

**Izdavač**  
*Publisher*

**Tehnološki fakultet; Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo; DOO "Industrijsko bilje", Novi Sad**  
**Faculty of Technology; Institute of Field and Vegetable Crops; "Industrial crops", Novi Sad**

**Savetodavni odbor**  
*Advisory Board*

**Dr Etelka Dimić, akademik dr Dragan Škorić, dr Zoltan Zavargo, dr Sonja Đilas, dr Ksenija Pićurić-Jovanović, dr Milica Hrustić, Sandra Međedović, dipl. ing., Gordana Cvetković, dipl. ing. Sonja Jovanov, dipl. ing., Slavko Zečević, dipl. ing., Slobodan Mitrović, dipl. ing., Zorica Belić, dipl. ing., Nada Grbić, dipl. ing., Bogoljub Vujčić, dipl. ing., Dušan Nikolić, 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. Katalin Kővári, Bunge Europe, Budapest, Hungary; Dr. Mirjana Bocevska, Faculty of Technology and Metallurgy, Skopje, Macedonia; Dr. Đerđ Karlović, Bunge Europe, Margarine Center of Expertise, Kruszwica, Poland; Dr Vlatko Marušić, Strojarški 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**  
*Co-Editor*

**Mr Olga Čurović**

**Tehnički urednik**  
*Technical Editor*

**Vjera Vukša, dipl. ing.**

**Adresa redakcije**  
*Editorial Board Address*

**Tehnološki fakultet, Tehnologija biljnih ulja i proteina, 21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republika Srbija**  
**Faculty of Technology, Vegetable oils and proteins technology, 21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republic of Serbia**  
**Telefon: 021-485-37-00; Fax: 021-450-413; E-mail: edimic@uns.ns.ac.yu**

***Publikovanje časopisa finansijski je pomoglo Ministarstvo nauke Republike Srbije***  
***Publishing of this journal is financially supported by Ministry of science of Republic of Serbia***

**Tiraž**  
*Number of copies*

**250**

**Štampa**  
*Print*

**Štamparija "FELJTON", 21000 Novi Sad, Stražilovska 17, Republika Srbija**

# ULJARSTVO

ČASOPIS ZA INDUSTRIJU BILJNIH ULJA, MASTI I PROTEINA

Volumen 38.

Broj 1-2

Godina 2007.

## Naučni radovi

### Scientific papers

1. Lj. Dokić, M. Hadnađev, P. Dokić  
 REOLOŠKE KARAKTERISTIKE SKROBNIH  
 DERIVATA - SUPSTITUENATA MASTI  
*Rheological properties of starch derivatives - fat replacers* 3
2. N. Džinić, V. Tomović, Lj. Petrović, T. Tasić, P. Ikonić, S. Filipović  
 UTICAJ SUPSTITUCIJE DELA STANDARDNOG OBROKA U ISHRANI  
 PILIĆA SAČMOM ULJANE REPICE NA KVALITET MESA GRUDI  
*Influence of substitution of a part of standard meal in chicken feed  
 with rapeseed meal on breast meat quality* 9
3. R. Kuč, A. Gračanin, V. Đurković, P. Babić  
 MASNE KISELINE - OSVRT NA  $\omega$ -3 MASNE  
 KISELINE I NJIHOV ZNAČAJ U ISHRANI  
*Fatty acids -  $\omega$ -3 fatty acids and their importance in nutrition* 15
4. S. Markov, D. Cvetković, A. Velićanski  
 NASTANAK I RAZVOJ BIOFILMOVA  
 U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI  
*Iniciation and development of biofilms in food industry* 21
5. B. Pajin, O. Jovanović, E. Dimić, R. Romanić, V. Lazić  
 TRAJNOST I KVALITET ČOKOLADE SA DODATKOM  
 TERMIČKI OBRAĐENOG JEZGRA SUNCOKRETA  
*Stability and quality of chocolate with addition of meat treated sunflower kernel* 27
6. Draginja Peričin, Ljiljana Radulović, Senka Mađarev, Etelka Dimić  
 BIOPROCESI ZA VALORIZACIJU ULJANIH POGAČA  
*Bioprocessing for value added products from oil cakes* 35
7. Marija Škrinjar, Milinka Bandu, Etelka Dimić, Koviljka Bošnjak-Bjelobaba i Ranko Romanić  
 INFEKCIJA SEMENA SUNCOKRETA ŽETVE  
 2006. AFLATOKSIGENIM GLJIVAMA  
*Infection of sunflower seeds harvested in 2006. with aflatoxigenic fungi* 41
8. Zlatica Predojević, Ivana Koveljen  
 PROIZVODNJA BIODIZELA IZ OTPADNIH ULJA  
*Production of biodiesel from used frying oil* 49

