



**JOURNAL OF EDIBLE OIL INDUSTRY**

**ujarstvo**

# ULJARSTVO

ČASOPIS ZA INDUSTRIJU BILJNIH ULJA, MASTI I PROTEINA

Volumen 45.

Broj 1

Godina 2014.

**Naučni radovi**  
*Scientific papers*

1. György Karlovits  
TAJNA ISTARSKE PRŠUTE  
*The secret of the istrian prosciutto* 3
2. Dragan Škorić  
PUBLIC-PRIVATE INTERNATIONAL COLLABORATION IN SUNFLOWER  
RESEARCH ON BROOMRAPE (OROBANCHE CUMANA WALLR.)  
*Međunarodna saradnja između državnih institucija i privatnih  
kompanija na istraživanju volovoda (Orobanche Cumana wallr.) kod suncokreta* 13
3. Vojislav Ž. Antoni, Vesna B. Vujasinović  
UTICAJ FILTRACIJE MISCELE NA KVALITET LECITINA SOJE  
*Influence of miscella filtration on the soyabean lecithin quality* 25
4. Dušica Čolović, Jovanka Lević, Radmilo Čolović, Ljubinko Lević, Đuro Vukmirović  
UTICAJ PROCESA EKSTRUDIRANJA NA MASNOKISELINSKI SASTAV  
KOEKSTRUDATA LANENOG SEMENA I SUNCOKRETOVE SAČME  
*Influence of extrusion process on fatty acid composition of linseed – sunflower meal  
co-extrudate* 33
5. Seddiq M.A. Esalami, Biljana B. Rabrenović, Tamara Đ. Premović, Olga F. Radočaj  
SOME PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF OLIVE OILS FROM LIBYA  
*Neke fizičko-hemijske karakteristike maslinovog ulja iz Libije* 39
6. Katarina D. Nedić Grujin, Vesna B. Vujasinović  
TRANS MASNE KISELINE U HRANI  
*Trans fatty acids in food* 47
7. Gordan Parenta, Etelka Dimić, Jelena Škrbić, Milica Kesić, Sonja Muc, Mihajlo Nastasić  
KVALITET I ODRŽIVOST JESTIVIH RAFINISANIH SUNCOKRETOVIH ULJA NA  
TRŽIŠTU SRBIJE  
*Quality and shelf life of edible refined sunflower oil from Serbian market* 61
8. Tamara Đ. Premović, Sanja B. Dimić, Aleksandar A. Takači, Nevenka Ž. Mrđenović  
SADRŽAJ VLAGE I UDEO JEZGRA SEMENA NS HIBRIDA  
SUNCOKRETA GAJENIH NA RAZLIČITIM LOKALITETIMA  
*Moisture and seed kernel content of ns hybrid sunflower seeds grown in different locations* 69
9. Biljana Rabrenović, Mirjana Demin, Jovanka Laličić-Petronijević  
SALVIA HISPANICA L. – POTENCIJALNA SIROVINA ZA DOBIJANJE  
NUTRITIVNO VREDNOG ULJA  
*Salvia hispanica L. - A potential new seed material for production of nutritionally valuable  
oil* 77

**Izdavač**  
*Publisher*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Katedra za tehnologija biljnih ulja i masti;  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo; DOO Industrijsko bilje, Novi Sad, Republika Srbija**  
*University of Novi Sad, Faculty of Technology, Department of vegetable oils and fats technology;  
Institute of Field and Vegetable Crops; Industrial Crops, Novi Sad, Republic of Serbia*

**Savetodavni odbor**  
*Advisory Board*

**Dr Etelka Dimić, dr Zoltan Zavargo, dr Sonja Đilas, dr Biljana Rabrenović, dr Vesna  
Vujasinović, Jelena Škrbić, dipl. ing., Zorica Belić, dipl. ing., Nada Grbić, dipl. ing., Dragan  
Trzin, dipl. ing.**

**Članovi savetodavnog odbora iz inostranstva**  
*Advisory Board Members from Abroad*

**Dr. Gerhard Jahreis, Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Germany; Dr. Werner Zschau,  
Wörthsee, Germany; Dr. Nedyalka Yanishlieva, Institute of Organic Chemistry, Bulgarian  
Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria; Dr. Mirjana Bocevska, Faculty of Technology and  
Metalurgy, Skopje, Macedonia; Dr Đerđ Karlović, Bunge Europe, Margarine Center of  
Expertise, Kruszwica, Poland; Dr Olga Radočaj, Oltrad Corp., Ontario, Canada; Dr Vlatko  
Marušić, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, Hrvatska.**

**Uređivački odbor**  
*Editorial Board*

**Dr Etelka Dimić, Zoran Nikolovski, dipl. ing., mr Zvonimir Sakač**

**Glavni i odgovorni urednik**  
*Editor in Chief*

**Dr Etelka Dimić**

**Urednik**  
*Editor*

**Dr Olga Čurović**

**Tehnički urednik**  
*Technical Editor*

**FELJTON, Novi Sad**

**Adresa redakcije**  
*Editorial Board Address*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Tehnologija biljnih ulja i masti,  
21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republika Srbija**  
**Telefon: 021-485-37-00; Fax: 021-450-413; e-mail: edimic@uns.ac.rs**  
*University of Novi Sad, Faculty of Technology, Vegetable oils and fats technology,  
21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republic of Serbia*  
*Telefon: 021-485-37-00; Fax: 021-450-413; e-mail: edimic@uns.ac.rs*

**Tiraž**  
*Number of copies*

**150**

**Štampa**  
*Print*

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

## TAJNA ISTARSKE PRŠUTE

### Uspomena na prof. dr Biserku Oštrić Matijašević (1926-2001)

**Prof. dr György Karlovits**

Počasni profesor Univerziteta „Corvinus” u Budimpešti i Rukovodilac razvoja novih konzumnih ulja u kompanija ZTK Kruszwica, Poljska

*U radu je prikazan istorijat otkrića antioksidativnih materija ruzmarina. Prve dokaze da u ovom vekovima poznatom i cenjenom začinu Mediterana su prisutni prirodni antioksidanti objavili su Biserka Oštrić Matijašević i Marjan Rac još 1955 godine. Biserka Oštrić Matijašević je te prve rezultate detaljno ispitala u okviru svoje doktorske disertacije koju je odbranila na Sveučilištu u Zagrebu 1962 godine. Ta ispitivanja pokazuju sva povoljna svojstva ovih antioksidanata u sprečavanju oksidacije masti u mesnim proizvodima. Svoja ispitivanja posle nastavlja u SAD u laboratoriji Univerziteta u New Jerseyu. Na osnovu dobijenih rezultata je napisan patent koji je objavljen 1976. godine. Da je ekstrakt ruzmarina veoma efikasan prirodni antioksidant potvrđuje veliki broj objavljenih radova od tog perioda pa sve do danas. Ekstrakt ruzmarina deluje ne samo „in vitro” već i „in vivo” sprečavajući oksidaciju holesterola u našem organizmu. Aktivne komponenta ekstrakta ruzmarina karnazol deluje po kaskadnom mehanizmu stvarajući niz međuproizvoda sa antioksidativnim osobinama koji vrlo efikasno uklanjaju slobodne radikale. Takav mehanizam je jedinstven među danas poznatim antioksidantima. Punu valorizaciju njenog naučnog opusa i registraciju ekstrakta ružmarina kao antioksidanta sa E brojem, 2010 godine, na žalost nije doživela.*

*Moto: Znati da se zna kada se zna i znati da se ne zna kada se ne zna; to je pravo znanje*  
**Konfučije ili Konfucije** (tradicionalno: 28. 9. 551. – 4. 3. 479. pre nove ere)

## THE SECRET OF THE ISTRIAN PROSCIUTTO

### In memory of Prof. Biserka Oštrić Matijašević (1926-2001)

*In this paper, the history leading to the discovery of the antioxidant properties of rosemary is presented. The first evidence that this spice, which has been valued for many centuries in the Mediterranean, has antioxidant properties was published by Biserka Oštrić Matijašević and Marjan Rac in 1955. She has thoroughly tested those first results in the scope of her doctoral dissertation at the University of Zagreb in 1962. Those test showed all the positive effects of antioxidants in preventing fat oxidation in meat products. She continued her research in the USA at the University of New Jersey. Based on the obtained results, a patent was published in 1976. The fact that rosemary extract is a very efficient natural antioxidant is supported by a great number of scientific papers since that period until today. It not only has a positive effect in vitro but also in vivo, by helping to slow down the oxidation of cholesterol in our body. Carnosol, the active component of the rosemary extract, works as a cascade mechanism creating numerous byproducts with antioxidant properties that are very efficient at removing free radicals. Such a mechanism is unique amongst the antioxidants we know of. Unfortunately, she didn't get to experience the full valorization of her life's scientific work and the registering of rosemary extract as an antioxidant with an E number in 2010, nine years after her passing.*

Vraćanje u prošlost i sećanje na naučnika i profesora koga više nema daje mogućnost da se dublje sagleda njegovo delo i koliko je ono uticalo na današnja naučna saznanja kao putokaz za budućnost. Biserka Oštrić Matijašević dok je još radila na Tehnološkom fakultetu je bila jedna od najpopularnijih profesora. Anketu su sprovodili studenti svake godine i potvrdili da prof. Biserka Oštrić Matijašević poseduje izvanredan pedagoški talenat, i mnoge generacije studenata su se do kraja života

„zaljubili” u „Tehnologiju ulja i masti”. Jedan od tih osoba bio sam i ja. Život je hteo da stečena znanja proširujem na raznim mestima po svetu. Sada mogu reći da „uljarske studije” u Novom Sadu, pre svega sa svojom do kraja jasnom naučnom koncepcijom u istraživačkom radu, su u znatnoj meri pomogli i meni lično da kasnije na svim mestima gde sam radio „ostanem na nogama”. Svakodnevna saradnja sa privredom i fabrikama i rad na životno važnim projektima je bila druga moćna strana Katedre kojim

je ona rukovodila. Ta otvorenost prema problemima industrije je bila pokretačka snaga koja stvarala nove i nove izazove, i dala mogućnost da se kreira jasna naučna vizija jedne bolje i uspješnije tehnologije ulja i masti za budućnost (1, 2).



Biserka Oštrić Matijašević kada je odbranila doktorsku disertaciju

Samo njeno životno delo kao naučnika je mnogo svestranija i kompleksnija, a vezana pre svega za ruzmarin i istarsku pršutu.



Još kao mladom asistentu na Tehnološkom fakultetu mi je profesorka Matijašević jedno popodne ispričala kako je počela svoju naučnu karijeru. Živeći u Dalmaciji u njenom rodnom Novigradu (nedaleko od Zadra) primetila je jedinstvene osobine istarske pršute, koja za razliku od svih sličnih proizvoda mediteranske regije nikada ne dimi. Ovaj proizvod se prema lokalnoj dugovekovnoj tradiciji salamuri sa morskom soli, uz dodatak bibera, belog luka, lovorovog lista i ruzmarina. Nakon sušenja u Istarskom regionu zahvaljujući specifičnoj mikroklimi (česta i intenzivna strujanja vazduha – bura) dobija se proizvod sa izvanrednom crvenom bojom, a zahvaljujući i tome da masno tkivo ne užegne

istarska pršuta ima jedinstveni delikatni ukus i miris. Hrvatska je uspela da još pre ulaska u Evropsku Uniju registruje ovaj visoko kvalitetni proizvod kao proizvod sa geografskim poreklom i koji se može proizvoditi isključivo u Istri minimum 12 km od obale – regija Pazina (3, 4).

Tražeći odgovor na ovu lokalnu specifičnost i u cilju otkrivanja tajne prof. Matijašević je postavila svoju naučnu hipotezu i pretpostavila je da komponente ruzmarina doprinose da ovaj proizvod ima tako jedinstvene osobine potrebne za vrhunski kvalitet. Da je ruzmarin izvor antioksidanata objavila je 1955 godine kao prva u svetu u prestižnom francuskom časopisu *Revue Francaise des Crops Gras*. Autori publikacije su bili Marjan Rac i ona (5).

Svoju hipotezu uspela je u potpunosti potvrditi u okviru svoje doktorske disertacije: **ISPITIVANJE ANTIOKSIDACIONIH KOMPONENATA RUZMARINA I MOGUĆNOST NJIHOVE PRIMJENE NA POVEĆANJE ODRŽIVOSTI MASTI I MESNIH PROIZVODA**“ koju je odbranila 1962 godine na Sveučilistu u Zagrebu.

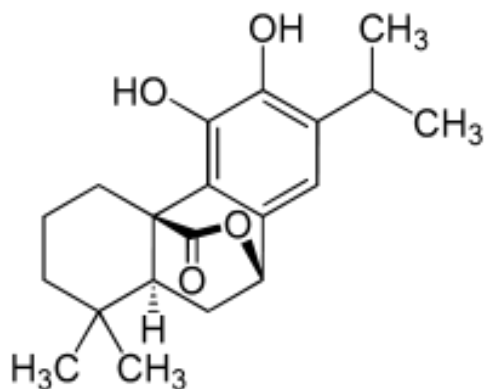
Rezultati rada su pokazali da je jednostavnim i za praksu prihvatljivim postupkom moguće iz ruzmarina izdvojiti antioksidans u količini od 5 odsto. Ovaj u koncentraciji od 0,02 odsto povećava održivost masti 5 do 6 puta, što znači da se može svrtati u red najboljih antioksidanasa.

Ispitivanja su takođe pokazala da se antioksidans istog delovanja dobiva i iz ostatka ruzmarina nakon vađenja eteričnog ulja destilacijom vodenom parom. To ukazuje da ruzmarin – koji se koristi i kao začim – može istovremeno da služi i za dobijanje eteričnog ulja i antioksidanta.

Ispitivanja vršena sa svežim mlevenim svinjskim mesom i svežim slaninskim kobasicama su pokazala da izdvojeni antioksidans povećava održivost i ovih proizvoda jer istovremeno sprečava užeglost masti i promenu boje – pojave do kojih dolazi usled oksidacije.

Nakon publikacije u časopisu *Rev Franc. Corp Gras* grupa autora iz Nemačke i SAD Brieskorn i sar. 1964. godine prvi identifikuju komponentu sa antioksidativnim osobinama karnozol iz ekstrakta ruzmarina (6).

Biserka Oštrić Matijašević je 1972 godine otišla za Ameriku da kod prof. Changa sa Univerziteta u New Jersey, SAD nastavi svoja istraživanja. Profesor Chang poreklom Kine bio je jedan od pionira hemije lipida u SAD i imao je veoma opremljenu laboratoriju.



Struktura karnozola izolovanog iz ekstrakta ruzmarina



Stephen S. Chang (1918 – 1996)

U SAD napisali su i patent o ekstraktu ruzmarina i salvije. Na žalost patent nisu mogli komercijalizovati jer biološka ispitivanja o uticaju ovog ekstrakta na zdravlje (tzv. klinička ispitivanja) nisu bila urađena zbog prevelikih troškova ispitivanja. Treba primetiti

da na napisanom patentu prvi autor patenta je S.S. Chang, a ne Biserka Oštrić Matijašević koja je autor ideje, a i svih rezultata oko ekstrakta ruzmarina.

**United States Patent** [19]  
**Chang et al.**

[11] **3,950,266**  
[45] **Apr. 13, 1976**

- [54] **METHOD OF PRODUCING AN ANTIOXIDANT COMPOSITION FROM ROSEMARY AND SAGE**
- [75] Inventors: **Stephen S. Chang**, East Brunswick, N.J.; **Biserka Ostric-Matijasevic**, Forest Hills, N.Y.; **Cheng-Li Huang**, Piscataway; **An-Li Hsieh**, New Brunswick, both of N.J.
- [73] Assignee: **Rutgers Research and Educational Foundation**, New Brunswick, N.J.
- [22] Filed: **Nov. 28, 1973**
- [21] Appl. No.: **419,715**
- [52] U.S. Cl. .... **252/398; 426/542; 426/654; 426/655; 426/429**
- [51] Int. Cl.<sup>2</sup>. **C09K 15/34; A23B 4/00; A23L 1/28**
- [58] Field of Search ..... **252/398; 426/179, 223, 426/228, 229, 429**

3,681,090 8/1972 Huth ..... 426/229  
3,732,111 5/1973 Berner ..... 252/398

*Primary Examiner*—Benjamin R. Padgett  
*Assistant Examiner*—Donald P. Walsh  
*Attorney, Agent, or Firm*—Cooper, Dunham, Clark, Griffin & Moran

[57] **ABSTRACT**

Antioxidant compositions, useful for preventing deterioration of oils and fats in food products, are prepared by a two-stage extraction from rosemary or sage. A crude product is first extracted from the plant material with a low-boiling solvent separable by evaporation, and is then found to be separable from contaminants that cause objectionable taste or odor, by vacuum steam or molecular distillation, with the antioxidant in a suitable oil carrier, and with the contaminants removed in vapor state. A special purification of the extract, for a product of very high purity except for some flavor or odor for which distillation may be needed, is attainable by chromatography, wherein the antioxidant material favors solvents of greater polarity than solvents in which other materials are eluted. The new antioxidant compositions are not only widely useful but appear to have unusual value in respect to vegetable oils and in respect to oils used in deep frying, and also are found of special value for inhibiting certain flavor and odor effects that occur in soybean oil.

**11 Claims, 2 Drawing Figures**

[56] **References Cited**

**UNITED STATES PATENTS**

2,124,706	7/1938	Maveety .....	426/179
2,571,867	10/1951	Hall .....	426/228
2,571,948	10/1951	Sair .....	426/223
2,752,314	6/1956	Clopton .....	252/398
2,975,066	3/1961	Baker.....	252/398
3,071,475	1/1963	Stohr .....	426/228
3,542,653	11/1970	Lowrey .....	426/228

U narednom periodu nastavljena su istraživanja oko identifikacije sastava ekstrakta ruzmarina, i pored karnozola nađeno je još 4 komponenata koji takođe imaju antioksidativno delovanje. Ipak najznačajniju ulogu imaju **Karnozol** i **Karnozolna kiselina**, kao što je prikazano u radovima Saita i Kramera (10,11).

**Antioksidativne komponente ekstrakata ruzmarina**

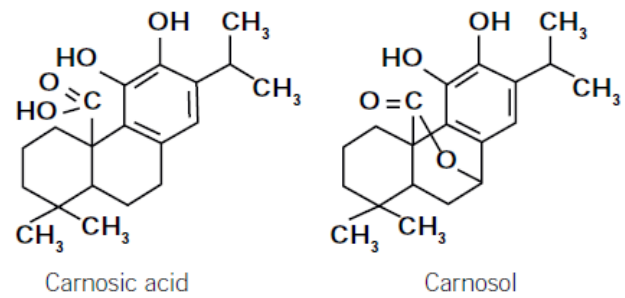
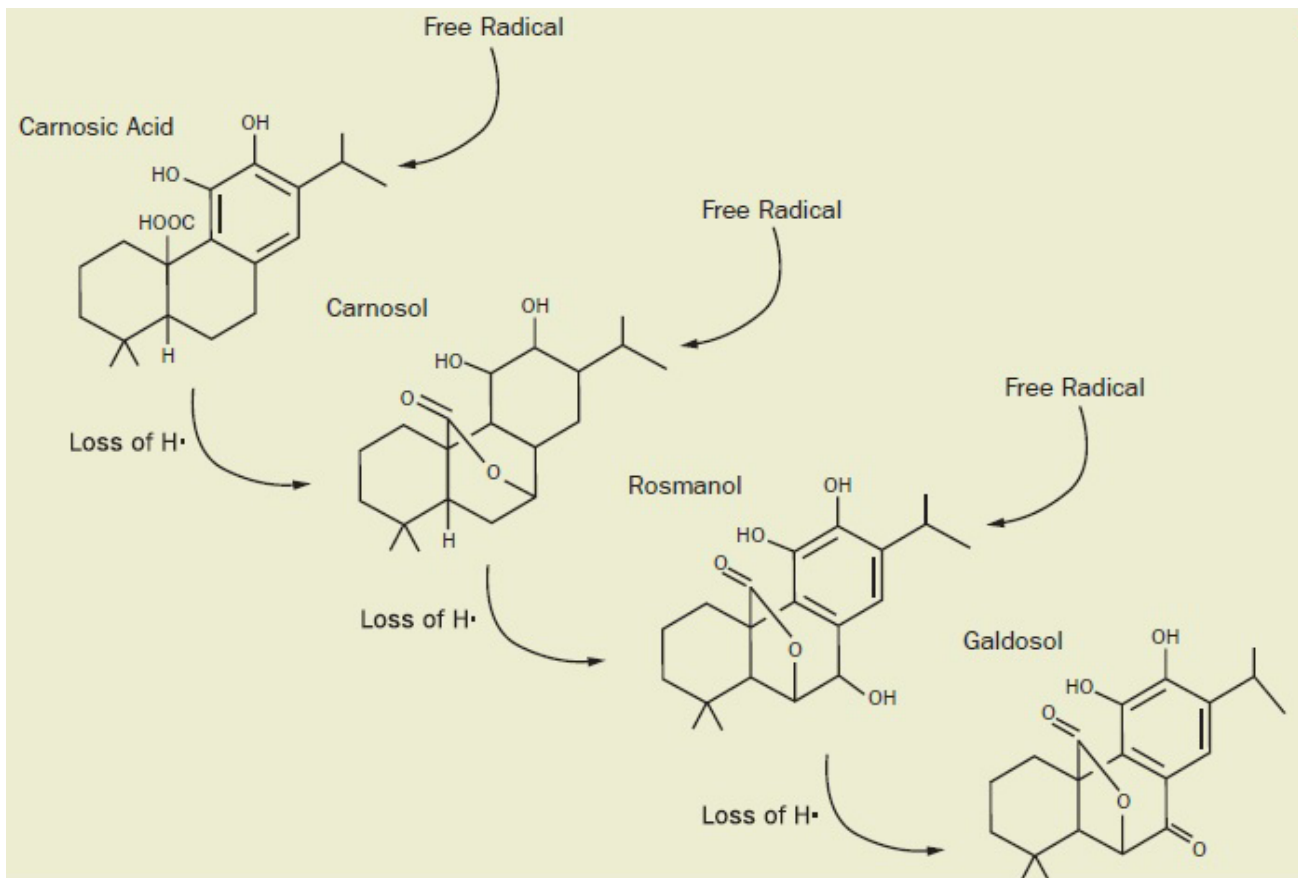


Figure 1. Chemical structure of the carnosic acid and carnosol present in rosemary extract

**Kaskada Karnozolne kiseline – jedinstveni mehanizam delovanja**



<http://www.botanicals.com/roseox.php>

Najnovija istraživanja su jasno pokazala da visoka efikasnost ekstrakta leži u jedinstvenom tzv. kaskadnom delovanju komponenata. Naime Karnozolna kiselina na napad slobodnog radikala se transformiše u Karnosol (antioxidant) koji na novi napad slobodnog radikala prelazi u Rosmanol (antioksidant), i na kraju po samom principu rosmanol transformiše u Galdosol. Prema trenutnom saznanju

nauke ovakav složeni mehanizam delovanja antioksidanata je otkriveno samo kod delovanja komponenata iz ruzmarina.

Iz gore iznetog može se neskromno reći da su rezultati iz disertacije Biserke Oštrić Matijaševićimali dalekosežni uticaj kako u industriji ulja i masti, tako i u tehnologiji mesa podjednako kako na domaćem tako i svetskom tržištu. Da je to tako vidi se na osno-

vu broja osnovanih kompanija koji danas proizvode antioksidans na bazi ekstrakta ruzmarina (12), a na žalost mi to nismo znali iskoristiti.

## Korišćenje ruzmarina danas

### U domaćinstvu

Kao začin za kuvanje  
U kozmetici  
U narodnoj medicini



Korišćenje ruzmarina u domaćinstvu

Odličan u priprimi mesa od  
jagnjetine i piletine – popularan u  
Mediterranskoj kuhinji



### U industrijskoj proizvodnji



Plantaža ruzmarina

Prinos oko  
2 000 kg/ha.



Sušenje  
pri temperaturi  $\leq 40$



Osušeno lišće  
ruzmarina

1. Proizvodnja etarskog ulja  
ruzmarinovo ulje (*Oleum Rosma.*

2. Proizvodnja ekstrakta  
antioksidansa  
Oleoresin, Bordantix,  
Osušeni extract...

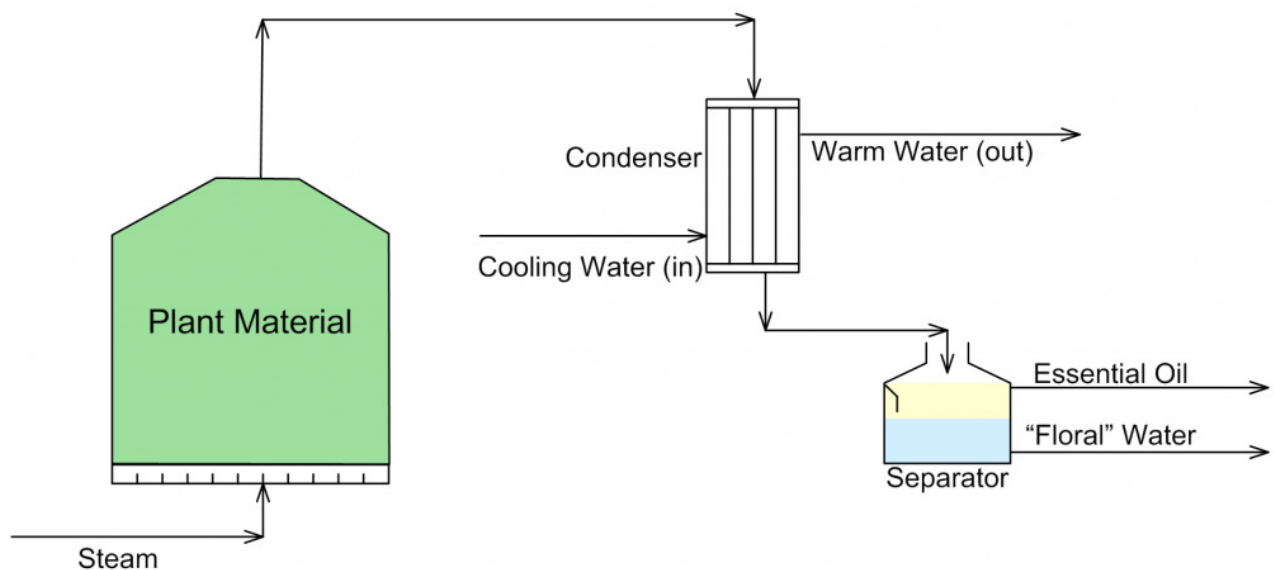
Esencijalno ulje ruzmarina se uspješno koristi u aromaterapiji, pospešuje cirkulaciju krvi u mozgu i pomaže koncentraciju.



U staroj Grčkoj studenti na polaganje ispita su odlazili sa ruzmarinovim vencem na glavi.



**Proizvodnja eteričnog ulja - ruzmarinovo ulje (*Oleum Rosmarini*)**



Destilacija vodenom parom proizvodnja ruzmarinovog eteričnog ulja (sadrži oko 100 različitih jedinjenja) (13,14, 15,16,17).

Sastav esencijalnog ulja zavisi od genotipova gajenih pri raznim geografskim regionima. Generalno postoje tri do četiri hemotipova ulja:

1. Cineol hemotip (dobijen iz ruzmarina sa Severne Afrike)
2. Verbenon/bornil acetat hemotip (poreklom iz Korzike).
3. Kamfor hemotip (dobija se iz ruzmarina sa obale Jadranskog mora)
4.  $\beta$ -mircen/kamfor hemotip (sa obala Atlantskog Okeana)

Posle izdvajanja esencijalnog ulja antioksidanti iz ostatka nakon hidrodestilacije (destilacije vodenom parom) mogu se izdvojiti raznim organskim rastvaračima (acetan, etanol, heksan) ili nadkritičnim  $\text{CO}_2$  (18,19).

Zbog nedostatka kliničkih ispitivanja o delovanju aktivnih komponenata ekstrakta ruzmarina dugi niz godina u Evropskoj Uniji se nije mogao staviti na listu antioksidanata kao antioksidant sa E brojem.

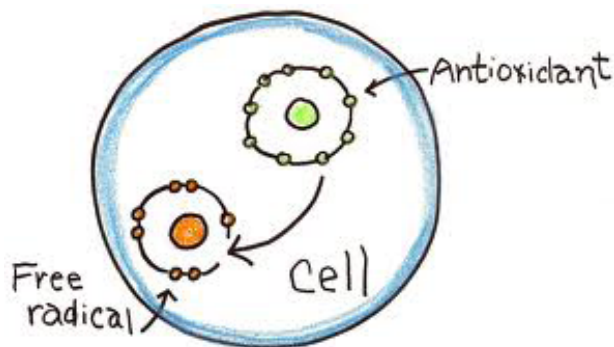
Prehrambena i druga industrija ipak je koristila ovaj vredni proizvod i deklarirala na proizvodima kao prirodni začin - prirodna aroma ili kao ekstrakt ruzmarina ali bez podataka o aktivnosti. U Poljskoj su ga koristili kao dodatak specijalnim mastima za proizvodnju „supa u kocki“.

Legislacija ekstrakta ruzmarina u EU je konačno na inicijativu tri najveća proizvođača ekstrakta (Naturex, Robertet and Raps) je odobrena na osnovu studija koji je sproveo EFSA (European Food Safety Authority) (20) i konačno je 2010 registrovala ekstrakt ruzmarina kao antioksidant koji se na proizvodu može deklarirati kao ekstrakt ruzmarina ili antioksidant E 392 (21, 22). Na žalost Biserka Oštrić Matijašević tu konačnu afirmaciju njenog otkrića nije doživela. Naime od prve publikacije 1955 godine pa do 2010 prošlo je ni manje nego 55 godina. Dobra pouka za mladi naraštaj naučnika koliko truda je potrebno da bi neki dodatak za prehrambene proizvode našao i zvanično priznao.

### Nova istorija antioksidanata

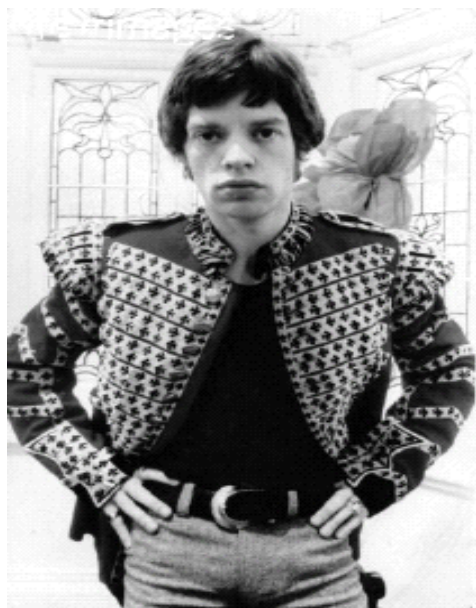
Devedesetih godina ponovo se pažnja naučnika okrenula prema antioksidantima, jer se pokazalo da najveći deo životnih funkcija u našem organizmu zavisi od antioksidanata koji su sposobni da neutrališu slobodne radikale koji nastaju egzogeno ili endogeno. Starenjem našeg organizma znatno se smanjuje nivo antioksidanata što dovodi do pojave stanja tzv.

„oksidativnog stresa“, a kasnije i do pojave raznih bolesti.



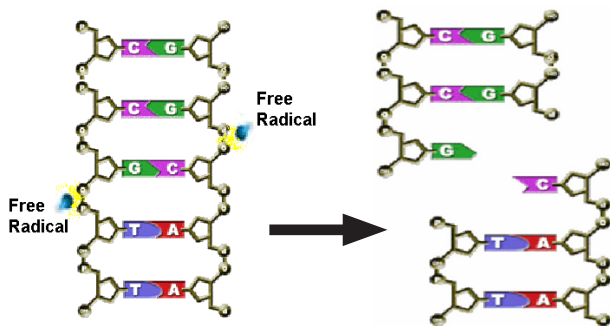
Antioksidanti u centru pažnje javnosti od 1990. god.

Posledice starenja usled oksidativnog stresa i bolesti povezani sa starenjem.





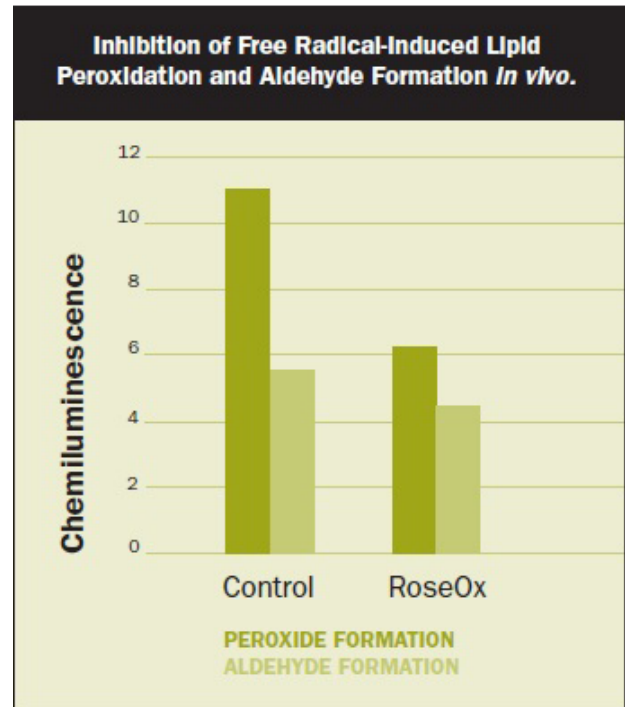
Ne starimo mi već naš DNK!  
 Izvor: "Popular Science" August 2002., p. 44 .  
 Slobodni radikali oštećuju naš DNK



Antioksidanti su jedinjenja koja mogu preventivno neutralizovati slobodne radikale

Ekstrakt ruzmarina deluje i *in vivo*, što su pokazala poslednja ispitivanja. Naime, istraživanja pokazuju da liposolubilni antioksidanti iz ruzmarina efikasno deluju i *in vivo* u organizmu

Table 1



<http://www.botanicals.com/roseox.php>

### Mesto prof. dr Biserke Oštrić Matijašević u istoriji istraživanja o antioksidantima

Imajući na umu sve ove rezultate i ako danas analiziramo mesto prof. dr Biserke Oštrić Matijašević u istoriji o antioksidantima vidimo da ona ima izuzetno mesto jer samo nekoliko godina posle stvaranja teorije o Slobodnim Radikalima i teorije o oksidativnom stresu (23, 24) počela istraživanja o antioksidantima koji i danas spadaju u red najvećih naučnih izazova za svetsku elitu naučnika.

\*\* Rad je napisan na bazi predavanja "The secret of the Istrian prosciutto In memory of Prof. Biserka Oštrić Matijašević" održan na naučnoj konferenciji studenata na Varšavskom Univerzitetu SGW – 19th Conference of Young Researchers Section of Polish Society of Food Technologist – 3rd International Session Food Science Horizon 7-9th of May 2014, Warsaw i 55-og Savetovanja industrije ulja: Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 15 – 20 Jun 2014.

### LITERATURA

1. Karlovits Gy., Kratka biografija Biserke-Oštrić Matijašević (1926-2001), Zbornik radova, 55.

- Savetovanje industrije ulja: Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 15 – 20. Jun 2014.
2. Anon: Naši portreti: Dr ing. Biserka Oštrić Matijašević, Tehnologija mesa, 4 (9): 266 (1963)
  3. Izvod iz hrvatske štampe: Rajko Polić, Istarski prsut prošao kroz evropska vrata, Slijedom vijesti o priznanju istarskoga pršuta kao autohtone marke Istarski pršut, ali po evropskim standardima i kriterijima .... Istarska Prsuta/Zeleni List - Poljoprivreda iz prve ruke (Datum: 18.02.2011.)
  4. Istarski Pršut, Zaštićena oznaka izvornosti, Specifikacija, Udruga proizvođača istarskog prsuta, Pazin
  5. Rac, M., B. Oštrić-Matijšević, Les Proprietes Antioxyenes du Romarin, Rev. Fr. Corps Gras 2, 796 (1955).
  6. Brieskorn C.H., Fuchs, A., Bredenberg, J.B., McChesney, J. D., Wenkert, E. The Structure of carnosol, J. Org. Chem. 29: 2293-2297 (1964).
  7. Stephen S, Chang, Biserka Oštrić Matijasevic, Oliver A. L. Hsieh, Cheng-Li Huang, Natural Antioxidants from Rosemary and Sage, Journal of Food Science, 42(4):1102-1106 (1977).
  8. James W.Wu, et al. Elucidation of the Chemical Structures of Natural Antioxidants Isolated from Rosemary, JAOCS, 59 (8): 339-345 (1982).
  9. Qinyun Hen, Huang Shi and Chi-Tang Ho, Effect of Rosemary Extracts and Major Constituents on Lipid Oxidation and Soybean Lipoxygenase Activity, JAOCS, 69 (10): 999-1002 (1992).
  10. Saito Y et al. Studies on the antioxidant properties of spices II, The antioxidant effect of some choises, J.Jpn Soc Food Nutr., 29 (9): 404-408 (1976).
  11. Kramer R. E, Antioxidants in clove, J. Am. Oil Chem. Soc. 62 (1): 111-113 (1985).
  12. Anon: GUARDIAN Rosemary Extract TM 36-3e, Danisco Cultor, Edwin Rahrs Vej 38, DK-8220 Brabrand, Denmark
  13. Boutekedjiret C. et al: Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation, Flavour and Fragrance Journal, 18, 481-484 (2003).
  14. Bensebia O. et al.: Supercritical carbon dioxide extraction of rosemary comparaison with steam distillation and hydrodistillation, Report of Laboratoire de Thermodynamique et de Modelisation Moleculaire Faculte de Chemie Alger, Algerie
  15. Omobola Oluranti Okoh, Chemical transformation phytochemical studies of bioactive components from extracts of Rosemarinus Officinalis L., PhD Thesis, Faculty of Science and Agriculture at the University of Fort Hare, 2010.
  16. Rosemary Production, www.nda,agric.za/publications
  17. Somogyi L. Aktiv anyagok szerepe rozmaring izesítésű napraforgó olajban, Corvinus Egyetem Budapest, PhD Thesis, 2008
  18. Riznar K., et al., Solubility of Carnosic acid carnosol from Rosemary Extract in Supercritical CO<sub>2</sub>, Acta Chim Slov., 55: 516-520 (2008).
  19. Ivanovic J. et al., Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidants from Rosemary (Rosmarinus Officinalis) and sage (Salvia Officinalis), Journal of Serbian Chemical Society, 74(7): 717-732 (2009).
  20. EFSA Scientific Opinion of the Panel of Food Additives, Flavouring, Processing Aids and materials in Contact with Food: Use of rosemary extracts as a food additive, The EFSA Journal, 721, 1-29 (2008).
  21. Commision Directive 2010/67/EU of 20 October 2010, amending Directive 2008/84/EC laying down specific purity criteria on food additives other than colours and sweeteners, Official Journal of the European Union L 277/17 21.10.2010.
  22. Commision Directive 2010/69/EU of 22 October 2010 amending the Annexes to European Parliament of Council Directive 95/2/EC on food additives other than colours and sweeteners, Official Journal of the European Union L 279/22 23.10.2010.
  23. Dejian Huang et al., The Chemistry Behind Antioxidative Capacity Assays, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:1841-1856 (2005).
  24. Monica H Carlsen et al., The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide, Nutritional Journal, 9(3): 1-11 (2010).

## ZAHVALNICA

Izražavam veliku zahvalnost uvaženom kolegi prof. dr Đerđu Karloviću za članak kojim nas ponovo podseća na našu profesoricu, dr Biserku Oštrić-Matijašević, uz čiju pomoć smo krenuli putem nauke.

Imali smo čast i privilegiju da budemo njeni učenici.

Prof. dr Etelka Dimić



## PUBLIC-PRIVATE INTERNATIONAL COLLABORATION IN SUNFLOWER RESEARCH ON BROOMRAPE (OROBANCHE CUMANA WALLR.)

Academician *Dragan Škorić*

*The history of developing sunflower varieties resistant to broomrape began at the start of the second decade of the 20<sup>th</sup> century with the development of the first few varieties resistant to race A at several breeding stations in Russia. Since that time, the racial composition of broomrape has been changing cyclically. The appearance of new races such as B, C, D, E, F, G, H and so on has been reported in several countries of central and eastern Europe as well as in Turkey and Spain and, most recently, China. Sources of resistance to races A through E can mostly be found in Russian varieties, while those for resistance to races E through H and further are in genotypes developed by crossing cultivated sunflower genotypes with certain wild species of the genus Helianthus. When it comes to broomrape, the first significant germplasm exchange on an international level occurred in the late 1970s and early 1980s, when the source of CMS and Rf genes was discovered and work on developing sunflower hybrids began.*

*In parallel with the appearance of race E in the late 1970s and its spread across the countries that are large sunflower producers, there was a significant exchange of A lines developed at public institutions with private companies with the aim of developing joint resistant hybrids.*

*With the founding of the FAO-European Research Network on Sunflower in 1975, work began on studying a large number of sunflower traits including broomrape resistance. These programs involved researchers from both public and private organizations. Broomrape was studied within several Working Groups (environmental study of hybrids, disease studies, genetic research, and wild species). The best results were achieved between 1997 and 2005 within the Working Sub-Group on Orobanche.*

*In parallel with these collaborations, there was also intensive cooperation between some private companies and public institutions that involved the exchange of resistant A lines and the development of commercially based joint hybrids. This form of cooperation has produced the best results, especially in the last 10 years.*

*The appearance of new virulent races (F, G, H, etc) calls for the formation of a global program in which both public and private organizations would take part. The first step would be to form a list of participating organizations. Then, project tasks would have to be defined that would include precisely defined goals, time frames for their realization, division of labor, sources of financing, methods of use of the results achieved, and intellectual property rights.*

*Key words: Sunflower, broomrape, sources of resistance, genetics of resistance, international cooperation.*

## MEĐUNARODNA SARADNJA IZMEĐU DRŽAVNIH INSTITUCIJA I PRIVATNIH KOMPANIJA NA ISTRAŽIVANJU VOLOVODA (OROBANCHE CUMANA WALLR.) KOD SUNCOKRETA

*Stvaranje sorti suncokreta otpornih na volovod počelo je početkom druge decenije 20-og veka stvaranjem nekoliko sorti otpornih na rasu A ovog patogena u nekoliko oplemenjivačkih stanica u Rusiji. Od tog vremena pa na ovamo, rasni sastav volovoda menjao se ciklično. Pojava novih rasa kao što su B, C, D, E, F, G, H itd. primećena je u nekoliko zemalja centralne i istočne Evrope kao i u Turskoj, Španiji i u najskorije vreme Kini. Izvori otpornosti na rase A do E najčešće se može naći u ruskim sortama, dok se otpornost na rase E do H i dalje nalazi u genotipovima stvorenim ukrštanjem genotipova gajenog suncokreta sa određenim vrstama divljih vrsta iz roda Helianthus. U slučaju volovoda, do prve značajne razmene germplazme na međunarodnom nivou došlo je kasnih 70-tih i ranih 80-tih godina prošlog veka, kada su otkriveni izvori CMS i Rf gena i kada je počeo rad na stvaranju hibrida suncokreta.*

*Paralelno sa pojavom rase E kasnih 70-tih i njenim širenjem u zemljama koje su veliki proizvođači suncokreta, došlo je do značajne razmene A linija stvorenih u državnim institucijama sa privatnim kompanijama u cilju stvaranja otpornih zajedničkih hibrida.*

Academician Dragan Škorić, draganskoric@sbb.rs, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Branch in Novi Sad and Nuseed Europe, Consultant

*Osnivanjem FAO-European Research Network on Sunflower 1975., počeo je rad na proučavanju velikog broja osobina kod suncokreta uključujući i otpornost na volovod. U ove programe bili su uključeni istraživači i iz državnih institucija i iz privatnih kompanija. Volovod je proučavan u okviru nekoliko Radnih grupa (proučavanje hibrida iz perspektive spoljnih činilaca, proučavanje bolesti, genetska istraživanja i divlje vrste). Najbolji rezultati postignuti su između 1997. i 2005. u okviru Radne podgrupe koja je radila na volovodu.*

*Paralenom sa ovim vidovima saradnje, postojala je i intenzivna saradnja između određenih privatnih kompanija i državnih institucija koja se sastojala u razmeni otpornih A linija i stvaranju komercijalnih hibrida. Ovaj oblik saradnje dao je najbolje rezultate, naročito u poslednjih 10 godina.*

*Pojava novih virulentnih rasa (F, G, H, itd.) zahteva formiranje globalnog programa u kom bi učestvovala i privatne kompanije i državne institucije. Prvi korak bio bi da se napravi lista učesnika u ovom programu. Potom bi trebalo definisati projektna zadatke gde bi se precizirali ciljevi, vremenski okviri za njihovu realizaciju, podela rada, izvori finansiranja, načini upotrebe dobijenih rezultata, i prava intelektualne svojine.*

*Ključne reči: Suncokret, volovod, izvori otpornosti, genetika otpornosti, međunarodna saradnja.*

## INTRODUCTION

According to Morozov (1947), broomrape was first observed in sunflower in the 1890s in the Saratov region, while according to Kukin (1970) the first report of the pathogen on sunflowers in Russia is attributed to Oldanov (1886). Broomrape causes the greatest damage to sunflower production in the countries around the Black Sea (Russia, Ukraine, Moldova, Romania, Bulgaria, Turkey). More recently, the pathogen has been causing economic damage in Spain, Greece, Serbia, Hungary, Israel, Iran, Uzbekistan, Kazakhstan, India, China, and Australia. In the last ten years, broomrape has also been reported on sunflower in southern France.

