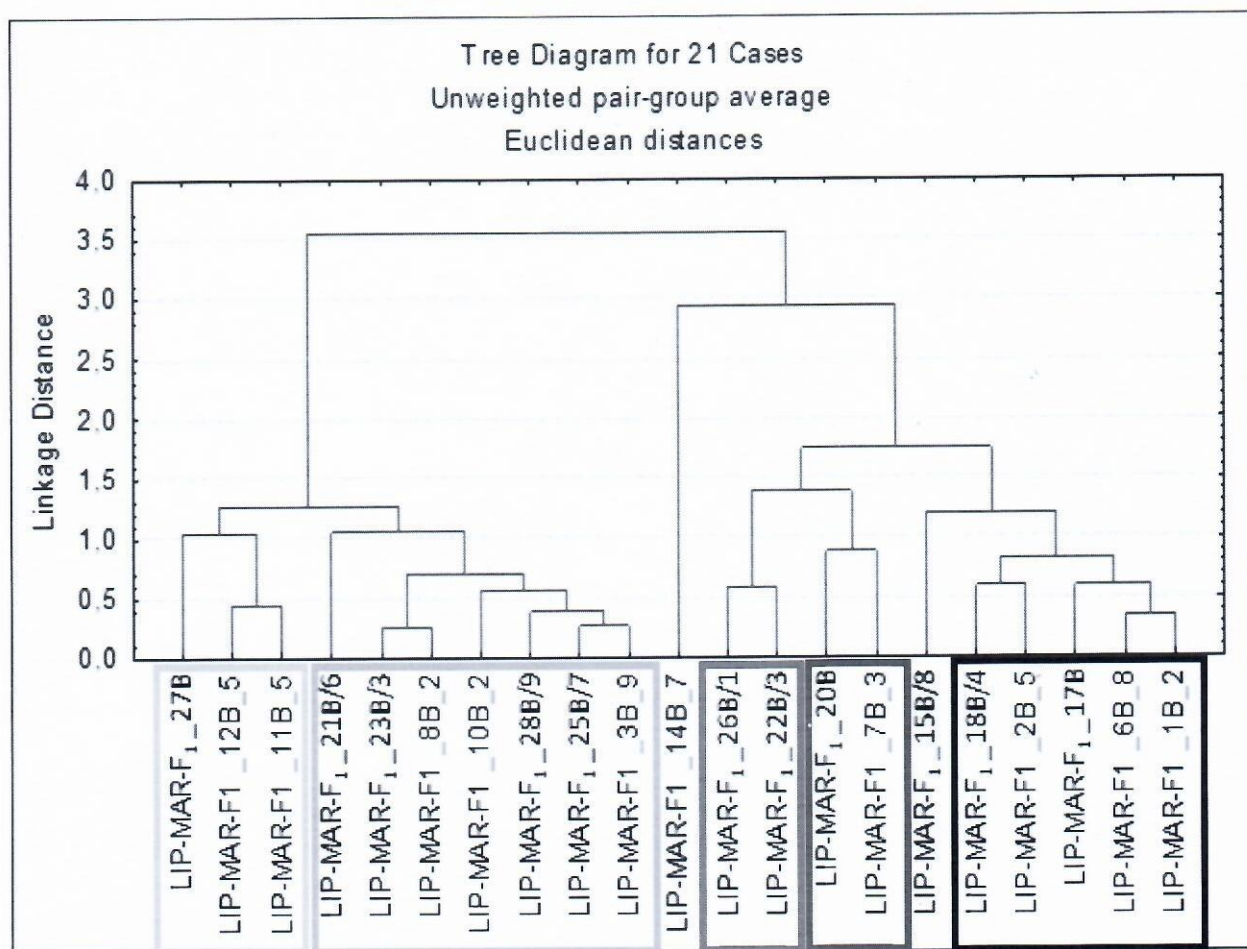
Na osnovu rezultata u grupi C (tabela 1) ispitivane inbred linije se mogu koristiti za kreiranje hibrida sa povećanim sadržajem linolne kiseline. Ulje

dobijeno od ovog tipa hibrida ima nutritivnu vrednost uz smanjenu oksidativnu stabilnost. S druge strane, esencijalna masna kiselina linolna metabolišu se u takozvane eikosanoide. Ova grupa jedinjenja javlja se kao posrednik u pojedinim metaboličkim procesima u telu i na taj način kontroliše različite procese u organizmu (Matthäus, 2008). Biljna ulja sa visokim udelom linolne kiseline imaju prednost u ljudskoj ishrani zbog pozitivnog efekta na smanjenje ukupnog nivoa holesterola u krvi kao i LDL holesterola. Visok sadržaj linolne kiseline sa alteracijom minornih sastojaka (tokoferola, posebno γ - i δ -ob-

lika) bi obezbedili ovom tipu ulja veću oksidativnu stabilnost kao bitnu karakteristiku ulja.

Na osnovu dobijenih rezultata u tabeli 1 može se zaključiti da je odnos zasićenih i nezasićenih masnih kiselina ulja suncokreta analiziranog u ovom ogledu daleko ispod 1, što je poželjno.