## Stručni radovi

### Professional papers

5. Živka Antonić, Gordana Cvetkovic, Anica Gračanin, Vladimir Bogdan  
 RAZVOJ I PERSPEKTIVE PROIZVODNJE MARGARINA  
*Development and perspectives of margarine production* 57
6. Olga Čurović, Georgije Dujin, Etelka Dimić  
 INDUSTRIJA ULJA SRBIJE U PROIZVODNJI SUNCOKRETA I ULJA  
*Production of sunflower and oil in Serbia* 61

# REOLOŠKE KARAKTERISTIKE SKROBNIH DERIVATA - SUPSTITUENATA MASTI

*Ljubica Dokić, Miroslav Hadnađev, Petar Dokić*

*Pripremani su 10%, 15% i 20% geli različitih komercijalnih skrobnih derivata koji mogu da se koriste kao supstituenti masti. Ispitivana su reološka svojstva, kako krive proticanja tako i viskoelastične osobine (moduo elastičnosti i moduo viskoznosti). Geli preželatizovanog skroba pokazivali su reopektički tip proticanja i nisu imali viskoelastične osobine. Maltodekstrinski geli i geli od umreženog diskrob fosfata pokazivali su tiksotropni tip proticanja. Najveće vrednosti napona smicanja, koeficijenata tiksotropije i prinosnih napona kao i najizraženije viskoelastične osobine pokazivao je gel umreženog diskrob fosfata naročito nakon 24h stajanja kao posledica formiranja složene trodimenzionalne unutrašnje strukture gela.*

*Ključne reči: skrobni derivati, supstituenti masti, reološke karakteristike*

## RHEOLOGICAL PROPERTIES OF STARCH DERIVATES - FAT REPLACERS

*Various starch derivates gels in 10, 15 and 20% concentration, which can be used as fat replacers, were prepared. Rheological characteristics defined by flow curves and viscoelastic properties (viscous and elastic modulus) were investigated. Pregelatinised starch gels expressed rheopectic behaviour and had no viscoelastic properties. Maltodextrin gels and cross-linked (distarch phosphates) starch gels were thixotropic. Cross-linked starch gels had the highest values of shear stress, coefficients of thixotropy, yield stresses and viscoelastic properties especially after 24h, as the result of formation of internal gel network.*

*Key words: starch derivates, fat replacers, rheological behaviour*

### UVOD

Prekomerno unošenje masti u organizam ima negativno dejstvo na zdravlje ljudi koje se ispoljava u vidu gojaznosti, visokog nivoa holesterola u krvi, srčanih oboljenja i dr. U poslednje vreme sve je veći trend proizvodnje tzv. "low-fat" hrane - hrane sa smanjenim sadržajem masti. Masnoća koja se nalazi u određenom proizvodu utiče i na njegove fizičko-hemijske osobine kao što su tekstura, izgled, viskoznost, miris, mazivost i senzorni osećaj prilikom konzumiranja. Prilično je teško jednostavnom zamenom masti nekom drugom komponentom održati željene opšte karakteristike punomasnog proizvoda. Zbog toga je često u primeni kombinacija više supstituenata masti koje dopunjuju jedna drugu u cilju dobi-

janja optimalnih senzornih i tehnoloških osobina finalnog prehrambenog proizvoda.