For more than a century, there is a constant tug-of-war between geneticists and breeders on the one hand and broomrape on the other, where the side having the upper hand in this struggle often changes.

According to Morozov (1947), the first sunflower varieties resistant to broomrape (race A) were developed by Plachek (Saratov Breeding Station) in 1918. The most well-known among them was Saratovskij No. 169. Afterwards, the following varieties resistant to race A were developed: Kruglik – A /41 (Kruglik Experimental Station), Zelenka (Kharkhov Experimental Station), and Fuksinska No. 10 (Voronezh Experimental Station).

According to Morozov (1947) and Pustovoit (1966), a new race of broomrape was discovered in Rostov Oblast in 1926 by Jdanov. Jdanov named the race B and soon developed varieties resistant to it called Jdanovska 8281, 8885, 8884, 6432, and 6397, which quickly replaced varieties resistant to race A in commercial production. After that, at VNIIMK (Krasnodar) a number of varieties resistant to race B such as VNIIMK 1646 and Kruglik 1846 were developed along with a number of high-oil ones such as Peredovik, VNIIMK 8931, Smena and others

(Pustovoit, 1966). Also, Jdanov (1975) developed several new high-oil varieties resistant to race B (Donskoj 309, 695, 800) (Jdanov, 1975).

After the development of varieties resistant to races A and B, there was no talk for quite a while about changes in the racial composition of broomrape, probably because the commercially grown varieties had resistance above that for races A and B.

Vranceanu et al. (1980), identified five pathogenic races of broomrape and named them A, B, C, D, and E. Based on differential lines, they determined that the resistance was controlled by a dominant cumulative genes ( $Or_1$ ,  $Or_2$ ,  $Or_3$ ,  $Or_4$ , and  $Or_5$ .) Soon after that, a new broomrape race appeared in Romania that could not be controlled by the  $Or_5$  gene. Pacureanu et al. (1998) found resistance to this new race, named F, in the line LC-1093. The gene controlling the resistance was named  $Or_6$ .

A great contribution to developing new sunflower germplasm containing Or genes was made by Galina Pustovoit (1975) using interspecific hybridization by crossing wild hexaploid *H. tuberosus* with the variety VNIIMK 8931. This was the end result of a long and complex process (1960-1975), especially in reducing the interspecific hybrid down to a diploid form ( $2n=34$  chromosomes). Her varieties Progres, Novinska, Oktobar, Jubilejnaja-60 and others were used by sunflower breeders worldwide to develop hybrids resistant to races E, F, and G.

More recently, a number of geneticists and breeders across the world have used wild sunflower of the genus *Helianthus* L. to search for genes for broomrape resistance. Among them, the most notable results have been achieved by Christov et al. (1992, 1998, and 2009), Škorić (1988, 1989, and 2005), Jan et al. (2000 and 2002), Jan and Fernandez (2002), Fernandez-Martinez et al. (2000 and 2007), Ruso et al. (1996), Sukno et al. (1999), Melero-Vara et al. (1996), and Dozet et al. (2000). These authors have found genes for broomrape resistance in over 20

wild species of the genus *Helianthus* L.

In the last five to six years, new virulent races have appeared that cannot be controlled by the *Or<sub>6</sub>* gene. These have been reported in Russia, Ukraine, Moldova, Romania, Bulgaria, Turkey, Serbia, Spain and perhaps several other countries as well (Pacureanu et al., 2004, 2008, 2009).

The objective of this paper was to make an overview of international cooperation between public institutions and private companies in studying the new races of broomrape, their identification, use of wild species to find new resistance genes, exchange of breeding materials for the purpose of developing resistant hybrids, and the possible formation of a global project for studying broomrape.

### **COLLABORATION BETWEEN PUBLIC INSTITUTIONS AND PRIVATE COMPANIES ON BROOMRAPE**

Globally looking, there has been a long standing collaboration among sunflower breeders and geneticists in terms of germplasm exchange and other forms of cooperation. It is well known that at the time of intensive development of sunflower varieties, the work was being done predominantly at public institutions (1910-1970). Because of the bisexual nature of sunflower flowers, the use of heterosis used not to be possible in practical terms. It was not before the discovery of CMS and *Rf* genes that the development of sunflower inbred lines began along with the evaluation of combining abilities and actual hybrid development. At that time intensive collaboration begins between public institutions and private companies, which started their own breeding programs on sunflower. Used as the starting material were local populations and high-oil varieties developed at VNIIMK, Krasnodar, Rostov on Don, Odessa, Kharkhov, Fundulea, INTA Pergamino and other places. Concurrently with this, there was a rapid development of intensive programs on inbreeding and heterotic breeding at a number of public institutions. Lines developed at these breeding centers were available to private companies, which resulted in a rapid development of productive hybrids. It is important to note the contributions of particular institutions such as USDA-ARC-Fargo, ND USA; INTA, Pergamino, Argentina; INRA, France; the Fundulea Institute, Romania; IFVC, Novi Sad, Serbia; IWS, General Toshevo, Bulgaria and many others. Lines developed at the above centers played a significant role in the programs of private companies as well, where the exchange was contract-based.

The rapid spread of broomrape race E in the late 1970s and early 1980s in the countries of Eastern Europe and Turkey and Spain opened up a new chapter in the collaboration between public institutions and private companies on developing sunflower hybrids resistant to broomrape. This collaboration intensified even further with the appearance of race F.

The collaboration between public institutions and private companies as well as that among public institutions from different countries has developed and become very intensive and has taken on various forms. The most extensive collaboration took place within the FAO-European Cooperative Research Network on Sunflower. Within this Network, broomrape was studied in four Working Groups:

1. Experimentation of sunflower cultivars;
2. Genetic studies of agronomic, physiological, and biochemical characters;
3. Evaluation of wild *Helianthus* species; and
4. Study on population dynamics of sunflower pathogens and their control.

1. Working Group: Experimentation of sunflower cultivars

This Group studied equally and in 2-3-year cycles hybrids from public institutions and private companies. At locations where broomrape was present, the trial executors took note of which hybrids were resistant and which were not. This was an easy way for the owners of the hybrids to find out which hybrids were resistant in which country.

2. Working Group: Genetic studies of agronomic, physiological, and biochemical characters

Genetic studies of broomrape within this group were done the most by the team from Spain. Over a longer period of time, they conducted extensive research and investigated the mode of inheritance of broomrape resistance and the racial composition of the pathogen. Here is a summary of their findings:

#### **Genetics and dynamics of broomrape race composition in Spain**

Before 1970, sunflower growing in Spain mostly consisted in the cultivation of confectionery sunflower susceptible to all races of broomrape, as a result of which there was an increase in the *Orobanche* population in the country.

- As oilseed sunflower genotypes began to be grown on a larger scale, a number of broomrape races were identified.
- Dominguez et al. (1996) determined that there was a low frequency of genes for race E in

- cultivated sunflower genotypes;
- Dominguez et al. (1996b) found that resistance to race E present in the line R-41 was controlled by two dominant genes;
  - Sukno et al. (1999) determined that race E resistance found in the line NR-5 was controlled by a single dominant gene;
  - Perez-Vich et al. (2004) reported a single dominant gene controlled race E resistance found in the line P-96;
  - Rodriguez-Ojeda et al. (2001) found that two recessive genes ( $Or_6$  and  $Or_7$ ) were responsible for resistance to race E present in the line Ki-534;
  - Rodriguez-Ojeda et al. (2001) also determined that resistance to race F was controlled by two recessive genes ( $Or_6$  and  $Or_7$ );
  - Akhtouch et al. (2002) reported that race F resistance existing in the line P-96 was under the control of two recessive genes ( $Or_6$  and  $Or_7$ );
  - According to Perez-Vich et al. (2002), the line J1 (BR-4) has a single dominant gene for resistance to race F;
  - Veloso et al. (2006), on the other hand, report that resistance to race F in the same line J1 (BR-4) is controlled by two partially dominant genes ( $Or_6$  and  $Or_7$ ).

$Or^*7$  – expression occurs under the influence of environmental factors!

When it comes to genetic research on broomrape within the FAO-European Research Network on Sunflower, particularly noteworthy is the contribution of Pacureanu et al. (1998), who were the first to report the existence of race F. Also, they determined that resistance to this race could be found in the line LC-1093 and that it was controlled by a single dominant gene ( $Or_6$ ). It is very important to note that this line has become the main source of resistance to race F and that to this day it is part of a number of programs of private companies aimed at developing resistant hybrids, accompanied, of course, by obligatory contracts on the protection of intellectual property.

Also, within this Working Group work has been done on the use of marker genes in determining the race composition of broomrape. Here, too, the most has been accomplished at research institutes, CSIC and CIFA, Cordoba, Spain. Based on extensive research, a number of scientific papers have been published. Their conclusions in brief are as follows:

#### **Marker-assisted selection (MAS) for resistance to *Orobanche***

- Perez-Vich et al (2004a) and Perez-Vich et al (2004b) have achieved significant results in using molecular markers in sunflower breeding for resistance to the various races of broomrape.
- Using segregating materials (resistant x susceptible) and QTL, RFLP and SSR markers, the above authors have found that resistance to race E is controlled by only five QTL markers and that to race F by as few as six. The markers were detected in 7 of 17 linkage groups.
- Race E (5 markers):  $Or1.1$ ;  $Or3.1$ ;  $Or7.1$ ;  $Or13.1$ ; and  $Or13.2$ ;
- Race F (6 markers):  $Or1.1$ ;  $Or4.1$ ;  $Or5.1$ ;  $Or13.1$ ;  $Or13.2$ ; and  $Or16.1$ .

#### **International meetings on broomrape held between 2008 and 2011**

During this short period, three important meetings were held dedicated to *Orobanche spp.* on sunflower:

1. International Symposium on Broomrape (*Orobanche spp.*) in Sunflower  
November 30-October 3, 2008  
Antalya, Turkey  
At this meeting 18 papers were presented and there were participants from both public institutions and private companies
2. Sunflower Breeding on Resistance to Diseases  
June 23-24, 2010  
Krasnodar, Russia  
At this meeting besides papers on other diseases seven papers were presented dealing with the problem of broomrape in sunflower.
3. International Symposium on Broomrape (*Orobanche spp.*) in Sunflower  
August 25-27, 2011  
Chisinau, R. Moldova  
This meeting was very important as 28 papers were presented at it either orally or as poster presentations,

The above three meetings illustrate just how important solving the problem of broomrape on sunflower really is.

#### **Working Sub-Group on broomrape**

The spread of race E and the appearance of the virulent race F brought about the need for more intensive collaborations on studying this parasitic plant. This Sub-Group operated as part of the working group on sunflower diseases and was established at the Technical Meeting held in Giessen, Germany in

1997. Dr Pepa Shindrova of IWS, General Toshevo, Bulgaria was elected Coordinator of the Sub-Group. After that, a concrete proposal of collaboration was made that included:

- Establishment of the diffusion areals of sunflower broomrape;
- Determination of sunflower broomrape variability;
- Exchange of breeding materials with the aim to test their reaction to the broomrape populations in different countries;
- Preparation of a bibliographic reference of publications on the problems of sunflower broomrape in each country.

The following countries (institutes and companies) took part in the program:

- Bulgaria – Institute for Wheat and Sunflower *Dobroudja* near General Toshevo
- Egypt – Field Crops Institute Agricultural Research Center, Giza (since 1998);
- France – Rustica Prograin Genetic, Mondonville
- Israel – Neve-Yar Research Center (since 1998);
- Hungary – Agroindustrial Share Corporation of Bacsalmas (since 1998);
- Romania – Research Institute for Cereals and Industrial Crops, Fundulea;
- Spain – Koipesol Semillas, Carmona
- Spain – Arlesa Semillas, Sevilla;
- Turkey – Thrace Agricultural Research Institute, Edirne;
- Ukraine – Institute of Oil Crops, Zaporozhye
- Serbia – Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad.

Cooperation on *Orobanche* has developed very successfully in a short period of time. It includes researchers from Bulgaria, Egypt, France, Hungary, Israel, Romania, Spain, Turkey, and Serbia (Shindrova, 1999).

On the basis of the literature published on this subject and the information given by the participants in the program, it could be concluded that during 1996-1997 no significant changes in the geographic distribution of sunflower broomrape occurred. Countries from the Mediterranean and the Balkan peninsula and Ukraine, southern Russia and Hungary remained the main areas of the parasite's distribution.

In 1998, however, the situation with *Orobanche* changed significantly. Pacureanu-Joita et al. (1998) reported the occurrence of a new, more virulent race in Romania. The race was registered in the region of south and southeast Romania (Kostanza, Tulcha,

Braila). It overcame the resistance of line P-1389 ( $Or_5$  gene) and was identified as race F of the parasite. The same authors also reported a source of resistance to this race – line LC-1093.

It was concluded that at the time all sunflower broomrape races were established in Romania (A, B, C, D, E, and F), with races D and E having the greatest share in the population of the parasite.

According to Alonso, C. et al. (1996, 1998) a new *Orobanche* pathotype was established in the south of Spain (Ecija-Sevilla). It was highly virulent and overcame the resistance barriers of all resistant commercial hybrids as well as the  $Or_5$  resistance gene in homozygous lines.

This program has achieved some very significant results in several areas:

- Reaction of the breeding materials to the local broomrape populations;
- Reaction of the various genotypes to the local broomrape populations under greenhouse conditions or in an infected field;
- Reaction of the genotypes to the local broomrape populations under the conditions of an infected field and the role of the parasite in the development of genotypes and yield components (citation by Shindrova)

### **Bulgaria – Dobroudja Agricultural Institute**

The resistance of the wild species was transferred to the cultivated sunflower through hybridization with the aim to produce resistant lines.

- by testing of mutant forms obtained via gamma irradiation and chemical mutagens treatment. As a result of the irradiation of seeds with gamma rays, lines completely or partially resistant to the parasite were produced.
- by inoculation of initial forms of cultivated sunflower obtained through selfing or cross pollination of cultivars and hybrids. This is the most commonly applied method for production of lines resistant to broomrape.

The collected populations of the parasite were used for testing the resistance of the breeding materials at different generations including: restorer lines, female lines (A, B) and hybrids. In 2004, 3,923 breeding samples were analyzed for resistance to *Orobanche*; 1,776 of them (45.2%) demonstrated complete (100%) resistance to the local populations of the parasite.

As a result new broomrape-resistant hybrids were produced at the Dobroudja Agricultural Institute. These hybrids are also resistant to downy mildew, besides broomrape. They combine resistance with

high oil content and yields exceeding the standard (citation by Shidrova)

At the FAO-Consultation Meeting held in Novi Sad in June of 2005, a new program of the collaboration was made:

- Exchange of breeding materials (lines, hybrids) with the aim to test their reaction to the broomrape populations in Bulgaria, Turkey, Romania, and Serbia;
- Testing the response of breeding materials (not exceeding 100 samples) to the broomrape population in your country (local population);
- Conducting a trial with the aim to determine the effect of broomrape attack on yield elements and the development of sunflower plants;
- Carrying out observations to identify other hosts of the parasite;
- Preparing a bibliographic reference of the publications in sunflower broomrape problems in your country (for the 2004-2008 period); and
- Searching for sources of resistance among wild sunflower species and maintaining a collection of them.

The above program was executed as agreed and significant results were achieved.

Also, at the FAO-Consultation Meeting in 2005, Dr Pepa Shidrova presented detailed results on broomrape distribution and race composition in Bulgaria. These findings helped all the sunflower breeders in the development of new resistant hybrids.

At the FAO-Consultation Meeting held in Novi Sad, Serbia in 2005, Pacureanu reported the presence of new broomrape races in Romania. She concluded that the existence of a new race of the parasite *Orobanche cumana* in sunflower in Romania had led to many investigations for identifying new sources of resistance to the parasite; interspecific hybrids, new sunflower populations, and new sunflower lines had been investigated and some sunflower genotypes with good resistance were identified such as R-10481, R-7842, and R-5540 (inbred lines) along with three interspecific hybrids.

At the same meeting, Kaya (Edirne, Turkey) reported the appearance of new broomrape races in Turkey and concluded as follows: *Preliminary results show that there is at least three different broomrape populations based on reaction against resistant sunflower hybrids and lines. However, it is not known yet if these different broomrape populations are new races or sub populations. Infested new broomrape areas increase year by year in the region. Resistant sunflower hybrids have been developed against*

*these new races. Results from this study would be used to establish differential lines against the new broomrape populations. The new races increase each year 50% more than in the previous year. From 1995 to 2002 the infested areas increased from 2 to 35%. It can be concluded that in 2002 in more than 60-70% of the sunflower production area in Trakya region have new *Orobanche* races present.*

### 3 Working Group: Evaluation of wild *Helianthus* species

Besides a number of joint programs carried out within this Group, work was also done finding sources of resistance to broomrape in the wild sunflower species.

Significant results were achieved by the team from CSIS, Cordoba, Spain and that from USDA-ARS, Fargo, ND, USA, which carried out a joint project on finding sources of resistance in certain wild sunflower species and incorporating the genes into cultivated sunflower genotypes. They presented their results in two research cycles and published a number of papers on the subject.

As the final product, they developed four broomrape-resistant populations of sunflower. C. C. Jan et al. (2002) developed new germplasm resistant to broomrape (genes x wild species):

- Four new populations
- GENETIC SOURCE OF RESISTANCE TO RACE F
- BR<sub>1</sub> (PI 617026):  
P21II *H. grosseserratus* – 004/P21(PD)/3/HA89
- BR<sub>2</sub> (PI 617027):  
P21III *H. Maximiliani* (D) – II P21/3/HA89
- BR<sub>3</sub> (PI 617028):  
*H. divaricatus*-830/P21/3/HA89
- BR<sub>3</sub> (PI 617029):  
*H. divaricatus*-830/P21(D)II *H. grosseserratus*-011/P21(D)/3/P21/4/ HA89

All four of the above interspecific populations were successfully used to develop inbred lines resistant to certain broomrape races in a number of private companies.

A huge success in the use of the wild species for finding resistance genes to broomrape was achieved by Christov (1992, 1998, 2009) with his discovery of the resistance genes and their incorporation into elite sunflower lines. In his report for the FAO-Sunflower Network, he reported that resistance to broomrape was found in hybrid material originating from *H. annuus* (accessions E-126 and E-112), *H. praecox* (E-148), *H. nuttallii* (M-088), *H. mollis* (M-082), *H. pumilus* (M-172), *H. giganteus* (M-011),

*H. decapetalus* (M-043), and *H. strumosus* (M-110 and M-126). It should be noted that a certain number of new inbred lines developed by Christov and his team were also resistant to the latest, virulent races. Based on Material Transfer Agreements, these lines are used to develop resistant joint hybrids.

Also, Škorić et al. (1999) reported their findings on the presence of the  $Or_5$  gene in some wild sunflower species, shown in Table 1.

**Table 1.** Results of testing wild sunflower species for resistance to race E of broomrape (greenhouse test with test tubes)

Wild sunflower species	Resistant populations	Susceptible populations
<i>H. annuus</i>	19	75
<i>H. petiolaris</i>	23	6
<i>H. neglectus</i>	3	-
<i>H. debilis</i>	9	-
<i>H. praecox</i>	10	-
<i>H. argophyllus</i>	4	1
<i>H. niveus</i>	5	-

#### International meetings on broomrape held between 2008 and 2011

During this short period, three important meetings were held dedicated to *Orobanche spp.* on sunflower:

##### 4. International Symposium on Broomrape (*Orobanche spp.*) in Sunflower

November 30-October 3, 2008  
Antalya, Turkey

At this meeting 18 papers were presented and there were participants from both public institutions and private companies

##### 5. Sunflower Breeding on Resistance to Diseases

June 23-24, 2010  
Krasnodar, Russia

At this meeting besides papers on other diseases seven papers were presented dealing with the problem of broomrape in sunflower.

##### 6. International Symposium on Broomrape (*Orobanche spp.*) in Sunflower

August 25-27, 2011  
Chisinau, R. Moldova

This meeting was very important as 28 papers were presented at it either orally or as poster presentations,

The above three meetings illustrate just how important solving the problem of broomrape on sunflower really is.

#### DIRECT COLLABORATION BETWEEN PRIVATE COMPANIES AND PUBLIC INSTITUTIONS

There is long-standing successful cooperation between certain private companies and some public institutions in the form of the exchange of A-lines and the development of joint hybrids. A good example is the hybrid Albena alongside many others, all of which played or still play a significant role in sunflower production of many countries.

With the appearance of new, virulent races of broomrape collaboration in germplasm exchange has increased sharply, especially in the case of the exchange of A-lines resistant to race F. This can be seen in the use of the Romanian line LC-1093A ( $Or_6$ ), which is used on contract basis by several private companies in developing joint hybrids.

In the last 5-6 years as the new virulent races of broomrape have been appearing that cannot be controlled by the  $Or_6$  gene, collaborations between private companies and public institutions have intensified. This cooperation is based on Material Transfer Agreements at first, after which as the joint hybrids have been developed Commercial Agreements are signed on the exploitation of said hybrids. These Agreements guarantee the rights of both partners and intellectual property rights. It can be said with certainty that this model is the most widely used one in the collaborations between private companies and public institutions. There are other models of successful cooperation between private companies and public institutions. INRA, France, for example has carried out several successful projects with private companies in France.

#### WHAT TO DO NEXT ON AN INTERNATIONAL LEVEL

The appearance of the new virulent races in the last 5-6 years has brought about the need for greater cooperation among public institutions themselves as well as between them and private companies. The problem dictates the set up of one or more global projects in which the above organizations would all join forces to address the problem of *Orobanche*.

### The question of differential lines

Thanks to the work of Pacureanu and her team we now have a set of six differential lines for testing the race composition of broomrape, as shown in Table 2.

**Table 2.** Spectrum of physiological races of *Orobanche cumana* Willd. Parasite in Constanta, Tulcea, Braila, Ialomita zones (Romania), 1997 (Pacureanu-Joita et al., 1998)

Differential lines	Resistance genes	Reaction of sunflower plants to broomrape races											
		Natural infestation (Constanta, 1997)						Artificial infestation (Fundulea, 1997)					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
LC-1093	Or <sub>6</sub>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
P-1380-2	Or <sub>5</sub>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	S
S-1358	Or <sub>4</sub>	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	S	S
Record	Or <sub>3</sub>	R	R	R	S	S	S	R	R	R	S	S	S
Jdanov	Or <sub>2</sub>	R	R	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S
Krulik	Or <sub>1</sub>	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S
AD-66		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

R-resistant, S-susceptible

The question remains as to what should the official differential lines be for the new races G, H, etc. In my opinion, we should decide at this meeting which of the resistant hybrids should be adopted as the new differential lines.

Also, in the existing set of six genotypes three are varietal populations: Kruglik, Jdanov, and Record. In order to have a representative sample for them, it is necessary to determine the starting population (number of plants) so as to be sure that we have not lost a gene for resistance to broomrape.

### **METHODS OF ASSESSING RESISTANCE TO BROOMRAPE**

In order to develop sunflower varieties or hybrids genetically resistant to broomrape, it is necessary during the selection process to use a reliable method of evaluating the breeding material. Sunflower breeders worldwide use different methods either under natural conditions or using artificial inoculation in a greenhouse or a climate chamber. Each of the methods has its drawbacks and advantages. Here are the most commonly used methods:

1. Planting breeding material on a plot naturally infested with broomrape

2. Assessing the resistance in the field by introducing broomrape seeds in parallel with planting the breeding material
3. Assessing the resistance in the greenhouse – planting in pots
4. Assessing the resistance in the greenhouse on tables
5. Testing for broomrape in the greenhouse using test tubes
6. Hydroponic co-culture system of assessing the resistance

It would be desirable to reach an agreement which of the above methods should be adopted as standard or to develop a new joint method for screening in the field and separately in the greenhouse.

### **THE QUESTION OF CHOICE OF OPTIMAL MOLECULAR TECHNIQUES (MARKER GENES)**

The choice of optimal molecular marker methods for screening for resistance to broomrape on the molecular level

The results so far indicate that different researchers use different molecular marker methods. These include: AFLP, AP-PCR, ARMS, ASAP, ASH, ASLP, ASO, CAPS, CAS, DAF, DGGE, GBA, IRAP, ISSR, ISTR, MP-PCR, OLA, RAHM, RAMPO, RAMPs, RAMS, RAPD, RBIP, REF, REMAP, RFLP, SAMPL, SCAR, SNP, SPAR, SPLAT, S-SAP, SSCP, SSLP, SSR, STMS, STS, TGGE, and VNTR.

It would be desirable if the researchers using molecular marker methods could pick two or three so that the results they obtain are easier to compare.

### **POSSIBLE ESTABLISHMENT OF A GLOBAL PROJECT ON STUDYING BROOMRAPE**

The dynamic changes in the racial composition of broomrape in a number of countries over the past 5-6 years are a cause of concern for all sunflower researchers, technical people and producers. It is expected that this trend of dynamic changes will continue in the years to come as well. Because of this, it would be desirable to establish a global program in which public institutions and private companies would participate on equal footing.

First, a list of participants should be formed along with finding the sources of financing and making a detailed program of work with concrete responsibilities of each party involved.

## **Germplasm**

Globally looking, there are two big collections of cultivated sunflower – one is the national collection in Ames, Iowa, USA and the other the one at VIR, Saint Petersburg, Russia. Also of interest is the cultivated sunflower germplasm of INTA-Pergamino, Argentina and the national collection at the Kharkov Institute, Ukraine, as well as perhaps some other ones as well that are smaller in terms of interest regarding broomrape.

The main collection of the wild species of the genus *Helianthus L.* is also at Ames, Iowa. There are other collections of this type as well, but they are significantly smaller.

In order to gain full insight into which varieties, local populations and inbred lines have genes for resistance to broomrape, it would be necessary to conduct a full screening of said collections of cultivated sunflower and the wild species. This would be a very extensive and expensive job that would require qualified staff, laboratories, greenhouses, and a great deal of funding.

## **COLLECTION OF BROOMRAPE VARIABILITY ON A GLOBAL LEVEL AND THE ESTABLISHMENT OF A WORLD COLLECTION**

Countries in which the presence of broomrape has been confirmed are well known. The fact that broomrape is a quarantine weed in most countries makes it difficult to exchange broomrape among institutions and countries. It would be necessary to determine in which country the parasite is not a quarantine weed, and such a country would also have to have all the prerequisites for establishing a world collection of broomrape seeds and their short- and long-term maintenance. This is a responsible and important task. After the establishment of a world collection, it should be determined how to manipulate it on a global level.

## **TESTING THE VARIABILITY OF BROOMRAPE**

The variability of broomrape can be tested in the field, greenhouse or a climate chamber with the obligatory use of a set of differential lines.

Another way to test this variability is to do it on the molecular level using marker genes. In this case the exchange of broomrape could be made easier by manipulating the DNA among countries and institutions.

## **DEVELOPING NEW GENETIC VARIABILITY IN MATERIALS RESISTANT TO BROOMRAPE**

If full screening for broomrape resistance was to be done, it would be possible to set up a project or subproject on developing new genetic variability of the cultivated sunflower. A research center would have to be chosen in which all the wild species resistant to broomrape would be crossed with, let us say, five elite lines of the cultivated sunflower. The team concerned would produce  $F_1$ ,  $F_1BC_1$ ,  $F_1BC_2$ ,  $F_1BC_3$  and so on. After that, the participants in this program would equally share the newly developed material for the further development of new resistant lines and hybrids.

## **FUNDING**

If enough researchers from public institutions and private companies would be able to join forces, the next step would be to come up with the funds for the global program. The potential sources of funds could be the World Bank, EU, international financial institutions, private companies, governments of countries where broomrape is present and many others that would have an interest in the matter.

## **INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS**

The protection of intellectual property is a highly important segment for all the participants in the possible future program. This matter would be addressed via a special Agreement among all the parties involved.

All the above considerations about a possible global project are just a starting point for a serious discussion on research, technical and professional levels and all suggestions and proposals are more than welcome.

## **CONCLUSIONS**

During the existence of the FAO-European Co-operative Research Network on Sunflower (1975-2005), joint research on broomrape between public institutions and private companies took place within four Working Groups.

The study of hybrids as part of environmental studies made equal use of hybrids of private companies and public institutions. In locations where broomrape was reported resistant hybrids were identified.

Extensive genetic research included the appearance of new broomrape races as well as the mode of inheritance of the resistance to the parasite. The genetics of the resistance were also studied using molecular markers.

As part of the Working Group on sunflower diseases, the appearance of races E and F and their distribution by country were monitored in detail.

As part of the study of wild sunflower species, besides other extensive researches, search was conducted to find genes for resistance to broomrape and incorporate them in cultivated sunflower genotypes.

The exchange of lines resistant to races E, F, G, H and so on took place and is still taking place between public institutions and private companies in the form of Agreements and the development of commercial hybrids.

In order to further advance cooperation between public institutions and private companies on a global level, a global program on broomrape would be required. At the start of this process, it would be necessary to choose the optimum methods of screening germplasm in the field and greenhouses and to choose the most accurate molecular marker methods so as to be able to compare the results obtained.

If a decision is made to establish a global program on studying broomrape, the participants should be known along with the modes of financing, teams responsible for particular parts of the project, and which gene banks (germplasm) to use in studying the cultivated sunflower, wild species, and interspecific hybrids. Another important point is how to use the results obtained and the protection of intellectual property.

## LITERATURE

1. Akhtouch, B., Muñoz-Ruz, J., Melero-Vara, J., Fernandez-Martinez, J.M. and Dominguez, J., 2002. Inheritance of resistance to race F of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower lines of different origin. *Plant Breeding* 121(3): 266-268.
2. Alonso, L.C., 1998. Resistance to *Orobanche* and resistance breeding: A review. *In: K. Wergman, L.J. Musselman and D.M. Joel (Eds.). Current problems of Orobanche research. Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp. Orobanche. Albena, Bulgaria, September 23-26, 1998, pp. 233-258.*
3. Alonso, L.C., Fernandez-Escobar, J., Lopez, G., Rodriguez-Ojeda, M., Sallago, F., 1996. New highly virulent sunflower broomrape (*Orobanche cernua* Loefl.) pathotype in Spain. *In: M. Moreno, J. Cubero, D. Berner, D. Joel, L. Musselman and C. Parker (Eds), Advances in Parasitic Plant Research. Proc. 6<sup>th</sup> Int. Symp. Parasitic Weeds. Cordoba, Spain, April 16-18, 1996, pp. 639-644.*
4. Christov, M., Shindrova, P., Encheva, V., 1992. Phytopathological characterization of wild species in the genus *Helianthus* in view of their use in breeding for resistance. *Genetics and Breeding* 25(1): 45-51.
5. Christov, M., Shindrova, P., Encheva, V., Bacharova, R., Christova, M., 1998. New sunflower forms resistant to broomrape. *In: Wegmann, K., Musselman, L.J. and Joel, D.M. (Eds.): Current Problems of Orobanche Research. Proc. of the 4<sup>th</sup> International Workshop on Orobanche Research: 317-319, Albena, Bulgaria, September 23-26, 1998.*
6. Christov, M., 1999. Evaluation and use of wild *Helianthus* species grown in the collection of IWS Dobroudja, General Toshevo, Bulgaria (Progress Report) *Helia, Special Issue. pp. 401-405.*
7. Christov, M., Bachvarova, R., Hristova-Cherbadzhi, M., 2009. Wild species of *Helianthus* L.-sources of resistance to the parasite *Orobanche cumana* Wallr. *Helia* 32(51): 65-74.
8. Dominguez, J., Melero-Vara, J.M., Ruso, J., Miller, J., Fernandez-Martinez, J.M., 1996. Screening for resistance to broomrape (*Orobanche cernua*) in cultivated sunflower. *Plant Breeding* 115: 201-202.
9. Dominguez, J., 1996. R-41, a sunflower restorer line, carrying two genes for resistance against a highly virulent Spanish population of *Orobanche cernua*. *Plant Breed.* 115: 203-204.
10. Fernandez-Escobar, J., Rodriguez-Ojeda, M.I., Alonso, L.C., 2008. Distribution and dissemination of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) race F in Southern Spain. *Proc. of the 17<sup>th</sup> International Sunflower Conference 1: 231-237. Cordoba, Spain, June 8-12, 2008, ISA, Paris.*
11. Fernandez-Escobar, J., Rodriguez-Ojeda, M.I., Fernandez-Martinez, J.M., Alonso, L.C., 2009. Sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Castilla-Loleon, a traditionally non-broomrape infested area in Northern Spain. *Helia* 32(51): 57-64.
12. Fernandez-Martinez, J.M., Dominguez, J., Velasco, L., Perez-Vich, B., 2007. Update on breeding for resistance to sunflower broomrape. *EUCARPIA, Oil and Protein Crops Sec-*

- tion Meeting, „Present status and future needs in breeding oil and protein crops“, (Book of Abstracts), Budapest, October 7-10. 2007, Hungary, pp.32-34.
13. Fernandez-Martinez, J.M., Melero-Vara, J., Munoz-Ruz, J., Ruso, J., Dominguez, J., 2000. Selection of wild and cultivated sunflower for resistance to a new broomrape race that overcomes resistance of the *Or<sub>5</sub>* gene. *Crop Sci.* 40: 550-555.
  14. Fernandez-Martinez J.M., and Miller, J. 2005. Genetic studies of agronomic, physiological, and biochemical characters (Progress Report, FAO Meeting, IFVC, Novi Sad, July 18-20)
  15. Fernandez-Martinez, J.M., Dominguez, J., Perez-Vich, B., Velasco, L., 2009. Current research strategies for sunflower broomrape control in Spain. *Helia* 32(51): 47-56.
  16. Jan, C.C., Fernandez-Martinez, J.M., Ruso, J., Munoz-Ruz, J., 2002. Registration of four sunflower germplasms with resistance to *Orobanche cumana* race F. *Crop Sci.* 42(6): 2217-2218.
  17. Jan, C.C., Fernandez-Martinez, J.M., 2002. Interspecific hybridization, gene transfer, and the development of resistance to the broomrape race F in Spain. *Helia* 25(36): 123-136.
  18. Jan, C.C., Ruso, J.A., Muñoz-Ruz, J., Fernandez-Martinez, J.M., 2000. Resistance of sunflower (*Helianthus*) perennial species, interspecific amphiploides, and backcross progeny to broomrape (*O. cumana* Wallr.) races. Proc. of the 15<sup>th</sup> International Sunflower Conference, Vol. 2: J 14-19. Toulouse, France, June 12-15, 2000, ISA, Paris.
  19. Kaya, Y., Evci, G., Pekcan, V., Gucer, T., 2004. Determining new broomrape-infested areas, resistant lines and hybrids in Trakya region of Turkey. *Helia* 27(40): 211-218.
  20. Kaya, Y., 2005. Determining new broomrape races infested are in Trakya region of Turkey and establishing differential set against the new broomrape races (Progress Report, FAO Meeting, IFVC, Novi Sad, July 18-20)
  21. Kaya, Y., Evci, G., Peckan, V., Gucer, T., Yilmaz, M.I., 2009. Evaluation of broomrape resistance in sunflower hybrids. *Helia* 32(51): 161-169.
  22. Kukin, V.F., 1970. Pathogenesis of white rot in sunflower. *Nauchnie trudí – VSGI Odessa, Vypusk* 9: 253-260. (In Russian)
  23. Labrousse, P., Arnaud, M.C., Griveau, Y., Fer, A., Thalouarn, P., 2004. Analysis of resistance criteria of sunflower recombinant inbred lines against *Orobanche cumana* Wallr. *Crop Protection* 23: 407-413.
  24. Labrousse, P., Arnaud, M.C., Veronesi, C., Serieys, H., Berville, A., Thalouarn, P., 2000. Mecanismos de resistencia du tournesol a *Orobanche cumana* Wallr. Proc. of the 15<sup>th</sup> International Sunflower Conference Vol. 2: J-13. Toulouse, France, June 12-15, 2000, ISA, Paris.
  25. Labrousse, P., Arnaud, M.C., Serieyes, H., Berville, A., Thalouarn, P., 2001. Several mechanisms are involved in resistance of *Helianthus* to *Orobanche cumana* Wallr. *Annals of Botany* 88: 859-868.
  26. Melero-Vara, J.M., Gracia-Pedrajas, M.D., Perez-Artes, E., Jimenez-Diaz, R.M., 1996. Pathogenic and molecular characterization of populations of *Orobanche cernua* Loefl. from sunflowers in Spain. Proc. of the 14<sup>th</sup> International Sunflower Conference 2: 677-684. Beijing/Shenyang, China, June 12-20, 1996, ISA, Paris.
  27. Morozov, V.K., 1947. Sunflower breeding in USSR. *Pishchepromizdat* 1-274, Moscow. (In Russian)
  28. Panchenko, A.Y., 1975. Early diagnosis of broomrape resistance in breeding and improving seed production. *Vestnik S.H.N.* 2: 107-115. (In Russian)
  29. Păcureanu-Joița, M., Vrânceanu, A.V., Soare, G., Marinescu, A., Sandu, I., 1998. The evaluation of the parasite-host interaction in the system *Helianthus annuus* L. *Orobanche cumana* Wallr. in Romania. Proc. of the 2<sup>nd</sup> Balkan Symposium on Field Crops 1: 153-157. Novi Sad, Yugoslavia, June 16-20, 1998.
  30. Păcureanu-Joița, M., Veronesi, C., Raranciuc, S., Stanciu, D., 2004. Parasite-host interaction of *Orobanche cumana* Wallr. with *Helianthus annuus* L. Proc. of the 16<sup>th</sup> International Sunflower Conference 1: 171-177, Fargo, ND, USA. August 29-September 2, 2004. ISA, Paris.
  31. Păcureanu-Joița, M., Raranciuc, S., Procopovici, E., Sava, E., Năstase, D., 2008 The impact of the new races of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) parasite in sunflower crop in Romania. Proc. of the 17<sup>th</sup> International Sunflower Conference 1: 225-231. Cordoba, Spain, June 8-12, 2008. ISA, Paris.
  32. Păcureanu-Joița, M., Raranciuc, S., Sava, E., Stanciu, D., Năstase, D., 2009. Virulence and aggressiveness of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) populations in Romania. *Helia* 32(51): 119-126.
  33. Perez-Vich, B., Akhtouch, B., Muñoz-Ruz, J., Fernandez-Martinez, J.M., Jan, C.C., 2002. In-

- heritance of resistance to a highly virulent race **F** of *Orobanche cumana* Wallr. in a sunflower line derived from interspecific amphiploids. *Helia* 25(36): 137-144.
34. Perez-Vich, B., Akhtouch, B., Knapp, S.J., Leon, A.J., Velasco, L., FernandezMartinez, J.M., Berry, S.T., 2004. Quantitative trait loci for broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) resistance in sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 109: 90-102.
  35. Pustovoit, V.S., 1966. Breeding, seed production and sunflower production management – selected papers. Kolos, Moscow, pp. 1-351.
  36. Pustovoit, G.V., 1975. Selekcija suncokreta na grupni imunitet metodom interspecies hibridizacije. Edit. Kolos, Moscow, pp. 164-210. (In Russian)
  37. Rodriguez-Ojeda, M.I., Fernandez-Escobar, J., Alonso, L.C., 2001. Sunflower inbred line (KI-374) carrying two recessive genes for resistance against a highly virulent Spanish population of *Orobanche cernua* Loefl. race **F**. *Proc. 7<sup>th</sup> Int. Parasitic Weed Symposium*, June 5-8, 2001, Nantes, France, 208-211.
  38. Ruso, J., Sukno, S., Dominguez-Gimenez, J., Melero-Vera, J.H., FernandezMartinez, J., 1996. Screening of wild *Helianthus* species and derived lines for resistance to several population of *Orobanche cernua*. *Plant Dis.* 80: 1165-1169.
  39. Shindrova, P. 1999. *Orobanche* spp. (Working Sub-Group). *Helia*, Special Issue. pp. 227- 228, and 293-307.
  40. Shindrova, P., 2005. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria. Distribution and race composition (Progress Report – published in *Helia*)
  41. Shindrova, P., 2006. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria. Distribution and race composition. *Helia* (29)44: 111-120.
  42. Sukno, S., Jan, C.C., Melero-Vara, J.M., Fernandez-Martinez, J.M., 1998. Reproductive behavior and broomrape resistance in interspecific hybrids of sunflower. *Plant Breeding* 117: 279-285.
  43. Sukno, S., Melero-Vara, J.H. and Fernandez-Martinez, J.M., 1999. Inheritance of resistance to *Orobanche* Loefl. in six sunflower lines. *Crop Sci.* 39: 674-678.
  44. Škorić, D., Jocić, S., 2005. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) and its possible control by genetic and chemical means. *Production and Processing of Oil seeds*, *Proc. of the 46<sup>th</sup> Oil Industry Conference*, Petrovac na moru, June 6-10, 2000, pp. 9-21. (In Serbian)
  45. Škorić, D., 1988. Sunflower breeding. *Uljarstvo* 1: 1-90.
  46. Škorić, D., 1989. Sunflower breeding. (*In: Monography-Sunflower, Škorić et al.*) 285-393. Nolit, Belgrade. (In Serbian)
  47. Škorić, D. and Păcueranu-Joița, M., 2011. Possibilities for increasing sunflower resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). *Journal of Agricultural Science and Technology B-1*: 152.162.
  48. Velasco, L., Perez-Vich, B., Jan, C.C., Fernandez-Martinez, J.M., 2007. Inheritance of resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) race **F** in a sunflower line derived from wild sunflower species. *Plant Breeding* 126: 67-71.
  49. Vrânceanu, A.V., Tudor, V.A., Stoenescu, F.M., Pirvu, N., 1980. Virulence groups of *Orobanche cumana* Wallr. differential hosts and resistance source genes in sunflower. *In: Proc. of the 9<sup>th</sup> Int. Sunflower Conference 2*: 74-82, Torremolinos, Spain, June 8-9, 1980, ISA, Paris.
  50. Ždanov, L.A., 1975. Selekcija suncokreta na Donskoj oglednoj stanici. *Sunflower* pp. 219-233. (In Russian).

## UTICAJ FILTRACIJE MISCELE NA KVALITET LECITINA SOJE

Vojislav Ž. Antonić, Vesna B. Vujasinović

*Sojin lecitin je proizvod koji ima široku primenu u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji, medicini, farmaciji, industriji hrane za životinje i dr. Zbog svoje primene, prvenstveno u medicini, farmaciji, a i prehrambenoj industriji, kvalitet lecitina mora zadovoljiti najstrožije standarde u navedenim oblastima. Pošto se dobija iz sojinog ulja, proces dobijanja lecitina je složen i zahteva kontrolu u svim tehnološkim fazama počev od kvaliteta sojinog zrna pa sve do kraja prerade. Jedna od važnijih faza u procesu dobijanja kvalitetnog lecitina je filtracija miscele u kojoj se izdvajaju i najsitnije čestice sojinog jezgra, koje direktno utiču na količinu materija nerastvorljivih u benzenu, što neposredno uslovljava kvalitet samog lecitina. U proizvodnoj liniji AD Sojaprotein ugrađena je nova oprema – hidrociklon – za dodatno prečišćavanje, tj. filtraciju miscele. U ovom radu su prikazani rezultati koji potvrđuju znatno bolji i ustaljen kvalitet lecitina nakon filtracije miscele ugradnjom hidrociklona.*

*Ključne reči: prerada soje, filtracija miscele, hidrociklon, kvalitet lecitina*

## INFLUENCE OF MISCELLA FILTRATION ON THE SOYABEAN LECITHIN QUALITY

*Soybean lecithin is product, which has a wide application in food industry and cosmetics industry, medicine, pharmaceuticals, animal feed industry etc. Because of its application, primarily in medicine, pharmaceuticals and food industry as well, the quality of lecithin should meet the strictest standards in these areas. As it is obtained from soybean oil, the process of obtaining lecithin is a composite one and it requests the control in technological stages, starting from the quality of soybean until the end of processing. One of the most important stages in the process of obtaining quality lecithin is filtration of miscella, where the tiniest particles of soybean, are separated. They affect directly on the quality of matters dissoluble in benzene, which directly causes the quality of lecithin itself. In the production line of Sojaprotein AD, a new equipment, hydrocyclon, for additional purifying, that is, the filtration of miscella, has been built. In this work, the results, which confirm much better and constant quality of lecithin after filtration of miscella by built in hydrocyclone, are shown.*

*Key words: soyabean processing, miscella filtration, hydrocyclone, quality of lecithin*

### UVOD

Fosfolipidi (ili fosfatidi) su derivati lipida koji sadrže ostatke fosforne kiseline u položaju *sn*-3 i predstavljaju prirodne površinsko aktivne materije, te služe kao dobri emulgatori. Kao gradivni elementi ćelijske membrane i aktivni učesnici u metaboličkim procesima, fosfolipidi imaju veliki nutritivni značaj, budući da su neophodni i za životne funkcije (Szu-haj, 2005).