Rezultati hijerarhijske klaster analize prikazani su grafički u formi dendrograma. Na slici 2 prikazan je vertikalni dendrogram dobijen na osnovu različitog sadržaja analiziranih masnih kiselina u ulju od ispitivanih genotipova suncokreta.



Slika 2. Dendrogram ispitivanih inbred linija suncokreta na osnovu njihovog masnokiselinskog sastava
Figure 2. Dendrogram of investigated inbred lines of sunflower based on their fatty acid composition

Prema klaster analizi može se zaključiti, da su se ispitivani genotipovi suncokreta grupisali u dva velika klastera. Klaster I sastoji se od 10 genotipova i podeljen je u dve grupe, s tim da prvi klaster sačinjavaju tri ispitivana genotipa, a u drugom je preostalih sedam genotipova, što ukazuje na njihove sličnosti u datim grupama. Preostalih 11 genotipova sadržano je u klasteru II koji je podeljen u dva podklastera, s tim da prvi podklaster pripada jednom posebnom

ispitivanom klasteru (LIP-MAR-F1_14B_7), a drugi podklaster je podeljen u dva manja klastera koja se sastoje od 4 i 6 genotipova.

ZAKLJUČAK

U okviru oplemenjivačkog programa proizvodnje inbred linija sa različitim kvalitetom ulja suncokreta kreirane su linije sa visokim vrednostima

bitnih agronomskih svojstava. Primenom gasne hromatografije sa plameno-jonizujućim detektorom uspešno je određen sastav masnih kiselina u obliku odgovarajućih metilestara u ulju suncokreta za analizirane genotipove. Hijerarhijskom klaster analizom utvrđen je odgovarajući stepen sličnosti između masnokiselinskog sastava analiziranih inbred linija, potvrđen je odgovarajući nivo njihove homogenosti. Na osnovu dobijenih rezultata, ulje analiziranih inbred linija suncokreta predstavlja bogat izvor polinezasićene esencijalne masne kiseline (linolne) kao i mononezasićene oleinske kiseline. Pored toga, predložen je izbor inbred linija koje bi mogle biti korišćene za proizvodnju hibrida sa visokom oksidativnom stabilnošću ulja praćenom povećanim sadržajem sadržajem oleinske kiseline u ulju kao i linija sa povećanim sadržajem linolne kiseline uz smanjenu oksidativnu stabilnost.

Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat rada u okviru projekta „Razvoj novih sorti i poboljšanje tehnologije proizvodnje uljanih biljnih vrsta za različite namene” (TR 31025), finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

1. AOAC, Official Method 963.22, Methyl Esters of Fatty Acids. In: Oils and Fats, Published by AOAC, Washington, 2000.
2. 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).
3. Erkkilä, A., de Mello, V.D., Risérus, U., Laaksonen, D.E. (2008). Dietary fatty acids and cardiovascular disease: an epidemiological approach. *Progress in lipid research*, 47(3), 172-187.
4. FAOSTAT. Statistical Database of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/home/index.html> (accessed on January 2018).
5. Grompone, M.A. (2005). Sunflower oil. In *edible oil and Fat products: Chemistry, Properties and Health Effects*; Shahidi, F. Ed., Bailey's industrial oil and fat products. 6th ed., Vol. 1; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, 2005; pp 655-730.
6. Ismail, A.I., Arafat, S.M. (2014). Quality characteristics of high-oleic sunflower oil extracted from some hybrids cultivated under Egyptian conditions. *Journal of Food Technology Research*, 1(2), 73-83.
7. Jocić, S., Škorić, D., Lečić, N., Molnar, I. (2004). Development of inbred lines of sunflower with various oil quality. *Proceedings of 15th International Sunflower Conference*, pp. 43-48, Toulouse, France.
8. Martínez-Force, E., Dunford, N.T., Salas, J.J. (Eds.). (2015). *Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization*. Elsevier.
9. Matthäus, B. (2008). Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight?. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 645.
10. Miklič, V., I. Balalić, S. Jocić, R. Marinković, N. Hladni, S. Gvozdrenović, V. Stojšić (2009). Produktivnost NS hibrida suncokreta u multilokacijskim ogledima i preporuka sortimenta za setvu u 2009. godini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, 46, II, pp. 293-310.
11. Miklič, V., N. Hladni, S. Jocić, R. Marinković, J. Atlagić, D. Saftić-Panković, D. Miladinović, N. Dušanić, S. Gvozdrenović (2008). Oplemenjivanje suncoketa u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 45 (1): 31-63.
12. Otto, M. (1999). *Chemometrics: Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry*. Wiley VCH: Weinheim, Germany.
13. Simopoulos, A.P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
14. Smith, S. A., King, R. E., & Min, D. B. (2007). Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry*, 102(4), 1208-1213.
15. Škorić, D. (1988). Sunflower breeding. *Uljarstvo*, No. 1, 1-99, Beograd.
16. Škorić, D., Jocić, S., Sakač, Z., & Lečić, N. (2008). Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 86(4), 215-221.
17. Vandeginste, B.G.M., Massart, D.L., De Jong, S., Massart, D.L., Buydens, L.M.C. (1998). *Handbook of chemometrics and qualimetrics: Part B*. Elsevier Science Pub Co.