Supstituenti masti predstavljaju veliku grupu jedinjenja sa različitim funkcionalnim i senzornim karakteristikama i fiziološkim efektima. Oni mogu biti masne, proteinske i ugljenohidratne prirode. Od ugljenohidratnih supstituenata masti sve veću pažnju privlače skrobovi i njihovi derivati, bilo hidrolizati (maltodekstrini), modifikati (preželatizovani i umreženi skrobovi) i konverzioni produkti skroba (1).

Pogodnost zamene masti skrobnim derivatima počiva na činjenici da njihovi geli grade prostorne trodimenzionalne rešetke, koje imaju reološke i senzorne osobine slične mastima, te finalni proizvodi imaju zadovoljavajući kvalitet, a da se pri tome smanjuje i energetska vrednost gotovog proizvoda.

Reološko ponašanje proizvoda definiše se tipom proticanja, postojanjem i vrednošću prinosnog napona ili deformacijom pri primeni određene sile. Poznavanje reoloških osobina

---

Dr Ljubica Dokić, Miroslav Hadnađev, dipl.ing., Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, dr Petar Dokić, redovni profesor, Institut za prehrambene tehnologije, 21000 Novi Sad, Bul cara Lazara 1.  
e-mail: ldokic@uns.ns.ac.yu

datih sistema veoma je važno jer su mnoge od senzornih karakteristika prehrambenih proizvoda u vezi sa njihovim reološkim osobinama (mazi-vost, punoća, tečljivost, glatkoća, bistrina, čvrstoća i dr.). Pored toga reološko definisanje i karakterisanje komponenti u prehrambenim sistemima omogućuje da se utvrde strukturne organizacije i interakcije u datom sistemu (2). Pri definisanju reoloških osobina sistema koriste se dva tipa merenja: pri dinamičkom oscilatornom režimu, usled primenjivanih dovoljno niskih amplituda napona ne dolazi do razrušavanja postojeće unutrašnje strukture, i merenja pri većim brzinama smicanja kada dolazi do razrušavanja unutrašnje strukture kada se dobijaju podaci o proticanju koji su bitni kao pokazatelji ponašanja u tehnološkom procesu (3). Izvođenjem eksperimenata pri oscilatornom režimu mogu se analizirati viskoelastične osobine gela i njihovo klasifikovanje u jake i slabe gele, na osnovu izmerenih vrednosti viskoznih i elastičnih modula i njihove zavisnosti, kako od primenjenih frekvencija tako i od međusobne zavisnosti (4). Cilj rada bio je definisanje reološkog ponašanja gela različitih koncentracija skrobnih derivata - supstituenata masti (maltodekstrini, preželatinizirani skrob i umreženi skrob) i praćenje promena reoloških osobina u zavisnosti od starosti datih sistema.

## MATERIJAL I METODE

- preželatinizovani nativni kukuruzni skrob N-Lite LP (National Starch and Chemical Company, NJ, SAD)
- tapioka maltodekstrin Instant N-Oil (National Starch and Chemical Company, NJ, SAD)
- umreženi diskrob fosfat dobijen od nativnog i voskastog kukuruza SALIOCA 05330 (Cargil, IA, SAD)

Rastvaranjem u hladnoj vodi pripremani su 10%, 15% i 20% gelovi maltodekstrina poreklom iz tapioke (Instant N-Oil) i preželatinizovanog nativnog kukuruznog skroba (N-Lite LP) i uz blago zagrevanje 10% i 15% gelovi umreženog diskroba fosfata dobijenog od nativnog i voskastog kukuruza (Salioca 05330).

Reološka merenja izvedena su na rotacionom viskozimetru HAAKE RS600 HP mernim priborom ploča-ploča prečnika 60 mm pri zazoru od 1 mm na 20°C. Za određivanje viskoelastičnih parametara u oscilatornom režimu primenjivani su konstantni naponi smicanja od 0,1Pa, 1,5Pa i 10Pa pri povećanju frekvencije od 1 do 10Hz. Sva merenja su izvedena odmah nakon pripreme gela (0h) i nakon 24h. Obrada rezultata urađena je

softverskim paketom Rheo Win (Job Manager i Data Manager) (Haake, Nemačka).