---

Vojislav Ž. Antonić, master inž. tehnol., e-mail: vojislav.antoniac@victoriagroup.rs, AD Sojaprotein, Bečej, Srbija, dr Vesna B. Vujasinović, Visoka škola za menadžment i poslovne komunikacije, Mitropolita Stratimirovića 110, Sremski Karlovci, Srbija

Fosfolipidi su prirodni sastojci većina semenskih uljarica. Pri njihovoj preradi presovanjem ili ekstrakcijom, pod uticajem toplote, vlage ili rastvarača, fosfolipidi prelaze u ulje. Njihov sadržaj u sirovom ulju zavisi od količine fosfolipida u semenu, od stepena zrelosti i uslova čuvanja semena, kao i načina tehnološkog postupka izdvajanja ulja. Fosfolipidi se pojavljuju uglavnom samo kod sirovih i jestivih nerafinisanih ulja. Veći sadržaj fosfolipida, cenjenih nutritivnih svojstava, povećava biološku vrednost hladno presovanih ulja (Dimić, 2005). U tabeli 1 su navedeni podaci za sadržaj fosfolipida u semenu i sirovom ulju nekih najvažnijih uljarica.

**Tabela 1.** Sadržaj fosfolipida u semenu i sirovom ulju pojedinih uljarica (Dimić, 2005)**Table 1.** Phospholipid contents in different seeds and oils (Dimić, 2005)

Vrsta uljarica Oilseeds	Sadržaj fosfolipida (%) Phospholipid content (%)	
	seme/seed	ulje/oil
Soja	1,5	1,8 - 3,2
Suncokret	0,5	0,5 - 1,0
Repica	1,5	0,2 - 0,5
Kukuruzne klice	-	1,0 - 2,0
Pamuk	-	1,3 - 2,7
Kikiriki	0,5	0,3 - 0,4
Lan	0,5	oko 1,8

Na tehničkom nivou je izvršena podela fosfatida na dve grupe: *hidratibilni*, koji u praktičnom smislu označavaju onaj deo fosfatida, koji se izdvaja iz ulja pri hidrataciji sa vodom i *nehidratibilni*, koji se ne izdvajaju u procesu predrafinacije vodom (Hvolby, 1971).

Količina vode, koja se koristi u predrafinaciji je veoma važna, jer ona utiče i na kvalitet ulja, kao i na količinu vode u fosfatidnom talogu (Crauer, 1972).

Predrafinacija definiše skup različitih tehnoloških rešenja, koja imaju za cilj da se iz ulja izdvoje pre svega fosfatidi, kao i niz drugih pratećih materija (sluzne materije, proteinski ostaci, nerastvorljive nečistoće i sl.). Koriste se termini "degumiranje" (engl. degumming) ili "odsluzivanje" (engl. desliming) (Bailey, 1981). Glavni cilj procesa predrafinacije je da se dobije ulje koje neće formirati talog prilikom transporta i skladištenja. Osim toga, u slučaju sojinog ulja drugi važan cilj je vezan za dobijanje kvalitetnog lecitina. Naime, lecitin ima brojne biohemijsko-nutritivne, fizičke i tehnološke osobine. U biohemijsko-nutritivne osobine spadaju: dobra emulgujuća svojstva, površinsko-aktivna svojstva, sposobnost stabilizacije pene, sposobnost dispergovanja i kvašenja, dok u tehnološke osobine spadaju: zadržavanje vlage, efekat podmazivanja, efekat omekšavanja i propustljivosti, sredstvo za suspendovanje i dr. Emulgujuće, antioksidativne i singerističke osobine lecitina su od velikog značaja ne samo u prehrambenoj industriji, već i u medicini i kozmetici (Szuhaaj, 2005; Van Hoogevest i sar., 2014).

Lecitin je našao široku i raznovrsnu primenu u mnogim industrijskim granama. Upotreba lecitina je, pre svega, u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji, industriji boja i lakova, industriji hrane za životinje, proizvodnji magnetnih medijuma (diskova i traka), kožarskoj i tekstilnoj industriji i dr.

Da bi se iz sojinog zrna izdvojio lecitin potrebno je izvršiti određene tehnološke operacije kao što su:

- izdvajane primesa pre sušenja, sušenje i skladištenje zrna soje;
- dodatno čišćenje zrna radi izdvajanja zaostalih nečistoća, kao što su: izdvajanje kamenčića, dela ljuske, i drugih primesa;
- drobljenje zrna radi odvajanja ljuske;
- potpuno odvajanje ljuske, zbog povećanja sadržaja proteina u gotovim proizvodima;
- kondicioniranje, zbog pripreme sojinog jezgra za flekičenje;
- flekičenje, u cilju dobijanja tankih listića (flekica) radi povećanja dodirne površine sa rastvaračem (heksanom), što olakšava izdvajanje ulja;
- ekstrakcija, gde se pomoću organskog rastvarača (heksana) izdvaja ulje iz listića soje;
- **filtracija miscele zbog odvajanja sitnih čestica/delića jezgra;**
- destilacija rastvarača iz miscele radi dobijanja sirovog ulja;
- odsluzivanje (degumiranje) - hidratacija sirovog ekstrahovanog ulja u cilju izdvajanja lecitina (Bockisch, 1998; Hrustić i sar., 1988).

### Filtracija miscele

Prilikom izdvajanja ulja iz sojinih flekica iz uređaja za ekstrakciju zajedno sa tečnom fazom-miscelom neminovno odlaze i čestice sojinog jezgra. Količina zaostalih čestica u misceli zavisi od kvaliteta vođenja svih tehnoloških operacija, a jedna od važnijih tehnoloških operacija koja utiče na dobijanje kvalitetnog lecitina je filtracija miscele. Naime, tehnološkom operacijom filtracije miscele izdvajaju se sitne čestice sojinog jezgra koje direktno utiču na količinu materija narastvorljivih u benzenu.

Filtracija je tehnološki postupak, pomoću kojeg se vrši izdvajanje čvrstih čestica materijala iz miscele u cilju sprečavanja gubitka proteinske komponente sojinog zrna i stvaranja naslaga u uređajima za destilaciju. Zaostale čestice se mogu izdvojiti filtracijom na razne načine :

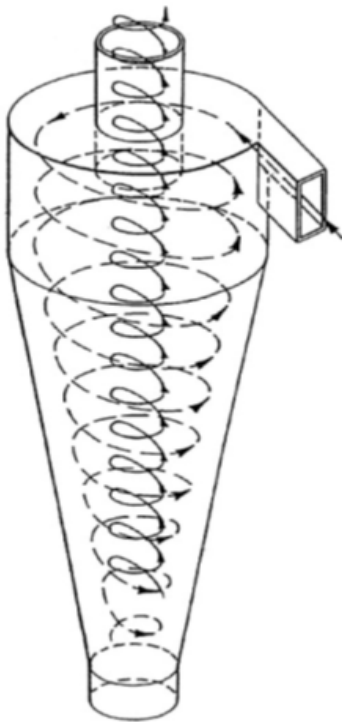
- filtracionim maramama;
- centrifugalnim uređajima (dekanteri);
- svečastim filterima;
- ramskim filterima;
- **hidrociklonima** i dr.

### Ugradnja hidrociklona u AD Sojaprotein

U fabrici za preradu soje AD Sojaprotein Bečej izvršena je izmena na liniji filtracije miscele ugradnjom dodatne opreme u cilju poboljšanja kvaliteta fil-

tracije. Pored postojeće opreme za filtraciju ugrađen je hidrociklon, kao dodatni uređaj za potpunije prečišćavanje miscele.

Hidrociklon spada u grupu uređaja sa centrifugalnim kretanjem tečnosti. Jednostavne je konstrukcije i minimalnih troškova održavanja, ali kretanje tečnosti unutar hidrociklona je veoma složeno. Sastoji se od gornjeg cilindričnog i donjeg konusnog dela, kao što je prikazano na slici 1.



**Slika 1.** Šematski prikaz hidrociklona

**Figure 1.** Schematic presentation of hydrocyclone

*Princip rada hidrociklona.* Tečnost koja se filtrira, u ovom slučaju miscela, uvodi se tangencijalno kroz otvor postavljen pri vrhu cilindričnog dela i teče uz zid uređaja u obliku spoljnog vrtloga. Usled delovanja centrifugalne sile, čestice se iz tečnosti izdvajaju na zid hidrociklona. Ulaskom struje vrtloga u donji (konusni) deo hidrociklona povećava se brzina strujanja, raste centrifugalna sila i intenzivira izdvajanje čestica prema plaštu i njihovo taloženje uz plašt prema dnu konusnog dela usled sile gravitacije.

Kretanjem spoljnog vrtloga u konusnom delu naniže, smanjuje se prečnik vrtloga usled čega raste pritisak i gustoća suspenzije, pa se u određenom trenutku iz dela spoljnog vrtloga (bliži osi uređaja) formira središnji vrtlog od filtriranog ulja manjeg prečnika koji se usmerava prema gornjem delu hidrociklona i dalje do izlaznog otvora na cilindričnom delu (slika 1).

Na rad hidrociklona utiče mnogo parametara, koji se generalno mogu podeliti u dve grupe:

1. geometrijski parametri i
2. radni parametri.

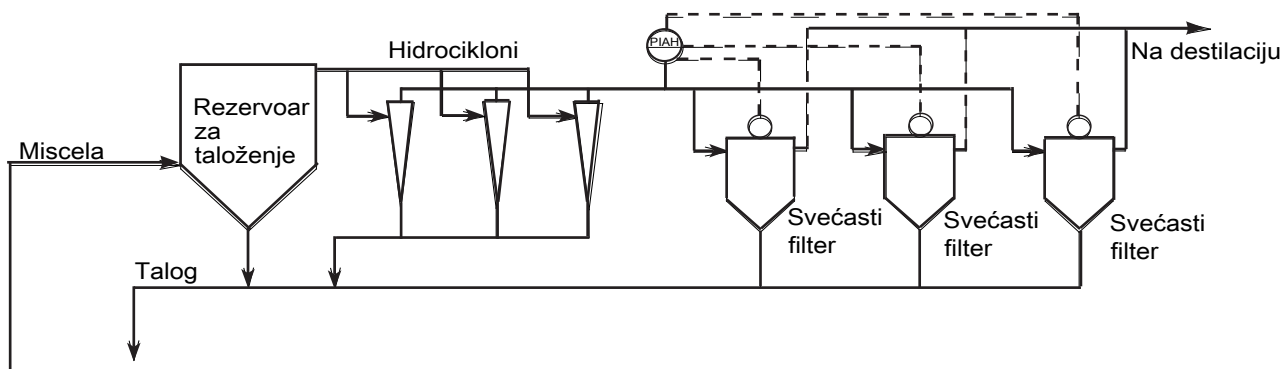
Geometrijski parametri hidrociklona obuhvataju sledeće:

- prečnik hidrociklona (veći prečnik, manja centrifugalna sila, koristi se za izdvajanje krupnijih čestica i obrnuto);
- veličina ulaznog otvora (kontrolise brzinu ulaska tečnosti koja se filtrira u uređaju i tako utiče na tangencijalnu brzinu unutar hidrociklona),
- dužina hidrociklona (duži hidrociklon ima veći kapacitet i efikasnije razdvajanje),
- prečnik otvora za odvod čiste faze (veći prečnik otvora daje lošije razdvajanje i obrnuto),
- prečnik otvora za odvod taloga (veći prečnik otvora daje bolje razdvajanje i obrnuto),
- nagib konusnog dela (veći nagib konusa rezultira boljom oštrinom razdvajanja, ali smanjuje kapacitet hidrociklona) i dr.

Radni parametri hidrociklona obuhvataju sledeće:

- razlika između ulaznog i izlaznog pritiska (veća razlika ulaznog i izlaznog pritiska rezultira većom tangencijalnom brzinom i boljom efikasnošću razdvajanja),
- koncentracija čvrste faze;
- efikasnost razdvajanja - veća koncentracija smanjuje efikasnost razdvajanja;
- povećava debljinu sloja čvrste faze;
- porastom gustoće čvrste faze raste masa čestica, a time i centrifugalna sila;
- fine čestice materijala povećavaju viskozitet.

*Opis procesa filtracije miscele sa novom opremom.* Na slici 2. prikazana je šema linije za filtraciju miscele sa novom opremom koja se sastoji iz rezervoara za taloženje, hidrociklona i tri svečasta filtera. Bogata miscela se iz uređaja za ekstrakciju pumpom prebacuje do rezervoara za taloženje većih čestica koje su sadržane u misceli, potom dalje do hidrociklona i svečastih filtera gde se vrši filtracija miscele, koja se dovodi do rezervoara za miscelu i dalje na liniju za destilaciju. Filtracioni talog se preko cevne instalacije vraća u uređaj za ekstrakciju (Sojaprotein, 2010).



Slika 2. Šema filtracije miscele nakon ugradnje hidrociklona

Figure 2. Flowchart of miscela filtration after hydrocyclone installing

Zadatak ovog rada je bio da se ispita uticaj filtracije miscele na kvalitet sojinog lecitina i da se sagleda kako su izmene opreme na liniji filtracije miscele u Fabrici za preradu soje AD Sojaprotein Bečej, uticale na poboljšanje kvalitativnih osobina sojinog lecitina. U tom cilju izvršeno je poređenje kvaliteta sojinog lecitina pre izmena opreme na liniji filtracije miscele, kao i nakon ugradnje nove opreme – hidrociklona.

## MATERIJAL I METODE

### Materijal

Nakon ugradnje nove opreme na liniji filtracije, vršeno je poređenje kvaliteta lecitina laboratorijskom analizom, dobijenog prilikom filtracije miscele sa starom i novom opremom. Rezultati ispitivanja kvaliteta lecitina pri filtraciji miscele na staroj opremi su obeleženi kao **Seriya 0**, a na novoj opremi su izvršene tri serije ispitivanja koje su obeležene kao **Seriya 1**, **2** i **3**. U svakoj seriji izvršeno je po 17 pojedinačnih merenja, odnosno analiza kvaliteta lecitina.

### Metode

Za ispitivanje kvaliteta lecitina primenjene su sledeće metode ispitivanja:

- materije nerastvorljive u benzenu (toluenu) (ISO, 2009)
- materije nerastvorljive u acetonu (AOCS, 1997)
- isparljive materije u lecitinu (SRPS ISO 662:2000)

## REZULTATI I DISKUSIJA

### 1. Materije nerastvorljive u benzenu

Nečistoće u lecitinu, izražene kao materije nerastvorljive u benzenu, predstavljaju uglavnom čvrste

deliće semena i drugih nerastvorljivih sastojaka koji zaostaju pri procesu ekstrakcije ulja. Ove materije mogu smanjiti funkcionalnost lecitina i negativno uticati na ukus. Njihova maksimalno dozvoljena količina prema zakonskim propisima iznosi 0,3% (Pravilnik, 2013).

U tabeli 2 prikazani su rezultati serija laboratorijskih analiza kvaliteta lecitina, koji se odnose na sadržaj materija nerastvorljivih u benzenu. Analize su rađene u lecitinu koji je dobijen pre, Serija 0, i posle, Serije 1, 2 i 3, ugradnje nove opreme za filtraciju.

Tabela 2. Sadržaj materija nerastvorljivih u benzenu (%) (filtracija miscele na staroj i novoj opremi)

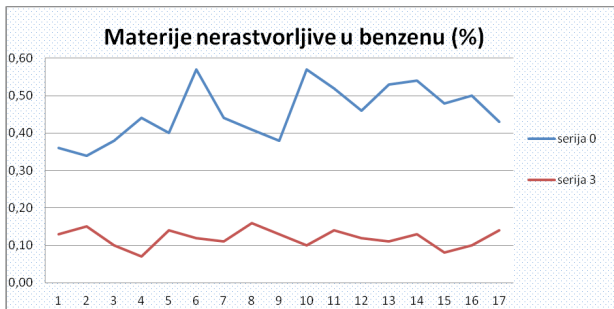
Table 2. The content of matters unsoluble in benzene (%) (filtration of miscella by old and new equipment)

Filtracija miscele Filtration of miscella			
Stara oprema Old equipment	Nova oprema New equipment		
Seriya 0	Seriya 1	Seriya 2	Seriya 3
Interval variranja* 0,34-0,57	0,09-0,16	0,07-0,16	0,07-0,16
Sr.vrednost** 0,46±0,07	0,13±0,02	0,12±0,03	0,12±0,02

\*interval variranja pojedinačnih vrednosti

\*\*srednja vrednost i standardna devijacija

Na slici 3 dat je grafički prikaz pojedinačnih laboratorijskih analiza, koji se odnose na kvalitet lecitina sa aspekta materija nerastvorljivih u benzenu, pre (Seriya 0) i posle ugradnje opreme (Seriya 3) za filtraciju miscele.



**Slika 3.** Grafički prikaz promene sadržaja materija nerastvorljivih u benzenu, Serija 0 i Serija 3  
**Figure 3.** Graphical presentation of changes of content of the matters unsoluble in benzene, Serie 0 and Serie 3

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 2, kao i grafičkog prikaza na slici 3, može se zaključiti sledeće:

- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja materija nerastvorljivih u benzenu lecitina sa starom opremom za filtraciju miscele su bile znatno iznad dozvoljene granične vrednosti, koja maksimalno iznosi 0,3%. Osim toga, rezultati su bili i prilično neujednačeni i kretali su se u intervalu od 0,34 do 0,57%. Prosečna vrednost sadržaja nerastvorljivih materija u benzenu u sastavu lecitina je iznosila **0,46±0,07%**.
- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja materija nerastvorljivih u benzenu lecitina sa novom opremom za filtraciju miscele su znatno ispod dozvoljene granične vrednosti, odnosno, daleko su ispod 0,3%. U ovom slučaju rezultati su i znatno ujednačeniji, što ukazuje na to da je kvalitet sojinog lecitina u ovom pogledu znatno poboljšan.
- Sadržaj materija nerastvorljivih u benzenu se kretao u intervalu od 0,09 do 0,16% u Seriji 1, dok su u Seriji 2 i 3 njihov sadržaj je bio u intervalu od 0,07 do 0,16%. Srednja vrednost sadržaja materija nerastvorljivih u benzenu kod Serije 1 je iznosila **0,13±0,02%**, a kod Serije 2 i 3 **0,12±0,02%**.
- Nakon ugradnje nove opreme za filtraciju miscele sadržaj materija nerastvorljivih u benzenu u sastavu izdvojenog lecitina je znatno smanjen, u Seriji 1 je za 3,5 puta, a kod Serije 2 i 3 čak 3,83 puta u odnosu na lecitin dobijen nakon filtracije miscele sa starom opremom.

**2. Materije nerastvorljive u acetonu**

Emulgujuće sposobnosti lecitina potiču od sadržaja polarnih lipida, odnosno, fosfolipida. Budući

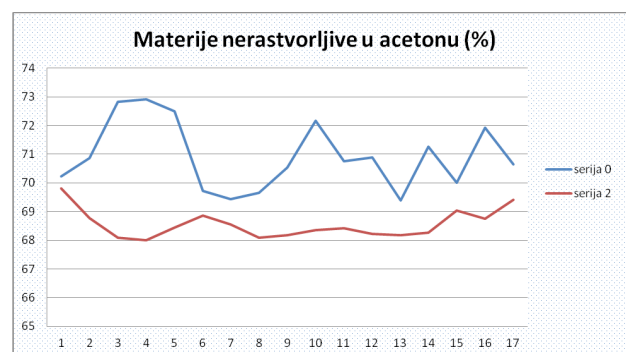
da su polarni lipidi nerastvorljivi u acetonu, njihov sadržaj služi kao standard za definisanje najbitnijih komponenti lecitina. Minimalno propisana količina materija nerastvorljivih u acetonu u sastavu lecitina iznosi 65% (Pravilnik, 2013). U tabeli 3 su prikazani rezultati serija laboratorijskih analiza, koji se odnose na sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu.

**Tabela 3.** Sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu (%) (filtracija miscele na staroj i novoj opremi)  
**Table 3.** The content of matters unsoluble in acetone (%) (filtration of miscela by old and new equipment)

Filtracija miscele Filtration of miscella			
Stara oprema Old equipment	Nova oprema New equipment		
	Seriya 1	Seriya 2	Seriya 3
Seriya 0			
Interval variranja* 69,39 -72,92	68,03- 69,88	68,00- 69,80	68,01- 69,60
Sr. vrednost** 70,93± 1,77	68,62± 0,51	68,55± 0,50	68,50± 0,45

\*interval variranja pojedinačnih vrednosti  
 \*\*srednja vrednost i standardna devijacija

Na slici 4 dat je grafički prikaz laboratorijskih rezultata svih pojedinačnih merenja, koji se odnose na sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu u sastavu lecitina, pre (Serija 0) i posle (Serija 2) ugradnje opreme za filtraciju.



**Slika 4.** Grafički prikaz promene sadržaja materija nerastvorljivih u acetonu, Serija 0 i Serija 2  
**Figure 4.** Graphical presentation of changes of content of the matters unsoluble in acetone, Serie 0 and Serie 2

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 3, kao i grafičkog prikaza na slici 4, može se zaključiti sledeće:

- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja materija nerastvorljivih u acetonu lecitina sa starom opremom za filtraciju miscele su bile nešto iznad dozvoljene granične vrednosti, koja minimalno iznosi 65%. Osim toga, rezultati su bili i prilično neujednačeni i kretali su se u intervalu od 69,39 do 72,92%. Prosečna vrednost sadržaja nerastvorljivih materija u acetonu u sastavu lecitina je iznosila  $70,93 \pm 1,77\%$ .
- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja materija nerastvorljivih u acetonu lecitina sa novom opremom za filtraciju miscele su oko 68%. U ovom slučaju rezultati su i znatno ujednačeniji, što ukazuje na to da je kvalitet sojinog lecitina znatno stabilniji.
- Sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu se kretao u intervalu od 68,03 do 69,88% u Seriji 1, dok je u Seriji 2 njihov sadržaj bio u intervalu od 68,00 do 69,80%, a u Seriji 3 od 68,01 do 69,60%. Srednja vrednost sadržaja materija nerastvorljivih u acetonu kod Serije 1 je iznosila  $68,62 \pm 0,51\%$ , kod Serije 2  $68,55 \pm 0,50\%$  i kod Serije 3  $68,50 \pm 0,45\%$ .
- Nakon ugradnje nove opreme za filtraciju miscele sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu u sastavu izdvojenog lecitina je malo smanjen, u Seriji 1 je za 1,04 puta, a kod Serije 2 i 3 1,03 puta u odnosu na lecitin dobijen nakon filtracije miscele sa starom opremom.

### 3. Isparljive materije u lecitinu

Kao amfifilna supstanca, fosfolipidi i lecitini uvek imaju nešto malu količinu vode. Pošto je bakterijski rast zavistan od vode, njena količina u lecitinu je ograničena na maksimum 1% (Pravilnik, 2013). U tabeli 4, prikazani su rezultati serija laboratorijskih analiza, koji se odnose na sadržaj isparljivih materija lecitina.

Na slici 5, dat je grafički prikaz laboratorijskih analiza, koji se odnose na sadržaj isparljivih materija u lecitinu, pre (Serija 0) i posle (Serija 1) ugradnje opreme za filtraciju.

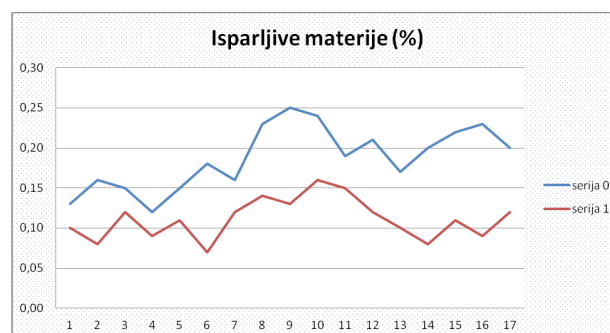
**Tabela 4.** Sadržaj isparljivih materija (%) lecitina (filtracija miscele na staroj i novoj opremi)

**Table 4.** The content of volatile matters (%) of lecithin (filtration of miscela by old and new equipment)

Filtracija miscele Filtration of miscella			
Stara oprema Old equipment	Nova oprema New equipment		
Seriya 0	Seriya 1	Seriya 2	Seriya 3
Interval variranja* 0,12-0,25	0,07-0,16	0,05-0,14	0,06-0,15
Sr. vrednost** 0,19± 0,04	0,11 ±0,03	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,03

\*interval variranja pojedinačnih vrednosti

\*\*srednja vrednost i standardna devijacija



**Slika 5.** Grafički prikaz promene sadržaja isparljivih materija lecitina, Serija 0 i Serija 1

**Figure 5.** Graphical presentation of changes of the volatile matters content of lecithin, Serie 0 and Serie 1

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 4, kao i grafičkog prikaza na slici 5, može se zaključiti sledeće:

- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja isparljivih materija u lecitinu sa starom opremom za filtraciju miscele su bile znatno ispod dozvoljene granične vrednosti, koja maksimalno iznosi 1%. Međutim, rezultati su bili i prilično neujednačeni i kretali su se u intervalu od 0,12 do 0,25%. Prosečna vrednost sadržaja isparljivih materija u sastavu lecitina je iznosila  $0,19 \pm 0,04\%$ .
- Vrednosti dobijenih rezultata sadržaja isparljivih materija u lecitinu sa novom opremom za filtraciju miscele su znatno poboljšane. U ovom slučaju rezultati su takođe i ujednačeniji,

što ukazuje na to da je kvalitet sojinog lecitina znatno poboljšan.

- Sadržaj isparljivih materija se kretao u intervalu od 0,07 do 0,16% u Seriji 1, dok je u Seriji 2 njihov sadržaj bio u intervalu od 0,05 do 0,14%, a u Seriji 3 od 0,06 do 0,15%. Srednja vrednost sadržaja isparljivih materija kod Serije 1 je iznosila **0,11 ± 0,03%**, kod Serije 2 i 3 **0,10 ± 0,03%**.
- Nakon ugradnje nove opreme za filtraciju miscele sadržaj isparljivih materija u sastavu izdvojenog lecitina je znatno smanjen, u Seriji 1 je za 1,7 puta, a kod Serije 2 i 3 1,9 puta u odnosu na lecitin dobijen nakon filtracije miscele sa starom opremom.

## ZAKLJUČAK

Analizom dobijenih rezultata generalno se može reći da je nakon izvršenih izmena na opremi kod linije za filtraciju miscele u fabrici za preradu soje AD „Sojaprotein” Bečej vrednost sadržaja materija nerastvorljivih u benzenu je znatno smanjena, za oko 3,7 puta, u odnosu na lecitin dobijen nakon filtracije miscele sa starom opremom, što je veoma važno za primenu. Sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu u sastavu izdvojenog lecitina je neznatno smanjen u odnosu na lecitin dobijen nakon filtracije miscele sa starom opremom. Sadržaj materija nerastvorljivih u acetonu u uzorcima lecitina u Seriji 0 se kretao oko 70%, a u serijama nakon filtracije sa novom opremom oko 68%, što je iznad minimalo propisanih vrednosti (65%) potvrđuje dobar kvalitet lecitina.

Kvalitet sojinog lecitina sa novom opremom za filtraciju miscele je znatno poboljšan, a usaglašenost kvaliteta je konstantna.

## LITERATURA

1. AOCS (1997). Acetone Insoluble Matter. Official Method and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA, Ja 4-46
2. Bailey (1981). Bailey' Industrial Oil and Fat Products, Volume 2, J. Wiley and Sons., New York.
3. Bockisch M. (1998). Fats and Oils Handbook, AOCS Press, Champaign, Ill., USA
4. Crauer, L. S. (1972). Continuous miscella soapstock acidulation process, ISF. Goteborg, Sweden.
5. Dimić E. (2005). Hladno ceđena ulja, Monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.

6. Hrustić M., Vidić M., Jocković Đ. (1998). Soja, Monografija, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, AD Sojaprotein Bečej, pp. 399-406.
7. Hvolby, A (1971). Removal of nonhydratable phospholipids from soybean oil, J. Am. Oil Chem. Soc., 48: 503-509.
8. ISO 28198:2009. Animal and vegetable oils – Determination of toluene insoluble matter.
9. Sojaprotein (2010). Tehnička dokumentacija AD Sojaprotein, Bečej.
10. SRPS ISO 662: 2000. Masti i ulja životinjskog i biljnog porekla - Određivanje sadržaja vlage i isparljivih materija.
11. Szuhaj, B. (2005). Lecithins. In Bailey' Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Volume 3: Edible oil and fat products: Specialty oils and oil products, J. Wiley and Sons., New York, pp. 361-456.
12. Pravilnika o prehrambenim aditivima, Sl. Glasnik RS, br. 63/2013.
13. ISO 28198: 2009. Animal and vegetable oils – Determination of toluene insoluble matter.
14. SRPS ISO 662: 2000. Masti i ulja životinjskog i biljnog porekla - Određivanje sadržaja vlage i isparljivih materija.
15. Van Hoogevest, P., Prusseit B., Wajda R. (2014). Phospholipids: natural functional ingredients and actives for cosmetic products. INFORM, 25 (3): 182-188.



## UTICAJ PROCESA EKSTRUDIRANJA NA MASNOKISELINSKI SASTAV KO-EKSTRUDATA LANENOG SEMENA I SUNCOKRETOVE SAČME

*Dušica Čolović, Jovanka Lević, Radmilo Čolović, Ljubinko Lević, Đuro Vukmirović*

*Laneno seme već dugi niz godina privlači izuzetnu pažnju, kako u ishrani ljudi, tako i u ishrani životinja, zbog svog specifičnog i sa nutritivnog aspekta poželjnog masnokiselinskog sastava. Poznato je da ova uljarica sadrži oko 50 % esencijalne  $\alpha$ -linolenske omega-3 masne kiseline (ALA). Ova karakteristika čini ga izuzetno zanimljivom sirovinom za proizvodnju funkcionalnih hraniva, koja bi povećala unos esencijalnih masnih kiselina u organizam životinja, a samim tim i promenila masnokiselinski sastav lipida mesa i drugih animalnih proizvoda. Osnovna prepreka koja se u upotrebi lanenog semena kao hraniva javlja je prisustvo antinutritivnih materija - cijanogenih glikozida. Pomenuta jedinjenja pod dejstvom enzima  $\beta$ -glukozidaze oslobađaju cijanovodoničnu kiselinu (HCN), koja izaziva trovanja, neuropatije, pankreatični dijabetes i druga oboljenja, a u prekomernim količinama ima letalan efekat. Da bi se laneno seme pre upotrebe detoksifikovalo i smanjila količina oslobođenja HCN u organizmu, najčešće se primenjuju različiti toplotni tretmani. Pored pozitivnog efekta koji ovi tretmani imaju, često dolazi do degradacije nutrijenata u tretiranom materijalu, zbog čega je neophodno odabrati proces koji će u što većoj meri zadovoljiti višestruke kriterijume.*

*U ovom radu u cilju detoksifikacije primenjeno je ekstrudiranje, a ispitivan je uticaj procesa na promenu masnokiselinskog sastava proizvedenog ko-ekstrudata lanenog semena i suncokretove sačme.*

*Ključne reči: masnokiselinski sastav, ekstrudiranje, laneno seme,  $\alpha$ -linolenska kiselina*

## INFLUENCE OF EXTRUSION PROCESS ON FATTY ACID COMPOSITION OF LINSEED – SUNFLOWER MEAL CO-EXTRUDATE

*Linseed has been considered as a very attractive food, both in the human diet, as well as in animal nutrition because of its specific and desirable fatty acid composition. It is well known fact that it contains about 50% of  $\alpha$ -linolenic acid, essential omega-3 fatty acid (ALA). This makes it interesting raw material for the production of functional feed that would increase intake of essential fatty acids in the animal organism, and thus change the fatty acid composition of lipids in meat and other animal products. The basic limitation in usage of linseed as a feed lies in the presence of anti-nutritional factors - cyanogenic glycosides. These compounds release hydrogen cyanide (HCN) under the action of the enzyme  $\beta$ -glucosidase, and HCN can cause poisoning, neuropathy, pancreatic diabetes and other diseases, or can even has lethal effect. Therefore, it is necessary to apply some heat treatment on linseed before usage in diet, in order to reduce the amount of HCN in treated material and to decrease the liberation HCN in the body. These treatments often causes degradation of nutrients in the treated material. Thus it is necessary to choose appropriate process which will accomplish multiple criteria, as much as possible.*

*In this paper, extrusion was used for the purpose of detoxification, and the impact on the changes in fatty acid composition of produced co-extrudate flaxseed-sunflower meal was examined.*

*Key words: fatty acid composition, extrusion, linseed,  $\alpha$ -linolenic acid*

### UVOD

Lan je jednogodišnja, ili dvogodišnja biljka, jedno od najkorisnijih krmiva koje se u komercijane

svrhe uzgaja u više od trideset zemalja širom sveta (Karlović i Andrić, 1996; Gabiana, 2005; Dimić, 2005). Zapravo, njegovo latinsko ime (*Linum usitatissimum*) u prevodu na srpski jezik znači "najkorisniji". U ishrani ljudi i životinja, laneno seme je naročito poželjno jer predstavlja bogat izvor visoko kvalitetnog ulja, u čijem sastavu su čak i preko 70% nezasićene masne kiseline. Najveći udeo u ukupnim masnim kiselinama pripada  $\alpha$ -linolenskoj kiselini

Dr Dušica Čolović, e-mail: dusica.ivanov@fins.uns.ac.rs, dr Radmilo Čolović, dr Jovanka Lević, Đuro Vukmirović, Naučni institut za prehrambene tehnologije, Univerzitet u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, dr Ljubinko Lević, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad

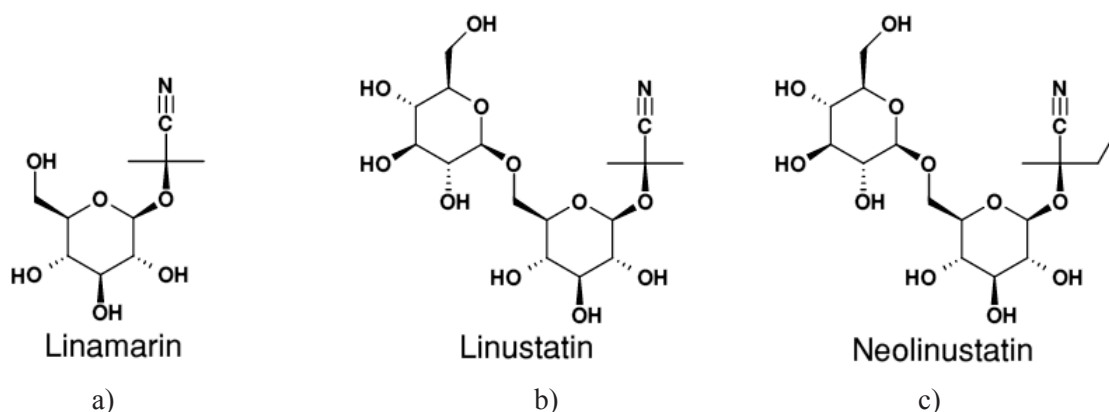
(ALA), koji može biti veći od 50%. ALA je prekursor eikosapentaenske (EPA) i dokosaheksaenske kiseline (DHA), omega-3 polinezasićenih masnih kiselina, odgovornih za pravilan razvoj mozga kod dece, otpornost na različite alergije, autoimune bolesti, kardiovaskularne probleme i upalne procese (Sierra i sar, 2008).

Laneno seme se često dodaje u hranu za životinje (goveda, svinje, živinu i ribe), kao zamena za neku drugu uljaricu, ili njenu sačmu, čime se menja masnokiselinski sastav masne faze mesa i mleka, a preko njega povećava i unos esencijalnih masnih kiselina u ljudski organizam. U brojnim radovima, potvrđen je pozitivan uticaj lanenog semena na masnokiselinski sastav mesa gajenih životinja. Ono pre svega povećava količinu ALA prisutne u mesu i mleku (Guillevic i sar, 2009; Bryhni i sar, 2002; Larsen i sar, 2012), a koliko će to povećanje biti, zavisi od vrste životinje i količine lanenog semena dodatog tokom ishrane.

Osnovna prepreka koja se u upotrebi lanenog semena kao hraniva javlja je prisustvo antinutritivnih materija - cijanogenih glikozida (CG). Pomenuta jedinjenja pod dejstvom enzima  $\beta$ -glukozidaze oslobađaju cijanovodoničnu kiselinu (HCN), koja izaziva trovanja, neuropatije, pankreatični dijabetes i druga oboljenja, a u određenim količinama ima letalan efekat. CG se hemijski mogu definisati kao  $\alpha$ -hidroksinitrili i predstavljaju sekundarne metabolite biljaka. Prekursori cijanogenih glikozida su različite L – amino kiseline (Vetter, 2000). Njihova uloga u biljkama je pre svega zaštita od insekata i drugih životinja, a takođe se smatraju rezervama azota (Ganjewala i sar, 2010). CG u lanenom semenu su linamarin,  $\beta$  - gentiobioza acetona cijanohidrin (linustatin) i  $\beta$  – gentiobioza metietil ketoncijanohidrin (neolinustatin), prikazani na slici 1.

Da bi se laneno seme pre upotrebe detoksifikovalo i smanjila količina oslobođene HCN u organizmu, najčešće se primenjuju toplotni tretmani kao što su autoklaviranje, peletiranje, ekstrudiranje ili mikrotalasno pečenje (Feng i sar, 2003; Wu i sar, 2008). CG i  $\beta$ -glukozidaza su u neoštećenom semenu razdvojeni, usled čega ne dolazi do prirodnog oslobađanja HCN iz semena lana. Enzimaska reakcija postaje moguća tek nakon žvakanja i varenja u organizmu životinje ili čoveka, usled narušavanja strukture semena i kontakta između supstrata i enzima. (Feng i sar, 2003). Ekstrudiranje lanenog semena smatra se pogodnim za uklanjanje HCN iz materijala, jer se u postupku kombinuje nekoliko različitih uticaja: usitnjavanje, mešanje, zagrevanje pod visokim pritiskom u prisustvu vlage, frikcija i smicanje. Usitnjavanje materijala uz istovremeno zagrevanje u prisustvu vlage ubrzava proces hidrolize i formiranje HCN. Nakon opadanja radnog pritiska po izlasku materijala iz cevi ekstrudera, nastala kiselina naglo isparava zajedno sa vodom. Istovremeno, visoki pritisak u cevi ekstrudera razara molekule CG onemogućavajući taj način oslobađanja HCN (Wu i sar, 2008).

Veliki problem prilikom ekstrudiranja sirovina bogatih mastima predstavlja lubrikacija i ograničena ekspanzija proizvedenog ekstrudata. Još jedan nedostatak koji se javlja jeste separacija ulja, čime se menja nutritivni sastav proizvedenog ekstrudata, što je slučaj i sa ekstrudiranjem lanenog semena (Ivanov i sar, 2012b). Da bi se pomenuti problem prevazišao, uljaricama se često dodaje još jedna sirovina, uglavnom proteinska komponenta, koja pokazuje dobru sposobnost adsorpcije ulja. U literaturi su poznati primeri ko-ekstruzije lanenog semena sa sirovinama bogatim proteinima, a kao dodatna komponenta uglavnom se koristio grašak (Htoo i sar, 2008). Suncokret je naša najvažnija uljarica, tako da je suncokretova sačma jedno od najrasprostranjenijih i najčešće korišćenih



**Slika 1.** Hemijske strukture linamarina (a), linustatina (b) i neolinustatina (c)  
**Figure 1.** Chemical compositions of linamarine (a), linustatine (b) and neolinusatine (c)

hraniva u Srbiji. S obzirom da je dobijena kao nus-proizvod proizvodnje suncokretovog ulja, pokazuje dobru moć upijanja masti, pa se nameće kao dodatna komponenta u rešavanju navedenog problema prilikom ekstrudiranja uljarica.

U ovom radu, proces ekstrudiranja primenjen je da bi se proizveo zdravstveno bezbedan koekstrudat lanenog semena i suncokretove sačme, koji bi se u ishrani životinja upotrebljavao kao funkcionalno hranivo sa povećanim sadržajem omega-3 masnih kiselina. Daljim ispitivanjima bilo je neophodno da se ispita da li proces ekstrudiranja ima uticaj na promenu masnokiselinskog sastava i da li će detoksifikacija hraniva ekstrudiranjem smanjiti sadržaj omega masnih kiselina u navedenom proizvodu.

## MATERIJAL I METODE

Sirovine koje su korišćene u proizvodnji funkcionalnog hraniva su laneno seme i suncokretova sačma. Upotrebljeno laneno seme je autohtone sorte „Ljupko“, Centra za poljoprivredna i tehnološka istraživanja iz Zaječara. Suncokretova sačma korišćena u eksperimentu je nabavljena iz uljare „Victoria Oil“ a.d. iz Šida. Postupak ko-ekstrudiranja lanenog semena i suncokretove sačme u cilju dobijanja funkcionalnog hraniva izveden je u pilot postrojenju za proizvodnju hrane za životinje Istraživačkog centra za tehnologiju hrane za životinje i animalnih proizvoda u okviru Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Šematski prikaz linije proizvodnje dat je na slici 2.

Za mlevenje lanenog semena upotrebljen je laboratorijski mlin čekićar (ABC Inženjering, Pančevo) sa sitima otvora 4 mm. Mešanje materijala izvedeno

je u dvoosovinskoj lopatastoj mešalici – parnom kondicioneru, model SLHSJ0.2 „Muyang“ (Kina). Samlevene sirovine mešane su u odnosu 50:50. Dobijena smeša ekstrudirana je na uređaju ekstruder/ekspander proizvođača OEE 8, AMANDUS KAHL GmbH & Co. KG iz Nemačke, pri sledećim uslovima: vlaga materijala – 13,39%, brzina obrtanja puža – 417,41 o/min, kapacitet punjenja 32 kg/h, ukupna površina otvora na matrici - 19,80 mm<sup>2</sup>.

Ukupan sadržaj masti određen je na uređaju za ekstrakciju masti, prema proceduri proizvođača (Soxtec System HT, model 1043 Extraction unit, „Foss Tecator AB“, Švedska) i u skladu sa metodom AOCS Ba 3-38 (AOCS, 2001) i Pravilnikom o metodama uzimanja uzoraka i metodama fizičkih, hemijskih i mikrobioloških analiza stočne hrane (Sl. list SFRJ, br. 15/87).

Za analizu masnokiselinskog sastava, masti su se iz uzoraka ekstrahovale superkritičnom ekstrakcijom sa CO<sub>2</sub> na FAT analyzer-u 2000 (Leco Corporation, USA). Kao fluidni rastvarač korišćen je superkritični CO<sub>2</sub>, čistoće 99,995 % i konstantnog protoka od 2 l/min. Ekstrakcija je izvedena pod uslovima i prema postupku opisanim u radu Ivanov i sar (2012a). Isti uslovi ekstrakcije primenjeni su i na ko-ekstrudat lan-suncokretova sačma, jer se pokazalo da daju zadovoljavajuće rezultate. Metil-estri masnih kiselina pripremani su metodom po Verešbaranjiu kao preporučenom za ovaj tip uzoraka, u procesu transmetilacije sa 14 % metanolnim rastvorom bortrifluorida (Karlović i Andrić, 1996). Kao rastvarač upotrebljen je n-heptan, a za inertizaciju i oslobađanje metil estara masnih kiselina od ostataka rastvarača primenjivano je uparavanje u struji azota.



Slika 2. Šematski prikaz linije za proizvodnju ko-ekstrudata  
Figure 2. Sheme of co-extrudate's production process

Pripremljeni uzorci analizirani su na gasnom hromatografu (GC) Agilent 7890A system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) sa plamenno-jonizujućim detektorom (FID – Flame Ionization Detector) i autoinjektujućim sistemom za tečnosti, na kapilarnoj koloni od mešane silike DBWAX 30 m, 0,25 mm, 0,50 um. Kao gas nosač upotrebljen je helijum čistoće 99,9997 vol %, pri protoku od 1,5 ml/min i pritisku od 1,092 bara. Uzorci su ubrizgavani u kolonu u split režmu, čiji je odnos iznosio 30:1.

Sva određivanja urađena su iz tri uzorka u dve paralele, a rezultati su prikazani kao njihova srednja vrednost. Za statističku obradu podataka upotrebljen je program STATISTICA, version 10. Za poređenje srednjih vrednosti izmerenih sadržaja masnih kiselina upotrebljen je Tuckey HSD test. Statistički značajnom razlikom između srednjih vrednosti posmatranih veličina smatrana je ona za koju je *p*-vrednost bila jednaka, ili manja od 0,05.

## REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazani su masnokiselinski sastavi polaznih sirovina.

**Tabela 1.** Masnokiselinski sastav ulja ekstrahovanog iz lanenog semena i suncokretove sačme  
**Table 1.** Fatty acid composition of oil extracted from linseed and sunflower meal

Masna kiselina (% m/m) Fatty acid (% wt)	Laneno seme Linseed	Suncokretova sačma Sunflower meal
C14:0 (miristinska)	0,04 ± 0,03	0,2 ± 0,01
C16:0 (palmitinska)	5,30 ± 0,06	5,98 ± 0,03
C16:1 (palmitoleinska)	0,08 ± 0,01	0,4 ± 0,01
C18:0 (stearinska)	4,31 ± 0,02	4,28 ± 0,03
C18:1 n9 (oleinska)	23,02 ± 0,10	25,69 ± 0,09
C18:2 n6 (linolna)	16,94 ± 0,13	63,15 ± 0,11
C18:3 n3 (α-linolenska)	50,31 ± 0,11	0,3 ± 0,02
SFA	9,65	10,64
MUFA	23,10	26,09
PUFA	67,25	63,45
PUFA/SFA	6,97	5,96

Rezultati predstavljaju srednju vrednost tri merenja ± SD; SFA–zasićene, MUFA–mononezasićene, PUFA–polinezasićene masne kiseline

Iz rezultata u tabeli 1 se vidi da je upotrebljeno laneno seme izuzetno bogato esencijalnom ALA, omega-3 masnom kiselinom, sa preko 50% zastupljenosti u ukupnim masnim kiselinama (50,31%). Sa druge strane suncokretova sačma sadrži svega 0,3% ove masne kiseline, dok je daleko zastupljenija linolna omega-6 masna kiselina (63,15%). Suncokretova sačma se u smešu za proizvodnju hraniva dodavala prvenstveno kao adsorbens ulja lanenog semena, budući da njen ukupan sadržaj ulja u suvoj materiji iznosi samo 1,98%. Stoga suncokretova sačma zanemarljivo malo utiče na sastav masnih kiselina u funkcionalnom hranivu.

Laneno seme, uz visok sadržaj ALA, odlikuje i povoljan odnos n-6 i n-3 masnih kiselina, koji je iznosio 0,34. Smatra se da je savremena ljudska ishrana neuravnotežena, što podrazumeva unošenje nedovoljnih količina n-3 masnih kiselina (n-6/n-3 odnos iznosi između 20:1 i 15:1). Preporučena vrednost ovog odnosa mora biti snižena barem na nivo od 4:1 (FAO, 2008; Scollan i sar, 2006). Analizama sastava masnih kiselina, utvrđeno je da je laneno seme pogodno za proizvodnju funkcionalnog hraniva sa povećanim sadržajem omega-3 masnih kiselina. U tabeli 2 upoređeni su masnokiselinski sastavi netretirane smeše lanenog semena i suncokretove sačme i proizvedenog ko-ekstrudata.

**Tabela 2.** Masnokiselinski sastav netretirane smeše i ko-ekstrudata

**Table 2.** Fatty acid composition of untreated mesh and co-extrudate

Masna kiselina (% m/m) Fatty acid (% wt)	Netretirana smeša	Ko-ekstrudat
C 14:0	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,02
C16:0	5,70 ± 0,04	5,93 ± 0,01
C16:1	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01
C18:0	4,30 ± 0,02	4,89 ± 0,04
C18:1 n9	24,11 ± 0,11	25,49 ± 0,11
C18:2 n6	16,66 ± 0,08	15,13 ± 0,09
C18:3 n3	49,12 ± 0,12	48,43 ± 0,10
SFA	10,04	10,86
MUFA	24,18	25,57
PUFA	65,78	63,56
PUFA/SFA	6,65	5,85

Rezultati predstavljaju srednju vrednost tri merenja ± SD

Kako se vidi iz dobijenih rezultata u tabeli 2, sadržaj ALA nakon ekstrudiranja se smanjio za 0,69% u odnosu na netretiranu smešu sirovina, a ova razlika nije bila statistički značajna (*p* = 0,11).

Slično se može primetiti i za omega-6 linolnu kiselinu (C18:2 *n*-6). Smanjenje sadržaja u iznosu od 1,53% može se zanemariti u proizvodnji ovog funkcionalnog hraniva. Sadržaj PUFA smanjio se sa 65,78% na 63,56%. Kao i u prethodnom slučaju, razlika nije bila statistički značajna ( $p = 0,08$ ). Sadržaj MUFA povećao se za 1,37%. Hemijske promene lipidne komponente u ekstrudiranom materijalu nisu izrazite, ali se ne mogu ni zanemariti. Generalno je utvrđeno da u toku procesa ekstrudiranja dolazi do slabe oksidacije masne faze zbog povišenih temperatura i dejstva različitih sila u procesu (Ilo i sar, 2000).

Ekstruzija uglavnom nema veliki uticaj na masti, ali masti imaju značajnu fizičku funkciju u procesu ekstrudiranja, s obzirom da kao lubrikanti ograničavaju ekspanziju ekstrudata. Pri povećanom sadržaju masti, obrtni momenat pužnice ekstrudera opada, jer masti i ulja smanjuju frikciju u cevi, pa se smanjuje i ekspanzija proizvoda, usled nedovoljno razvijenog pritiska tokom procesa (Riaz, 2000).

Uticaj ekstrudiranja na masnokiselinski sastav tretiranog materijala nije mnogo obrađivan u literaturi. Nekoliko literaturnih navoda pokazuje da je promena sastava masnih kiselina u sirovinama nakon ekstrudiranja neznatna. Wicklud i Mangus su ekstrudirali ovseno brašno upotrebljavajući dvopužni ekstruder pri različitim temperaturama i sadržajima vlage u materijalu. Zaključili su da je proces ekstrudiranja značajno uticao na raspodelu palmitinske, oleinske i linolne kiseline u ekstraktima dobijenim primenom različitih postupaka (ekstrakcija u dietil etru ili u smeši hloroforma, metanola i vodom zasićenog butanola), ali se kompletan sastav masnih kiselina u samom uzorku nije značajno promenio (Wicklud i Mangus, 1997).

## ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata, potvrđeno je da proces ekstrudiranja ne utiče negativno na promene u masnokiselinskom sastavu ko-ekstrudata lan - suncokretova sačma. Proces je prvenstveno primenjen kako bi se obezbedila pouzdana detkosifikacija proizvedenog funkcionalnog hraniva, ali rezultati analize masnokiselinskog sastava ko-ekstrudata i polazne smeše pokazuju da je ekstrudiranje pogodno i sa stanovišta očuvanja labilnih i reaktivnih omega masnih kiselina. Minimalne promene zabeležene u ko-ekstrudatu nisu imale statističku značajnost. Takođe, ne može se sa sigurnošću tvrditi da one potiču od procesa ekstrudiranja. Najveće sniženje zabeleženo je u sadržaju linolne omega-6 masne kise-

line i ono je iznosilo 1,53%. Stoga se ekstrudiranje može preporučiti kao proces u proizvodnji hrane sa visokim sadržajem omega kiselina, bilo da je u pitanju ljudska, ili ishrana životinja.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansijsku podršku (projekat: III 46012).

## LITERATURA

1. AOCS (2001) Soxhlet extraction according to the official method Ba 3-38. In: Firestone D (ed) Official Methods and Recommended Practices, 5th edn. AOCS, Champaign, IL.
2. Bryhni, E.A., Byrne, D.V., Rødbotten, M., Claudi-Magnussen, C., Agerhem, H., Johansson, M., Lea, P., Martens, M. (2002). Consumer perceptions of pork in Denmark, Norway and Sweden. *Food Qual. Pref.* 13, 257-266.
3. Dimić, E. (2005). Hladno ceđena ulja. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
4. FAO (2008). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation, Geneva.
5. Gabiana, C.P. (2005). Response of linseed (*Linum usitatissimum* L.) to irrigation, nitrogen and plant population. MSc Thesis, Lincoln University, Canterbury, New Zealand.
6. Ganjewala, D., Kumar, S., Devi, A., Ambika, K. (2010). Advances in cyanogenic glycosides biosynthesis and analyses in plants: A review. *Acta Biologica Szegediensis* 54:1, 1-14.
7. Guillevic, M., Kouba, M., Mourot, J. (2009). Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. *Meat Sci.* 81, 612-618.
8. Htoo, J. K., Meng, X., Patience, J. F., Dugan, M. E. R., & Zijlstra, R. T. (2008). Effects of co-extrusion of flaxseed and field pea on the digestibility of energy, ether extract, fatty acids, protein, and amino acids in grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science* 86:11, 2942-2951.
9. Ilo, S., Schoenlechner, R., Berghofer, E. (2000). Role of lipids in extrusion cooking processes. *Gracias y Aceites* 51:1-2, 97-110.
10. Ivanov, D., Čolović, R., Lević, J., Sredanović, S. (2012a). Optimization of supercritical fluid extraction of linseed oil using RSM. *European*

- Journal of Lipid Science and Technology 114:7, 807–815.
11. Ivanov, D., Čolović, R., Vukmirović, Đ., Lević, J., Kokić, B., Lević, Lj., Đuragić, O. (2012b). Influence of process parameters on temperature profile and nitrogen solubility index of linseed co-extrudate. 1st International Symposium on Animal Science, Belgrade, 511-515.
  12. Karlović, Đ., Andrić, N. (1996). Kontrola kvaliteta semena uljarica. Tehnološki fakultet Novi Sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, Serbia.
  13. Larsen, M.K., Hymøller, L., Brask-Pedersen, D.B., Weisbjerg, M.R. (2012). Milk fatty acid composition and production performance of Danish Holstein and Danish Jersey cows fed different amounts of linseed and rapeseed. *J. Dairy Sci.* 95: 7, 3569-3578.
  14. Riaz, M.N. (2000). *Extruders in Food Applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Filadelfia.
  15. Scollan, N. D., Costa, P., Hallett, K. G., Nute, G. R., Wood, J. D., Richardson, R. I. (2006). The fatty acid composition of muscle fat and relationships to meat quality in Charolais steers: influence of level of red clover in the diet. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 23.
  16. Sierra, S., Lara-Villoslada, F., Comalada, M., Olivares, M., Xaus, J. (2008). Dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid equally incorporate as decosahexaenoic acid but differ in inflammatory effects. *Nutrition* 24, 245 - 254.
  17. Vetter, J. (2000). Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon* 38, 11 – 36.
  18. Wicklund, T., Magnus E. M. (1997). Effect of Extrusion Cooking on Extractable Lipids and Fatty Acid Composition in Sifted Oat Flour. *Cereal chem.* 74: 3, 326-329.
  19. Wu, M., Li, D., Wang, L.-J., Zhou, Y.-G., Su-Ling Brooks, M., Chen, X.D., Mao, Z.-H. (2008). Extrusion detoxification technique on flaxseed by uniform design optimization. *Sep. Purif. Tech.* 61, 51-59.

## SOME PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF OLIVE OILS FROM LIBYA

Seddiq M.A. Esalami, Biljana B. Rabrenović, Tamara Đ. Premović, Olga F. Radočaj

*Olives in Libya are a basic agricultural commodity. Moreover, olive oil is mostly produced by local producers using a cold-pressing process. To the best of our knowledge, there is no literature data on the quality of olive oils produced in Libya. Therefore, the scope of this research was to analyze the most important parameters for olive oil identification that originated in Libya. Analyses of the oil produced in 5 different geographical regions in Libya, produced by different oil manufacturers, have shown that the oils are not significantly different and are meeting legislated parameters for olive oil quality. It was determined that the iodine value (IV) of investigated oils was in the range of 80 to 87 g/100g, while the refractive index did not vary much, 1.464 to 1.469. Similarly, saponification value (SV) was rather close in values, 188.0-197.0 mgKOH/g, as well as the content of unsaponified matter; 7.7-9.0 g/kg. The oil sample from the Zwit region had the lowest relative density, 0.910 (20°C/water 20°C), while the oil from the El Farok region had the highest value for density, 0.915.*

*Key words: olive oil, Libya, physico-chemical characteristics of the oil*

## NEKE FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE MASLINOVOG ULJA IZ LIBIJE

*Osnovna uljana kultura u Libiji je maslina, pri čemu ulje proizvode uglavnom individualni proizvođači postupkom hladnog presovanja. Po našim saznanjima u literaturi uopšte nema podataka o kvalitetu maslinovog ulja proizvedenog u Libiji. S toga, u ovom radu su analizirani najvažniji pokazatelji za identifikaciju maslinovog ulja poreklom iz ove zemlje. Analiza osnovnih parametara fizičko-hemijskog kvaliteta pokazala je da se ulja proizvedena u 5 različitim regijama - geografskih područja Libije od strane različitih proizvođača međusobno ne razlikuju bitno jedna od drugih, i da ispunjavaju zakonom predviđene okvire. Utvrđeno je da jodni broja ispitivanih ulja ima vrednosti od 80 do 87 g/100g, dok indeks refrakcije varira u uskom intervalu, od 1,464 do 1,469. U rezultatima saponifikacionog broja i sadržaju neosapunjivih materija nije bilo velikih odstupanja između analiziranih ulja, budući da su im vrednosti iznosile, respektivno, 188-197 mgKOH/g i 7,7-9,0 g/kg. Uzorak ulja iz regije Zwit imao je najmanju zapreminsku masu, 0.910, dok je ulje iz regije El Farok imalo najveću vrednost zapreminske mase, 0.915.*

*Ključne reči: maslinovo ulje, Libija, fizičko-hemijske karakteristike ulja*

### INTRODUCTION

Unrefined edible oils are an important constituent of the human diet because they provide desirable nutritional properties like taste, aroma and texture of food. Olive oil is one of the most frequently used oils in Europe and some Asian regions. Olive oil is

obtained from the fresh and healthy fruits by physical procedures under low thermal conditions (Peri, 2014). The olive oil quality is primarily influenced by the cultivar, environment and agronomic practices that are employed in the olive trees growing, olive harvesting, processing and storage conditions (Salimon and Farhan, 2012; Abu-Reidah et al., 2013; Lopez et al., 2014; Augusto Ballus et al., 2014). Although olive oil is considered to be one of the highest quality oils on the market, its quality is found to be compromised by mixing it with lower quality oils, considering the fact that oil composition declared by manufacturers does not always accurately match the actual chemical composition (McKenzie and Koch, 2004). Therefore, knowledge

Seddiq M.A. Esalami, master, e-mail: seddiq20092000@yahoo.com, dr Tamara Đ. Premović, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, dr Biljana B. Rabrenović, docent, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 11080 Zemun, Nemanjina 6, Srbija, dr Olga F. Radočaj, OLTRAD Consulting Inc., 2669 Inlake Court, Mississauga, L5N 2A6 Ontario, Canada.

of its physico-chemical properties is indispensable (Kielczynski et al., 2014).

Since olive oil is target for fraud nowadays for economic reasons, the authenticity of it is of great relevance (Angerosa et al., 2006; Frankel, 2010; Garcia et al., 2013). In recent years, one of the most common frauds associated with olive oil is the mixing of olive oil with cheaper oils, like sunflower and soybean oils, where they are not declared. Much attention has been given to analytical method development to be able to test olive oil for its authenticity (Sánchez-Hernández et al., 2011; Chen et al., 2011; Calvano et al., 2012; Garcia et al., 2013).

Olive oil was used for centuries and was always one of the main oil sources for people in Europe. It is one of the best oils for cooking and frying that is also used in other preparations, oil based dressings, etc. Very specific sensory quality along with a high nutritive value are the most probable reasons for its continuous increasing demand on the market (Benabid et al., 2008; Salimon and Farhan, 2012; Lopez et al., 2014; Augusto Ballus et al., 2014). Due to its ever growing popularity, olive oil production has been extended out of the countries in the Mediterranean region (traditionally most important processors and consumers of this oil) to countries such as Argentina, Australia, Azerbaijan, Brazil, China, India, Japan, Mexico, New Zealand, Western and South Africa, USA etc. (Lopez et al., 2014). Therefore it is important to expand the knoweldge and data base of the quality of virgin olive oils that are manufactured in other parts of the world and produced from olive cultivars grown in different countries.

Today, there are about 600 million olive trees planted around the world. These trees occupy the surface of about 7 million ha, and about 95% of them are located in Mediterranean countries (Garcia-Gonzales and Aparicio, 2010). The most recognizable oil producers are from Spain, Italy and Greece. Libya is also one of the large olive oil producers and olive is a basic oil raw material in this country. According to information dated from 1972, there were 3 million olive trees planted in Libya. Today, this number has increased to 8 million. Olive oil in Libya is mostly produced by local producers using a cold-pressing process. According to information from 2010, there were 250 local, independent oil producers. One part of produced olive oil is consumed by these independent producers themselves; one part is for sale and one part is for sale to supply the only factory in the state for oil refining purposes. In the period from 2007/08 to 2012/13, the average volume of produced olive

oil was 14.700 tons/year, i.e. 0.5% of the world's olive oil production. The main problem is associated with the low manufacturing output as well as the difference in the quality to be able to meet European standards. Libya has very good natural conditions for increasing olive oil production (Seddiq, 2012; IOOC, 2014). Therefore, the main goal of this research was to analyze the olive oils manufactured in Libya that, to the best of our knowledge, were not of the research subject. Hence there is no published data of olive oil manufactured in this region. Authenticity (identification) of the samples was verified by determining the basic physico-chemical parameters of the oils, such as: iodine value, refractive index, saponification value, unsaponified matter content, as well as relative oil density.

## MATERIALS AND METHODS

### Material

In this research, 5 samples of virgin olive oil that originated from 5 different regions of Libya were used. The samples were produced using traditional methods of pressing.

Identification of analyzed samples is given in Table 1. Oil samples (1l) were kept in glass bottles under refrigerated conditions (8 °C) until analyzed.

**Table 1.** Identification of virgin olive oil samples  
**Tabela 1.** Identifikacija uzoraka maslinovog ulja

Oil sample, No Oznaka uzorak	Production region in Libya Područje proizvodnje u Libiji
1	Aboras
2	Be
3	Zwit
4	El Farok
5	Alati

### Methods

Standard methods were used to determine physico-chemical characteristics of the oil samples: iodine value (SRPS ISO 3961:2001), refractive in-

dex (SRPS EN ISO 6320:2012), saponification value (SRPS EN ISO 3687:2008), unsaponified matter content (SRPS EN ISO 18609:1012) and relative density (SRPS ISO 6883:2003).

## RESULTS AND DISCUSSION

The results of the basic physico-chemical characteristics of oil originated from Lybia are shown in Table 2.

**Table 2.** Basic physico-chemical characteristics of investigated olive oil samples  
**Tabela 2.** Osnovne fizičko-hemijske karakteristike analiziranih uzoraka maslinovog ulja

Sample Uzorak	IV Jodni broj (g/100g)	Refractive index Indeks refrakcije ( $n_{D}^{20}$ )	SV Saponi- fikacioni broj (mgKOH/g)	Unsaponifiable matter Neosapunjive materije (g/kg)	Relative density Relativna gustina (20°C/H <sub>2</sub> O 20°C)
1	82	1.467	197	7.7	0.912
2	87	1.467	188	8.4	0.912
3	81	1.464	192	8.0	0.910
4	80	1.468	192	7.8	0.915
5	84	1.469	197	9.0	0.912

**Iodine value** is a very important oil characteristic as it indicates its level of saturation (Dosunmu and Ochu, 1995), and can be used to determine the level of impurities in lipids or fatty acids. Iodine value is also important in determining the thermal oxidation of oils during the frying process, as this value is different depending on the oil oxidative state, i.e. was it previously oxidized, polymerized etc. (Dimić i Turkulov, 2000).

Iodine values in olive oil samples that originated in different parts of Libya are shown in Table 2 and were in the range of 80 (sample no. 4 – oil manufactured in El Farok region) to 87 g/100g (sample no. 2, oil manufactured in Be region). These values indicated that these oils are nondrying, highly unsaturated and contain high levels of oleic acid.

Obtained values are in accordance with the Serbian legislation for olive oil quality (Pravilnik, 1999, 2004), as well as published data: 75 to 94 g/100g (Karleskind and Wolff, 1998); 77 to 94 g/100g (Nas et al., 1992); 80 to 88 g/100g (Sonntag, 1979).

Commercial olive oil originated from Tunis (the closest region to Lybia) had an iodine value of 81.23 g/100g (Borchani et al., 2010), while the Turkish olive oil had a wider range: between 79.5 and 92.3 g/100g (Tanilgan et al., 2007). Other authors obtained an iodine value of  $86 \pm 1.2$  g/100g for the Turkish olive oil (Özcan et al., 2013). According to Salimon and Farhan (2012), the iodine value for olive oil originating from Saudi Arabia was 81.4, while for extra virgin olive oil from the same region this value was 88.4. For

16 samples of olive oil originating in different regions in Algeria, the iodine value was in the range of 77.18 to 87.26 g/100g (Benabid et al., 2008).

According to the standard (Pravilnik, 1999, 2004), the iodine value of all olive oil categories must be between 75 to 94 g/100g. Compared with other edible oils obtained from different oilseeds and different processes, those values are much lower, which indicates better oxidative stability of the oil. For example, refined sunflower seed oil had an IV value of 139-141g/100g, while refined soybean oil had lower IV values (125-133 g/100g). For refined rapeseed oil, this value was reported as 114-116 g/100g (Warner et al., 1989). Cold pressed pumpkin seed oil had an IV value of 122 g/100g (Dimić, 2000); cold-pressed walnut oil of 143.5 g/100g, while the solvent-extracted walnut oil had an IV value of 146.5 g/100g (Rabrenović i Pićurić-Jovanović, 2008)

**Refractive index** is a specific value for certain types of oils and has a range that can be used to classify unknown oil. It is directly related to the acidic composition of oils (free fatty acid, length of hydrocarbon chains, *cis/trans* fatty acids ratio) and to their status of oxidation (Dimić i Turkulov, 2000; Borchani et al., 2010).

Analyzed oil samples had a refractive index in the range of 1.464 (oil sample no. 3; region Zwit) to 1.469 (oil sample no. 5; region Alati). The differences between the refractive index of oil samples were not correlated to the olive-growing region or oil processing method.

Karleskind and Wolff (1998) pointed out that the refractive index in olive oil was 1.468-1.470, while Sonntag (1979) reported the range of 1.4680-1.4705. Commercial olive oil originating from the Sfax region in Tunis had a refractive index of  $1.471 \pm 0.001$  (Borchani et al., 2010). According to Tanilgan et al. (2007), olive oil manufactured in Turkey had a refractive index of 1.467-1.469, while Özcan et al. (2013) reported this value for pure olive oil made in Turkey as well, as  $1.4578 \pm 0.0003$ . According to the standard (Pravilnik, 1999, 2004), the refractive index of olive oil is 1.465 to 1.470.

The refractive index of different types of oils is different. For example, for cold-pressed pumpkin seed oil this value was reported as 1.4725 (Dimić, 2000). For cold pressed walnut oil, it was 1.472, while the solvent-extracted walnut oil had a refractive index of 1.475 (Rabrenović i Pićurić-Jovanović, 2008). In the cold-pressed oil of onion, parsley, cardamom and mullein, the refractive index was 1.4752, 1.4858-1.4862, 1.4666 and 1.4753 (Parry et al., 2006). The same authors (Parry et al., 2005) had previously investigated cold-pressed oils of red raspberry, marionberry, boysenberry and blueberry, determining refractive indexes of 1.4788, 1.4774, 1.4758 and 1.4783, respectively.

It is well known that the *saponification value* is a measure of the total free and combined acids in an oil or fat expressed as the number of milligrams of potassium hydroxide required for the complete saponification of one gram of oil or fat (Dimić i Turkulov, 2000; Salimon and Farhan, 2012). The saponification value is also characteristic for each type of oil and is used for its identification. According to the standard for olive oil (Pravilnik, 1999, 2004), the data for the saponification value are between 184 and 196 mg KOH/g.

Investigated oil samples from Libya had a saponification value in the range of 188 mgKOH/g, in sample no. 2 (oil from the Be region), to 197 mgKOH/g in sample no. 1 and 5 (oil from the Aboras and Alati region, respectively) (Table 2). These results indicated that triacylglycerols had fatty acids with longer chains (higher molecular weight due to higher number of carbon atoms).

The values for published data for the saponification value vary according to the olive-growing region. Olive oil originating from Tunisia (Borchani et al., 2010), had a much lower saponification value ( $97.94 \pm 0.24$  mgKOH/g) than our oil samples (188 to 196 mgKOH/g). Olive oil originating from Algeria had a saponification value ranging from 182.36 to 201.05 mgKOH/g (Benabid et al., 2008), while the

olive oil from Turkey (Tanilgan et al., 2007) was in the range of 183.7 to 190.1 mgKOH/g. The saponification value for the olive oil from Saudi Arabia (Salimon and Farhan, 2012) was 189.7 mgKOH/g. Obtained values for the saponification value of the olive oils from Libya investigated in this study were comparable to the values for different plant oils: Aleppo pine seed oil (190 mgKOH/g), raspberry oil (191 mgKOH/g), safflower oil (191.6 mgKOH/g), grape seed oil (192.9 mgKOH/g) (Oomah et al., 2000; Cheikh-Rouhou et al., 2006), walnut oil (188.9 mgKOH/g) (Rabrenović i Pićurić-Jovanović, 2008), cold-pressed pumpkin seed oil (195 mgKOH/g) (Dimić, 2000).

*Unsaponifiable matter* is a parameter that is used to characterize a type of oil and therefore is a part of the standard (Pravilnik, 2006, 2013). This value measured the content of all matters that are not saponifiable by alkali hydroxides, but are natural components of the lipids (higher aliphatic hydrocarbons, sterols, carotenoids, terpene alcohols, higher esters fatty alcohols, lyposoluble vitamins, tocopherols, phenolics, etc.). These are practically insoluble in water after saponification and are highly soluble in organic solvents (used for oils). Unsaponifiable matter also includes extraneous organic material (mineral oils, for example) that are also solvent soluble but can not evaporate at temperatures of  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  (Dimić i Turkulov, 2000; Salimon and Farhan, 2012). The content of unsaponifiable matter primarily depends on the raw material and oil manufacturing process (Nakić-Nedjeral et al., 2006).

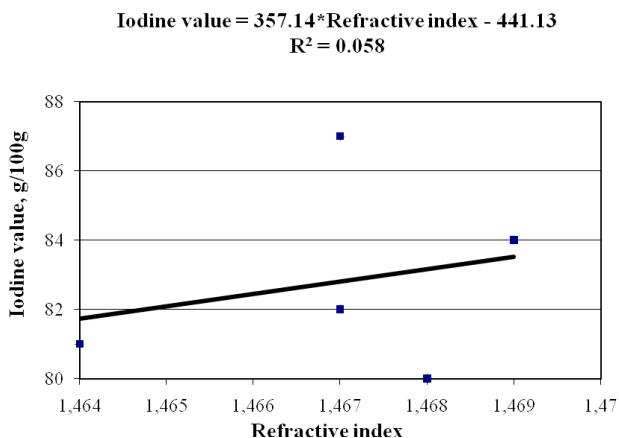
Crude oils usually have unsaponifiable matter content from 0.2 to 2%, and most often at 1% (Dimić i Turkulov, 2000). According to the standard for olive oil (Pravilnik, 2006, 2013), the maximum allowable content of unsaponifiable matter is 15 g/kg, which is much higher than the values obtained in this study. Namely, the unsaponifiable matter content of investigated oils was from 7.7 g/kg (sample no. 1, oil from the Aboras region) to 9.0 g/kg (sample no. 5, oil from the Alati region) (Table 2). The results indicated that the growing region of olives was not a significant factor for this value in oil samples. Sonntag (1979) reported unsaponifiable matter content of 1.8% in olive samples investigated in his study. The average content of unsaponifiable matter in commercial olive oil from Tunisia was 1.5% (Borchani et al., 2010), while this value for the olive oil and extra virgin olive oil from Saudi Arabia was 1.5% and 14%, respectively. The significant differences of the value in these two oils were explained by the minimal modifying process that was applied for pressing the

extra virgin olive oil that had much more unsaponifiable matter (antioxidants, tocopherols, sterols, phenolics, etc.) present in the oil. Olive oil from Turkey had an unsaponifiable matter content of 11.9 to 19.1 g/kg (Tanilgan et al., 2007).

**Relative density** is also one of the parameters used for oil type identification which is regulated by the standard for oil quality. The relative density of the oil samples investigated in this study were according to the standard and fairly uniform, 0.910 in sample no. 3 (oil from the Zwit region), to 0.915, in sample no. 4 (oil from the El Farok region) (Table 2).

The value for relative density depends on the type and fatty acid composition of the oil. For example, cold-pressed oils from different seeds have very different relative densities: red raspberry - 0.929; marionberry - 0.934; boysenberry - 0.948; corn germ - 0.932; onion seeds - 0.923 to 0.930, parsley - 0.981 to 0.985, cardamom - 0.954, mullein - 0.933 and pumpkin - 0.920 (Parry et al., 2005, 2006).

Hopper and Nesbitt (1937) have determined that there was a correlation established between iodine value, refractive index and the saponification number depending on the glycerols and their fatty acids content. However, our results did not confirm any significant correlation between iodine value and refractive index in the oil samples ( $R^2=0.058$ ; Figure 1).



**Figure 1.** Linear correlation between the iodine value and refractive index of analyzed olive oil samples

**Slika 1.** Linearna međuzavisnost jednog broja i indeksa refrakcije analiziranih uzoraka maslinovog ulja

Correlation between the level of saturation, i.e. iodine value and refractive index, was determined as early as 1924, which was conducted on olive oil but also many other oil types: argemone, English mustard, Indian rape, cashew, soya bean, poppy seed (Watson and Sudborough, 1924). The correlation

between these parameters in cold-pressed oils is also published in other literature (Hopper and Nesbitt, 1937; Dimić i Turkulov, 2000; Borchani et al., 2010; Zhang et al., 2011).

## CONCLUSION

Analyses of the basic physico-chemical parameters of the oil samples originating from Libya have confirmed that these oils are not significantly different, although produced in different geographical regions and by different oil manufacturers. It was determined that the iodine value was in the range of 80 g/100g, in sample no. 4 (oil from the El Farok region), to 87 g/100g in oil sample no. 2 (oil from the Be region). Refractive index was in a narrow range, from 1.464 (sample no. 3, oil from the Zwit region) to 1.469 (sample no. 5, oil from the Alati region). Saponification values and unsaponifiable matter contents were not very different either (188-197 mgKOH/g and 7.7-9 g/kg, respectively). Sample no. 3 had the lowest relative density of 0.910, while sample no. 4 had the highest value, 0.915.

There was no correlation determined in this study between the iodine value and refractive index. Sample no. 5 (Alati region) had the highest refractive index (1.469) and saponification value (197 mgKOH/g), while at the same time the highest unsaponifiable matter content was determined (9.0 g/kg). Sample no.1 (oil from the Aboras region) had the highest saponification value (197 mgKOH/g) and the lowest unsaponifiable matter content (7.7 g/kg).

All investigated olive oil parameters from the oil samples originating from Libya were according to the Serbian standard and indicate the high quality of oil. Therefore, a further study will be conducted to determine the chemical composition and other quality parameters of these oils.

## LITERATURE

1. Abu-Reidah, I. M., M. Yasin, S. Urbani, M. Servili, G. Montedoro (2013). Study and characterization of Palestinian monovarietal Nabali virgin olive oils from northern West Bank of Palestine. *Food Research International*, 54, 1959-1964.
2. Angerosa, F., C., Campestre, L., Giansante (2006). Analysis and authentication. In D. Boskou (Ed.), *Olive oil: Chemistry and technology*, American Oil Chemists' Society Press. pp. 113-172.
3. Augusto Ballus, C., A. Dillenburg Meinhart, F. Alberto de Souza Campos Jr., L. Fernando de

- Oliveira da Silva, A. Francisco de Oliveira, H. Teixeira Godoy (2014). A quantitative study on the phenolic compound, tocopherol and fatty acid contents of monovarietal virgin olive oils produced in the southeast region of Brazil. *Food Research International*, 62: 74-83.
4. Benabid, H., H. Naamoune, H. Noçairi, D. N. Rutledge (2008). Application of chemometric tools to compare Algerian olive oils produced in different locations. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6: 43-51.
  5. Borchani, C., S. Besbes, Ch. Blecker, H. Attia (2010). Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *J. Agr. Sci. Tech.*, 12: 585-596.
  6. Calvano, C. D., C. De Ceglie, L. D'Accolti, C. G. Zambonin (2012). MALDI-TOF mass spectrometry detection of extra-virgin olive oil adulteration with hazelnut oil by analysis of phospholipids using an ionic liquid as matrix and extraction solvent. *Food Chemistry*, 134: 1192-1198.
  7. Cheikh-Rouhou, S., B. Hentati, S. Besbes, C. Blecker, C., Deroanne, H. Attia (2006). Chemical composition and lipid fraction characteristics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seeds cultivated in Tunisia. *Food Sci. Tech. Int.*, 15: 407-416.
  8. Chen, H., M. Angiuli, C. Ferrari, E. Tombari, G. Salvetti, E. Bramanti (2011). Tocopherol specification as first screening for the assessment of extra virgin olive oil quality by reversed-phase high-performance liquid chromatography/fluorescence detector. *Food Chemistry*, 125: 1423-1429.
  9. Dimić, E. (2000). Kontrola kvaliteta hladno presovanih ulja. *Acta Periodica Technologica*, 31: 165-174.
  10. Dimić, E., J. Turkulov (2000). Kontrola kvaliteta u tehnologiji jestivih ulja, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
  11. Dosunmu, M. I., C. Ochu (1995). Physicochemical properties and fatty acid composition of lipids extracted from some Nigerian fruits and seeds. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(1/2): 45-50.
  12. Frankel, E. N. (2010). Chemistry of extra virgin olive oil: Adulteration, oxidative stability, and antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 5991-6006.
  13. Garcia, R., N. Martins, M. J. Cabrita (2013). Putative markers of adulteration of extra virgin olive oil with refined olive oil: Prospects and limitations. *Food Research International*, 54: 2039-2044.
  14. Garcia-Gonzalez, D. L., R. Aparicio (2010). Research in olive oil: Challenges for the near future. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 12569-12577.
  15. Hopper, T. H., L. L. Nesbitt (1937). Relation between the refractive index and iodine number of raw linseed oil. *Oil and Soap*, 14 (2): 34-36.
  16. IOOC (2014). World Olive Oil Figures – Production: <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures> (July 20, 2014).
  17. Karleskind A., J. P. Wolff (ed.s.) (1998). *Oils and Fats Manual*, A. Comprehensive Treatise Properties-Production-Applications. Vol. 1, pp. 225-233, Intercept Limited, UK.
  18. Kiełczyński, P., M. Szalewski, A. Balcerzak, K. Wieja, A. J. Rostocki, R. M. Siegoczyński, S. Ptasznik (2014). Application of ultrasonic wave celerity measurement for evaluation of physicochemical properties of olive oil at high pressure and various temperatures. *LWT-Food Science and Technology*, 57: 253-259.
  19. Kenzie, Mc, J. M., Koch, K. R. (2004). Rapid analysis of major components and potential authentication of South African olive oils by quantitative <sup>13</sup>C nuclear magnetic resonance spectroscopy. *South African Journal of Science*, 100: 349-354.
  20. Lopez, S., B. Bermudez, S. Montserrat-de la Paz, S. Jaramillo, L. M. Varela, A. Ortega-Gomez, R- Abia, F. J. G. Muriana (2014). Membrane composition and dynamics: A target of bioactive virgin olive oil constituents. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1838: 1638-1656.
  21. Nakić-Nedžer S., Rade D., Skevin D., Strucelj D., Mokrovcač Z., Bartolić M. (2006). Chemical characteristics of oils from naked and husk seeds of *Cucurbita pepo* L. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108: 936-943.
  22. Nas, S., H. Y. Gokalp, M. Unsal (1992). Bitkisel Yag Teknolojisi. Ataturk Univ. Agric Fac. Publ. No.64, pp. 220, Erzurum, Turkey.
  23. Oomah, B. D., S. Ladet, D. V. Godfrey, J. Liang, B. Girard (2000). Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. *Food Chem.*, 69: 187-193.
  24. Özcan, M. M., E. Duman, Z. Endes (2013). Some properties of Ayvalık olive oil. *IJFAS- International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2 (7): 153-155.
  25. Parry, J. W., L. Su, M. Luther, K. Zhou, M. P. Yurawecz, P. Whittaker, L. Yu (2005). Fatty acid content and antioxidant properties of cold-

- pressed marionberry, boysenberry, red raspberry and blueberry seed oils. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 566-573.
26. Parry, J., Z. Hao, M. Luther, L. Su, K. Zhou, L. Yu (2006). Characterization of cold-pressed onion, parsley, cardamom, mullein, roasted pumpkin and milk thistle seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 83: 847-854.
27. Peri, C. (ed.) (2014). *The extra-virgin olive oil handbook, Part II, The process*, pp. 87-210, Wiley and Sons, UK.
28. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestivo maslinovo ulje i jestivo ulje komine masline, „Sl. list SRJ“, br. 54/1999 i „Sl. list SCG“, br. 56/2003 - dr. pravilnik i 4/2004 - dr. pravilnik.
29. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode, „Sl. list SCG“, br. 23/2006 i „Sl. glasnik RS“, br. 43/2013.
30. Rabrenović, B., K. Pićurić-Jovanović (2008). Fizičko-hemijske karakteristike i oksidativna stabilnost ulja oraha (*Juglans regia* L.) sorte Gajzenhajm-139. *Uljarstvo*, 39 (1-2): 39-43.
31. Salimon, J., N. Farhan (2012). Physicochemical properties of saudi extra virgin olive oil. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 3 (3): 205-208.
32. Sánchez-Hernández, L., M. L. Marina, A. L. Crego (2011). A capillary electro-phoresis tandem mass spectrometry methodology for the determination of non-protein amino acids in vegetable oils as novel markers for the detection of adulterations in olive oils. *Journal of Chromatography, A*, 1218: 4944-4951.
33. Seddiq, E. (2012). Antiradical potential of olive oil from Libya. Master thesis, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade.
34. Sonntag, N. O. V. (1979). Composition and characteristics of individual fats and oils. In: Swern, D. (ed.), *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Vol. 1, 4th Ed., New York, Wiley-Interscience Publ., pp. 368-374.
35. Tanilgan, K., M. M. Özcan, A. Ünver (2007). Physical and chemical characteristics of five Turkish olive (*Olea europea* L.) varieties and their oils. *Grasas y Aceites*, 58 (2): 142-147.
36. Warner, K., E. N. Frankel, T. L. Mounts (1989). Flavor and oxidative stability of soybean, sunflower and low erucic acid rapeseed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66: 558-564.
37. Watson, H. E., J. J. Sudborough (1924). The relation between the iodine values and refractive indices of hardened oils. Part II. *Journal of the Indian Institute of Science*. Vol. 7, Part VI, pp. 81-95.
38. Zhang, Z.-S., L.-J. Wang, D. Li, S.-J. Li, E. N. Özkan (2011). Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. *International Journal of Food Properties*, 14: 1286-1296.



## TRANS MASNE KISELINE U HRANI

Katarina D. Nedić Grujin, Vesna B. Vujasinović

Savremena naučna istraživanja ukazuju na to da konzumacija trans masnih kiselina predstavlja rizik po zdravlje ljudi. Mnogo studija govori o štetnom uticaju trans masnih kiselina na nastanak srčanih oboljenja i razvoj dijabetesa. Veliki deo ovih masnih kiselina u ishrani potiče iz prerađene hrane koja sadrži delimično hidrogenovana ulja i masti. Neke trans masne kiseline su prirodnog porekla i u manjim količinama prisutne su u proizvodima kao što su mleko i mlečni proizvodi i meso i mesni proizvodi, međutim, one ne ispoljavaju štetno dejstvo u organizmu. Posebno se ističe štetno dejstvo trans masnih kiselina iz delimično hidrogenovanih ulja, koja su njihov primarni izvor. Stoga je zakonodavstvo mnogih zemalja počelo da ograničava sadržaj trans masnih kiselina u hrani i da uvodi obavezno deklarisanje istih. Pokazalo se da su pravila o deklarisanju efikasan motivator za industriju hrane i da su mnogi proizvođači smanjili sadržaj trans masti kako bi dostigli zahtevani limit trans masnih kiselina u ukupnim mastima. Bitno je istaći da se stvaranje industrijski proizvedenih trans izomera može smanjiti, ili čak potpuno eliminisati zamenom procesa delimične hidrogenacije ulja drugim tehnološkim postupcima, kao što su frakcionisanje i interesterifikacija. Preliminarna odluka američke Administracije za hranu i lekove (FDA) od novembra 2013. godine da delimično hidrogenovana biljna ulja više nisu bezbedna je prva takva odluka kojom se oduzima GRAS (Generally Regarded As Safe) status nekoj komponenti hrane. Mnogi smatraju da neće biti i poslednja.

*Ključne reči: trans masne kiseline, nutritivni problem, zakonski propisi, deklaracija*

## TRANS FATTY ACIDS IN FOOD

Modern scientific research suggests that consumption of trans fatty acids is a risk to human health. There are many studies about harmful effects of trans fatty acids and their effect on occurrence of heart disease and development of diabetes. Many of these fatty acids in diet comes from processed food comprising partially hydrogenated oils and fats. Some fatty acids are naturally occurring in small amounts in milk, dairy products, meat and meat products. However they do not show adverse effects. Particularly noteworthy are harmful effects of trans fatty acids from partially hydrogenated oils which are primary dietary source of industrially – produced trans fatty acids. Therefore the legislation of many countries began to restrict the content of trans fatty acids in food and to introduce mandatory labeling. It turned out that the mandatory labeling is an effective motivator for food industry. Many manufacturers reduce the content of trans fats in order to reach required limit of trans fatty acids in total fat. It is important to emphasize that the formation of industrially produced trans isomers can be reduced or even completely eliminated by replacing the process of partial hydrogenation with other technological processes such as fractionation and interesterification. In November 2013, Food and Drug Administration (FDA) has tentatively determined that partially hydrogenated oils are no longer safe. That is the first such decision to revoke the GRAS (Generally Regarded As Safe) status for one component in food. Many believe that it won't be the last one.

*Key words: trans fatty acids, nutritional problem, legislation, declaration*

## UVOD

Delimično hidrogenovane biljne masti, koje su primarni izvor *trans* masnih kiselina imaju dugu istoriju upotrebe u ishrani. Proces hidrogenacije je

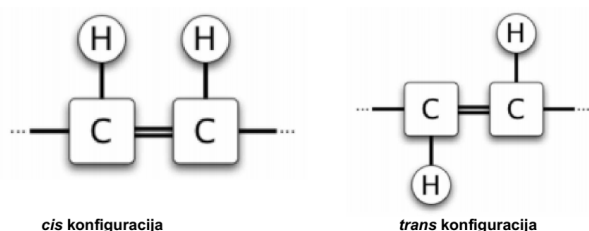
Katarina D. Nedić Grujin, dipl. inž., e-mail: katarinagrujin@yahoo.com, AD Dijamant, Temišvarski drum 14, Zrenjanin, Srbija, dr Vesna B. Vujasinović, Visoka škola za menadžment i poslovne komunikacije, Mitropolita Stratimirovića 110, Sremski Karlovci, Srbija

razvijen tridesetih godina prošlog veka i od tada se naglo širi upotreba delimično hidrogenovanih ulja u industrijski proizvedenoj hrani. Delimična hidrogenacija biljnih ulja dovela je do promene u fizičkim i hemijskim osobinama hrane, dajući joj aromu, hrskavost, kremastu konzistenciju, plastičnost i bolju oksidativnu stabilnost, ali takođe i povećanje unosa *trans* masnih kiselina u ljudskoj ishrani. Veliki broj naučnih istraživanja je došao do pozitivne korelacije između povećanog alimentarnog unosa delimično hidrogenovanih masti i masovne pojave

srčanih oboljenja. Osim srčanih oboljenja, analizirani su uticaji *trans* masnih kiselina na dijabetes, kancer, razvoj dece i sl. Trenutno se u svetu radi na smanjenju unosa *trans* masnih kiselina u organizam. Danska je prva zemlja u svetu koja je donela zakon o dozvoljenom sadržaju *trans* masnih kiselina u prehrambenim proizvodima. Na osnovu naučnih dokaza i otkrića, američka institucija, Administracija za hranu i lekove (FDA-Food Drug Administration) je 2013. godine preliminarno odlučila da delimično hidrogenovana ulja, koja su primarni izvor industrijskih *trans* masnih kiselina, nisu više prepoznata kao bezbedna (GRAS-Generally Regarded As Safe) za upotrebu te su stoga dobili status aditiva u hrani. Ukoliko ova odluka postane konačna, proizvođači neće više moći da prodaju delimično hidrogenovana ulja, bilo direktno, bilo kao sastojak nekog proizvoda bez prethodnog odobrenja FDA da se to delimično hidrogenovano ulje koristi kao aditiv.