## REZULTATI I DISKUSIJA

### 1. Stacionarna merenja

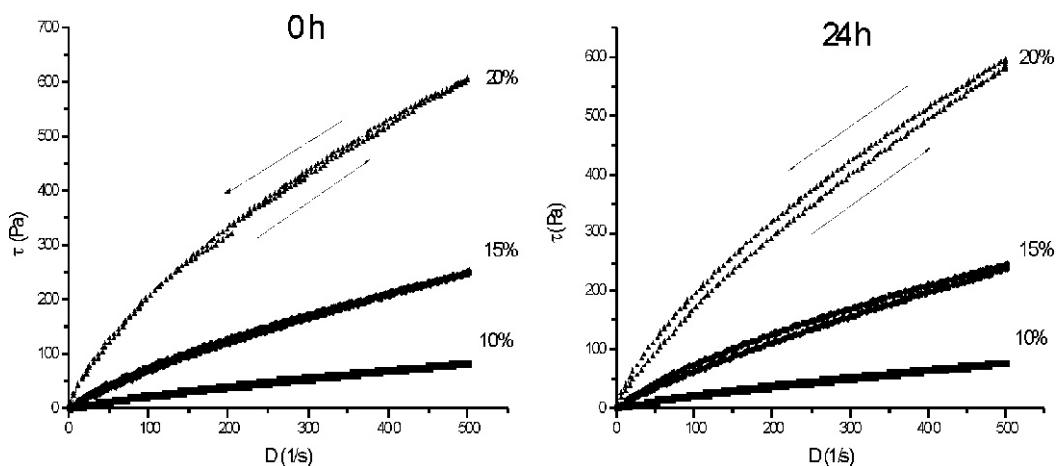
Svi geli, 10%, 15% i 20%, nastali rastvaranjem preželatinizovanog skroba N-Lite, kako se vidi sa slike 1, pokazuju fenomen reopeksije za koji je karakteristično da pri dejstvu sile smicanja dolazi do uspostavljanja unutrašnje strukture sistema. U procesu proizvodnje preželatinizovanih skrobova, granula pretrpi termička oštećenja te postane rastvorna u hladnoj vodi. Lanci amiloze i amilopektina zadržavaju stepen polimerizacije nativnog skroba i čine strukturu ovako dobijenog gela (5). Primenom većih brzina smicanja dolazi do orijentacije lanaca i mogućnosti njihovog povezivanja te razvijanja slabe unutrašnje strukture. Kako su površine reopektičnih krivih male, to ukazuje na uspostavljanje slabe unutrašnje strukture. Sa slike 1. se može primetiti da povećanjem koncentracije gelova dolazi do rasta napona smicanja  $\tau$ , ali samo kao posledica koncentracionog gradijenta. Usled odsustva pika karakterističnog za razrušavanje unutrašnjeg strukture zaključuje se da nije ni dolazilo do razvijanja iste. Sistem se ni posle 24h nije značajnije menjao što ukazuje da nema strukturiranja ni starenjem gelova. Ovi gelovi imaju male vrednosti prinosnih napona te mogu naći primenu tamo gde je potrebna tečljivost pri malim brzinama smicanja (tečljivi salatni prelive, razni sosevi i dr.).

Na slici 2. date su krive proticanja gelova pripremljenih od maltodekstrina dobijenog iz preželatinizovanog skroba tapioke Instant N-Oil.