### Uopšte o *trans* masnim kiselinama

Masne kiseline su sastavni deo masti i ulja. Sačinjene su od alifatskog lanca, koji može imati funkcionalne grupe ili dvostruke veze i karboksilne grupe na početku lanca (alifatski lanac daje masnoj kiselini lipofilne osobine, karboksilna grupa daje malu hidrofilitnost). Masne kiseline s jednom dvostrukom vezom nazivaju se mononezasićene masne kiseline, sa dve ili više dvostrukih veza nazivaju se polinezasićene masne kiseline. Građa molekula nezasićenih masnih kiselina u prirodi je takva da se oba atoma vodonika nalaze s jedne strane dvostruke ugljenikove veze (*cis*-oblik), slika 1.



**Slika 1.** *Cis* i *trans* konfiguracije masnih kiselina  
**Figure 1.** *Cis* and *trans* configurations of fatty acids

Geometrijska građa molekula *trans* masnih kiselina (slika 1) pokazuje oslabljenu dvostrukom ugljenikovu vezu, pa su molekuli skloni međusobnom povezivanju. Time se značajno menjaju mnoga svojstva *trans* masti. Dve masne kiseline, osim po poziciji vodonikovih atoma, mogu se razlikovati i po poziciji dvostruke ugljenikove veze u lancu. Tako se razlikuju konjugovane i nekonju-

govane masne kiseline. Kako su molekuli masnih kiselina prilično veliki, u njima mogu svi delovi biti u *cis*-obliku (*cis-cis*), ali mogući su i izomeri s kombinacijama pojedinih delova, kao *cis-trans*, *trans-cis* i *trans-trans* izomeri. Promena položaja atoma vodonika kod *trans* masnih kiselina menja mnoga svojstva masnih kiselina pa one poprimaju neka svojstva zasićenih masnih kiselina, kao npr. fizička svojstva (tačku topljenja). Značajno se menjaju i njihova hemijska svojstva. Međutim, u pogledu nepoželjnog dejstva u organizmu, koje mogu svojim promenjenim hemijskim osobinama stvoriti, razlikuju se *trans* masne kiseline koje čovek stvara u procesima prerade masti i ulja, od onih koje se nalaze u prirodnim proizvodima, kao što je slučaj kod preživara (Šaban, 2006).

Hemijska hidrogenacija je proces u kome atomi vodonika vrše adiciju na nezasićene veze u ugljovodoničnom lancu masnih kiselina u prisustvu katalizatora, redukujući time broj dvostrukih veza. Delimična hidrogenacija je proces delimičnog zasićenja dvostrukih veza u kome neke od dvostrukih veza ostaju, menjajući konfiguraciju iz *cis* u *trans*. *Trans* premeštanje atoma vodonika daje relativno pravolinijsku konfiguraciju masnih kiselina i time povećava tačku topljenja, produžava rok trajanja i daje stabilnost ukusa hidrogenovanog ulja. Zbog ovih osobina su se delimično hidrogenovana ulja koristila u industriji za proizvode kao što su margarin, namenske masti i pekarski proizvodi. Proces hidrogenovanja se može kontrolisati kako bi se dobile željene fizičke i hemijske osobine proizvoda. Ako je ulje potpuno hidrogenovano dvostruke C-C veze su eliminisane što daje potpuno hidrogenovano ulje. Sadržaj *trans* masnih kiselina u delimično hidrogenovanim uljima može da varira od 10% do 60%, uz prosečan sadržaj između 25% i 45%. Na formiranje *trans* izomera utiče pritisak, temperatura, stepen mešanja u reaktoru, tip i koncentracija katalizatora, vreme reakcije i poreklo masti ili ulja. *Trans* masne kiseline se formiraju i u proizvodnji nehidrogenovanih rafiniranih ulja (kao što su npr. sojino i ulje pamuka) kao rezultat *cis-trans* izomerizacije koju uzrokuje visoka temperatura procesa deodorizacije. Koncentracija *trans* masnih kiselina u nehidrogenovanim rafiniranim uljima je obično ispod 2%, a niže vrednosti (ispod 2%) se mogu naći u potpuno hidrogenovanim uljima. Teoretski, potpuno hidrogenovano ulje bi bilo potpuno zasićeno i ne bi sadržalo *trans* masne kiseline. Međutim, nijedan proces hidrogenovanja nije 100% efikasan. Sadržaj izomera *trans* masnih kiselina u jestivim uljima se može kontrolisati mešanjem različitih ulja (Tarrago-Trani i sar., 2006).

Tehnološki stvorene *trans* masne kiseline imaju nepoželjne efekte u procesima dalje transformacije, tj. metabolizmu masnih kiselina u organizmu, kao npr. kod transformacije linolne masne kiseline (LA) u gama-linolensku (GLA), ili alfa-linolenske masne kiseline (ALA) u eikosapentaensku (EPA), od kojih nastaju mnogobrojni parakrini hormoni i enzimi. Time *trans* masne kiseline mogu značajno narušiti osetljivu hormonsku ravnotežu u organizmu i izazvati razna akutna i hronična oboljenja, kao što su npr. bolesti krvotoka, kao i mnogi upalni i alergijski procesi. Dokazano je da *trans* masne kiseline povećavaju nivo LDL-holesterola, a smanjuju nivo HDL-holesterola u krvi, kao poznate faktore rizika kod kardiovaskularnih bolesti. Takođe, *trans* masne kiseline menjaju permeabilitet membrana, narušavajući zaštitnu barijeru ćelija, a zbog promene njene strukture molekula, one ne mogu preko ćelijskih membrana prenositi mnoge proteine i kiseonik u ćelije. Takođe, kako mnogi hormoni u organizmu služe i kao aktivatori pojedinih gena, to *trans* masne kiseline preko hormona i enzima mogu izazvati i mnoge mutacije gena u organizmu te dovesti čoveka u još veću opasnost zbog mogućih malignih oboljenja. Iako dosta česti natpisi u svetu danas ne govore o razlikama između pojedinih vrsta *trans* masnih i konjugovanih masnih kiselina, nego ih ponekad sve svrstavaju u istu nepoželjnu kategoriju, koja izaziva štetne posledice po ljudsko zdravlje, ipak je neophodno istaći velike razlike među njima u pogledu moguće štetnosti. Zbog toga treba naglasiti da je situacija s konjugovanim i *trans* masnim kiselinama koje se prirodno nalaze u proizvodima dobijenim od preživara (mleko i mlečne prerađevine, meso i mesne prerađevine) potpuno drugačija. Mnoga istraživanja pokazuju da konjugovana linolna masna kiselina (CLA) (koje ima najviše u navedenim proizvodima) ne samo da nije štetna po ljudsko zdravlje, nego je i vrlo korisna jer je antikancerogena u svim fazama razvoja raka (u inicijaciji, propagaciji i metastazama). Takođe se pokazalo da CLA blokira konverziju linolne masne kiseline (LA) u arahidonsku masnu kiselinu (AA), od koje se stvaraju loše naslage prostaglandina (PG2) i leukotriena (LT4). Ni *trans* masne kiseline u navedenim proizvodima nisu štetne po organizam jer se npr. vakcenska *trans* masna kiselina (VA) (koje ima najviše u tim proizvodima) u organizmu (*in vivo*) pretvara upravo u korisnu CLA (Šaban, 2006).

### Nutritivni problemi sa *trans* masnim kiselinama

Postoji veliki broj masnih kiselina *trans* konfiguracije, a najzastupljeniji u ishrani su *trans* mononezasićene, pre svega, elaidinska C18:1t9, a

u manjim količinama vakcenska C18:1 t11), s napomenom da nemaju sve *trans* masne kiseline isti efekat na proces aterogeneze (Lepšanović i sar., 2000; Belury, 2002; Steihart i sar., 2003). *Trans* oblici nezasićenih masnih kiselina nemaju karakter esencijalnih masnih kiselina i njihov metabolizam u organizmu čoveka je sličniji metabolizmu zasićenih nego nezasićenih masnih kiselina *cis* konfiguracije (Lepšanović i sar., 2007; Katan, 2000). Ovo bi moglo objasniti njihove potpuno različite efekte u odnosu na proces aterogeneze u poređenju sa *cis* oblicima nezasićenih masnih kiselina, a sličnost njihovog metabolizma sa zasićenim masnim kiselinama najverovatnije je posledica slične konfiguracije njihovih pravolinijskih lanaca.

Industrijski proizvedene *trans* masne kiseline dovode do značajnog porasta ukupnog i LDL-holesterola, kao i lipoproteina (a), a snižavaju nivo HDL-holesterola (Lichtenstein, 2000; Müller i sar., 2001; Crupkin i sar., 2008; Hunter, 2014), utiču takođe nepovoljno i na trigliceride, povišavajući njihovu koncentraciju u krvi (Lichtenstein, 2000; Steihart i sar., 2003). Uticaj *trans* masnih kiselina na vrednosti krvnih lipida i lipoproteina čak je nepovoljniji od efekata zasićenih masnih kiselina dugog lanca: dok zasićene masne kiseline ne menjaju koncentracije lipoproteina (a) i triglicerida, već donekle čak povišavaju nivo protektivnog HDL-holesterola, efekti *trans* izomera masnih kiselina i na ove lipidske frakcije su, suprotno tome, nepovoljni i menjaju ih u smislu aterogenog lipidskog profila (Crupkin i sar., 2008; Steihart i sar., 2003). Treba, ipak, spomenuti da ima radova u kojima je ustanovljeno da su masne kiseline *trans* konfiguracije stabilnije prema oksidativnoj modifikaciji od *cis* izomera (Lepšanović i sar., 2007).

Štetno delovanje *trans* masnih kiselina na krvne lipide i lipoproteine objašnjava se sledećim mehanizmima:

1. oštećuju LDL receptore na ćelijskim membranama i smanjuju njihovu aktivnost;
2. povećavaju aktivnost CETP, odnosno proteina odgovornog za transport estara holesterola, za koji je utvrđeno da igra značajnu ulogu u sastavu i veličini lipoproteinskih čestica (Lepšanović i sar., 2000; Stender i sar., 2006).

Ustanovljeno je da imaju i druge neželjene efekte koji su od posebnog značaja za odojčad i decu. Tako je dokazano da *trans* masne kiseline remete metabolizam esencijalnih masnih kiselina, a

u najranijem uzrastu postoji izuzetno velika potreba za esencijalnim masnim kiselinama s obzirom na ubrzani rast i razvoj organa i tkiva (Hornstra, 2000; Craig-Schmidt, 2001). Dokazano je da ove masne kiseline interferiraju za iste enzimske sisteme s esencijalnim masnim kiselinama, remeteći na taj način metabolizam linolne i  $\alpha$ -linolenske masne kiseline. *Trans* izomeri masne kiseline takođe nepovoljno deluju na hemostazne mehanizme (Lichtenstein, 2000; Stender i sar., 2006; Ascherio, 2006), a zamena zasićenih masnih kiselina sa *trans* izomerima dovodi, pored snižavanja HDL-holesterola, i do poremećaja endotelne funkcije organizma (de Roos i sar., 2001; de Roos i sar., 2001a; Stender i sar., 2004). Zamenom unosa nezasićenih masnih kiselina *cis* konfiguracije sa unosom *trans* izomera dovodi do povećanja insulinske rezistencije i povećanje rizika za nastanak dijabetesa tipa 2, odnosno da postoji pozitivna korelacija između alimentarnog unosa *trans* masnih kiselina i relativnog rizika za pojavu dijabetesa tipa 2 (Christiansen i sar., 1997; Salmerón i sar., 2001; Bray i sar., 2002). Imajući u vidu ovakve efekte, sasvim je razumljivo da povećani alimentarni unos *trans* masnih kiselina ima za posledicu ubrzani razvitak ateroskleroze i koronarnih bolesti. Štaviše, *trans* masne kiseline imaju izraženiji aterogeni efekat od zasićenih masnih kiselina dugog lanca (laurinska, miristinska, palmitinska), što je sasvim logično iz napred prikazanih njihovih efekata na lipidski metabolizam (Lichtenstein, 2000; Crupkin i sar., 2008). Ustanovljeno je da odnos "gram na gram" industrijski proizvedenih *trans* masnih kiselina, u poređenju sa unosom zasićenih masnih kiselina, ima čak deset puta veći štetni uticaj na razvitak oboljenja srca i krvnih sudova. U razjašnjenju aterogenog delovanja *trans* masnih kiselina pionirsku ulogu imao je rad Mann-a iz 1994. godine (Mann, 1994). On je uočio da je u SAD epidemija koronarne bolesti započela oko 1920. godine, a da je uvođenje velikih količina *trans* masnih kiselina u ishranu počelo osam godina ranije (1912. godine), kada su tehnolozi razvili postupak hidrogenacije tečnih ulja. Ne izvodeći nikakve zaključke, autor se samo pitao da li je hronologija ova dva događaja međusobno povezana ili je posredi prosta koincidencija. U vezi s ovim razmišljanjem treba spomenuti i ispitivanje Keys-a koji je utvrdio naročito veliki unos *trans* masnih kiselina u skandinavskim zemljama gde je učestalost ishemijske bolesti srca u to vreme bila vrlo velika. Suprotno ovome, tzv. francuski paradoks, koji se sastoji u maloj incidenciji koronarne bolesti uprkos velikom unosu ukupnih masti, pored ostalog, mogao bi biti i posledica ograničenog unosa delimično hidro-

genovanih ulja (Lepšanović i sar., 2000; Lepšanović i sar., 2007).

Poslednjih desetak godina načinjen je veliki broj kliničkih i eksperimentalnih studija koje su potvrdile da industrijski proizvedene masne kiseline *trans* konfiguracije deluju izrazito aterogeno (Lichtenstein, 2000; Müller i sar., 2001; Kromhout, 2001), a takva ispitivanja su i danas vrlo intenzivna. Naročito su interesantni podaci o efektima zamene aterogenih zasićenih masnih kiselina i *trans* masnih kiselina u ishrani sa nezasićenim masnim kiselinama *cis* konfiguracije na razvitak ishemijske bolesti srca (Hu i sar., 1999; Aro, 1998; Aro, 2001). Utvrđeno je da zamena 5% energije iz zasićenih MK energijom iz nezasićenih masnih kiselina *cis* konfiguracije smanjuje rizik od koronarne bolesti srca za 42%, dok zamena samo 2% energije iz *trans* masnih kiselina sa nehidrogenovanim nezasićenim masnim kiselinama *cis* konfiguracije smanjuje rizik od nastanka koronarne bolesti čak za 53%. Ovi rezultati sugerišu da je zamena zasićenih masnih kiselina dugog lanca i *trans* masnih kiselina sa mononezasićenim i polinezasićenim mastima *cis* konfiguracije mnogo efikasnija u prevenciji koronarne bolesti srca među ženama nego druge dijetske mere, kao što je, npr., smanjenje ukupnog unosa masti. S druge strane, postoje dokazi da je povećanje unosa *trans* masnih kiselina za 2%, povezano s porastom rizika od koronarne bolesti srca za 25%.

### Proizvodi sa *trans* masnim kiselinama

Poreklo *trans* izomera u ishrani savremenog čoveka je dvojako. Manje količine su prirodnog porekla i nalaze se u maslacu i mlečnim proizvodima, nekim mastima životinjskog porekla i u mesu preživara, jer se stvaraju u želucu preživara, procesom bakterijske hidrogenacije (Lepšanović i sar., 2007). U stvari, u želucu dolazi do biohidrogenacije koja je katalisana anaerobnom bakterijom *Butyrivibrio fibrosolvens*. Ustanovljeno je da se u kravljem mleku *trans* masne kiseline nalaze u količini od 2-8% zavisno od ishrane goveda i godišnjeg doba, a prema ispitivanjima (Lepšanović i sar., 1996) elaidinska masna kiselina u kravljem mleku i mlečnim proizvodima nalazi se u količini od 3,5-5%. *Trans* masne kiseline su prisutne i u mleku drugih životinjskih vrsta, a njihov važan izvor predstavlja i goveđi loj u kome se nalaze u količini od 4,9% (Bayard i sar., 1996). Izuzetno velike količine *trans* izomera nalaze se u brojnim vrstama margarina, naročito u čvrstim, proizvodima na bazi margarina, raznim prelivima i premazima i što je naročito značajno, u biljnim mas-

tima i ribljim uljima čvrste konzistencije, a takve masti se baš najčešće koriste prilikom pripremanja brze hrane, mnogih vrsta peciva i konditorskih proizvoda. Ilustracije radi, na primer, jedna krofna sadrži 3,2 g, velika porcija pomfrita 6,8 g, kesica kokica iz mikrotalasne pećnice ili 100 g biskvita sadrže 10 g industrijski proizvedenih *trans* masnih kiselina. Tako obrok koji sadrži kesicu kokica, krofnu i veliku porciju pomfrita zajedno može da sadrži čak oko 20 g *trans* masnih kiselina, što je višestruko više od dozvoljenog dnevnog unosa *trans* izomera masnih kiselina. U 100 g niskoenergetskog margarina dobijenog postupkom delimične hidrogenacije nalazi se oko 12 g *trans* masnih kiselina, dok u industrijski hidrogenovanoj masti mogu dostići čak 60% od celokupnog sadržaja masnih kiselina u njima (Ascherio, 2006).

Podaci o *trans* masnim kiselinama u hrani uglavnom potiču iz Severne Amerike i Evropskih zemalja. Najveći izvor *trans* masnih kiselina su pekarski proizvodi (torte, keks, pite i hleb) koji čine 40% svih proizvoda koji sadrže *trans* masne kiseline, animalni proizvodi 21% i margarina 17% (Perryman i sar., 2006). Brza hrana (pomfrit i čips) čine 13%, dok ostalih 7% dolazi od preliva za salatu i namaza. Generalno, približno 80% hrane je sadržalo delimično hidrogenovana ulja koja su najveći izvor *trans* masnih kiselina. Analiziranjem sadržaja *trans* masnih kiselina u hrani, Innis i sar. (1996) su došli do zaključka da su postojale velike varijacije u sadržaju *trans* masnih kiselina. Tako je 14 vrsta krekeri različitih proizvođača sadržalo od 23,5 do 51,3% *trans* masnih kiselina u ukupnim mastima. Takođe je čips različitih proizvođača imao širok raspon *trans* masnih kiselina (0,4 do 25,3%). Sadržaj *trans* masnih kiselina u belom hlebu je bio između 0,11 i 1,39 g/100 g hleba, u zavisnosti od masti koja se upotrebljava. Slično za proizvodnju margarina u tubi, količina *trans* masnih kiselina se nalazila u opsegu 3,05 do 11,30 g/100 g u zavisnosti od korišćenog biljnog ulja (delimično hidrogenovano kukuruzno ulje, repičino ulje, sojino ulje i suncokretovo ulje). Neka hrana kao što su smeše za kolače i tvrdi margarina imale su uzak opseg sadržaja *trans* masnih kiselina. Velike varijacije unutar jedne kategorije hrane pokazale su da upotrebu *trans* masnih kiselina treba ograničiti na određenu vrednost.

Da bi se utvrdio nivo unosa *trans* masnih kiselina među populacijom primenjene su različite metode. Ovo uključuje podatke iz marketa, laboratorijske analize tipičnog sastava hrane, podatke o potrošnji hrane i upotrebu biomarkera kao što su majčino mleko, membrane crvenih krvnih zrnaca i masno

tkivo (Craig-Schmidt, 2006). Indirektni način da se utvrdi nivo unošenja *trans* masnih kiselina je da se koriste podaci o dostupnosti masti u jednoj zemlji i snabdevenost uljem. U SAD-u podaci o snabdevenosti hranom pokazuju da je dostupnost biljnih ulja u marketima porasla od 35 do 68 g/ glavi stanovnika dnevno u periodu između 1965. i 2003. god., što je povećanje od skoro 100 %. Ukupna potrošnja jestive masti i ulja se povećala sa 56,7% iz 1965. na 81,3% 2003. godine. Ovo povećanje se može pripisati brzom razvoju industrije hrane, brzoj hrani, restoranima i obimnoj upotrebi masti i ulja za prženje hrane. Potražnja za prikladnom gotovom hranom, uključujući hranu pripremljenu van kuće i hranu pripremljenu u domaćinstvima, rezultirala je u visokom unosu masti i ulja. Podaci dobijeni na adolescentima od oko osamnaest godina i starijim, dobijeni iz nacionalnih reprezentativnih anketa, uključujući anketu svetske potrošnje hrane i trenutnu anketu unosa hrane pojedinca, pokazala je redukovanje unosa hrane koja je izvor zasićenih masti (crveno meso, maslac, punomasno mleko i jaja). U isto vreme bio je povećan trend potrošnje gotove hrane, vodeći sa hranom kao što je pizza, pomfrit, meksička hrana, čizburgeri i kineska hrana. Ovaj način ishrane doveo je do smanjenja unosa vidljive masnoće (npr. mesa i maslaca, a povećao unos nevidljive masnoće (pomfrit i pizza). Kasnije se povećao i obim potrošnje biljnog ulja, pošto su ona bitan sastojak u industrijski proizvedenoj hrani i hrani pripremljenoj u prodavnicama brze hrane. Godine 1980. prosečan unos *trans* masnih kiselina u Americi je utvrđen na oko 8 g/glavi stanovnika dnevno od čega je 85% dolazilo od hrane koja je sadržala delimično hidrogenovana ulja, a ostatak iz mlečnih i mesnih proizvoda. Njihov unos je smanjen 1990. god. na 5,3 g/glavi stanovnika dnevno. 1. januara 2006. god. na snagu je stupio zakon da se mora deklarirati sadržaj *trans* masnih kiselina ukoliko je on iznad 0,5 %, dok se unos manji od 0,5% može smatrati kao 0 (ili bez *trans* masnih kiselina). U Evropi, TRANSFAIR studija je pokazala varijacije unosa *trans* masnih kiselina u različitim zemljama. Najniži je 1,4 g/glavi stanovnika dnevno u Grčkoj a najviše u Islandu 5,4 g. Generalno, Mediteranske zemlje imaju najniži unos (ispod 3 g/osobi/dan). Suprotno, zemlje kao što su Island, Holandija i Belgija pokazale su potrošnju preko 4 g/osobi/dan koja se može porediti sa vrednošću unosa u Severnoj Americi. Sadržaj *trans* masnih kiselina u hrani, posmatran je u Danskoj poslednjih 30 godina. U margarinima i namazima sadržaj *trans* masnih kiselina je bitno smanjen, npr. 1995. god. je samo 42% uzoraka bilo bez industrijski proizvedenih *trans*

masnih kiselina, dok je 1999. god. ta vrednost bila 88%. Istraživači velikog asortimana hrane pokazali su 2005. godine da su smanjene količine proizvoda sa visokim sadržajem *trans* masnih kiselina, kao što su pomfrit, mikrotalasne kokice i različiti pekarski proizvodi. Industrijski proizvedene *trans* masne kiseline nisu više značajna komponenta u proizvodima u Danskoj (Leth i sar., 2006).

U Severnoj Americi u konačnoj odluci iz jula 2003. godine procenjena je srednja vrednost unosa *trans* masti iz proizvoda koji sadrže delimično hidrogenovana ulja, za odrasle (starije od 20 godina) na 4,6 g/dan (2,0% dnevnog energetskog unosa na bazi 2000 kalorija) (<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>). Takođe je procenjen ukupni unos *trans* masti iz proizvoda koji sadrže delimično hidrogenovana ulja i iz proizvoda životinjskog porekla koji sadrže *trans* masti (1,2 g/dan) na 5,8 g/dan za odrasle (2,6% energije). Analiza je pokazala da su mnogi proizvodi reformulisani kako bi se eliminisala i značajno smanjila količina industrijski proizvedenih *trans* masnih kiselina. Međutim, mnogi će i dalje konzumirati velike količine *trans* masnih kiselina, prvenstveno konzumirajući proizvode koji sadrže delimično hidrogenovana ulja.

2010. godine je procenjen unos industrijskih *trans* masti koristeći dostupne podatke o konzumaciji hrane (Pregled nacionalnog zdravlja i ispitivanje načina ishrane-NHANES u periodu od 2003. do 2006. godine), te informacije iz marketa i nivoima *trans* masti na etiketama i analitičke podatke o proizvodima za koje se zna da sadrže delimično hidrogenovana ulja (Doell i sar., 2012). 2010. god. procenjenje unos *trans* masti za američku populaciju stariju od 2 godine koji su konzumirali prerađenu hranu sa delimično hidrogenovanim uljem na 1,3 g/osobi/dan (0,6% energije). Za česte konzumente (koji čine 90% konzumenata) procenjen je unos na 2,6 g/osobi/dan (1,2% energije) za populaciju stariju od 2 godine. Na osnovu ove procene, glavni unos industrijskih *trans* masti je znatno smanjen u odnosu na podatke iz 2003. godine.

Podaci koji su sakupljeni ukazuju da su mnogi proizvodi (npr. zamrznuti krompirovi proizvodi, većina zamrznutih pohovanih proizvoda) reformulisani kako bi se uklonila delimično hidrogenovana ulja. Međutim, na tržištu se nalaze mnogi proizvodi koji sadrže delimično hidrogenovana ulja. Ovi proizvodi spadaju u jednu od dve kategorije: hrana za koju potrošači imaju alternativu koja sadrži manje količine *trans* masti (na primer kolači, peciva, kokice, pizza, namenske masti) i hrana za koju potrošači imaju vrlo malo ili nemaju alternativu sa

nižim sadržajem *trans* masti (na primer gotovi prelive, tvrdi margarin).

2013. godine je na osnovu pregleda etiketa nastavljena procena iz 2010. godine za one namirnice koje su identifikovane kao najveći izvori delimično hidrogenovanih ulja, kao i za one grupe namirnica kod kojih je primećen napredak u reformulisanju. Za ovu najnoviju procenu je najniži unos 1,0 g/osobi/dan (0,5% energije), a najviši unos 2,0 g/osobi/dan (1,0% energije) za američku populaciju stariju od 2 godine. Kao što podaci pokazuju, došlo je do opadajućeg trenda u unosu *trans* masti. Posebno je primećeno smanjenje kod zamrznutog testa, pikantnih grickalica i zamrznutih pizza što je u skladu sa nižim nivoima *trans* masti po istraživanju etiketa proizvoda. Iako je ukupan unos *trans* masti od 2003. godine opao, pojedinci zbog loših navika u ishrani, još uvek konzumiraju velike količine *trans* masti u određenim brendovima pojedinih vrsta proizvoda (npr. zamrznuti keks, gotovi prelive, određeni brendovi zamrznutih pizza, određeni brendovi kokica) koji mogu imati nekoliko grama *trans* masti po porciji. Sadašnja procena ukazuje da oko 100% populacije konzumira jednu ili više namirnica koje su uzete u razmatranje.

Nedavni dokazi pokazuju povećanje rizika od kardiovaskularnih bolesti prilikom konzumacije bilo koje količine *trans* masti, što znači da i konzumacija delimično hidrogenovanih ulja dovodi do povećanja LDL holesterola i do povećanja rizika od kardiovaskularnih bolesti. Ovi dokazani uticaji potvrđuju odluku da konzumacija delimično hidrogenovanih ulja može biti štetna (povećan rizik od kardiovaskularnih bolesti) u bilo kom obliku konzumiranja. Preliminarno je odlučeno da ovi dokazi narušavaju bilo koju osnovu za GRAS status ovih ulja, te da stoga među ekspertima ne postoji koncenzus da su delimično hidrogenovana ulja, primarni izvor industrijskih *trans* masnih kiselina, bezbedna za bilo koji način upotrebe (Kux, 2013).

### Zakonski propisi o *trans* mastima

Nastojanje za uklanjanje *trans* masti iz hrane je globalni fenomen. Zabrane za *trans* masti su počele 2002. godine u Danskoj gde je uvedeno ograničenje od 2% za *trans* masti u svojoj hrani osim maslaca. Ovi podsticaju su proizašli iz nekoliko TRANSFAIR studija koje su objavljene kasnih devedesetih godina, a koje su pokazale da mnoga hrana proizvedena u Evropi sadrži visoke nivoe *trans* masnih kiselina (Aro i sar., 1998). Danska je 11. marta 2003. godine postala prva zemlja u svetu koja je donela zakon o

dozvoljenom sadržaju *trans* masnih kiselina. Ovom zakonu podležu ulja, masti i emulzije koje ih sadrže kao kontinualnu fazu, a namenjene su ljudskoj ishrani, bilo da predstavljaju namirnicu, ili komponentu u proizvodnji hrane. Zakon se ne odnosi na proizvode životinjskog porekla sa prirodno većim količinama *trans* masnih kiselina (meso, mleko) i proizvode čiji je sastav regulisan drugim zakonima. Prema annex-u 1 ovog zakona, *trans* masne kiseline definisane su kao suma svih izomera masnih kiselina sa 14, 16, 18, 20 i 22 ugljenikova atoma i jednom, ili više *trans* dvostrukih veza. Zabranjuje se prodaja svih navedenih proizvoda koji sadrže :

- više od 2% *trans* masnih kiselina u odnosu na ukupnu količinu masti, za direktnu upotrebu u ljudskoj ishrani;
- više od 5% za masti koje se koriste za industrijsku proizvodnju hrane, u resto-ranima, pekarskoj proizvodnji itd.;
- više od 1% na ukupnu količinu masti u finalnom proizvodu, ukoliko su proizvodi obeleženi "bez *trans* masnih kiselina" (<http://www.tfx.org.uk/page116.html>).

Napori da se smanje nivoi *trans* masnih kiselina u Americi su počeli Aktom o deklarisanju nutritivne vrednosti koji je postao federalni 1990. godine. Iako se ovo pravilo nije odnosilo na *trans* masne kiseline, konačna odluka objavljena jula 2003. godine je zahtevala da i *trans* masne kiseline budu deklarisanje u posebnoj liniji, uz zakonsku obavezu da hrana koja sadrži manje od 0,5 g *trans* masti može da se deklarise kao hrana bez *trans* masnih kiselina. Do 2007. godine preko 1900 proizvoda je deklarisan kao proizvodi bez *trans* masnih kiselina. Do 2012. godine, većina proizvoda je sadržala 0,2 g ili manje *trans* masnih kiselina uključujući tu i pekarske proizvode koji su pre deklarisanja bili najveći izvor *trans* masnih kiselina u SAD (Rahovsky i sar., 2012).

U Evropi je preporučeno maksimalno 1% *trans* masnih kiselina od ukupnih kalorija u ishrani. Statistike pokazuju da su mnoge zemlje na ili ispod granice od 1%. U Austriji je sadržaj *trans* masnih kiselina ograničen na 4% od ukupnih masti, a 2% na proizvod koji sadrži više od 20% masti. U Švedskoj je parlament naredio vladi da uredi zakon o zabrani korišćenja industrijski proizvedenih *trans* masnih kiselina. Na Islandu su potpuno zabranjene *trans* masne kiseline u proizvodima. Švajcarska prati Danske regulative, a realizovala je sopstvenu regulaciju aprila 2008. godine. U Engleskoj ne postoji zvanični zakon o regulaciji *trans* masnih kiselina. 2007.

godine FSA je zatražila da se počne sa deklarisanjem *trans* masnih kiselina na proizvodima. Krajem 2007. god. zahtevano je da se redukuju *trans* masne kiseline u hrani. Lansly Andrew je 2012. god. tražio da se eliminišu "sintetske" *trans* masne kiseline iz ishrane. Industrija proizvodnje margarina se prva fokusirala na uklanjanje *trans* masnih kiselina. Kasnije su sadržaj *trans* masti smanjivale i industrija proizvodnje pomfrita, pekarskih proizvoda, kokica. Studija koja je obuhvatila 16 evropskih zemalja je pokazala da su se *trans* masne kiseline značajno smanjile, naročito u zapadnoj Evropi, ali je neophodno uložiti dodatni napor u nekim zemljama istočne Evrope. Evropska strategija uklanjanja *trans* masnih kiselina je ista kao i američka. Modifikovana ulja su se pokazala pogodna za prženje dok su ulja dobijena enzimskom ili hemijskom interesterifikacijom tropskih ulja i mešanjem postala pogodna kao zamena za *trans* masne kiseline. Zamena za *trans* masne kiseline je u Evropi svojevrsna i nije zakonski regulisana.

Uklanjanje *trans* masnih kiselina u Južnoj Americi je prioritet u Brazilu, Argentini, Paragvaju i Urugvaju jer te zemlje zahtevaju strožije označavanje *trans* masnih kiselina. Hrana koja sadrži više od 0,2% *trans* masti po porciji mora sadržati upozorenje o *trans* masnim kiselinama. Hrana koja može biti označena kao ona bez *trans* masti je ona koja sadrži manje od 0,2% *trans* i 2 g zasićenih masti po porciji. Drugi pristup u uklanjanju *trans* masti je zamena hidrogenovanih ulja tropskim mastima. U Brazilu se najčešće koristi hemijska/enzimaska interesterifikacija, delimično ili kompletno hidrogenovanje i frakcionisanje, pojedinačno ili u kombinaciji. U Argentini je visokooleinsko suncokretovo ulje popularna zamena za *trans* masti u slučajevima gde nisu potrebne čvrste komponente, dok su životinjske masti dobre za čvrstu frakciju margarina, namenskih masti, kolača i krepera.

Kina ne zahteva označavanje *trans* masnih kiselina na svojoj industrijskoj hrani. Međutim, označavanje je obavezno kada su hidrogenovana ili delimično hidrogenovana ulja sastojci proizvoda. Samo se nezasićene kiseline sa jednom dvostrukom vezom i 18C atoma moraju označiti kao *trans* masne kiseline. Da bi čvrsta hrana bila označena kao hrana bez *trans* masnih kiselina, mora ispuniti određene uslove. To uključuje manje od 0,3 g *trans* masnih kiselina/100g hrane, ne više od 1,5 g *trans* i zasićenih masti/100g hrane i doprinos ukupnoj dnevnoj energiji ne veći od 10%. Pravila su slična i za tečnosti, samo što se brojke odnose na zapreminu, a ne na masu. Hrana u Kini je siromašna *trans* masnim kiselinama, ali je

poželjno dalje smanjenje. Smanjenje *trans* masnih kiselina se uglavnom postiže zamenom hidrogenovanih ulja palminim uljem.

Japan je započeo smanjenje *trans* masnih kiselina još 2001. godine uprkos činjenici da je i u periodu 1997-2007. godine unos *trans* masnih kiselina u populaciji daleko ispod 1% energetske unosa. Glavni izvori *trans* masnih kiselina u japanskoj hrani su žitarice, riba i morski plodovi, meso i mleko. Pravilo o označavanju *trans* masti je doneto 2011. godine. Da bi se okarakterisala kao hrana bez *trans* masnih kiselina (sinonimi „free”, „nula”, „ne”), hrana mora da sadrži manje od 0,2 g *trans* masnih kiselina na 100g ili ml i da sadrži manje od 1,5 g zasićenih masnih kiselina ili da hrana obezbeđuje manje od 10% energije od zasićenih kiselina. Međutim, ovi planovi su odloženi zbog velikih troškova i malog rizika od *trans* masnih kiselina u Japanu. Između 2006. i 2010. godine došlo je do smanjenja primene procesa hidrogenacije koje je bilo praćeno porastom interesterifikacije i frakcionisanja u domaćoj industriji.

Australija i Novi Zeland se oslanjaju na dobrovoljno uklanjanje *trans* masnih kiselina iz lanca ishrane. Ovaj pristup dobro funkcioniše zbog toga što hrana ima veoma malo *trans* masnih kiselina ili su to količine u prihvatljivim granicama. 2009. godine je otkriveno da krofne imaju preko 29% *trans* masnih kiselina. Potrošačke grupe su insistirale na uklanjanju *trans* masnih kiselina što je dovelo do smanjenja na 1-1,6 g od ukupnih masti. Ovo je postignuto reformulacijom namenskih masti sa suncokretovim, sojinim i kanola uljima.

Ministarstvo zdravlja Malezije uređuje pravila u zahtevima ishrane u pogledu *trans* masnih kiselina u dve kategorije: „malo” (1,5 g/100g čvrste faze, 0,75/100 tečnosti, 10% ukupne energije) ili „bez” (0,1 g/100 čvrste faze i tečnosti). Većina hrane u Maleziji je na bazi palminog ulja i ima malo *trans* masnih kiselina (List, 2014).

### Alternative procesa hidrogenacije

Alternative procesa hidrogenacije uključuju hemijsku/enzimsku hidrogenaciju, frakcionisanje tropskih ulja, modifikovana ulja (sojino, kanola, suncokretovo ulje), mešanje tečnih i čvrstih komponenti, korišćenje površinski aktivnih materija i emulgatora u tečnim uljima, organskih gelova i strukturisanih emulzija (Kodali, 2014.; List i sar., 2007; Kodali i sar., 2005).

Interesterifikacija je stari metod modifikacije koji je komercijalizovan kako bi se poboljšale osobine svinjske masti kao namenske masti. Međutim,

upotreba hemikalija (natrijum-metoksida, kalijuma) ima mnogo nedostataka, uključujući i gubitke neutralnog ulja. Upotreba enzima je novija inovacija u preradi ulja. Tečna i potpuno hidrogenovana ulja se mešaju i prolaze kroz seriju reaktora koji sadrže sn-1,3 specifični imobilisani enzim. Obično se koriste 4 reaktora sa 100-400 kg enzima što omogućava potpunu kontrolu proizvodnog kapaciteta. Ovako modifikovano ulje se može koristiti kao takvo ili se mešati sa tečnim uljem ili čvrstom masnom fazom kako bi se postigle željene fizičke osobine. Tačka topljenja i sadržaj čvrste faze se mogu kontrolisati njihovim početnim količinama u smeši. Smeša od 85% tečne i 15% čvrste faze se koristi kod margarina/namaza dok namenske masti zahtevaju 30-40% čvrste faze.

Frakcionisanje tropskih ulja (palmino ulje, ulje palminih koštica) nudi rešenja bez *trans* masti za mnoge načine korišćenja kao što su prženje u dubokom ulju, namenske masti za pekarstvo, margarin/namazi, konditorske masti. Iako su tropska ulja pogodna za različite vidove upotrebe, ona sadrže velike količine zasićenih masnih kiselina (50-90%). Frakcionisanje palminog ulja daje i nezasićenu oleinsku i zasićenu stearinsku frakciju koje su korisne u proizvodnji hrane. Dobijene frakcije su ponovo podložne procesu frakcionisanja kako bi dale funkcionalnije proizvode. Frakcionisanje omogućava inkorporaciju tečnog ulja što redukuje sadržaj zasićenih masnih kiselina. Stoga su mogući različiti vidovi primene bez *trans* masnih kiselina i uz mali porast zasićenih masnih kiselina. Na primer, meki namazi se mogu napraviti od frakcionisanog ulja palme ili ulja palminih koštica uz mešanje sa tečnim nehidrogenovanim uljima. Ulja palme/palminih koštica su pogodna za kombinovanje frakcionisanja, interesterifikacije i mešanja u proizvodnji margarina i namenskih masti za pekarstvo.

Industrija modifikovanja osobina masti je evoluirala tokom četrdesetih godina prošlog veka. Po definiciji, modifikacija osobina obuhvata menjanje kompozicije masnih kiselina ili gajenje biljaka biološkim/genetskim modifikovanjem ili njihovu kombinaciju. Danas su dostupni modifikovana soja (manje linolna, srednje oleinska i visoko oleinska), kanola (manje linolna, visoko oleinska), suncokret (srednje oleinski, visoko oleinski). Sve karakteriše smanjenje polinezasićenih i povećanje mononezasićenih komponenti, tj. masnih kiselina. Ovako modifikovana ulja su i oksidativno stabilnija od ulja od kojih su nastala. Iako su modifikovana ulja proizvedena još ranih devedesetih godina, visoki troškovi za premije uzgajivača i zaštita identiteta, učinili su ih neatraktivnim za prehranbeni

industriju. Do 2005. godine, modifikovana ulja su zadovoljavala 12% potreba u SAD. Danas obezbeđuju 20% uz stalni porast. Nekoliko ulja modifikovane soje su blizu komercijalizovanja, uključujući tu i malo zasićeno/visoko oleinsko i  $\omega$ -3 obogaćeno ulje. Za oba se očekuje da će imati pozitivan efekat na zdravlje i ishranu.

Tradicionalni proces hidrogenacije je modifikovan u cilju smanjenja sadržaja *trans* masnih kiselina u mastima. Korišćenjem modifikovanih katalizatora uz promenu pritiska i temperature postignuta su i značajna smanjenja *trans* masti u proizvodnji pekarskih namenskih masti. Naj-novija objava FDA o ukidanju GRAS statusa za *trans* masne kiseline dovodi budućnost hidro-genovanja u opasnost (List, 2014).

### Deklaracija proizvoda sa *trans* masnim kiselinama

Na osnovu naučnih dokaza i otkrića u Americi, FDA je preliminarno odlučila da delimično hidrogenovana ulja (PHO-Partially Hydrogenated Oils), koji su primarni izvor industrijskih *trans* masti i *trans* masnih kiselina, nisu više prepoznata kao generalno bezbedna za upotrebu te su stoga dobili status aditiva u hrani. Iako FDA nije izdala listu najčešće upotrebljivanih delimično hidrogenovanih ulja, ona su godinama korišćena u hrani na osnovu odluke same industrije da je takva upotreba bezbedna. Ukoliko ova odluka postane konačna, proizvođači neće više moći da prodaju delimično hidrogenovana ulja, bilo direktno, bilo kao sastojak nekog proizvoda bez prethodnog odobrenja FDA da se to delimično hidrogenovano ulje koristi kao aditiv.

FDA procena bezbednog statusa delimično hidrogenovanih ulja je skoncentrisana na *trans* masne kiseline (poznate i kao „*trans* masti”) koje su komponente ovih ulja. Ovaj dokument se odnosi na delimično hidrogenovana ulja budući da su ona primarni izvor industrijskih *trans* masti. Kao početni korak u isticanju negativnih efekata upotrebe *trans* masti u SAD, izdat je predlog u Federalnom registru (1999) pod naslovom „Etiketiranje hrane: *Trans* masne kiseline u označavanju, nutritivni zahtevi i zahtevi u pogledu zdravlja” u kom je predloženo da se sadržaj *trans* masnih kiselina nalazi na etiketama kako bi potrošači mogli sagledati ako određena hrana koja se konzumira doprinosi unosu *trans* masti. Ovaj predlog je bio podržan i studijama koje su procenjivale dokaze o štetnom uticaju *trans* masnih kiselina u ishrani. U istom registru 2003.

godine je objavljena konačna odluka o izmenama i dopunama regulativa o označavanju i etiketiranju u kome se zahteva prikaz *trans* masnih kiselina u hrani na etiketama konvencionalne hrane i suplementata. Ovaj zahtev je stupio na snagu 2006. godine (Kodali, D. R. i List, G.R., 2005). U odluci iz 2003. godine izveštaj i Nacionalne naučne akademije (IOM/NAS) o *trans* mastima nisu dali kvantitativne preporuke kako bi se uspostavile dnevne referentne vrednosti za *trans* masti. Ovaj izveštaj je preporučio da unos *trans* masnih kiselina bude što manji uz balansiranu ishranu i nije dao dnevne doze unosa za *trans* masne kiseline niti podatke koji su Agenciji neophodni da uspostavi dnevne referentne vrednosti za označavanje. Stoga, u nedostatku dokaza ili preporuka za konzumaciju *trans* masnih kiselina od strane autoritarnog organa, FDA nije dala dnevne referentne doze za *trans* masne kiseline, te se u pravilu od jula 2003. godine nije tražila lista procentualnih dnevnih vrednosti za *trans* masne kiseline na etiketama. Regulativa zahteva jedino objavljivanje sadržaja *trans* masnih kiselina na posebnoj liniji, ispod izjave za zasićene masne kiseline. Za potrebe deklarisanja u Kanadi, Pravilnik o hrani i lekovima (FDR-Food and Drug Regulation) definiše *trans* masne kiseline kao „nezasićene masne kiseline koje sadrže jednu ili više izolovanih ili nekonjugovanih dvostrukih veza u *trans* konfiguraciji”.

Veliki deo *trans* masnih kiselina u našoj ishrani potiče iz prerađene hrane kao što su pekarski proizvodi, brza hrana, grickalice koje se prave od namenskih masti, margarina ili ulja koja sadrže delimično hidrogenovana ulja i masti. One moraju biti definisane i označene u tabeli nutritivne vrednosti na etiketi. Neke *trans* masne kiseline su u manjim količinama prisutne u nekim proizvodima kao što su mlečni proizvodi i meso. Većina prirodnih *trans* masnih kiselina takođe mora biti označena u tabeli nutritivne vrednosti na etiketi. Konjugovane polinezasićene masne kiseline nisu uključene u deklaraciju sadržaja *trans* masnih kiselina jer ne pripadaju ovoj definiciji. Na primer, konjugovana linolna kiselina (CLA) nađena u mlečnim proizvodima i konjugovana linolenska kiselina (CLN) se ne deklariraju. Laboratorije su sposobne da odrede sadržaje *trans* masnih kiselina u hrani kao što je propisano u FDR, ali tu ne uključuju kiseline kao što su CLA i CLN. FDR propisuje koje informacije se moraju prikazati na etiketi. Sadržaj *trans* masnih kiselina je jedna od osnovnih informacija za koje se zahteva da budu deklarirane u tabeli nutritivnih vrednosti, slika 2 (Kux, 2013).