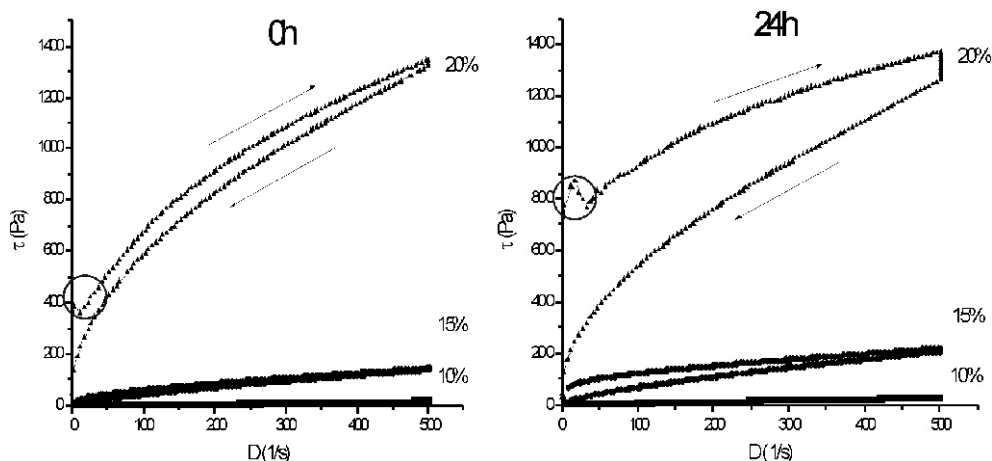
Sve krive pokazivale su tiksotropan tip proticanja. Vrednosti za napone smicanja sveže pripremljenih gela su rasle sa povećanjem koncentracije gela, više kao posledica koncentracionog gradijenta nego formiranja unutrašnje strukture. Tek se na uzorcima posle 24h, naročito onim sa 20% maltodekstrina, vidi formiranje unutrašnje strukture i pik karakterističan za njeno razrušavanje. Kao što se vidi na slici 2, razrušavanje strukture dešava se pri malim brzinama smicanja. Instant N-Oil je maltodekstrin dobijen iz preželatiniziranog skroba tapioke tako da se nakon hidrolize skroba dobijaju oligomerni lanci nastali od amiloze i amilopektina različite dužine. Geli dobijeni od proizvoda ovakve strukture (lanci koji su kraći od amiloze i amilopektina) po formiranju, zbog prostorne pokretljivosti molekula i samim tim i njihove mogućnosti da grade prostornu strukturu, se postavljaju u paralelan

položaj i povezuju vodoničnim vezama i imaju više vrednosti prinosnih napona od gela preželatiniziranog skroba N-Lite. Mogu da se koriste za proizvode koji nakon presipanja iz ambalaže zadržavaju određeni oblik pa imaju primenu u

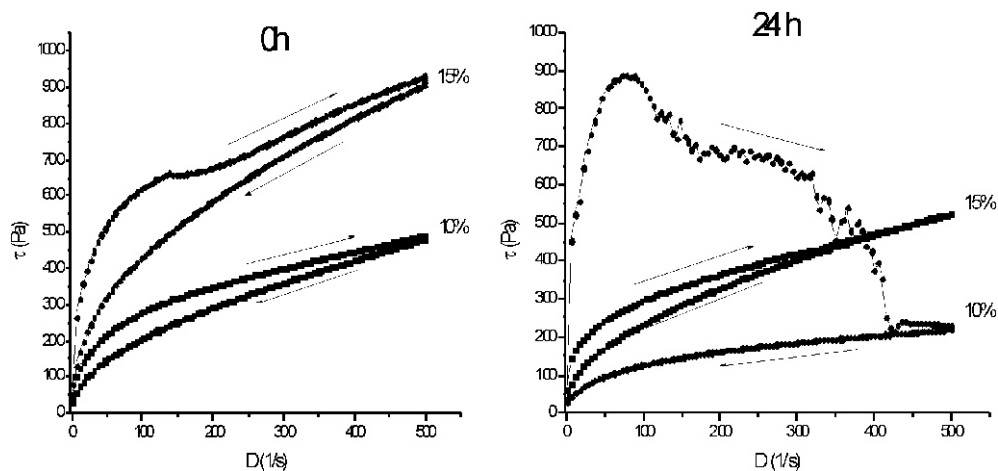
smrznutim dezertima, majonezima, pavlaci, salatnim prelivima.