**Slika 2.** Prikaz nutritivne izjave na deklaraciji proizvoda  
**Figure 2.** View of nutritional facts on label of product

<b>Nutrition Facts</b>			
Per 125 mL (87g)			
<b>Amount</b>	<b>% Daily Values</b>		
<b>Calories</b> 80			
<b>Fat</b> 0.5g	1 %		
Saturated 0 g	0 %		
+ <i>Trans</i> 0 g			
<b>Cholesterol</b> 0 mg			
<b>Sodium</b> 0 mg	0 %		
<b>Carbohydrate</b> 18 g	6 %		
Fibre 2 g	8 %		
Sugars 2 g			
<b>Protein</b> 3 g			
Vitamin A 2 %	Vitamin C	10%	
Calcium 0 %	Iron	2 %	

### Nutritivni sastav

Na 125 mL (87g)

<b>Količina</b>	<b>% Dnevne vrednosti</b>		
<b>Kalorija</b> 80			
<b>Masnoće</b> 0,5g	1 %		
Zasićene 0 g	0 %		
+ <i>Trans</i> 0 g			
<b>Holesterol</b> 0 mg			
<b>Natrijum</b> 0 mg	0 %		
<b>Ugljeni hidrati</b> 18 g	6 %		
Vlakna 2 g	8 %		
Šećeri 2 g			
<b>Protein</b> 3 g			
Vitamin A 2 %	Vitamin C	10%	
Kalcijum 0 %	Gvožđe	2 %	

Sadržaj “*trans*” se prikazuje uvučeno ispod deklarisanja sadržaja “*masti*”. U istom delu se deklariraju i “*zasićene masne kiseline*”, tako što se natpis “*trans*” naznačava ispod “*zasićene*”. Sadržaj “*zasićenih*” i “*trans*” masti se izražava u gramima. Suma “*zasićene + trans*” masti se izražava u procentima u odnosu na dnevne energetske potrebe u koloni sa desne strane tabele hranljivih vrednosti. Ispod deklaracije za masti ispod horizontalne linije deklariraju se sadržaj holesterola.

Deklaracija mora da izrazi količinu *trans* masti u gramima po porciji na najbliže 0,5 g za sadržaj ispod 5 g i na najbliže 1 g za sadržaj iznad 5 g. Ukoliko porcija sadrži manje od 0,5 g *trans* masti, sadržaj može biti označen kao bez *trans* masti. Regulatoriva omogućava da se u pojedinim slučajevima rečenica “Neznačajan izvor *trans* masti” može koristiti umesto deklarisanja *trans* masti. Regulatoriva definiše broj grama *trans* masti u porciji kao sumu svih nezasićenih masnih kiselina koje sadrže jednu ili više (nekonjugovanih) dvostrukih veza u *trans* konfiguraciji. Ukoliko FDA donese konačnu odluku da delimično hidrogenovana ulja nisu GRAS, nijedna količina delimično hidrogenovanih ulja neće biti dozvoljena u prehrambenim proizvodima bez prethodnog odobrenja FDA za njihovo korišćenje u obliku aditiva.

Dozvoljava se jedna tvrdnja o smanjenju rizika od bolesti na etiketi proizvoda u zavisnosti od sadržaja *trans* i zasićenih masti u hrani. Tekst ovih tvrdnji može biti:

1. “Zdrava ishrana sa smanjenim količinama zasićenih i *trans* masti može da smanji rizik od srčanih oboljenja. (Navesti hranu) je bez zasićenih i *trans* masti”.
2. “Zdrava ishrana sa smanjenim količinama zasićenih i *trans* masti može da smanji rizik od srčanih oboljenja. (Navesti hranu) je sa malom količinom zasićenih i *trans* masti”.

Da bi zadovoljila prvu tvrdnju, hrana mora da ispunjuje uslove za “bez zasićenih masti”. Da bi ispunila drugu tvrdnju, hrana mora da ispunjuje uslove “sa niskim sadržajem zasićenih masnih kiselina” (Labelling of Trans Fatty Acids, Canadian Food Inspection Agency, [www.hc-sc.gc.ca](http://www.hc-sc.gc.ca)).

### Preliminarna odluka o *trans* masnim kiselinama kao aditivima

Kao što je prethodno rečeno, da bi neka supstanca bila GRAS, mora da postoji koncenzus da je ona pod nameranim načinima upotrebe bezbedna. U skladu sa procesom, FDA sama, u skladu sa svojim pravilima, ili na inicijativu zainteresovanih strana, može da objavi u Federalnom registru da supstanca nije GRAS i da je stoga aditiv. U skladu sa ovim procesom, dozvoljava se period od 60 dana u toku kojih zainteresovane strane mogu podneti komentare. Ukoliko se zaključi da ne postoje jaki dokazi da je supstanca GRAS ili je na neki drugi način izuzeta iz definicije aditiva, objaviće se obaveštenje u Fed-

eralnom registru.

Na osnovu dosadašnjih naučnih dokaza iznetih o zdravstvenim rizicima koji su povezani sa konzumacijom *trans* masti, mišljenja stručnjaka, kao i IOM (Institute of Medicine) preporuke o ograničavanju unosa *trans* masti, doneta je preliminarna odluka da nema koncenzusa da su delimično hidrogenovana ulja, primarni izvor industrijskih *trans* masnih kiselina, bezbedna za upotrebu u hrani. Činjenica da je supstanca korišćena pre 1958. godine je nedovoljna za kontinuirani GRAS status ukoliko ne postoji naučni koncenzus da je supstanca bezbedna za namenjenu upotrebu u hrani.

FDA je spremila memorandum u pokušaju da proceni potencijalne troškove i benefite uklanjanja delimično hidrogenovanih ulja iz ishrane (Memorandum, 2013). Gde je to bilo moguće, koriste se dostupne javne informacije, međutim u mnogim slučajevima ima malo podataka za procenu. Procenjeno je da će inicijalni troškovi uklanjanja delimično hidrogenovanih ulja iz ishrane biti oko 8 milijardi dolara, iako ovi troškovi ne bi morali da se jave u istoj godini ukoliko FDA obezbedi godinu dana usklađivanja. Procenjena je dvadesetogodišnja vrednost troškova na između 12 i 14 milijardi dolara. Koristeći isti metod, procenjeni su i benefiti na između 117 i 242 milijardi dolara (<http://www.regulations.gov>). Kao što je i napomenuto u memorandumu, analiza se bazirala na prerađenu hranu i hranu pripremljenu kod kuće. Stoga mogu postojati i dodatni troškovi kod malih preduzeća u procesu uklanjanja delimično hidrogenovanih ulja iz hrane. Namera FDA nije da njima stvara dodatna opterećenja. Stoga se traže predlozi za smanjenje troškova malih preduzeća kako bi smanjili njihovo opterećenje, kao i predloge o potrebnim uslugama koje bi FDA mogla da napravi za mala preduzeća ako delimično hidrogenovana ulja ne budu GRAS (Kux, 2013).

## ZAKLJUČAK

Mnogobrojne epidemiološke studije su pokazale pozitivnu povezanost između unosa *trans* masnih kiselina i rizika od srčanih oboljenja i mogućnosti razvoja dijabetesa, primarno zasnovanim na industrijski proizvedenim *trans* masnim kiselinama. Zbog ogromne evidencije u vezi štetnosti *trans* masnih kiselina na zdravlje, zakonodavstvo i industrija hrane

u nekoliko zemalja značajno su smanjile nivo industrijski proizvedenih *trans* masnih kiselina u hrani. Američka organizacija za hranu i lekove, FDA, je pozvala na diskusiju, kako bi analizirala moguće posledice koje bi snosili proizvođači ako bi odluka o zabrani upotrebe *trans* masnih kiselina postala konačna. Razmatra se limit za *trans* masti u hrani, zatim vreme koje bi bilo potrebno proizvođačima da reformulišu proizvode i da li postoje dodatne usluge kojima bi se mogla smanjiti opterećenja na mala preduzeća. Neke zemlje u kojima unos *trans* masti nije značajan ovi planovi su odloženi zbog mogućih troškova i malog rizika od *trans* masti. U našoj zemlji nije zakonski regulisan sadržaj *trans* masnih kiselina iako se u medijima saopštavaju moguće posledice koje izazivaju *trans* masne kiseline na zdravlje, prvenstveno odnoseći se na hranu koja sadrži delimično hidrogenovana ulja. Pojedini proizvođači su već ograničili nivo *trans* masti u proizvodima, kako u namenskim mastima tako i u proizvodima u kojima se ona koristi. Mnogi naučnici i kritičari navode primer Danskog zakonodavstva kao uzor ostalim zemljama i smatraju da bi i ostale države trebale da urade isto i na taj način zaštite zdravlje svojih građana.

## LITERATURA

1. Aro, A., Epidemiological studies of trans fatty acids and cardiovascular disease. In: Sébédio J.L., Christie W.W. (eds.) Trans fatty acids in human nutrition. The Oily Press, Dundee, 1998; pp. 235-60.
2. Aro, A., Complexity of issue of dietary trans fatty acids. *Lancet*, 2001; 357: 732-3.
3. Aro, M.D. et al., *J. Food Comp. Anal. (Trans Fair Study)* 1998,11, 137-149.
4. Ascherio, A. Trans fatty acids and blood lipids. *Atherosclerosis* 2006; Suppl. 7: 25-7.
5. Bayard, C.C., Wolff R.L., Analysis of trans-18:1 isomer content and profile in edible refined beef tallow. *J. Am. Oil Chem.Soc.*, 1996; 73: 531-3.
6. Belury, M., Not all trans-fatty acids are alike: what consumers may lose when we oversimplify nutrition facts. *J Am Diet Assoc* 2002; 102: 1606-7.
7. Bray, G.A., Lovejoy J.C., Smith S.R. et al., The influence of different fats and fatty acids on obesity, insulin resistance and inflammation. *J Nutr* 2002; 132: 2488-91.
8. Christiansen, E., Schnider S., Palmvig B. et al., Intake of a diet high in trans monounsaturated fatty acids or saturated fatty acids: effects on postprandial insulinemia and glycemia in obese patients with NIDDM. *Diabetes Care* 1997; 20:881-7.

9. Craig-Schmidt, M.C., Isomeric fatty acids: evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids* 2001; 36: 997-1006.
10. Craig-Schmidt, M.C., World-wide consumption of trans fatty acids. *Atheroscler Suppl* . 2006; 7, 1-4.
11. Crupkin M., Zambelli A., Detrimental impact of trans fats on human health: stearic acid-rich fats as possible substitutes. *CRFSFS: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2008; 7: 271-9.
12. de Roos, N.M., Schouten E.G., Katan M.B., Consumption of a solid fat rich in lauric acid results in a more favorable serum lipid profile in healthy men and women than consumption of solid fat rich in trans-fatty acids. *J Nutr* 2001; 131: 242-5.
13. de Roos, N.M., Bots M.L., Katan M.B., Replacement of dietary saturated fatty acids by trans fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 2001a; 21: 1233-7.
14. Doell, D., D. Folmer, H. Lee, et al., Updated Estimate of Trans Fat Intake by the U.S. Population, *Food Additives and Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 2012; 29: 861-874.
15. IOM/NAS, „Dietary Reference Intakes for Energy Carbohydrate, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, and Amino Acids (Macronutrients)“, chapters 8 and 11, National Academies Press, Washington DC, 2002/2005 (Internet address: <http://www.nap.edu>).
16. Federalni registar SAD, Etiketiranje hrane: 64 FR 62746, 1999.
17. Federalni registar SAD, Etiketiranje hrane: 68 FR 41434 i 41457 i suplement 21 CFR 101.9(c) (2)(ii), 2003.
18. Hornstra, G., Essential fatty acids in mothers and their neonates. *Am. J Clin Nutr* 2000; 71(suppl): 1262S-9S.
19. Hu, F.B., Stampfer M.J., Rimm E., Dietary fat and coronary heart disease: a comparison of approaches for adjusting for total energy intake and modeling repeated dietary measurements. *Am J Epidemiol* 1999; 149: 531-40.
20. Hunter, J. E., Health and nutrition update on *trans* fatty acids. *Lipid Technology*, 2014, 26 (9): 199-201.
21. Innis, S.M., King, D.J., Trans fatty acids in human milk are inversely associated with concentrations of essential all cis n-6 and n-3 fatty acids and determine trans, but not n-6 and n-3 fatty acids in plasma lipids of breast-fed infants. *Am J Clin Nutr*, 1999; 70, 383-390.
22. IOM/NAS, Dietary Reference Intakes for Energy Carbohydrate, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, and Amino Acids (Macronutrients), Chapters 8 and 11, National Academies Press, Washington DC, 2002/2005 (Internet address: <http://www.nap.edu>).
23. Katan, M.B., Trans fatty acids and plasma lipoproteins. *Nutr Rev* 2000; 58: 188-91.
24. Kromhout D., Diet and cardiovascular diseases. *J Nutr Health Aging* 2001; 5: 144-9.
25. Kodali, D. R. and G. R. List, Eds., *Trans Fats Alternatives*, AOCS Press, Champaign, IL, p. 34–35, 2005.
26. Kodali, D.R. and List, G.R., *Trans Fat Replacements*, AOCS Press, Champaign, IL 2005.
27. Kodali, D., *Trans fat replacement solutions*, AOCS Press, Urbana IL, 2014, pp. 275–418.
28. Kux, L., Tentative Determination Regarding Partially Hydrogenated oils; Request for Comments and for Scientific Data and Information, Federal register, 2013; vol 78. NO 217. 67171-67172.
29. Labelling of Trans Fatty Acids, Canadian Food Inspection Agency, [www.hc-sc.gc.ca](http://www.hc-sc.gc.ca)
30. Lepšanić, L., Lepšanić Lj., *Klinička lipidologija*. Beograd, Savremena administracija, 2000.
31. Lepšanić, Lj., Lepšanić L., Verešbaranji I., Bajić D., Mleko i mlečni proizvodi: značaj snižavanja sadržaja masti i holesterola u njima. *Bilten Odbora za lipide*. 1996; 7: 18-22.
32. Lepšanić, Lj., Mandić A., Lepšanić L., *Trans masne kiseline iz ishrane i proces ateroskleroze*. U: Djurić D.M., Jakovljević V.Lj. (uredn.) *Nutricija, tretman i kardiovaskularni faktori rizika*, Društvo fiziologa Srbije, Novi Sad, 2007: 149-58.
33. Leth, T., Jensen, H.G., Mikkelsen, A.A., Anette, B., The effect of the regulation on trans fatty acid content in Danish food. *Atheroscler*, 2006; Suppl 7, 53-56.
34. Lichtenstein, A.H., Trans fatty acids and cardiovascular disease risk. *Curr Opin Lipidol* 2000; 11: 37-42.
35. List, G.R., Trans fat replacements: A global overview, *Lipid Technology*, 2014; 26 (6): 131-132.
36. List, G.R. et al., *Trans Fats in Foods* AOCS Press, Champaign, IL, 2007.
37. Mann, G.V., Metabolic consequences of dietary trans fatty acids, *Lancet*, 1994; 343: 1268-71.
38. Memorandum from R. Bruns to M. Honigfort, November 5, 2013.

39. Müller, H., Kirkhus B., Pedersen J.I., Serum cholesterol predictive equations with special emphasis on trans and saturated fatty acids. An analysis from designed controlled studies. *Lipids*, 2001; 36: 783-91.
40. Perryman, S., Stone, M., Trans fats ... new labels, 2006, [www.fshn.caahs.colostate.edu](http://www.fshn.caahs.colostate.edu).
41. Rahovsky et al., New food choices free of trans fats better align with health recommendations, ERS/USDA Info Bulletin 2012.
42. Salmerón, J., Hu F.B., Manson J.A.E. et al., Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. *Am J Clin Nutr* 2001;73(6):1019-26.
43. Steihart, H., Rickert R., Winkler K., Trans fatty acids (TFA): analysis, occurrence, intake and clinical relevance. *Eur J Med Res* 2003; 8: 358-62.
44. Stender, S., Dyerberg J., Bysted A., et al. A trans world journey. *Atherosclerosis* 2006; Suppl. 7: 47-52.
45. Stender S., Dyerberg J., Influence of trans fatty acids on health. *Ann Nutr Metab* 2004; 48: 61-6.
46. Šaban, S., Trans masne kiseline, Narodni zdravstveni list, br. 556-557/2006, 39, svibanj-lipanj.
47. Tarrago-Trani, M., Philips K. M., LemarL. E., et al., New and Existing Oils and Fats Used in Products With Reduced Trans-Fatty Acid Content, *Journal of the American Dietetic Association*, 2006; 106:867-877.
48. United States Department of Agriculture (USDA) National Nutrition Database for Standard Reference, Release 23, 2010 (Internet address: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>).
49. Van Poppel G, van Erp-Baart M, Leth T, Gevers E, Van Amelsvoort J, Antoine J-M, et al. Trans fatty acids in foods in Europe (the TRANSFAIR study). *J Food Composition Analysis*. 1998; 11:112-136
50. <http://www.regulations.gov>
51. <http://www.tfx.org.uk/page116.html>



# KVALITET I ODRŽIVOST JESTIVIH RAFINISANIH SUNCOKRETOVIH ULJA NA TRŽIŠTU SRBIJE

Gordan Parenta, Etelka Dimić, Jelena Škrbić, Milica Kesić, Sonja Muc, Mihajlo Nastasić

*Kvalitet jestivih rafiniranih suncokretovih ulja nabavljenih sa tržišta Srbije praćen je u roku trajanja od jedne godine. Jestiva rafinirana ulja, kako u momentu stavljanja u promet, tako i u navedenom roku trajanja, moraju udovoljiti zahtevima određenih pravilnika u pogledu mikrobiološke i zdravstvene bezbednosti kao i senzornog i hemijskog kvaliteta. Oksidativne promene i senzorne analize pet uzoraka ulja od pet domaćih proizvođača ispitivane su periodično u predviđenom roku. Ispitivanja su obuhvatila sledeće analize: peroksidni broj, anisidinski broj, oksidativna vrednost, sadržaj slobodnih masnih kiselina, sadržaj vlage, sastav masnih kiselina, sadržaj fosfora, oksidativna stabilnost na bazi Schaal-Oven testa i senzorna analiza ulja. Dobijeni rezultati su pokazali da vremenom dolazi do pogoršanja senzornih svojstava, kao i opadanja kvaliteta i održivosti ulja. Međutim, sva ispitivana ulja sa našeg tržišta su imala odgovarajući kvalitet u skladu sa Pravilnikom o kvalitetu ulja i nakon isteka roka trajanja od godine dana.*

*Ključne reči: jestivo rafinirano suncokretovo ulje, oksidativne promene, senzorna analiza, peroksidni broj, anisidinski broj*

## QUALITY AND SHELF LIFE OF EDIBLE REFINED SUNFLOWER OIL FROM SERBIAN MARKET

*Quality of refined edible sunflower oil from serbian market was analysed during the one year period. Edible refined oils have to fulfill the demands of certain rulebooks regarding microbiological and health soundness, as well as sensory and chemical quality, both at the market and during a declared time period. Oxidative changes and sensory analysis of these five oil samples were determined during the one year period. The study included set analysis of oil: peroxide value, anisidin value, totox value, free fatty acid content, moisture, fatty acid composition, phosphorus content, Schaal-Oven test and sensory analysis of oil. The obtained results have shown that the sensory characteristics became worse in time, and the oil quality and stability decreased. All oil sample from serbian market had satisfied results even after one year according to our legislative.*

*Key words: edible refined sunflower oil, oxidative changes, sensory analysis, peroxide value, anisidin value*

### UVOD

Osnovna sirovina za proizvodnju ulja kako kod nas tako i u više zemalja Evrope je suncokret. Po svom sastavu i karakteristikama suncokretovo ulje spada među najkvalitetnija ulja biljnog porekla. Kvalitet i nutritivnu vrednost ulja određuje između ostalog, sastav masnih kiselina i sadržaj tokoferola. Na osnovu udela dominantne masne kiseline kod suncokreta razlikujemo tzv. **standardni - linolni** i **oleinski** tip ulja. U sastavu

standardnog suncokretovog ulja najzastupljenije masne kiseline su: palmitinska (C16:0, 5-7 %), stearinska (C18:0, 4-6 %), oleinska (C18:1, 15-25 %) i linolna (C18:2, 62-70 %). Pored ove četiri važne kiseline u ulju suncokreta u trgovinama je zastupljeno još 3-5 masnih kiselina. Tokoferoli su najcenjeniji minorni sastojci biljnih ulja. Za suncokretovo ulje se po Pravilniku o kvalitetu biljnih ulja sadržaj tokoferola kreće od 447 do 1514 mg/kg. Standardno ulje suncokreta sadrži oko 95%  $\alpha$ -tokoferola, 3%  $\beta$ -tokoferola i 2%  $\gamma$ -tokoferola, dok je  $\delta$ - oblik prisutan u trgovinama.

Najbolje vitaminsko dejstvo ima  $\alpha$ -tokoferol koji je dobio naziv vitamin E, dok najsnažnije antioksidativno delovanje pokazuju  $\gamma$ - i  $\delta$ - tokoferoli. U organizmu se  $\alpha$ -tokoferol, zahvaljujući svojim lipo-filnim osobinama, ugrađuje u ćelijske membrane i

Gordan Parenta, dipl. ing., e-mail: gordan.parenta@dijamant.rs; Jelena Škrbić, dipl. ing., Milica Kesić dipl. ing., Sonja Muc dipl. ing., Mihajlo Nastasić dipl. ing., AD Dijamant, Temišvarski drum 14, Zrenjanin, Srbija, prof. dr Etelka Dimić, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bul. cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija

time štiti visoko nezasićene masne kiseline od oksidativnih oštećenja (Kuč i sar., 2003).

Prilikom procenjivanja kvaliteta ulja i masti stručnjaci iz ove oblasti tvrde takođe, da je neophodno uzeti u obzir i održivost, tj. stabilnost prema oksidaciji. Određivanje održivosti je važno i radi sagledavanja mogućnosti čuvanja. Jestiva biljna ulja visoke biološke vrednosti su posebno podložna kvarenju usled oksidacionih promena na nezasićenim masnim kiselinama. Zbog ovih promena dolazi do stvaranja niza razgradnih produkata koji izazivaju pogoršanje senzornih osobina i smanjenje hranljivih vrednosti ulja (Karlović i sar., 1991).

Na tržištu Srbije postoje jestiva rafinisana suncokretova ulja dobijena fizičkom ili hemijskom-klasičnom rafinacijom. Kod fizičke rafinacije slobodne masne kiseline iz sirovog ulja se uklanjaju destilacijom u fazi deodorizacije, dok se kod hemijske rafinacije one uklanjaju neutralizacijom na centrifugi uz dodatak baze i kiseline. Temperature deodorizacije su nešto više kod fizičke rafinacije (preko 240 °C) nego kod hemijske rafinacije (oko 220 °C) ali je vreme trajanja deodorizacije kraće. Zbog visokih temperatura od preko 200 °C tokom deodorizacije kod jestivih rafinisanih ulja se mogu javiti i *trans* masne kiseline (Dimić i sar., 1994).

Praćenje kvaliteta i analize jestivih ulja sa tržišta Srbije je bitno kako sa aspekta potrošača tako isto i sa aspekta proizvođača. Da bi se ispitao kvalitet ulja u roku trajanja od jedne godine urađene su različite analize koje govore o kvalitetu i održivosti ulja: Oksidativne promene - peroksidni broj, anisidinski broj, Schaal-Oven test; sastav masnih kiselina, sadržaj slobodnih masnih kiselina, sadržaj fosfora, sadržaj vlage, boja, senzorne ocene.

U ovom radu su ispitivane oksidativne promene ulja, kao i senzorne analize (boja, bistrina, miris i ukus). Posledica oksidacije je pojava užeglosti i kvarenja ulja. Primarni proizvodi procesa oksidacije su hidroperoksidi i peroksidi, a njihovo prisustvo se prvenstveno ispituje određivanjem peroksidnog broja, Pbr. Primarni produkti oksidacije tj. hidroperoksidi su nestabilni i brzo se razlažu, naročito pri višim temperaturama. Neisparljiva karbonilna jedinjenja negativno utiču na senzornu i oksidativnu stabilnost ulja. Ova jedinjenja, takođe, ukazuju i na „oksidativnu prošlost“ ulja, i što je njihov sadržaj veći to znači da je ulje bilo jače oksidisano. Anisidinski broj, Abr, omogućuje direktno određivanje sadržaja neisparljivih karbonilnih jedinjenja tj. sekundarnih produkata oksidacije, koji su prisutni u ulju, a nastali su razgradnjom primarnih produkata oksidacije. Kod procenjivanja kvaliteta jestivih ulja, kao i kod svake

namirnice, pored fizičko-hemijskih ispitivanja, neophodno je i senzorno ocenjivanje proizvoda. Parametri senzornog kvaliteta kao što su: izgled, boja, miris i ukus su još uvek pokazatelji koji najbitnije utiču na pojam kvaliteta i prihvatanje proizvoda od strane potrošača (Dimić i Turkulov, 2000). Cilj ovog rada je bio da se ispita promena kvaliteta ulja sa tržišta Srbije u roku trajanja od godinu dana.

## MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci koji su ispitivani u ovom radu su bili jestiva rafinisana suncokretova ulja od pet različitih domaćih proizvođača. Nabavljeno je po trinaest uzoraka ulja, pakovanih u PET boce 1/1, od svakog proizvođača sa istim mesecom i godinom proizvodnje. Tri uzorka ulja koja su ispitivana su dobijena hemijskom, tj. klasičnom alkalnom rafinacijom, dok su preostala dva uzorka ulja dobijena fizičkom rafinacijom. Svi uzorci su čuvani u periodu od godinu dana na tamnom, suvom i hladnom mestu na sobnoj temperaturi. Uzorci su obeleženi oznakama od 1 do 5. Metode koje su primenjene za analizu uzoraka ulja su navedene u tabeli 1.

**Tabela 1.** Metode analize uzoraka ulja  
**Table 1.** Method analysis of oil samples

Parametar kvaliteta Parameter of quality	Metoda/Method
Sadržaj vlage (%)	SRPS ISO 662:2009
Kiselinski broj (mg KOH/g)	SRPS ISO 660:2011
Peroksidni broj (mmol/kg) - Pbr	SRPS ISO 3961:2011
Anisidinski broj – Abr ( $100A_{350nm}^{1\%}$ )	SRPS EN ISO 6885:2011
Oksidativna vrednost – OV = 2Pbr + Abr	Računski
Sadržaj fosfora (mg/kg)	AOCS Ca 12- 55:1986
Boja ulja (%T pri 455nm)	Spektrofotometrijski
Sadržaj metilestara masnih kiselina - gasna hromatografija (% m/m)	SRPS ISO 5508:2002 SRPS EN ISO 129662: 2011

Parametri senzornog kvaliteta kao što su: izgled (bistrina), boja, miris i ukus su pokazatelji koji najbitnije utiču na pojam kvaliteta i prihvatanje proizvoda od strane potrošača. Kod senzorskih analiza učestvovali su kvalifikovani ocenjivači iz AD Dija-mant, tj. žiri tehničara od 7 do 15 članova, koga čine inženjeri i tehničari koji redovno obavljaju kontrolu

gotovih proizvoda. Za senzorno ocenjivanje je primenjen test ocenjivanja (kategorizacija). Kod testiranja svaki uzorak je dobio odgovarajući broj bodova od ocenjivača i ponderisane bodove, koji čine bodove pomnožene sa faktorom važnosti (Filajdić,

1988; Dimić i Turkulov, 2000). Ocenjivački formular koji je primenjen kod testiranja uzoraka je prikazan u tabeli 2.

**Tabela 2.** Ocenjivački formular za senzornu ocenu rafiniranih ulja  
**Table 2.** Formular for sensory analysis of refined oils

Faktor kvaliteta	Zahtev za senzori kvalitet	Oцена	Faktor važnosti
Boja (na 20 °C)	Boja svojstvena, prirodna, ujednačena	5	1,5
	Boja neznatno odstupa po intenzitetu, nijansi, ujednačena	4	
	Boja je svetlija ili tamnija od svojstvene	3	
	Boja je neujednačena, presvetla ili pretamna od svojstvene	2	
	Neprirodna, nesvojstvena boja za proizvod	1	
Bistrina (nakon 20 h na 20 °C)	Uzorak ulja je potpuno bistar, bez ikakvog zamućenja i tragova taloga	5	1,5
	Neznatno odstupanje od svojstvene, blaga opalescentnost.	4	
	Neznatna mutnoća, ali bez vidljivog taloga	3	
	Uočava se mutnoća sa neznatnom količinom vidljivog taloga ili manja količina izdvojene vode	2	
	Zamućenost jasno uočljiva. Uzorak sadrži vidljiv talog ili izdvojenu vodu	1	
Miris (na 80 °C)	Neutralan	5	2
	Neznatno izražen, miris na sirovinu	4	
	Jasno izražen miris po sirovini	3	
	Miris po ostarelom ulju, ali neznatno izražen, neprijatan	2	
	Jasno izražen po starom ulju, po šumi, po zemlji, po prženju i slično	1	
Ukus (na 20 °C)	Odličan, neutralan	5	5
	Neznatno podseća na upotrebljenu sirovinu	4	
	Ukus koji podseća na sirovinu	3	
	Jako izražen ukus na upotrebljenu sirovinu	2	
	Izrazit ukus po ostarelom ulju, po gumi, ribi, belom luku, zemlji, gorak, stran ukus	1	

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Sastav masnih kiselina ulja

Sastav masnih kiselina svih ispitanih uzoraka ulja prikazan je u tabeli 3.

Po sastavu masnih kiselina može se primetiti da su sva ulja sa tržišta linolnog tipa, što znači da dominantnu masnu kiselinu predstavlja esencijalna linolna omega-6 masna kiselina. Njen sadržaj u uzorcima se kreće na nivou od 59,01 do 61,68%. Zbog visokog sadržaja linolne kiseline koja pripada  $\omega$ -6 esencijalnim masnim kiselinama, svi ispitivani uzorci imaju visoku biološku vrednost. Sa nutritivnog aspekta ova ulja imaju izuzetno važnost, ali sa druge strane ova vrsta ulja je podložnija oksidacionim promenama.

Po sadržaju *trans* izomera masnih kiselina može se primetiti izvesna razlika u rafinaciji ulja. Naime

kod ulja dobijenih fizičkom rafinacijom prisutan je veći sadržaj *trans* izomera u odnosu na ulja dobijena hemijskom rafinacijom. Međutim treba naglasiti da je sadržaj *trans* masnih kiselina ispitivanih uzoraka ulja relativno nizak. Kod uzorka 2 zabeležen je najveći sadržaj *trans* izomera i on iznosi svega 0,23%.

Ukupan zbir nezasićenih masnih kiselina se kreće od 87,48% kod uzorka 4 do 88,36% kod uzorka 5. Visok sadržaj nezasićenih masnih kiselina čini ispitivana ulja podložnijim oksidativnim promenama. Svi ispitivani uzorci ulja imaju visok procenat linolne kiseline od 59,24% uzorak 2 do 61,76% uzorak 5.

Kod uzoraka oznake 1 i 3 sadržaj linolenske kiseline prelazi preko 0,30%, što je nešto iznad granice propisane pravilnikom. Ovaj nešto veći sadržaj linolenske kiseline ukazuje na prisustvo sojinog ulja u tragovima kod uzoraka 1 i 3. To ukazuje da se kod ova dva proizvođača ulja pored rafinacije sirovog

suncokretovog ulja radi i rafinacija sirovog sojinog ulja, odnosno najverovatnije je došlo do ukrštanja puteva dve vrste ulja ili preko rezervoara ili preko procesne opreme.

**Tabela 3.** Masno-kiselinski sastav uzoraka rafiniranih ulja suncokreta

**Table 3.** Fatty-acid composition of refined sunflower oil samples

Masna kiselina (%m/m) Fatty acid (%wt)	Oznaka uzorka / Sample					Pravilnik* Roolbook
	1	2	3	4	5	
C12:0	0,03	nd	nd	0,14	nd	nd-0,1
C14:0	0,09	0,08	0,08	0,10	0,07	nd-0,2
C16:0	6,77	6,42	6,70	7,36	6,66	5,0-7,6
C16:1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	nd-0,3
C17:0	nd	nd	nd	nd	nd	nd-0,2
C17:1	nd	nd	nd	nd	nd	nd-0,1
C18:0	3,82	3,84	3,68	3,77	3,69	2,7-6,5
C18:1 <i>trans</i>	nd	nd	nd	0,42	nd	14,0-39,4
C18:1 <i>cis</i>	27,30	28,59	27,06	25,41	26,27	
C18:2 <i>trans</i>	0,06	0,23	0,14	0,07	0,08	48,3-74,0
C18:2 <i>cis</i>	60,19	59,01	60,65	61,27	61,68	
C18:3	0,31	0,25	0,33	0,23	0,25	nd-0,3
C20:0	0,26	0,28	0,26	0,25	0,25	0,1-0,5
C20:1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd-0,3
C22:0	0,80	0,90	0,77	0,75	0,74	0,3-1,5
C24:0	0,26	0,32	0,25	0,25	0,23	nd-0,5
Ukupno nezasićenih masnih kiselina	87,97	88,16	88,26	87,48	88,36	

\*sastav masnih kiselina suncokretovog ulja prema Pravilniku o kvalitetu (2006)

### Hemijski kvalitet ulja

Na samom početku su kod svih uzoraka određeni osnovni parametri koji ukazuju na hemijski kvalitet ulja: sadržaj slobodnih masnih kiselina i vlaga, sadržaj fosfora i boja ulja na bazi transparentije. Rezultati pokazuju da svih pet uzoraka ulja zadovoljava predviđene uslove kvaliteta, prema Pravilniku o kvalitetu ulja (2006), što se tiče sadržaja slobodnih masnih kiselina i vlage, kao što se može videti u tabeli 4. Sadržaj fosfora je izuzetno mali kod svih uzoraka, što je i bilo očekivano budući da su u pitanju jestiva rafinisana ulja.

Transparentija kod uzorka 2 iznosi 96%, a kod uzorka 5 iznosi 98% što je izuzetno visoka transparentija i ukazuje na visoku bistrinu ulja. Kod ovih uzoraka ulja su pigmenti uklonjeni u većoj meri tokom beljenja i deodorizacije.

**Tabela 4.** Osnovni pokazatelji kvaliteta rafiniranih ulja

**Table 4.** Main quality parameters for refined oil

Vrsta analize Analysis	Oznaka uzorka / Sample					Pravilnik* Roolbook
	1	2	3	4	5	
Slobodne masne kiseline (% ol. kis.)	0,05	0,08	0,12	0,07	0,05	-
Kiselinski broj (mg/KOH/g)	0,025	0,04	0,06	0,035	0,025	max 0,60
Vlaga % (m/m)	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	max 0,20
Fosfor (mg/kg)	0,00	4,50	4,40	0,60	0,40	-
Transparentija (% T <sub>455nm</sub> )	89	96	91	92	98	-

\*pokazatelji kvaliteta rafiniranih ulja prema Pravilniku o kvalitetu (2006)

### Senzorni kvalitet ulja

Usporedna analiza senzornog kvaliteta: boja, bistrina, ukus i miris izražena bodovima svih pet uzoraka ulja na početku i na kraju ispitivanja prikazana je na slikama 1 i 2.

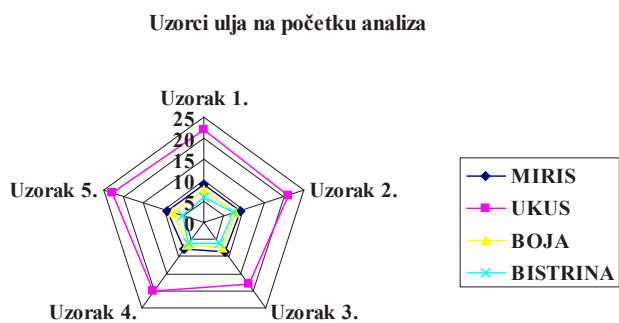
Senzorna analiza boje, bistrine, ukusa i mirisa je pokazala neznatne razlike kod svih uzoraka ulja u toku jedne godine. Poseban akcenat je bio na ocenjivanju mirisa i ukusa, koji je veoma bitan sa aspekta potrošača. Senzorne analize su rađene po principu bodovanja od strane većinom sertifikovanih ocenjivača upućenih u ispitivanja jestivih ulja.

Rezultati analiza mirisa i ukusa ulja na početku su bili jako dobri kod svih uzoraka. Slabiji rezultati i ocene senzornih svojstava svih pet uzoraka su primećeni nakon perioda od godine dana. Senzorne ocene mirisa na početku su se kretale u opsegu od 7,70 uzorak 4 do 9,00 ponderisanih bodova uzorak 1, 2, i 5. U toku jedne godine najveću senzornu ocenu za miris i to 10,00 ponderisanih bodova dobio je uzorak 2, dok je uzorak 3 dobio najnižu ocenu mirisa i to 4,88 ponderisanih bodova. Senzorne ocene ukusa na početku su se kretale od 18,25 ponderisanih bodova uzorak 3 do 22,75 uzorak 5. Najveću senzornu ocenu ukusa od 24,50 ponderisanih bodova dobio je uzorak 2, dok je najnižu ocenu dobio uzorak 3 sa ocenom 9,50. Na početku su ukus i miris bili neutralni kod svih pet uzoraka ulja, dok se nakon godine dana primetilo neznatno odstu-

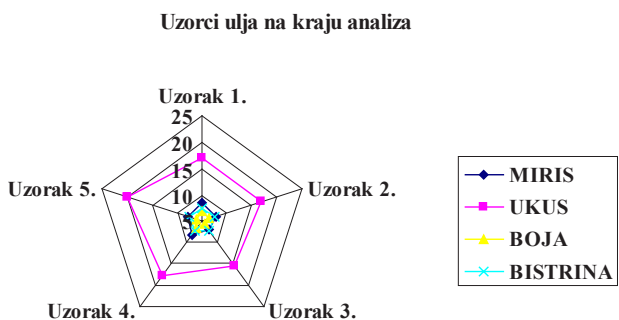
panje od neutralnog mirisa i ukusa. Ukus uzoraka ulja se primetno promenio nakon godinu dana, naime, kod nekih uzoraka ulja se pojavio blag ukus izražen na sirovinu, a kod drugih uzoraka se pojavio slabo užegli ukus. Miris se promenio kod svih pet uzoraka ulja nakon godine dana. Na početku je miris kod svih pet uzoraka bio neutralan, primeren dok se nakon godinu dana miris pogoršao. Svih pet uzoraka ulja je imalo miris na sirovinu ili miris neznatno na užeglo. Najbolje je ocenjen uzorak 2, a najslabije uzorak 3.

Što se tiče bistrine, nije bilo velikih promena ni kod jednog uzorka nakon godine dana. Sva ulja su bila potpuno bistra. Ocene bistrine se nisu značajnije menjale tokom godine dana. Minimalna ocena bistrine je bila 5,48 kod uzorka 5 a najveća ocena je bila 7,50 što je i maksimalna vrednost ponderisanih bodova bistrine.

Boja se neznatno promenila kod svih uzoraka ulja nakon godinu dana. Kod većine ulja boja je ostala karakteristična i svojstvena vrsti ulja, dok su neka ulja imala neznatna odstupanja u nijansi boje. Tako je uzorak 3 dobio najnižu ocenu za boju 4,69, dok su se ocene kod ostalih uzoraka kretala od 5,39 do maksimalnih 7,50 bodova.



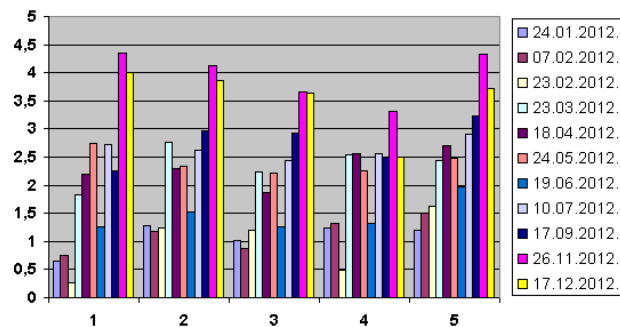
**Slika 1.** Senzorna analiza (ponderisani bodovi) uzoraka ulja na početku ispitivanja  
**Figure 1.** Sensory analysis (weighted points) of oil samples at the beginning of investigations



**Slika 2.** Senzorna analiza (ponderisani bodovi) uzoraka ulja na kraju ispitivanja  
**Figure 2.** Sensory analysis (weighted points) of oil samples at the end of investigations

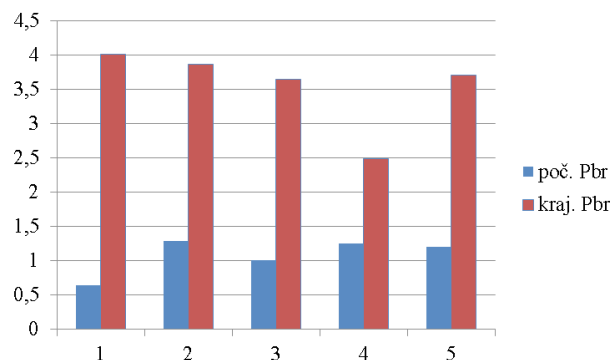
**Promene peroksidnog broja ulja u periodu od 12 meseci**

Oksidativne promene ulja se najbolje mogu pratiti kretanjem peroksidnog broja. Promene peroksidnog broja kod svih pet uzoraka ulja u periodu od godinu dana su prikazane na slici 3.



**Slika 3.** Promene peroksidnog broja uzoraka ulja oznake 1, 2, 3, 4 i 5 u periodu jedne godine  
**Figure 3.** Changes of peroxide values from oil sample 1, 2, 3, 4 and 5 during one year

Promene peroksidnog broja u roku trajanja ispitivanja su uočljive kod svih uzoraka ulja, što je bilo i očekivano. Kod svih uzoraka je zabeležen rast peroksidnog broja u periodu od jedne godine. Kod uzorka oznake 1 peroksidni broj je na početku ispitivanja bio 0,65 dok je na kraju analiza iznosio 4,01 mmol/kg. Kod uzorka 2 početni peroksidni broj je bio 1,29, a krajnji 3,87 mmol/kg. Kod uzorka 3 početni peroksidni broj je iznosio 1,01 mmol/kg a krajnji 3,64 mmol/kg. Kod uzorka 4 početni peroksidni broj je iznosio 1,25, a krajnji 2,49 mmol/kg. Kod uzorka 5 početni peroksidni broj je bio 1,20, a krajnji 3,71 mmol/kg. Ukupno povećanje Pbr uzoraka ulja za ispitivani period prikazan je na slici 4.



**Slika 4.** Pbr (mmol/kg) nakon jedne godine u odnosu na početni kod svih uzoraka  
**Figure 4.** Pbr (mmol/kg) after one year in comparative with the start value of all oil samples

Najmanje povećanje Pbr ima uzorak 2 i to samo za 3 puta u odnosu na početni, dok najveće povećanje Pbr ima uzorak 1 i to za 6,1 puta. Uzorak 2 je imao na početku najveći Pbr ali je kod njega bilo najmanje povećanje Pbr nakon godinu dana. Uzorak 1 je imao najniži Pbr na početku ali je kod njega primećeno najveće povećanje Pbr nakon godinu dana u odnosu na početnu vrednost.

Može se, međutim, primetiti da svih pet uzoraka ulja imaju vrednosti peroksidnog broja ispod 5 mmol/kg i nakon jedne godine ispitivanja, te svi uzorci zadovoljavaju propisani uslov kvaliteta prema Pravilniku (2006). Ispitivani uzorci 1, 2, 3, 4 i 5 imaju vrednosti peroksidnog broja oko ili ispod 4 mmol/kg nakon 12 meseci, što znači da mogu da imaju u tom pogledu i duži rok trajanja od jedne godine.

### Promene oksidativne stabilnosti ulja u periodu od 12 meseci

Pored peroksidnog broja važni pokazatelji oksidativne stabilnosti su i anisidinski broj, odnosno, oksidativna (Totox) vrednost. Osim toga, promene oksidativne stabilnosti, tj. promene Pbr pri uslovi-ma Schaal-Oven testa (temperiranje tokom 4 dana na  $63 \pm 2$  °C) takođe daju određene informacije o oksidativnoj stabilnosti ulja. U tabeli 5 prikazane su početne i krajnje vrednosti rezultata analiza svih parametara važnih sa aspekta oksidativne stabilnosti.

**Tabela 5.** Pokazatelji promene oksidativne stabilnosti ulja u period od 12 meseci

**Table 5.** Changes of oil oxidative stability parameters in one year

Parametar Parameter	Vreme ispitivanja Time	Oznaka uzorka / Sample				
		1	2	3	4	5
Pbr (mmol/kg)	početak	0,65	1,29	1,01	1,25	1,2
	kraj	4,01	3,87	3,64	2,49	3,71
Abr ( $100 A^{1\%}_{350 \text{ nm}}$ )	početak	5,47	3,66	6,71	14,27	10,22
	kraj	6,72	2,93	4,47	9,78	11,67
OV vrednost	početak	6,77	6,24	8,73	16,77	12,62
	kraj	14,74	10,67	11,75	14,76	19,09
Schaal-oven test Pbr (mmol/kg)	početak	24,80	22,95	22,92	21,27	21,10
	kraj	28,20	33,36	35,62	24,91	32,28

Promene Pbr, Abr i OV vrednosti su primetne nakon perioda od jedne godine kod svih uzoraka ulja. Povećanje OV vrednosti nakon jedne godine u odnosu na početne vrednosti je posledica oksidativnih promena koje su se desile za godinu dana. Promene Pbr nakon 4 dana na 63 °C (Oven test) su veće kod svih uzoraka posle godine dana u odnosu na početne uzorke, što ukazuje na pad oksidativne stabilnosti, odnosno ukazuje na to da su uzorci ulja nakon godinu dana čuvanja podložniji oksidaciji od onih na početku analiza. Vrednosti Pbr, Abr i OV su pokazatelji koji su zanimljivi prvenstveno samim proizvođačima, dok za potrošače oni mogu imati značaj ukoliko se reflektuju na senzorna svojstva ulja. Ovi pokazatelji daju proizvođačima sliku o održivosti ulja i o samom procesu proizvodnje.

### ZAKLJUČAK

Po sastavu masnih kiselina može se zaključiti da su sva rafinisana suncokretova ulja sa tržišta Srbije linolnog tipa. Iako su veoma korisna u ljudskoj ishrani zbog prisustva esencijalnih masnih kiselina, ova ulja imaju slabiju održivost zbog prisustva nezasićenih masnih kiselina od oko 88%. Razlika između uzoraka ulja postoji samo u sadržaju *trans* masnih kiselina, koje se više javljaju kod ulja dobijenih fizičkom rafinacijom. Na osnovu analize rezultata peroksidnog broja nakon jedne godine vidi se da svih pet uzoraka ulja sa tržišta Srbije ima kvalitet koji je u skladu sa Pravilnikom o kvalitetu ulja SCG Sl.list 23/2006. Oksidativna stabilnost ulja sa tržišta Srbije je zadovoljavajuća kod svih uzoraka ulja i nakon jedne godine. Vrednosti Pbr nakon jedne godine su ispod maksimalno dozvoljenih 5 mmol/kg. To ukazuje da rok trajanja ovih ulja može biti i duži od jedne godine. Boja i bistrina kod svih uzoraka se nisu menjale u periodu od godinu dana. Svi uzorci su zadržali karakterističnu svetlo žutu boju i bistrinu rafinisanog suncokretovog ulja. Ukus se kod svih uzoraka promenio nakon godinu dana. U početku je ukus kod svih uzoraka bio neutralan dok su posle godinu dana svi uzorci imali ukus koji blago podseća na sirovinu. Miris se kod svih uzoraka promenio nakon godinu dana. Na početku je miris kod svih uzoraka bio neutralan dok je nakon godinu dana miris podsećao na sirovinu ili užglost. Ove senzorne promene pratile su i oksidativne promene koje su se desile nakon godinu dana. Nije postojala značajnija razlika u senzornim svojstvima između ulja dobijenih fizičkom i hemijskom rafinacijom. Sumirajući ukupne promene kvaliteta na kraju perioda od godinu dana, bez obzira da li su ulja dobijena

fizičkom ili hemijskom rafinacijom, ispitivana ulja su zadovoljila gore pomenuti Pravilnik o kvalitetu ulja.

## LITERATURA

1. Bockish, M. (1988). *Fats and Oils Handbook*, AOCS Press, Champaign, Illinois, USA.
2. Dimić, E., Đ. Karlović, J. Turkulov (1994). Pretreatment efficiency for physical refining of sunflower oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 71 (12): 1357-1361.
3. Dimić, E. (2005). *Hladno cedena ulja*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
4. Dimić, E. (2000). Kontrola kvaliteta hladno presovanih ulja, *Acta Periodica Technologica*, 31: part A, 165 – 174.
5. Dimić, E., D. Tešanović, R. Romanić, V. Vukša (2003). Promene kvaliteta jestivih rafinisanih ulja tokom čuvanja I. Deo: Senzorni i hemijski kvalitet, *Uljarstvo* 34 (3-4): 25-31.
6. Dimić, E., D. Tešanović, R. Romanić, V. Vukša (2003). Promene kvaliteta jestivih rafinisanih ulja suncokreta u periodu od 12 meseci, 44. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica; Zbornik radova; Budva, 25-30.05.
7. Dimić, E., J. Turkulov (2000). Kontrola kvaliteta u tehnologiji jestivih ulja, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad.
8. Dimić, E., J. Turkulov, Đ. Karlović, V. Vukša, V. Milanko (1996). Uticaj nekih uslova fizičke rafinacije na kvalitet ulja suncokreta, 37. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica; Zbornik radova; Budva 27-31.05.
9. Filajdić, M., M. Ritz (1988). Senzorska analiza lipidnih namirnica. *Uljarstvo*, 25 (2): 140-143.
10. Karlović, Đ., N. Andrić (1996). Kontrola kvaliteta semena uljarica, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
11. Karlović, Đ., J. Turkulov, E. Dimić (1988). Ispitivanje održivosti jestivih ulja aparatom Rancimat 617, *Uljarstvo*, 25 (3-4): 157.
12. Karlović, Đ., E. Dimić, J. Turkulov (1991). Kvalitet i održivost uvoznih jestivih ulja na domaćem tržištu, *Hrana i ishrana*, 32 (4): 209-214.
13. Kuč, R., E. Dimić, S. Demković, Lj. Vujačić, D. Tešanović (2003). Promene kvaliteta jestivih rafinisanih ulja tokom čuvanja II. Deo: Sastav masnih kiselina i nutritivna vrednost, *Uljarstvo* 34 (3-4): 33-36.
14. Radovanović, R., J. Popov Raljić (2001). *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
15. *Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge namaze, majonez i srodne proizvode*, Službeni list Srbije i Crne Gore br. 23/2006.
16. Vukša, V., E. Dimić, D. Tešanović (2003). Zdravstveni aspekt kvaliteta jestivih rafinisanih ulja suncokreta, *Uljarstvo* 34 (3-4): 37-42.



## SADRŽAJ VLAGE I UDEO JEZGRA SEMENA NS HIBRIDA SUNCOKRETA GAJENIH NA RAZLIČITIM LOKALITETIMA

Tamara Đ. Premović, Sanja B. Dimić, Aleksandar A. Takači, Nevenka Ž. Mrdenović

U radu je analiziran ravnotežni sadržaj vlage i udeo jezgra prirodno suvog semena deset različitih domaćih visokoulnjnih hibrida suncokreta, NS-H-111, NS-H-45, Rimi, Bačvanin, Velja, Krajišnik, Olivko, Somborac, Sremac i Šumadinac, gajenih pri istim agro-tehničkim uslovima na sedam lokaliteta: R. Šančevi, Kikinda, Subotica, Sombor, Zrenjanin, Pančevo i Zaječar. Utvrđeno je, da je od svih analiziranih lokaliteta, najveći sadržaj ravnotežne vlage u prirodno suvom semenu na lokalitetu R. Šančevi, 7,58-8,85%, i Subotica, 7,28-8,20%, dok su najmanji sadržaj vlage svi analizirani hibridi postigli na lokalitetu Zaječar, gde je prosečan sadržaj vlage iznosio 4,97%. Ustanovljeno je da hibridi ne ispoljavaju statistički značajan uticaj na sadržaj vlage ( $p < 0,01$ ), koja u proseku iznosi 6,90%, i da se po visokom prosečnom sadržaju vlage izdvajaju hibridi: NS-H-111 (7,09%), Rimi (7,06%) i NS-H-45 (7,05%). Najmanji prosečan sadržaj vlage postigao je hibrid Sremac, 6,68%. Hibrid Olivko ispoljio je najmanji, a hibrid Bačvanin najveći uticaj mesta uzgoja na sadržaj vlage u semenu u odnosu na sve ispitivane hibride. Udeo jezgra ispitivanih hibrida gajenih na različitim lokalitetima je različit, ali bez statistički značajnih razlika ( $p < 0,01$ ), i iznosi od 70,8% do 81,0%. Pri tome je maksimalan uticaj lokaliteta na udeo jezgra zabeležen na lokalitetu R. Šančevi (71,7-81,0%), a minimalan na lokalitetu Zrenjanin (73,0-78,3%). U odnosu na sve analizirane hibride, hibrid Bačvanin karakteriše najveći, a hibrid Olivko najmanji uticaj na udeo jezgra u semenu. Redosled ispitivanih hibrida po opadajućoj prosečnoj vrednosti udela jezgra je sledeći: Bačvanin (78,04%), Krajišnik (77,16%), Somborac (76,89%), NS-H-111 (76,80%), Olivko (76,36%), Velja (75,76%), Sremac (75,71%), NS-H-45 (75,17%), Šumadinac (74,96%) i Rimi (73,33%), pri čemu nema statistički značajnih razlika u vrednosti ovog parametra između hibrida: Bačvanin, Krajišnik, Somborac, NS-H-111, Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45 i Šumadinac (<sup>a</sup>), odnosno između hibrida: Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45, Šumadinac i Rimi (<sup>b</sup>). Određen je i relativan značaj uticaja hibrida i lokaliteta na sadržaj vlage i na udeo jezgra u semenu, i ustanovljeno je da hibrid ima 11,32 puta manji relativni značaj uticaja na sadržaj vlage u semenu u odnosu na uticaj samog lokaliteta, a 3,09 puta veći uticaj na udeo jezgra u odnosu na uticaj mesta uzgoja.

**Ključne reči:** seme suncokreta, lokalitet uzgoja, sadržaj vlage, udeo jezgra

## MOISTURE AND SEED KERNEL CONTENT OF NS HYBRID SUNFLOWER SEEDS GROWN IN DIFFERENT LOCATIONS

The objective of this manuscript was to analyze the equilibrium moisture and seed kernel contents of the ten naturally dried seeds of domestic sunflower hybrids: NS-H-111, NS-H-45, Rimi, Bačvanin, Velja, Krajišnik, Olivko, Somborac, Sremac and Šumadinac. The seeds were grown using the same agricultural conditions at seven different locations: R. Šančevi, Kikinda, Subotica, Sombor, Zrenjanin, Pančevo and Zaječar. It was determined that amongst all locations, where the seeds were grown, the highest content of equilibrium moisture in the naturally dry seeds was at R. Šančevi, 7.58-8.85%, and Subotica, 7.28-8.20%. The lowest moisture content was found in the samples grown in the Zaječar area, where the average moisture content was 4.97%. It was determined that the hybrid type is not statistically significant ( $p < 0.01$ ) in terms of the moisture content which was on average at 6.90%. The highest moisture content was determined in the following hybrids: NS-H-111 (7.09%), Rimi (7.06%) and NS-H-45 (7.05%). The lowest average moisture content was determined in the hybrid Sremac, 6.8%. The hybrid Olivko proved the lowest, and the hybrid Bačvanin the highest impact of the location on the moisture content of the sunflower seeds. The seed kernel content of the investigated hybrids was different depending on the location (70.8% to 81.0%), but was not statistically significant ( $p < 0.01$ ). The highest impact of the location on the seed kernel content was observed at R. Šančevi (71.7-81.0%), and lowest in Zrenjanin (73.0-78.3%). For the seed kernel content, the hybrid type was important and the hybrid Bačvanin

Dr Tamara Đ. Premović, e-mail: tamara.premovic@gmail.com, prof. dr Aleksandar A. Takači, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija.

Sanja B. Dimić, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija.

Nevenka Ž. Mrdenović, Tehnička škola Pavle Savić, Šajkaška 34, 21000 Novi Sad, Srbija

*had the highest, while the hybrid Olivko had the lowest seed kernel content. In terms of the ranging of the hybrids based on the seed kernel content, the following was observed: Bačvanin (78,04%), Krajišnik (77,16%), Somborac (76,89%), NS-H-111 (76,80%), Olivko (76,36%), Velja (75,76%), Sremac (75,71%), NS-H-45 (75,17%), Šumadinac (74,96%) and Rimi (73,33%). There were no statistically significant differences observed between Bačvanin, Krajišnik, Somborac, NS-H-111, Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45 and Šumadinac (<sup>a</sup>); as well as amongst Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45, Šumadinac and Rimi (<sup>b</sup>). The importance of the hybrid type as well as growing location on the seed kernel and moisture content was also determined. The results have shown that the location had 11.32 times higher impact on the moisture of the seeds than the hybrid type. At the same time, the hybrid type had about 3 times higher impact on the seed kernel content than the growing location.*

*Key words: sunflower seed, location, moisture content, share of kernel*

## UVOD

Osnovni cilj gajenja suncokreta je proizvodnja semena, visokovredne sirovine, koja se široko primenjuje, najviše u ishrani ljudi i životinja, a njegova namena određena je prvenstveno sastavom semena (Vrânceanu, 1977; Škorić i sar., 2000; Marinković i sar., 2003; Hladni i sar., 2009).

U sastavu semena i jezgra suncokreta dominiraju lipidi i proteini, dok su ugljeni hidrati, a naročito vitamini i minerali zastupljeni u daleko manjim količinama. Za seme, jezgro, kao i ljusku suncokreta karakteristično je i prisustvo minornih komponenata sa antioksidativnim svojstvima (tokoferola, karotenoida, fenolnih jedinjenja, hlorogenske kiseline i dr.) (Pedrosa i sar., 2000; Marinković i sar., 2003; De Leonardis i sar., 2005; Szydłowska-Czerniak i sar., 2011; Karamać i sar., 2012) na čiji sadržaj i sastav najveći uticaj imaju vrsta hibrida, lokalitet i godina gajenja (Alpaslan i Gunduz, 2000; Velasco i Fernandez-Martinez, 2003).

Udeo ljuske, odnosno jezgra u semenu suncokreta nalazi se u širokom intervalu vrednosti i u zavisnosti od vrste hibrida iznosi 20-40, odnosno, 60-80% semena, respektivno. U visokouljnim hibridima sadržaj ljuske je znatno manji u odnosu na genotipove sa niskim sadržajem ulja, koji se nazivaju konzumno-proteinskim. Osim toga, sadržaj ljuske/jezgra zavisi i od lokaliteta gajenja suncokreta. U sastavu ljuske sa više od 50% dominiraju polisaharidi (uglavnom celuloza i lignin), a u malom sadržaju su zastupljeni proteini, ulje i voskovi, što u mnogome zavisi od porekla semena, lokacije, uzgoja i vrste hibrida (Shukla i sar., 1992; Baltanás i sar., 1998; Gupta, 2002; Carelli i sar., 2002; Gonzalez-Perez i Vereijken, 2007). Sadržaj ljuske u semenu suncokreta veoma utiče ne samo na sastav i kvalitet semena, već i proizvedenog ulja, naročito jestivog nerafinisanog hladno ceđenog ulja, koje je na domaćem i svetskom tržištu sve prisutnije. Naime, količina ljuske u polaznom materijalu u mnogome utiče na kvalitet, senzorna svojstva i održivost presovanog ulja, ali i

na efikasnost samog procesa presovanja semena, kao i na udeo proteina u zaostaloj pogači (Dimić, 2005; Raš i sar., 2008; Premović, 2014).

Seme suncokreta karakteriše određeni sadržaj vlage, koji je poznat kao tehnološka zrelost (sadržaj vlage u momentu žetve), kritična i skladišna vlaga (Oštrić-Matijašević i Turkulov, 1980). Vlaga ispoljava bitan uticaj na kvalitet semena, efikasnost i ekonomičnost njegove prerade, kao i na kvalitet proizvedenog ulja. Sadržaj vlage u semenu za skladištenje pretežno varira u opsegu od 4,92 do 6,78%, dok u jezgru iznosi 2,78-5,59% (Shukla i sar., 1992; Dimić, 2005; Rosa i sar., 2009; Premović, 2014). Sadržaj vlage u semenu suncokreta značajno utiče i na efikasnost i ekonomičnost njegovog čuvanja budući da se nakon žetve i prijema seme najčešće ne upućuje odmah na preradu, već se pre prerade skladišti određeno vreme (Dimić, 2005; Raš i sar., 2008). Vreme skladištenja pri kojem se ne narušava polazni kvalitet semena, tzv. „bezbedno skladištenje“, prvenstveno zavisi upravo od sadržaja vlage u semenu (Shukla i sar., 1992; Fils, 2000; Bax i sar., 2004). Vrednosti sadržaja vlage za bezbedno čuvanje semena suncokreta, ispod koje ne dolazi do intenzivnih enzimatskih reakcija iznosi 7-10% i zavisi pre svega od sadržaja ulja (Shukla i sar., 1992; Dimić i sar., 2003; Rosa i sar., 2009).

Budući da su očuvanje kvaliteta semena tokom skladištenja, kao i upotrebna vrednost semena uslovljeni jedinstvenim sastavom, u kome udeo jezgra i ljuske i sadržaj vlage imaju veoma značajnu ulogu, u ovom radu izvršena je analiza sadržaja vlage i udela jezgra u semenu 10 savremenih, domaćih, visokouljnih NS hibrida suncokreta, gajenih na sedam različitih lokaliteta.

## MATERIJAL I METODE ISPITIVANJA

Za sprovedeno ispitivanje korišćeno je deset visokouljnih hibrida suncokreta namenjenih za industrijsku preradu, gajenih na sedam različitih lokaliteta u isto vreme i pri istim agro-tehničkim us-

lovima. Žetva suncokreta je obavljena u optimalnoj tehnološkoj zrelosti. Uzorci semena uzeti su neposredno posle žetve i osušeni su prirodno do konstantnog, tj. ravnotežnog sadržaja vlage.

Ispitivani su sledeći hibridi: NS-H-111, NS-H-45, Rimi, Bačvanin, Velja, Krajišnik, Olivko, Somborac, Sremac i Šumadinac, na lokalitetima: R. Šančevi, Kikinda, Subotica, Sombor, Zrenjanin, Pančevo i Zaječar. Sadržaj ulja u semenu navedenih hibrida kretao se od 43,14 do 56,95% (Premović i sar., 2011).

Za ispitivanje sadržaja vlage i isparljivih materija u semenu primenjena je standardna metoda (Standard, 2008).

Udeo/sadržaj jezgra određen je ručnim ljuštenjem semena uz korišćenje pincete po metodi ВНИИЖ-а (Ржехин и Сергеев, 1965).

Relativan značaj uticaja lokaliteta ( $R_A$ ) i hibrida ( $R_B$ ) na sadržaj vlage u semenu i na udeo jezgra u semenu, određen je matematičkim putem, pomoću izraza (Stojković, 2001):

$$R_A = (S_A - (m-1)*V_R) / (S_T - V_R)$$

$$R_B = (S_B - (s-1)*V_R) / (S_T - V_R), \text{ gde su:}$$

- $S_A$ , faktorijalna disperzija u odnosu na ispitivane lokalitete,
- $S_B$ , faktorijalna disperzija u odnosu na analizirane hibride,
- $S_T$ , totalna disperzija,
- $V_R$ , ocena rezidualne varijanse koja se izra-

$$\text{čunava iz relacije: } V_R = \frac{S_R}{(m-1)(s-1)},$$

- $S_R$ , rezidualna disperzija koja se izračunava iz relacije:  $S_R = S_T - S_A - S_B$
- m, broj ispitivanih lokaliteta,
- s, broj analiziranih hibrida.

Statistička obrada rezultata ispitivanja izvršena je metodom analize varijanse dva faktora varijabiliteta. Za analizu razlika aritmetičkih sredina korišćen je Tukey test (Hadživuković, 1991; Stojković, 2001). Računska obrada rezultata izvršena je programom *Microsoft Excel 2003*.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Sadržaj ravnotežne vlage u semenu ispitivanih hibrida suncokreta nalazi se u intervalu od 3,85% do 8,85% (tabela 1), što su znatno veće vrednosti u odnosu na podatke grupe autora Dimić i sar. (2003),

koji su objavili rezultat od 4,92% do 6,19% za oleinski tip suncokreta. Poznavanje ravnotežne vlage prirodno suvog semena suncokreta je posebno važno za proizvođače hladno presovanog ulja, budući da ovi proizvođači često seme čuvaju bez sušenja na podnim skladištima ili silo-čelijama manjeg kapaciteta bez prateće sušare.

Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u sadržaju vlage u odnosu na ispitivani lokalitet (tabela 1 i 2) ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 1.** Sadržaj ravnotežne vlage (%) u semenu suncokreta NS hibrida gajenih na različitim lokalitetima<sup>1</sup>

**Table 1.** Equilibrium moisture content (%) of the sunflower seeds of the NS hybrids grown at different locations<sup>1</sup>

LOKALITET/ HIBRID	R.Šančevi <sup>a</sup>	Kikinda <sup>c</sup>	Subotica <sup>ab</sup>	Sombor <sup>bc</sup>	Zrenjanin <sup>cd</sup>	Pančevo <sup>d</sup>	Zaječar <sup>e</sup>
NS-H-111 <sup>**A</sup>	8,33	7,50	8,20	7,50	6,70	6,48	4,94
NS-H-45 <sup>A</sup>	8,15	7,28	7,85	7,50	7,38	6,58	4,63
Rimi <sup>A</sup>	8,28	6,95	7,38	7,35	7,25	6,68	5,55
Bačvanin <sup>A</sup>	7,65	7,23	7,78	7,25	6,70	6,33	3,85
Velja <sup>A</sup>	7,78	6,75	7,73	7,05	6,60	6,43	5,42
Krajišnik <sup>A</sup>	7,63	7,23	7,88	7,28	6,68	6,65	5,46
Olivko <sup>A</sup>	7,58	7,08	7,75	7,15	6,63	6,40	6,00
Somborac <sup>A</sup>	8,85	6,83	7,50	7,13	6,70	6,60	5,07
Sremac <sup>A</sup>	7,90	6,88	7,33	6,80	7,10	6,28	4,49
Šumadinac <sup>A</sup>	8,08	6,88	7,28	7,15	6,88	6,30	4,33

<sup>1</sup>Rezultati predstavljaju srednju vrednost 3 određivanja

\*Različita slova <sup>a, b, c, d, e</sup> označavaju statistički značajne razlike ( $p < 0,01$ ) između ispitivanih lokaliteta

\*\*Ista slova <sup>d</sup> označavaju da nema statistički značajnih razlika ( $p < 0,01$ ) između analiziranih hibrida

**Tabela 2.** Analiza varijanse dva faktora varijabiliteta sadržaja vlage**Table 2.** Analysis of variance of two factors: the impact of the hybrids and growing location on the moisture level of the seeds

Suma kvadrata odstupanja	Broj stepeni slobode	Ocena varijanse	Odnos varijanse ( $F_0$ )	Tablična vrednost (F)
$S_A=58,69903$	$r_1=7-1=6$	$V_A=9,3172$	$F_{0(A)}=84,846$	$F_{(0,01;6,54)}=3,156$
$S_B=1,656059$	$r_2=10-1=9$	$V_B=0,184$	$F_{0(B)}=1,596$	$F_{(0,01;9,54)}=2,755$
$S_R=6,226451$	$r_3=(10-1)(7-1)$	$V_R=0,115$	-	-
$S_T=66,58154$	$r=70-1=69$	-	-	-

Analizirajući rezultate sadržaja vlage u semenu utvrđeno je da najveće vrednosti ovog parametra ispitivani hibridi postižu na lokalitetu R. Šančevi<sup>(a)</sup> i Subotica<sup>(ab)</sup>. Na lokalitetu R. Šančevi zabeležene vrednosti sadržaja vlage nalaze u intervalu od 7,58% do 8,85%, i čak 7 od 10 ispitivanih hibrida maksimalan sadržaj vlage postižu upravo na ovom lokalitetu. Po visokoj vrednosti ovog parametra kvaliteta semena suncokreta ističe se i lokalitet Subotica, sa vrednostima u opsegu od 7,28% do 8,20%. Na lokalitetu Subotica su kod tri ispitivana hibrida utvrđene maksimalne vrednosti sadržaja vlage. Po vrednosti sadržaja vlage potom slede lokaliteti: Sombor<sup>(bc)</sup>, Kikinda<sup>(c)</sup> i Zrenjanin<sup>(cd)</sup>, na kojima su ispitivani hibridi postigli sadržaje vlage, u granicama od 6,80% do 7,50%; od 6,75% do 7,50% i od 6,60% do 7,38%, respektivno. Značajno niže prosečne vrednosti ovog parametra kvaliteta analiziranih hibrida zabeležene su na lokalitetu Pančevo (6,47%)<sup>(d)</sup>. Najmanji sadržaj vlage svi analizirani hibridi postigli su na lokalitetu Zaječar<sup>(e)</sup>, gde je prosečan sadržaj vlage iznosio 4,97%.

Statističkom obradom rezultata ustanovljeno je da razlike u sadržaju vlage u odnosu na analizirani hibrid nisu bile statistički značajne ( $p<0,01$ ) (tabela 1 i 2), već da su ispitivani hibridi imali prilično ujednačene vrednosti ovog parametra kvaliteta semena. Prosečna vrednost sadržaja vlage svih ispitivanih hibrida iznosila je 6,90%, odnosno kretala se u intervalu od 6,68% do 7,09%. Po visokom-najvećem i vrlo ujednačenom prosečnom sadržaju ravnotežne vlage izdvajaju se hibridi: NS-H-111 (7,09%), Rimi (7,06%) i NS-H-45 (7,05%), a tek nešto manje prosečne vrednosti ovog parametra zabeležene su u hibridu: Krajišnik (6,97%), Somborac (6,95%) i Olivko (6,94%). Hibrid Olivko karakteriše i najmanji uticaj mesta uzgoja na vrednost sadržaja vlage u se-

menu. Za hibrid Olivko gajen na lokalitetu Pančevo u okviru sprovedenih istraživanja utvrđena je vrednost sadržaja vlage u semenu od 6,40% (tabela 1), što je u skladu sa rezultatima grupa autora Dimić i sar. (2003) za ovaj hibrid i lokalitet (6,35%).

Po prosečnom sadržaju vlage potom slede hibridi: Velja (6,82%), Šumadinac (6,70%), Bačvanin (6,68%), dok je najmanji prosečan sadržaj vlage postigao hibrid Sremac, 6,68%. Za Hibrid Bačvanin ustanovljen je najveći uticaj mesta uzgoja na sadržaj vlage u semenu, u odnosu na sve ispitivane hibride.

Udeo jezgra semena analiziranih hibrida suncokreta gajenih na ispitivanim lokacijama prikazan u tabeli 3, u proseku iznosi 76,02% i u skladu je sa podacima Dimić i sar. (2003), koji su za seme suncokreta linolnog tipa objavili rezultat od 76%, a za seme oleinskog tipa, 78-81%.

Analizom je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u udelu jezgra u odnosu na hibrid, ali ne i u odnosu na lokalitet ( $p<0,01$ ) (tabela 3 i 4).

Rezultati udela jezgra ispitivanih hibrida gajenih na različitim lokalitetima kreću se u opsegu od 70,8% do 81,0%, i u skladu su sa rezultatima Aždajić i sar. (2007), koji iznose 70,2-78,2%. Pri tome je maksimalan uticaj lokaliteta na udeo jezgra u semenu zabeležen na lokalitetu R. Šančevi, na kojem vrednost ovog parametra ispitivanih hibrida varira u granicama od 71,7% do 81,0%. Dobijeni rezultati ukazuju da su gajenjem na lokalitetu R. Šančevi dva od 10 analiziranih hibrida postigli maksimalnu, a jedan od hibrida i minimalnu vrednost ovog parametra. Na lokalitetu Sombor tri analizirana hibrida su postigli maksimalan udeo jezgra u semenu, a slična pojava zabeležena je i na lokalitetu Zaječar, gde su takođe tri od 10 ispitivanih hibrida postigli najveći udeo jezgra. Na ovim mestima uzgoja zabeležene su vrednosti udela jezgra od 72,5% do 80,6% (Som-

bor) i od 70,8% do 78,8% (Zaječar). Na lokalitetu Zaječar se takođe uočava i da su tri od analiziranih hibrida postigli minimalnu vrednost ovog parametra, a slično je uočeno i na mestu uzgoja Subotica, na kome je zabeležen udeo jezgra u semenu od 71,9% do 77,9%.

**Tabela 3.** Udeo jezgra (%) u semenu suncokreta NS hibrida gajenih na različitim lokalitetima<sup>1</sup>

**Table 3.** The kernel content (%) of the sunflower NS hybrid seeds grown at different locations<sup>1</sup>

LOKALITET/ HIBRID	R.Šančevi <sup>a</sup>	Kikinda <sup>a</sup>	Subotica <sup>a</sup>	Sombor <sup>a</sup>	Zrenjanin <sup>a</sup>	Pančevo <sup>a</sup>	Zaječar <sup>a</sup>
NS-H-111 <sup>**A</sup>	76,8	77,6	74,5	76,6	76,8	78,0	77,3
NS-H-45 <sup>AB</sup>	77,4	74,3	73,9	76,1	74,5	71,2	78,8
Rimi <sup>B</sup>	71,7	71,9	73,7	72,5	74,1	73,4	76,0
Bačvanin <sup>A</sup>	81,0	77,8	71,9	80,0	78,3	80,1	77,2
Velja <sup>AB</sup>	76,5	75,1	73,0	77,3	75,6	75,9	76,9
Krajišnik <sup>A</sup>	80,2	73,0	77,1	78,0	77,9	76,7	77,2
Olivko <sup>AB</sup>	75,9	77,5	77,9	76,6	76,1	76,0	74,5
Somborac <sup>A</sup>	79,4	75,5	75,4	80,6	75,3	76,7	75,3
Sremac <sup>AB</sup>	77,1	74,7	74,6	77,1	73,0	76,3	77,2
Šumadinac <sup>AB</sup>	74,8	75,6	76,3	77,5	74,3	75,4	70,8

<sup>1</sup>Rezultati predstavljaju srednju vrednost 3 određivanja

\*Ista slova <sup>a</sup> označavaju da nema statistički značajnih razlika ( $p < 0,01$ ) između ispitivanih lokaliteta

\*\*Različita slova <sup>A, B</sup> označavaju statistički značajne razlike ( $p < 0,01$ ) između analiziranih hibrida

Lokalitet Zrenjanin, na kome udeo jezgra iznosi 73,0-78,3%, karakteriše najmanji uticaj mesta uzgoja ispitivanih hibrida na udeo jezgra u semenu. Na ovom lokalitetu dva hibrida su postigla najmanji udeo jezgra (Somborac i Sremac), dok je na lokalitetu Kikinda hibrid Krajišnik, a na lokalitetu Pančevo hibrid NS-H-45 postigao najmanji udeo jezgra u semenu u odnosu na sve ispitivane lokalitete. Na lokalitetu Pančevo za hibrid NS-H-111 zabeležena je maksimalna vrednost udela jezgra u odnosu na ostale lokalitete.

Rezultati sprovedenog ispitivanja, ukazuju da nema statistički značajnih razlika između hibrida: Bačvanin, Krajišnik, Somborac, NS-H-111, Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45 i Šumadinac (<sup>A</sup>), odnosno između hibrida: Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45, Šumadinac i Rimi (<sup>B</sup>) u vrednosti udela jezgra u semenu ( $p < 0,01$ ) (tabela 3 i 4). Prosečna vrednost ovog parametra kvaliteta semena svih analiziranih hibrida iznosi 76,02%, a ispitivane hibride možemo poredati po opadajućoj prosečnoj vrednosti udela jezgra u semenu na sledeći način: Bačvanin (78,04%), Krajišnik (77,16%), Somborac (76,89%), NS-H-111 (76,80%), Olivko (76,36%), Velja (75,76%), Sremac (75,71%), NS-H-45 (75,17%), Šumadinac (74,96%) i Rimi (73,33%).

Hibrid Bačvanin je stoga hibrid sa najvećim udelom jezgra, dok je hibrid Rimi imao najmanju prosečnu vrednost udela jezgra, kao i najmanji udeo jezgra na tri ispitivana lokaliteta. Ustanovljeno je i to da hibrid Bačvanin na 4 od 7 ispitivanih lokaliteta ima najveći udeo jezgra, a da na jednom lokalitetu ima minimalnu vrednost ovog parametra u odnosu na sve analizirane hibride. Hibrid Bačvanin takođe karakteriše i najveći uticaj mesta uzgoja na udeo jezgra u semenu, dok je gajenje na analiziranim lokalitetima kod hibrida Olivko ispoljilo najmanji uticaj na udeo jezgra u semenu, u odnosu na sve ostale ispitivane hibride.

**Tabela 4.** Analiza varijanse dva faktora varijabiliteta udela jezgra

**Table 4.** Analysis of variance of two factors: the impact of the hybrid type and growing location on the kernel content

Suma kvadrata odstupanja	Broj stepeni slobode	Ocena varijanse	Odnos varijanse ( $F_0$ )	Tablična vrednost (F)
$S_A = 47,19543$	$r_1 = 7 - 1 = 6$	$V_A = 7,865905$	$F_{0(A)} = 2,2766$	$F_{(0,01;6;54)} = 3,156$
$S_B = 112,788$	$r_2 = 10 - 1 = 9$	$V_B = 12,532$	$F_{0(B)} = 3,62709$	$F_{(0,01;9;54)} = 2,755$
$S_R = 112,788$	$r_3 = (10 - 1)(7 - 1)$	$V_R = 3,455111$	-	-
$S_T = 346,5594$	$r = 70 - 1 = 69$	-	-	-

Za hibrid Olivko utvrđeno je da udeo jezgra ima vrednosti od 74,5% do 77,9%, što je nešto manja vrednost od podataka iz literature, koji iznose 78-81% (Dimić i sar., 2003). Za hibrid Olivko gajen na lokalitetu Pančevo u okviru sprovedenih istraživanja utvrđeno je da vrednost ovog parametra iznosi 76,0% (tabela 3). Dimić i sar. (2003) su za hibrid Olivko gajen u Pančevu objavili rezultat udela jezgra u semenu od 81,0%, a Aždajić i sar. (2007) vrednost od 71,2%. Za hibrid NS-H-45, takođe gajen na lokalitetu Pančevo, ova grupa autora je utvrdila da sadržaj jezgra u semenu iznosi 76% (Aždajić i sar., 2007), što je nešto veća vrednost od rezultata naših istraživanja, koji iznose 71,2% (tabela 3).

U okviru sprovedenog istraživanja utvrđen je i relativni značaj uticaja lokaliteta ( $R_A$ ) i hibrida ( $R_B$ ) na sadržaj vlage u semenu, kao i na udeo jezgra u semenu (tabela 5). Relativni značaj uticaja lokaliteta na sadržaj vlage je izuzetno velik i iznosi čak 87,27%, dok je relativan značaj uticaja hibrida na sadržaj vlage u semenu zanemarljiv, budući da iznosi svega 0,93%. Ustanovljeno je da relativan značaj uticaja hibrida na udeo jezgra u semenu ima 3,09 puta veću vrednost od relativnog značaja uticaja lokaliteta na vrednost ovog parametra ( $R_A=7,71\%$ ).

**Tabela 5.** Relativan značaj uticaja lokaliteta ( $R_A$ ) i hibrida ( $R_B$ ) na sadržaj vlage i udeo jezgra u semenu suncokreta

**Table 5.** The relative significance of the location ( $R_A$ ) and hybrid type ( $R_B$ ) on the moisture and kernel contents of sunflower seed

	Sadržaj vlage u semenu Moisture content of seed	Udeo jezgra u semenu Kernel content of seed
$R_A$ (%)	87,27	7,71
$R_B$ (%)	0,93	23,81

## ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenog ispitivanja, uočeno je da se domaći hibridi suncokreta gajeni na različitim lokalitetima, međusobno razlikuju u vrednostima ispitivanih parametara.

Ustanovljeno je da lokalitet ima 11,32 puta veći relativni značaj uticaja na sadržaj vlage u semenu u odnosu na uticaj samog hibrida, a 3,09 puta manji uticaj na udeo jezgra u semenu u odnosu na uticaj hibrida.

Rezultati sprovedenog ispitivanja pokazuju da je najveći ravnotežni sadržaj vlage prirodno suvog

semena na lokalitetima R. Šančevi i Subotica, a da ispitivani hibridi ne ispoljavaju statistički značajan uticaj na vrednost sadržaja vlage.

Utvrđeno je da najveći udeo jezgra u semenu imaju hibridi: Bačvanin, Krajišnik, Somborac, NS-H-111, Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45 i Šumadinac, dok ispitivani lokaliteti ne ispoljavaju statistički značajan uticaj na vrednost ovog parametra. Stoga se, u pogledu postizanja najvećeg udela jezgra u semenu, preporučuje gajenje hibrida: Bačvanin, Krajišnik, Somborac, NS-H-111, Olivko, Velja, Sremac, NS-H-45 i Šumadinac, i to na bilo kom od ispitivanih lokaliteta.

## LITERATURA

- Alpaslan, M., H. Gunduz (2000). The effects of growing conditions on oil content, fatty acid composition and tocopherol content of some sunflower varieties produced in Turkey. *Nahrung*, 44 (6 S): 434-437.
- Aždajić, V., E. Dimić, R. Romanić, V. Marušić (2007). Hibridi suncokreta s oglednog polja Pančevo-tehnološke i mehaničke karakteristike, 48. Savetovanje industrije ulja: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, Crna Gora, pp. 39-44.
- Baltanás, M. A., H. Molina, C. Silva (1998). Rapid methods for predicting the appearance of turbidity in sunflower oil and their comparison with cold test. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75: 363-370.
- Bax, M. M., M. C. Gely, E. M. Santalla (2004). Prediction of crude sunflower oil deterioration after seed drying and storage process. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 81: 511-515.
- Carelli, A. A., L. M. Frizzera, P. R. Forbito, G. H. Crapiste (2002). Wax composition of sunflower seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79: 763-768.
- De Leonardis, A., D. Mcciola, N. Di Domenico (2005). A first pilot study to produce a food antioxidant from sunflower seed shells (*Helianthus annuus*). *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 107: 220-227.
- Dimić, E., D. Škorić, R. Romanić, S. Jocić (2003). Kvalitet i tehničko-tehnološke karakteristike semena oleinskog suncokreta, *Uljarstvo*, 34: (1-2) 45-50.
- Dimić, E. (2005). Hladno ceđena ulja, Monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Fils, J. M. (2000). The production of oils. In: *Edible oil processing*, Editor, W. Hamm and

- R. J. Hamilton, Sheffield Academic Press, Sheffield, England.
10. Gonzalez-Perez, S., J. M. Vereijken (2007). Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 2173-2191.
  11. Gupta, M. K. (2002). Sunflower oil. In: *Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses*, Editor, F. D. Gunstone, CRC Press LLC.
  12. Hadživuković, S. (1991). Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima, Poljoprivredni fakultet-Institut za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela, Novi Sad.
  13. Hladni, N., S. Jocić, V. Miklič, N. Dušanić, D. Saftić-Panković, I. Radeka, N. Lečić (2009). Ocena vrednosti novih konzumnih hibrida suncokreta, 50. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, Crna Gora, pp. 57-61.
  14. Karamać, M., A. Kosińska, I. Estrella, T. Hernández, M. Duenas (2012). Antioxidant activity of phenolic compounds identified in sunflower seeds. *Eur Food Res. Technol.*, 235: 221-230.
  15. Marinković, R., B. Dozet, D. Vasić (2003). Oplemenjivanje suncokreta, Monografija, Školska knjiga, Novi Sad.
  16. Oštrić-Matijašević, B., J. Turkulov (1980). Tehnologija ulja I deo. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
  17. Pedrosa, M. M., M. Muzquiz, C. Garcia-Vallejo, C. Burbano (2000). Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 459-464.
  18. Premović, T., E. Dimić, A. Takači (2011). Ispitivanje uticaja mesta uzgoja na sadržaj ulja i masu 1000 semena NS hibrida suncokreta. *Uljarstvo*, 42 (1-2): 7-13.
  19. Premović, T., Uticaj vremena skladištenja, sadržaja nečistoće i ljuske semena na senzorni kvalitet, bioaktivne komponente i oksidativnu stabilnost hladno presovanog ulja suncokreta, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2014.
  20. Raß, M., C. Schein, B. Matthäus (2008). Virgin sunflower oil. *Eur. J Lipid Sci. Technol.*, 110: 618-624.
  21. Rosa, P. M., R. Antoniassi, S. C. Freitas, H. R. Bizzo, D. L. Zanotto, M. F. Oliveira, V. B. R. Castiglioni (2009). Chemical composition of brazilian sunflower varieties, *Helia*, 32 (50): 145-156.
  22. Ржехин В. П., А. Г. Сергеев (Ред.) (1965). Руководство по методам исследования, технокимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности, Том II, часть первая, ВНИИЖ, Ленинград.
  23. Shukla, B., P. K. Srivastava, R. K. Gupta (1992). *Oilseeds processing technology*, Central institute of agricultural engineering, Nabi Bagh, India.
  24. Standard (2008). Seme uljarica-Određivanje sadržaja vlage i isparljivih materija SRPS EN ISO 665:2008.
  25. Stojković, M. (2001). Statistika, Ekonomski fakultet, Subotica.
  26. Szydłowska-Czerniak, A., K. Trokowski, E. Szlyk (2011). Optimization of extraction conditions of antioxidants from sunflower shells (*Helianthus annuus* L.) before and after enzymatic treatment. *Ind Crop Prod*, 33: 123-131.
  27. Škorić, D., S. Jocić, I. Molnar (2000). General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in sunflower, Proceedings, 15th International Sunflower Conference, Toulouse, France, pp. E23-E29.
  28. Velasco, L., J. M. Fernandez-Martinez (2003). Identification and genetic characterization of new sources of beta- and gamma-tocopherol in sunflower germplasm. *Helia*, 26 (38): 17-24.
  29. Vrānceanu, A. V. (1977). Floarea-Soarelui (Prevod na mađarski), Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.



## **SALVIA HISPANICA L. – POTENCIJALNA SIROVINA ZA DOBIJANJE NUTRITIVNO VREDNOG ULJA**

*Biljana Rabrenović, Mirjana Demin, Jovanka Laličić-Petronijević*

*Salvia hispanica L. poznatija pod imenom čia je pseudožitarica koja je prisutna na našem tržištu u vidu semenki koje se prodaju u radnjama zdrave hrane i najčešće potiču iz uvoza, jer se čia kod nas komercijalno ne uzgaja. Čia vodi poreklo iz Južne Amerike gde se već vekovima gaji i koristi u ishrani, a ono što je posebno čini važnom jeste sadržaj esencijalne  $\omega$ -3 masne kiseline,  $\alpha$ -linolenske. Ulje semenki čie sadrži i do 69,3 g/100 g  $\alpha$ -linolenske kiseline, što je čini najbogatijim izvorom ove masne kiseline, u poređenju sa uljem semenki divljeg lana (*Camelina sativa L.*) koje sadrži 36 g/100 g, perila ulja (*Perilla frutescens L.*) sa 53 g/100 g i uljem semenki lana (*Linum usitatissimum L.*) koje sadrži 57 g/100 g  $\alpha$ -linolenske kiseline. Sadržaj ulja u semenkama čie može biti i do 38,6 g/100 g semena. Takođe, semenke karakteriše visok sadržaj proteina (19-27 g/100 g) i dijetetskih vlakana (do 30 g/100 g).*

*Ključne reči: čia semenke, čia ulje,  $\alpha$ -linolenska masna kiselina*

## **SALVIA HISPANICA L. - A POTENTIAL NEW SEED MATERIAL FOR PRODUCTION OF NUTRITIONALLY VALUABLE OIL**

*Salvia hispanica L., commonly known as chia, is pseudocereal present on the market in the form of seeds, which are sold in health food stores and usually are imported, as they are not grown commercially in our country. Chia originates from South America where it is grown for centuries and used as food, and is particularly distinctive and important because of essential  $\omega$ -3,  $\alpha$ -linolenic fatty acid content. Chia seeds oil contains up to 69.3 g/100 g of  $\alpha$ -linolenic acid, which makes it the richest source of these fatty acids, compared to camelina (false flax) oil (*Camelina sativa L.*), containing 36 g/100 g, perilla oil (*Perilla frutescens L.*) with amount of 53 g/100 g and flaxseed oil (*Linum usitatissimum L.*) containing 57 g/100 g of  $\alpha$ -linolenic fatty acid. The total oil content in the chia seeds can be up to 38.6 g/100 g. Also, the chia seeds are characterized by a high amount of protein (19-27 g/100 g), as well as dietary fiber (30 g/100 g).*

*Keywords: chia seed, chia oil,  $\alpha$ -linolenic acid*

### **UVOD**

*Salvia hispanica L.*, poznatija pod imenom čia ili “španska žalfija” je jednogodišnja biljka iz familije Lamiaceae (Labiatae) poreklom sa područja između današnjeg zapadnog Meksika i severne Gvatemale. Ova pseudožitarica ima dugu istoriju upotrebe u ljudskoj ishrani. Kultivisana je i uzgajana od strane indijanskih civilizacija u Mezoamerici, kako se naziva deo Srednje Amerike, u kome se pre dolaska Evropljana razvio veći broj naprednih kultura i civilizacija. U tom području čia je predstavljala osnovnu životnu namirnicu i uzgajana je na velikim površinama. Po ekonomskom značaju jedino su je

prevazilazili kukuruz (*Zea mays L.*) i pasulj (*Phaseolus vulgaris L.*). Pored upotrebe u kulinarstvu čia je imala veliki značaj u medicini, religiji i umetnosti (Sandoval, 1989; Cahill, 2003).

Čia je nakon dolaska Evropljana neopravdano zanemarena. Održala se do savremenog doba samo zahvaljujući potomcima drevnih Indijanaca koji su je uzgajali na tradicionalan način na malim površinama. Ponovno interesovanje za čiom se javilo sa porastom potražnje za novim visokokvalitetnim namirnicama čije bi konzumiranje imalo vrlo povoljan uticaj na zdravlje. U poslednjih 30-tak godina, a naročito u poslednjoj deceniji, obavljen je veći broj naučnih istraživanja i radova koji se bave raznim pitanjima vezanim za čiu, mogućnostima uzgajanja, njenim osobinama i načinima upotrebe. Proširivanje saznanja o čia semenu je bitno jer se radi o biljci ve-

Dr Biljana Rabrenović, docent, e-mail: biljanar@agrif.bg.ac.rs; prof. dr Mirjana Demin, dr Jovanka Laličić-Petronijević, docent, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 11080 Zemun, Nemanjina 6, Srbija

likog potencijala zahvaljujući nutritivnim karakteristikama, pre svega sadržaju i sastavu ulja u semenkama, a potom i dijetetskim vlaknima, proteinima i antioksidansima. Odsustvo glutena je dodatni plus i otvara mogućnost primene semenki čie u proizvodnji bezglutenskih proizvoda.

Dok je verovatno najznačajnija upotreba čie bila u ishrani indijanskih civilizacija, najraznovrsnija je sigurno bila u medicinske svrhe. Medicinski zapisi navode različite delove biljke čie kao sastojke u različitim receptima, koristili su se seme, koren i zeljasti deo. Zdravstvena stanja u kojima su lekovi sa čiom pomagali su: od problema digestivnog trakta, preko respiratornih, oftalmoloških i dermatoloških stanja, do lečenja groznice i raznih drugih tegoba. Upotreba u medicinske svrhe se značajno menjala sa vremenom, i po pitanju upotrebe delova biljaka i po pitanju zdravstvenih stanja u kojima se čia uzimala kao lek ili češće kao jedan od sastojaka leka. Ipak jedan vid upotrebe se nije mnogo menjao kroz vreme – da se smesa napravljena od celog semena čie konzumira radi boljeg delovanja drugih lekova, na neki način delovala je kao sinergist. Čak se i danas u južnom delu Meksika i u Srednjoj Americi seme čie koristi kao sastojak infuzije (Duran, 1994; Hard i Roney, 1998).

Upotreba čie u religijske svrhe je bila povećana sa drugim vidovima upotrebe – ishranom, umetnošću i medicinom. Primer za to je oslikavanje tela astečkih božanstava. U religijskim ritualima se čie brašno koristilo za pravljenje testa. Zabeleženo je da su Asteci u 16. veku u ritualima boginji Čiomekoatl pred njenom piramidom pravili njenu sliku od čijinog testa i prinostili kukuruz, pasulj i čiu u različitim oblicima. Pretpostavlja se da je religijska upotreba i pozicija čie u kulturi Asteka bila mnogo šira i značajnija od onoga što znamo na osnovu sačuvanih podataka (Sandoval, 1989).

Sa španskom kolonizacijom došlo je do naglog smanjenja uzgajanja čie. Pretpostavlja se da su osnovni razlozi za to progon svega što je bilo vezano za Astečku religiju, kao i činjenica da čia nije uspevala u Evropi. Tako su velike obradive površine pod čiom zamenjene kulturama koje su Evropljani favorizovali, pre svega lanom (*Linum usitatissimum* L.). Samo je mali broj kultivisanih sorti opstao. Istovremeno je smanjeno stanište divljih sorti što je dovelo do značajnog gubitka genetskog potencijala ove vrste. Čia je vrlo brzo potpuno marginalizovana i gotovo je nestala kao žitarica od značaja.

Međutim, nakon skoro 500 godina zanemariivanja čia je ponovo postala predmet interesovanja i istraživanja zbog svoje nutritivne vrednosti. Komercijalni uzgoj većih razmera počeo je u poslednjih

par decenija. Čia se trenutno uglavnom uzgaja u Meksiku, Boliviji, Ekvadoru, Gvatemali i Argentini. Uzgoj u Argentini nije tradicionalan već je započeo početkom 90-ih kao ozbiljna ekonomska aktivnost u severnim delovima zemlje. Veći broj široko dostupnih proizvoda sa čiom se pojavio u poslednjih 5-10 godina (Ayerza i Coates, 2011; Chica, 2011).

### **Botaničke karakteristike biljke *Salvia hispanica* L.**

*Salvia hispanica* L. je jednogodišnja biljka sa visokom i uspravnom stabljikom. Dostiže visinu od 0,5 do 1 m. Stabljika i grane su četvorougone i dlakave. Listovi su tanki i rastu u parovima, jedan naspram drugog. Izduženog su lancetastog oblika, dimenzija 3-8 cm x 1-4,5 cm. U osnovi su zatupljeni i punih ivica, dok je ostatak lista umereno do gusto nazubljen uz oštar ili zašiljen vrh. Obe strane lista su maljave. Peteljke su tanke i dugačke su 1-6 cm.

Plod se sastoji od četiri šizokarpione semenke (spojene tokom razvoja, razdvajaju se pri sazrevanju) koje su ovalnog oblika, dužine 1,5 - 2 mm, prošarane kombinacijama crne, sive, braon i bele boje. Prema boji koja preovlađuje seme se uglavnom deli na tamno i svetlo. Većina sorti koje se danas komercijalno uzgajaju sadrži mali procenat svetlijih semena, koja su u proseku nešto veća od tamnih (Hernandez, 1993).

Čia je kratkodnevna biljka (zahteva određen broj sati mraka da bi procvetala) koja ima fotoperiod od 12 sati. Kako se ovaj fotoperiod dostiže dosta kasno u toku godine, potrebna je vrlo povoljna klima kako bi došlo do stvaranja i sazrevanja semena. Vreme cvetanja u velikoj meri ograničava područja u kojima čia može da se uzgaja, jer u mnogim područjima vreme postaje suviše hladno i mraz dolazi suviše brzo u odnosu na cvetanje da bi moglo da dođe do sazrevanja semena. Postoje naponi da se putem genetskih modifikacija dobiju sorte čie koje će biti manje zahtevne po pitanju broja sunčanih sati potrebnih za cvetanje i da se na taj način proširi područje ne kome je moguće uzgajati čiu (Jamboonsri i sar., 2012).

### **Hemijski sastav čia semena**

Čia seme sadrži 25 – 38% ulja. Udeo nezasićenih masnih kiselina je veoma visok. Dominantna u sastavu masnih kiselina je  $\alpha$ -linolenska ( $\omega$ -3 masna kiselina) sa prosečnim sadržajem od 58 do 60%, što spada među tri najviša udela u biljnom svetu (prema nekim izvorima i najviši). Kod pojedinih sorti koje se uzgajaju u Argentini prikazan je još veći udeo  $\alpha$ -linolenske kiseline, 60 – 68% (Ayerza, 2011), dok Ixtaina i sar. (2011a) navode sadržaj od 69,3% u ulju semenki čie

poreklom iz Gvatemale. Pored  $\alpha$ -linolenske kiseline, čiiino ulje sadrži još značajan procenat linolne kiseline ( $\omega$ -6 masne kiseline), oko 20%, pri čemu je odnos između sadržaja  $\alpha$ -linolenske i linolne kiseline vrlo povoljan. U manjim količinama su prisutne zasićene masne kiseline i to palmitinska i stearinska.

Iako se o čii najčešće govori u kontekstu ulja bogatog nezasićenim masnim kiselinama koje se dobija iz njenog semena, ostatak semena nakon ekstrakcije ulja takođe može da bude zanimljiv kao sekundarna sirovina jer sadrži relativno visok nivo hranljivih vlakana i polifenola. Sadržaj ukupnih hranljivih vlakana (TDF) se kreće i do 56,46 g/100 g semenki (Vasquez i sar., 2009). Osnovna komponenta nerastvorljivih hranljivih vlakana je lignin koji čini 39-41% TDF. Za ovu komponentu se smatra da štiti nezasićene masti u čiiinom semenu pomoću snažnih i otpornih struktura koje gradi i pomoću antioksidanasa koje sadrži. Mlevenjem pogače semena čie, nakon presovanja ulja, dobija se brašno iz koga je tehnološkim postupcima moguće izdvojiti frakciju u kojoj je povećana sadržaj TDF (Bushway i sar., 1981; Reyes-Caudillo i sar., 2008, Borderias i sar., 2005).

Čia sadrži značajnu količinu proteina. Sadržaj proteina kod čie je viši nego kod drugih žitarica kao što su pšenica, kukuruz, pirinač, ovas i ječam. Često se uzima da je udeo proteina oko 21 g/100 g semena, ali ta vrednost može da varira u zavisnosti od sorte, a još više zavisi od uslova gajenja, tako da se vrednost kod komercijalno uzgajane čie obično kreće između 19 i 27 g/100 g semena. U više istraživanja uočena je negativna zavisnost udela proteina u ukupnoj masi semena čie sa porastom nadmorske visine lokacije na kojoj se gaji (Ayerza, 2009; Ayerza i Coates, 2009; Ayerza i Coates, 2011).

Ostatak semena čie nakon ekstrakcije ulja ima procentualno viši sadržaj proteina od sirovog semena i on iznosi oko 41% kod ostataka semena nakon ekstrakcije organskim rastvaračem, tj. oko 35% kod ostataka semena dobijenog hladnim presovanjem ulja (Capitani i sar., 2012).

### **Izdvajanje ulja iz semenki čie i fizičko-hemijske karakteristike dobijenog ulja**

Slično kao i ostala biljna ulja koja se komercijalno proizvode, ulje semenki čie se najčešće izdvaja pomoću organskih rastvarača ili postupkom hladnog presovanja.

Izdvajanje ulja iz semenki čie postupkom hladnog presovanja daje slabije rezultate po pitanju količine izdvojenog ulja u odnosu na postupak ekstrakcije, ali je bitan kao jednostavan metod koji

je u finansijskom i operativnom smislu dostupan malim proizvođačima. Za efikasno izdvajanje ulja postupkom hladnog presovanja postoje četiri osnovna parametra koja utiču na tok procesa: vlažnost semena, prečnik otvora za regulaciju brzine protoka, temperatura ceđenja i brzina rotacije puža prese. Vlažnost semena je posebno važan parameter kada su u pitanju semenke čie. Poznato je da povećanje vlažnosti utiče na plastičnost materijala semena doprinoseći protoku materijala kroz presu usled efekta podmazivanja cilindra. Međutim, kod čie povećanje vlažnosti uzrokuje formiranje spoljašnje želatinaste, sluzave strukture koja dobro zadržava vodu i ometa izdvajanje ulja. Kao optimalan sadržaj vlage uzima se sadržaj od 10% računato na suhu materiju (Martinez i sar., 2012).

Uticaj načina izdvajanja ulja iz semenki čie na prinos i fizičko-hemijske karakteristike dobijenih ulja ispitivali su Ixtaina i sar. (2011a), a rezultati su prikazani u tabelama 1 i 2. Istraživanja su obavili na semenkama čie poreklom iz Argentine i Gvatemale. Veoma je malo literaturnih podataka kada je u pitanju ulje semenki čie, tako da su prikazani rezultati veoma značajni.

S obzirom da tokom postupka hladnog presovanja veliki procenat ulja zaostaje u pogači, a izdvajanje pomoću organskih rastvarača, kao što je heksan, predstavljaju rizik po zdravlje osoba uključenih u proizvodni proces, ali i opasnost po životnu sredinu i po zdravlje krajnjih korisnika, istražuju se drugi načini ekstrakcije ulja koji bi omogućili visoku efikasnost približnu organskim rastvaračima i zdravstvenu bezbednost hladnog presovanja. Dobru alternativu konvencionalnim metodama ekstrakcije mogla bi da pruži tehnika ekstrakcije pomoću superkritičnih fluida (SFE – supercritical fluid extraction). Superkritični ugljen-dioksid ( $SC-CO_2$ ) je najčešće korišćeni fluid za ekstrakciju ulja. Ugljen-dioksid ima nisku kritičnu temperaturu i pritisak (31,1°C i 73,8 bara, respektivno), što ga čini idealnim rastvaračem za organske proizvode jer nema termalne degradacije tokom procesa. Pored toga ugljen-dioksid je jeftin, netoksičan, nije zapaljiv, lako se razdvaja od rastvorenih materija i dobro prodire u strukturu materije bogate uljima. Ekstrakcija pomoću superkritičnog ugljen-dioskida se već koristi za izdvajanje ulja iz različitih vrsta semena kao što su seme soje, šafranske (poznate i kao egipatski čičak ili lažni šafran),

**Tabela 1.** Prinos ulja i sastav masnih kiselina ulja semenki čie poreklom iz Argentine i Gvatemale dobijenih postupkom ekstrakcije i hladnim presovanjem (Ixtaina i sar., 2011a)**Table 1.** Oil yield and fatty acid composition of the chia seed oils from Argentina and Guatemala extracted by solvent and cold pressing (Ixtaina *et. al.*, 2011a)

	Semenke iz Argentine Seeds from Argentina		Semenke iz Gvatemale Seeds from Guatemala	
	Ekstrakcija Extraction	Hladno presovanje Cold pressing	Ekstrakcija Extraction	Hladno presovanje Cold pressing
Prinos ulja (% na s.m.)	33,6	24,8	26,7	20,3
Masne kiseline (%):				
Palmitinska (16:0)	6,2	6,6	5,5	5,9
Stearinska (18:0)	3,0	3,1	2,7	4,4
Oleinska (18:1c)	5,3	5,4	5,8	5,5
Vakcenska (18:1t)	0,5	0,5	0,4	0,5
Linolna (18:2)	19,7	20,3	16,6	17,5
$\alpha$ -linolenska (18:3)	65,6	64,5	69,3	66,7
SFA	9,3	9,8	8,3	10,3
PUFA	85,4	84,9	85,9	84,1
PUFA/SFA	8,7	9,2	10,4	8,2
n-3/n-6 odnos	3,32	3,18	4,18	3,81

**Tabela 2.** Fizičko-hemijske karakteristike ulja semenki čie poreklom iz Argentine i Gvatemale dobijenih postupkom ekstrakcije i hladnim presovanjem (Ixtaina i sar., 2011a)**Table 2.** Physicochemical characteristics of the chia seed oils from Argentina and Guatemala extracted by solvent and cold pressing (Ixtaina *et. al.*, 2011a)

Fizičko-hemijske karakteristike ulja Physico-chemical characteristics of oil	Semenke iz Argentine Seeds from Argentina		Semenke iz Gvatemale Seeds from Guatemala	
	Ekstrakcija Extraction	Hladno presov. Cold-pressing	Ekstrakcija Extraction	Hladno presovanje Cold-pressing
Kiselinski broj (mgKOH/g)	2,05	0,91	1,64	0,70
Jodni broj (g/100g)	208,5	210,5	215,0	209,4
Saponifikacioni broj (mg KOH/g)	193,09	193,12	193,01	192,99
Neosapunjive materije (%)	1,27	0,85	1,00	0,68
Indeks refrakcije (25 °C)	1,4768	1,4794	1,4763	1,4798
Boja (CIEL* <i>a</i> * <i>b</i> *sistem)				
<i>L</i> * vrednost	43,177	42,855	43,032	39,720
<i>a</i> * vrednost	4,545	3,757	4,850	2,087
<i>b</i> * vrednost	28,385	25,900	21,467	23,865
$\beta$ -karoten (mg/kg)	0,58	1,21	0,53	0,58
Hlorofil (mg/kg)	nd	nd	nd	nd
Sadržaj metala (mg/kg)				
Cu	0,2	0,1	0,3	0,3
Fe	1,8	0,3	3,9	3,4
Sadržaj fosfora (mg/kg)	46	225	100	128
Voskovi (mg/kg)	142	108	180	92
Indukcioni period (h, pri 98°C)	2,4	2,8	2,4	2,4

pamuka, kanole (ili kanadske uljane repice), mekinja prosa, pirinča, semena grožđa i drugih biljaka. Takođe, vršena su ispitivanja mogućnosti primene SC-CO<sub>2</sub> metode za izdvajanje ulja bogatih ω-3 masnim kiselinama, kao što je riblje ulje, ulje semena lana i ulje semena čie (Jiao i sar., 2008; Han i sar., 2009;)

Prema istraživanjima koja su sproveli Ixtaina i sar. (2010; 2011b) ekstrakcija ulja iz semenki čie putem SC-CO<sub>2</sub> metode imala je za rezultat maksimalnu količina izdvojenog ulja koja sekretala od 93 do 97%. Referentna metoda u odnosu na koju je vršeno poređenje je bila ekstrakcija ulja pomoću heksana.

Pored količine izdvojenog ulja podjednako je bitan i njegov kvalitet. Ixtaina i sar. (2011b) su u svojim istraživanjima poredili fizičko-hemijske karakteristike ulja semenki čie dobijenih SC-CO<sub>2</sub> metodom i ekstrakcijom heksanom. Bez obzira ne metodu izdvajanja ulja (SC-CO<sub>2</sub> i heksan) dominantna masna kiselina je bila α-linolenska masna kiselina (64,9 – 65,6%), zatim linolna (19,8 – 20,3%), palmitinska (6,2 – 6,7%), oleinska (5,0 – 5,5%) i stearinska masna kiselina (2,7 – 3%). U tabeli 3 su dati rezultati analize ulja semenki čie dobijenih ekstrakcijom metodom SC-CO<sub>2</sub> pri različitim parametrima ekstrakcije, kao i heksanom. Pored udela pojedinih masnih kiselina prikazan je i odnos nezasićenih i zasićenih

masnih kiselina, zatim ω-6 i ω-3 masnih kiselina, jodni i saponifikacioni broj i indukcioni period.

Kao što se iz tabele 3 vidi, nema značajnih razlika u sastavu masnih kiselina ulja dobijenih ekstrakcijom metodom SC-CO<sub>2</sub> i heksanom. Vrednosti dobijene za jodni i saponifikacioni broj takođe se ne razlikuju značajno. Jodni broj je visok zbog velikog udela nezasićenih masnih kiselina u sastavu ulja, dok je vrednost saponifikacionog broja slična kao kod biljnih ulja poreklom iz semena šafranike ili kukuruza.

Kiselinski broj se značajno razlikuje kod uzoraka dobijenih ekstrakcijom pomoću SC-CO<sub>2</sub> (0,81) i ekstrakcijom pomoću heksana (1,74). Ove vrednosti nisu prikazane u tabeli jer su dobijene u različitom istraživanju u odnosu na prethodne podatke (Ixtaina i sar., 2010).

Pomoću Rancimat testa ispitivana je oksidativna stabilnost ulja, a indukcioni period se kretao od 1,12 h do 1,60 h u zavisnosti od uslova SC-CO<sub>2</sub> ekstrakcije (tabela 3). Manju oksidativnu stabilnost imalo je ulje dobijeno ekstrakcijom na 250 bara. Ulje dobijeno pri višem pritisku ekstrakcije (450 bara) imalo je nešto višu oksidativnu stabilnost, ali je to i dalje bilo daleko ispod oksidativne stabilnosti ulja dobijenog ekstrakcijom organskim rastvaračem, gde je indukcioni period bio 2,37 h. Jedan od razloga sla-

**Tabela 3.** Sastav masnih kiselina, jodni i saponifikacioni broj i indukcioni period ulja čia semena izdvojenog pomoću SC-CO<sub>2</sub> i organskog rastvarača (Ixtaina i sar., 2011b)

**Table 3.** Fatty acid composition, iodine and saponified values and induction period of the chia seed oil obtained by SC-CO<sub>2</sub> and solvent extraction (Ixtaina *et. al.*, 2011b)

Pokazatelj Parameter	SC-CO <sub>2</sub> ekstrakcija/SC-CO <sub>2</sub> extraction				Ekstrakcija heksanom Extraction with hexane
	40°C 250bar	60°C 250bar	40°C 450bar	60°C 450bar	
Sastav masnih kiselina (%):					
Palmitinska (16:0)	6,6	6,6	6,7	6,7	6,2
Stearinska (18:0)	2,7	2,8	3,0	3,0	3,0
Oleinska (18:1)	5,2	5,5	5,2	5,0	5,3
Linolna (18:2)	20,0	20,2	20,1	20,3	19,8
α-linolenska (18:3)	65,5	64,9	64,9	65,0	65,6
Zasićene masne kiseline (SFA)	9,3	9,4	9,8	9,7	9,3
Nezasićene masne kiseline (PUFA)	85,4	85,1	85,0	85,3	85,4
PUFA/SFA	9,2	9,0	8,7	8,8	9,2
ω-6/ω-3 odnos	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Jodni broj (g/100g)	210,4	209,5	209,1	209,4	210,5
Saponifikacioni broj (mg KOH/g)	194,14	193,14	193,14	193,16	193,1
Indukcioni period (h, pri 98°C)	1,12	1,22	1,60	1,53	2,37

bije oksidativne stabilnosti ulja dobijenog pomoću SC-CO<sub>2</sub> se tumači nižim sadržajem tokoferola u ovako dobijenom ulju. Naime, sadržaj tokoferola je pokazao veliku zavisnost od uslova pod kojima je vršena SC-CO<sub>2</sub> ekstrakcija i kretao se između 36 i 95 mg/kg ulja. Najviši sadržaj je postignut pri 40°C i 450 bara, dok je najniži bio pri 60°C i 250 bara. Sve ove vrednosti su značajno niže u odnosu na sadržaj tokoferola dobijenog ekstrakcijom pomoću heksana (oko 250 mg/kg ulja). Ipak, razlika u sadržaju tokoferola koja postoji između uzoraka ulja dobijenih ekstrakcijom metodom SC-CO<sub>2</sub> u odnosu na ulje dobijeno ekstrakcijom heksanom nije dovoljna da bi objasnila veliku razliku u oksidativnoj stabilnosti. Ixtaina i sar. (2011b) to dovode u vezu i sa fosfolipidima koji su slabije rastvorljivi u SC-CO<sub>2</sub>, a koji u sprezi sa tokoferolima mogu da imaju veliki uticaj na oksidativnu stabilnost. Postoji i mogućnost da je došlo da oksidacije ulja pri SC-CO<sub>2</sub> ekstrakciji usled prisustva malih količina kiseonika u rastvaraču, pri čemu do oksidacije triacilglicerola dolazi još u superkritičnoj fazi. Sigurno da postoji još mnogo drugih faktora (prisutne slobodne masne kiseline, mono- i digliceridi, termalni efekat) koji

utiču na oksidativnu stabilnost ulja i kada je u pitanju ekstrakcija čiinog ulja SC-CO<sub>2</sub> metodom, ali ovi uticaji još uvek nisu dovoljno ispitani.

Iako se ulje od semenki čie u Srbiji zvanično ne proizvodi, u svom doktorskom radu, Radočaj (2011) je koristila ulje semenki čie kao funkcionalni dodatak, zajedno sa tikvinim, konopljinim i uljem od visoko oleinskog suncokreta za pripremu namaza na bazi pogače uljane tikve sa visokim sadržajem omega masnih kiselina. Dobijeni rezultati prikazani u tabeli 4 predstavljaju značajan doprinos poznavanju fizičko-hemijskih karakteristika ulja semenki čie.

U nastavku istraživanja Radočaj i sar. (2011) su koristili semenke čie sa ciljem poboljšanja nutritivne vrednosti namaza, a fizičko-hemijske karakteristike semenki čie su prikazane u tabeli 5.

Upotreba čie u ishrani, van tradicionalnog područja uzgajanja, je do pre nekoliko godina bila ograničena uglavnom na stanovništvo Severne Amerike. Tu se uglavnom prodavalo sirovo seme čie i hladno presovano ulje semena čie. Trenutno po raznovrsnosti i broju proizvoda, kao i po njihovoj dostupnosti prednjači Severna Amerika, a potom slede Australija i Evropa.

**Tabela 4.** Fizičko-hemijske karakteristike ulja prisutnih u namazu (Radočaj, 2011)  
**Tabela 4.** Physico-chemical characteristics of the oils in fat-based spreads (Radočaj, 2011)

Pokazatelj Parameter	Tikvino ulje Pumpkin seed oil	Visoko oleinsko suncokretovo ulje High oleic sunflower oil	Konopljino ulje Hempseed oil	Čia ulje Chia oil
Sadržaj vlage i isparljivih mat. (%)	-	-	-	0,04
Kiselost (% oleinske kiseline)	0,79	0,03	0,5	0,004
Peroksidni broj (meqO <sub>2</sub> /kg)	3,2	0,9	0,6	4,41
Jodni broj (po Wijs-u) (g/100g)	109,7	90,0	-	192,7
Indukcioni period, Rancimat test (h) (pri 100 °C)	13,9	20,1	<1	-
Sastav masnih kiselina (% m/m):				
Stearinska (C18:0)	6,74	3,17	2,4	3,35
Palmitinska (C16:0)	13,29	3,36	6,19	6,84
Oleinska (C18:1) (ω-9)	27,05	84,86	9,89	7,47
Linolna (ω-6) (C18:2)	51,04	0	55,13	20,13
α-Linolenska (ω-3)(C18:3)	0	0	17,75	61,12
γ-Linolenska (ω-6)(C18:3)	0	0	4,52	-
Ukupno SFA	20,75	7,86	9,92	10,19
Ukupno MUFA	27,49	84,86	10,76	7,47
Ukupno PUFA	51,04	6,71	78,7	81,25
Ukupno <i>trans</i> MK	0,17	0,17	0,17	0,00

**Tabela 5.** Fizičko-hemijske karakteristike mlevene pogače semena tikve golice i čia semena (Radočaj i sar., 2011)

**Tabela 5.** Physico-chemical characteristics of the hull-less pumpkin seed press-cake and chia seeds (Radočaj *et. al.*, 2011)

Parametar Parameter	Pogača tikve golice Pumpkin seed press cake	Mleveno čia seme Grounded chia seed
Sadržaj vlage i isparljivih materija (%)	3,52±0,05	8,19
Sadržaj ulja (%)	31,3±0,1	32,8
Sadržaj ukupnog pepela (%)	6,64±0,11	5,2
Sadržaj sirovih vlakana (%)	3,51±0,03	41,2
Sadržaj sirovih proteina (%)	50,21±0,13	20,7
Sadržaj ugljenih hidrata (%)	4,82±0,42	1,0
Sadržaj rastvorljivih proteina (%)	8,05±0,08	-
Indeks rastvorljivosti proteina (NSI)	13,92±0,05	-
Energija (Kcal/100g)	502	330
pH vrednost	6,01±0,04	6,49
Aktivnost vode ( $A_w$ )	0,258±0,00	0,305±0,00
Boja (CIE $L^*a^*b^*$ sistem)		
$L^*$ vrednost	68,67±1,84	42,35±0,46
$a^*$ vrednost	4,58±0,14	6,53±0,18
$b^*$ vrednost	21,38±0,66	5,84±0,32

Uzimajući u obzir prethodno navedene činjenice, pre svega nutritivnu vrednost semenki i sadržaj esencijalnih masnih kiselina u semenkama i ulju, deluje da nema razloga da čia veoma brzo ne zauzme važnu poziciju u prehrambenoj industriji. Ipak, još je dug i neizvestan put do tog cilja. Zahtevi savremenog tržišta su veoma strogi. Da bi neki proizvod postao široko zastupljen, pored kvaliteta, podjednako bitnu ulogu imaju cena i stabilnost snabdevanja tržišta. To su upravo razlozi koji trenutno ozbiljno ugrožavaju napredak u rasprostranjenosti čie na tržištu i njeno široko prihvatanje. Uzgajanje čie je za sada prostorno usko ograničeno vegetativnim zahtevima biljke.

Pred čiom i njenim širokim prihvatanjem u prehrambenoj industriji je očigledno još puno izazova. S obzirom da tržište dobro prihvata proizvode sa čiom, za očekivati je da se problemi u proizvodnji i njena stabilnost snabdevanja tržišta vremenom reše. Dalja naučna istraživanja mogla bi da dovedu do stvaranja kvalitetnijih sorti sa širim područjem uzgajanja, što bi uz osavremenjivanje proizvodnje moglo da dovede do povećanja prinosa i smanjenja cene semenki čie.

## ZAHVALNICA

Rad je finansiran sredstvima Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta 46010.

## LITERATURA

1. Ayerza R. (2009). The Seed's Protein and Oil Content, Fatty Acid Composition, and Growing Cycle Length of a Single Genotype of Chia (*Salvia hispanica* L.) as Affected by Environment Factors. *Jurnal of Oleo Science* 58(7):347–354.
2. Ayerza R. (2011). The seed's oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) var. iztac 1, grown under six tropical ecosystems conditions. *Interciencia* 36:620-624.
3. Ayerza R., Coates W. (2009). Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and  $\alpha$ -linolenic content of three chia (*Salvia hispanica* L.) selections. *Industrial Crops and Products* 30:321–324.
4. Ayerza R., Coates W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown

- chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products* 34:1366–1371.
5. Borderias A. J., Sanchez-Alonso I., Perez-Mateos M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science and Technology* 16:458–465.
  6. Bushway A. A., Belya P. R., Bushway R. J. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide and protein. *Journal of Food Science* 46:1349–1356.
  7. Cahill P.J. (2003). Ethnobotany of Chia, *Salvia hispanica* L. *Economic Botany* 57(4):604–618.
  8. Capitani M.I., Spotorno V., Nolasco S.M., Tomas M.C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology* 45:94–102.
  9. Chica, C. (2011). *Conferencia Latinoamericana de cereales* (pp. 39). Santiago: ICC - International Association for Cereal Science. ICC.
  10. Conservation: Botanical Information: *Salvia hispanica* L. Globinmed.com <http://www.globinmed.com>
  11. Duran F.D. (1994). The history of the indies of New Spain. Translated by Doris Heyden. University of Oklahoma Press, Norman. (Originally written 1581).
  12. Han X., Cheng L., Zhang R., Bi J. (2009). Extraction of safflower seed oil by supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Food Engineering* 92:370–376.
  13. Hard R.J. i Roney R.J. (1998). A massive terraced village complex in Chihuahua, Mexico, 3000 years before present. *Science* 279:1661–1664.
  14. Hernandez Gomez J.A. 1994. In: Cuevas J. (ed.), Chia (*Salvia hispanica*) Antecedentes y Perspectivas en Mexico. Universidad Autonoma Chapingo, Mexico.
  15. Hernandez H.E. (1993). Aspects of plant domestication in Mexico: a personal view. In Biological diversity in Mexico: origins and distribution. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa, eds., Oxford University Press, New York.
  16. Ixtaina V.Y., Nolasco S.M., Tomas M.C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products* 28:286–293.
  17. Ixtaina V.Y., Vegaa A., Nolasco S.M., Tomas M.C., Gimeno M., Barzana E., Tecante A. (2010). Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.): Characterization and process optimization. *Journal of Supercritical Fluids* 55:192–199.
  18. Ixtaina V. Y., Martinez M. L., Spotorno V., Mateo C. M., Maestri D. M., Diehle B. W. K., Nolasco S. M., Tomas M. C. (2011a). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis* 24:166–174.
  19. Ixtaina V. Y., Mattea F., Cardarelli D. A., Mattea M. A., Nolasco S. M., Tomas M. C. (2011b). Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Characterization of Argentinean Chia Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 88:289–298.
  20. Jamboonsri W., Phillips T.D., Geneve R.L., Cahill J.P., Hildebrand D.F. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.—a new x3 source. *Genetic Resources Crop Evolution* 59:171–178.
  21. Jiao S., Li D., Huang Z., Zhang Z., Bhandari B., Mao Z. (2008). Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of flaxseed oil using response surface methodology. *International Journal of Food Engineering* 4:1–17.
  22. Martinez M.L., Marin M.A., Salgado Faller C.M., Revol J., Penci M.C., Ribotta P. D. (2012). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters. *LWT - Food Science and Technology* 47:78–82.
  23. Radočaj O. (2011). Optimizacija tehnologije proizvodnje namaza sa visokim sadržajem omega masnih kiselina upotrebom pogače semena uljane tikve golice. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
  24. Radočaj O., Dimić E., Vujasinović V. (2011). Optimization of the texture of fat-based spread containing hull-less pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed press-cake. *APTEFF* 42: 131–143.
  25. Reyes-Caudillo E., Tecante A., Valdivia-Lopez M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry* 107: 656–663.
  26. Sandoval A.Z. (1989). Amarantos y Chias. Un estudio etno historico. Escuela Nacional de Antropologia e Historia, Mexico, D.F.
  27. Vazquez-Ovando A., Rosado-Rubio G., Chel-Guerrero L., Betancur-Ancona D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology* 42:168–173.

## UPUTSTVO ZA UREĐIVANJE I PRIPREMU RADOVA

### OPŠTE NAPOMENE

Časopis "Uljarstvo" objavljuje originalne naučne radove, pregledne i stručne radove i druge priloge (prikazi knjiga, izveštaji sa naučnih i drugih skupova, informacije i drugo).

Originalni naučni rad sadrži neobjavljene rezultate sopstvenih istraživanja koji moraju da budu tako obrađeni i izloženi da eksperimenti mogu da se ponove, a rezultati da se provere.

Pregledni rad predstavlja sveobuhvatni pregled jedne oblasti ili problematike, zasnovan na objavljenim podacima iz literature, koji se u radu prikazuju, analiziraju i raspravljaju.

Stručni rad sadrži praktična rešenja ili ukazuje na razvoj struke i širenje znanja u određenoj oblasti na osnovu primene poznatih metoda i naučnih rezultata.

Prispele radove redakcija upućuje recenzentima radi mišljenja o njihovom objavljivanju. Posle prihvatanja radova za štampanje na osnovu mišljenja recenzentata, radovi se lektorišu. Redakcija zadržava pravo na manje korekcije rukopisa, a u spornim slučajevima to čini u sporazumu sa autorom.

Radovi se štampaju latinicom na srpskom jeziku, a pojedini radovi (originalni naučni i pregledni) i na engleskom jeziku. Naslov rada, kratak sadržaj, ključne reči, naslov i tekstualni deo tabela, grafikona, šema, slika i ostalih priloga štampaju se dvojezično (srpski i engleski).

Objavljuju se radovi koji u istom ili sličnom obliku i sadržaju nisu štampani u drugoj periodičnoj publikaciji.

Autor je potpuno odgovoran za sadržaj rada

### PRIPREMA RUKOPISA

1. Rad treba da se dostavi na CD-u (otkucan u Word-u, slovima Times New Roman veličine 12) i odštampan u dva primerka na belom papiru formata A-4 sa proredom 1,5 i elektronski.
2. Stranice rada se označavaju brojem u gornjem desnom uglu, a približno mesto i redosled tabela, grafikona, šema i slika se označavaju u tekstu.
3. Ispod naslova rada, otkucati puno ime i prezime svih autora.
4. Naslov rada sa indeksom označava da je rad saopšten na nekom naučnom skupu, čiji se tačan naziv, mesto i datum održavanja navodi u

objašnjenju indeksa.

5. U donjem slobodnom prostoru na prvoj stranici rada navodi se za sve autore puno ime i prezime, naziv institucije, adresa kao i e-mail adresa prvog autora.
6. Uz rad se prilaže kratak sadržaj (150-250 reči) sa naznakom ključnih reči (do pet). Kratak sadržaj mora da sadrži cilj, metode, rezultate i zaključke rada. Takođe, prilaže se engleski prevod naslova rada, kratkog sadržaja, ključnih reči, kao i naslova i tekstualnog dela tabela, grafikona, šema i slika.
7. Po obimu rad ne treba da ima više od 20 kucanih stranica, uključujući i priloge.
8. U radu autor treba da se pridržava Međunarodnog sistema jedinica (SI) i Zakona o mernim jedinicama i merilima (Sl. list SFRJ 32/76).
9. Originalni naučni i stručni rad, po pravilu, treba da sadrži: uvod, materijal i metode rada, rezultate, diskusiju i literaturu, a zaključci su obavezni.

U uvodnom delu rada daje se kratak pregled literature koja se odnosi na rad, najkraći pregled ranijih ispitivanja i svrha rada.

Priznate i poznate metode i tehnike rada treba da se označe nazivom ili citatom iz literature, a sopstvene modifikacije treba da se opišu, i da sadrže dovoljno podataka da bi mogle da se ponove.

Rezultati se predstavljaju tabelama, grafikoni- ma, šemama i slikama, sa komentarom. Naslovi treba da su što kraći i jasni, i da sadrže sva potrebna objašnjenja, tako da mogu da se razumeju i bez čitanja teksta. U tekstu se ne ponavljaju podaci iz tabela, već se ističu najvažnija zapažanja. U diskusiji se interpretiraju dobijeni rezultati sa osvrtom na podatke iz literature, ukoliko postoje. Pri preuzimanju rezultata, tabela, grafikona, šema ili slika iz literature, naročito kod preglednog rada, autor je obavezan da precizno naznači izvornu literaturu.

10. Grafikoni, šeme i drugi crteži se izrađuju kompjuterski. Veličina crteža i oznaka, kao i debljina linija treba da je takva da za štampu mogu da se smanje za 50 % i pri tom budu čitljivi. Slike treba da su jasne, kontrastne.
11. U tekstu, citirana literatura se označava imenom autora i godinom publikacije. Autori su odgovorni za tačnost svih podataka koji se navode u literaturi.
12. Navodi literature sadrže: prezime i inicijal imena jednog ili više autora, godina, naslov rada, naziv časopisa bez skraćanja (može biti skraćen ali samo prema World List of Scientific Periodicals), broj volumena (broj časopisa ili mesec navode se samo za časopise koji u svakom

broju označavanje stranica počinju sa brojem 1) i brojeve stranica na kojim citirani rad počinje i završava. Ukoliko je u pitanju knjiga, potrebno je da se navede autor, naslov, ime izdavača, mesto i godina izdavanja i stranice citiranja.

**Primer:**

1. Dimić, E., J. Turkulov, Đ. Karlović, V. Puškaš, V. Vukša (1995). Dezo-neutralizacija suncokretovog ulja primenom azota. *Uljarstvo*, 32 (4): 7-12.
2. Tekin, A., M. Cizmeci, H. Karabacak, M. Kayahan (2002). Trans fatty acid and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79: 443-445.
3. Bockisch, M. (1993). *Nahrungsfette und-öle*, Verlag Eugen Ulmer, Wien, pp. 155-168.
4. Frankel, E.N. (1985). Autooxidation of oils. In: *Flavor chemistry of fats and oils*, Edited by D.B. Min, and T.H. Smouse. American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois, pp. 1-37.
5. Šmit, K., E. Dimić, V. Bogdan, B. Mojsin, V. Kulić (2001). Promene kvaliteta semena i ulja suncokreta tokom prerade s posebnim osvrtom na tokoferole. 42. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, Crna Gora, pp 81-86.

Radove treba dostaviti na adresu:

Univerzitet u Novom Sadu  
Tehnološki fakultet  
Prof. dr Etelka Dimić  
Za časopis **ULJARSTVO**  
21000 NOVI SAD  
Bulevar cara Lazara 1  
Republika Srbija  
E-mail: edimic@uns.ac.rs

**UREDNIŠTVO**

**INSTRUCTIONS FOR  
EDITING AND PREPARING OF  
MANUSCRIPTS**

**GENERAL INFORMATION**

The journal "Uljarstvo" (Journal of edible oil industry) publishes original scientific papers, preview articles, review articles, technical papers and other works (book reviews, reports from scientific or other meetings, informations, etc.).

The original scientific paper contains unpublished results of the authors investigations, which must be processed and presented in such a way that experiments can be repeated, and the results verified.

The review article presents a comprehensive review of an area or subject matter, based on published data from literature, which are presented, analyzed and discussed in the paper.

The technical paper contains practical solutions or promotes advancements in the profession and presents knowledge in a certain area on the basis of implementation of known methods and scientific results.

The editors send the received manuscripts (without the names of authors) to reviewers for an opinion on their publication. After the manuscripts are accepted for publication on the ground of the received review, the papers are edited. The editors reserve the right to make minor corrections in the manuscripts and controversial points are resolved in agreement with the author.

Papers are published in the Latin script in Serbian language, and certain papers (original scientific papers, preview articles, and reviews) in English, as well. The title of the paper, summary, key words, headings and text of tables, graphs, diagrams, figures and other supplements are printed both in Serbian and English.

The journal publishes works that have not been published in any other periodic publication in the same or similar form or contents.

Authors are fully responsible for the contents of their papers.

**NOTES FOR CONTRIBUTORS**

1. Authors should submit manuscripts on CD (in Word, Times New Roman 12) and two hard copies of the typescript printed on white A4 paper, spacing 1,5, left margin at least 3 cm, as well as by e-mail.

2. Pages are numbered in the upper right corner. The approximate position of tables, graphs, diagrams and figures is marked in the text.
3. The name and surname of the author(s) should be printed under the title.
4. The title of the paper is marked with a footnote if the work has been presented at a scientific symposium and the footnote should contain the exact title, date and time when it was held.
5. The full name and surname, title and address of the authors should be at the bottom of the first page.
6. The manuscript should include a summary (150 – 200 words), with key words (up to five). The summary should contain the objective, methods, results and conclusions of the work. The authors should submit English translation of the title of the work, the summary, key words, headings and texts of tables, graphs, diagrams and figures.
7. Manuscripts should not be longer than 20 pages, including all appendices.
8. Authors should adhere to the International Unit System (IS) and the Law on Measurement units and standards (Official Gazette of FRY, No. 32/76).
9. Preview articles, original scientific and technical papers should contain, (as a rule), the following: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion and References, with optional Conclusions.  
The Introduction gives only a brief survey of literature relevant to the work, the briefest possible survey of previous investigations and the objective of the work.  
Official methods and work techniques should be named or indicated as a reference from literature and original modifications should be described and contain sufficient data to enable their repetition.  
Results are presented in tables, graphs, diagrams and figures, with comments. The headings should be brief and clear, containing all necessary explanations, so that they can be understood without reference to the text. The text should not contain repetitions of data from the tables, but point out the most important observations. The Discussion interprets the obtained results with a review of data from literature, if any. In quoting results, tables, graphs, diagrams or figures from literature, in particular in review articles, authors must clearly specify the used literature sources.
10. Graphs, diagrams and other drawings should be prepared by computer. The size of the drawings and markings, as well as the thickness of the lines, should be such that they can be reduced by 50% for printing purposes and still be readable. Pictures must be clear, contrast.

11. Literature quoted in the text is marked with authors and years of publication. Authors are responsible for the correctness of all data given in the references.
12. Literature references must contain the following: surname and initials of the name(s) of one or more authors, title of the paper, unabbreviated name of journal (abbreviations possible only according to the World List of Scientific Periodicals), volume number (the number of the journal or the month are given only for journals that begin marking pages of each number with 1) and the page reference numbers of the first and last page quoted in the work; for quotations from books, list the author, title, name of publisher, place and year of publication

**Example:**

1. Dimić, E., J. Turkulov, Đ. Karlović, V. Puškaš, V. Vukša (1995). Dezo-neutralizacija suncokretovog ulja primenom azota. *Uljarstvo*, 32 (1-4): 7-12.
2. Tekin, A., M. Cizmeci, H. Karabacak, M. Kayahan (2002). *Trans* fatty acid and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79: 443-445.
3. Bockisch, M. (1993). *Nahrungsfette und-öle*, Verlag Eugen Ulmer, Wien, pp. 155-168.
4. Frankel, E.N. (1985). Autooxidation of oils. In: *Flavor chemistry of fats and oils*, Edited by D.B. Min, and T.H. Smouse. American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois, pp. 1-37.
5. Šmit, K., E. Dimić, V. Bogdan, B. Mojsin, V. Kulić (2001). Promene kvaliteta semena i ulja suncokreta tokom prerade s posebnim osvrtom na tokoferole. 42. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, Crna Gora, pp. 81-86.

*Manuscripts should be sent to the following address:*

University of Novi Sad  
 Faculty of Technology  
 Prof. dr Etelka Dimić  
**ULJARSTVO** – Journal of edible oil industry  
 21000 NOVI SAD  
 Bulevar cara Lazara 1  
 Republic of Serbia  
 E-mail: edimic@uns.ac.rs

**EDITORIAL BOARD**