Slika 1. Krive proticanja 10, 15 i 20% gela N-Lite merene nakon pripreme i posle 24h  
 Figure 1. Flow curves of 10, 15 and 20% N-Lite gels measured after gel preparation and after 24 hours



Slika 2. Krive proticanja 10, 15 i 20% gela Instant N-Oil merene nakon pripreme i posle 24h  
 Figure 2. Flow curves of 10, 15 and 20% Instant N-Oil gels measured after gel preparation and after 24 hours



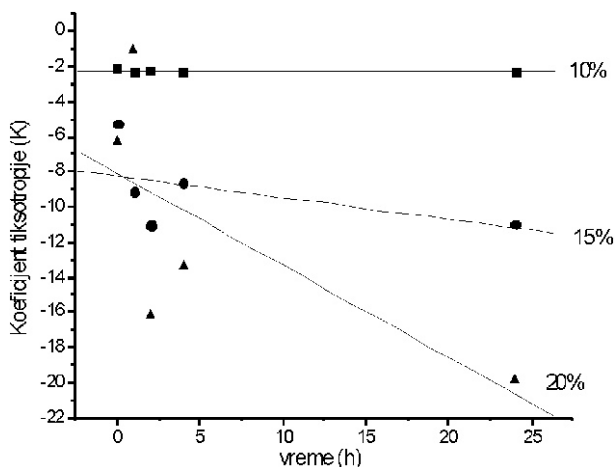
Slika 3. Krive proticanja 10 i 15% gela Salioca merene nakon pripreme i posle 24h  
 Figure 3. Flow curves of 10 and 15% Salioca gels measured after gel preparation and after 24 hours

Geli pripremani sa uzorkom umreženog diskrob fosfata dobijenog od nativnog i voskastog kukuruznog skroba zahtevali su zagrevanje prilikom pripreme dok prethodna dva nisu. Kako je ovaj uzorak davao veoma viskozne gele nije bilo moguće pripremanje 20% rastvora.

Na slici 3. date su krive proticanja gela Salioca odmah nakon pripreme i nakon 24h.

Sve krive su bile tiksotropnog tipa sa velikim površinama, naročito 15% gel posle 24h gde je nakon stajanja došlo do dodatne složene unutrašnje strukturacije kao posledica umreženosti ovog skroba. Rezultat toga su i visoki prinosni naponi, naročito posle 24h te se ovi geli mogu koristiti u proizvodima za formiranje stabilne strukture prilikom stajanja.

Koeficijent tiksotropnog razrušavanja je definisan kao odnos energije potrebne za razrušavanje tiksotropne strukture i energije potrebne za proticanje strukturiranog sistema. Stoga koeficijent tiksotropije predstavlja merilo razrušavanja tiksotropne strukture sistema (6). Na slici 4. date su promene koeficijenta tiksotropije gelova N-Lite u zavisnosti od vremena stajanja.

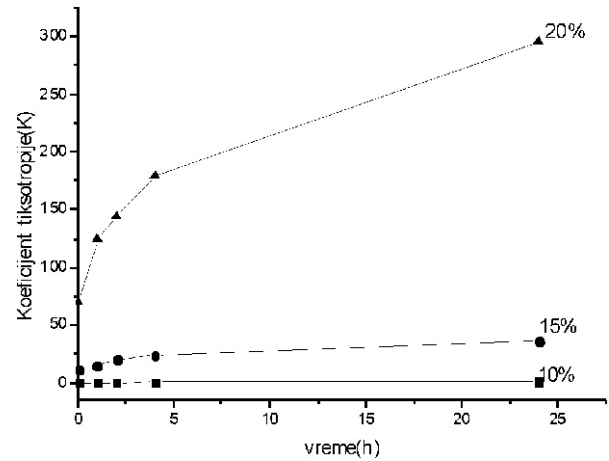


**Slika 4.** Promena koeficijenta tiksotropije 10%, 15% i 20%-nog gela N-Lite neposredno po spravljanju i nakon 24h

**Figure 4.** Changes in thixotropy coefficient of 10, 15 and 20% N-lite gels measured after gel preparation and after 24 hours

Vrednosti koeficijenata tiksotropije su negativne što je posledica reopeksije. Kod 20% gela uočljiv je blagi porast koeficijenata tiksotropije nakon 1h, a nakon toga nagli pad ispod vrednosti koeficijenata tiksotropije 10% i 15% gelova.

Na slici 5. data je promena koeficijenta tiksotropije gela Instant N-Oil različitih starosti.

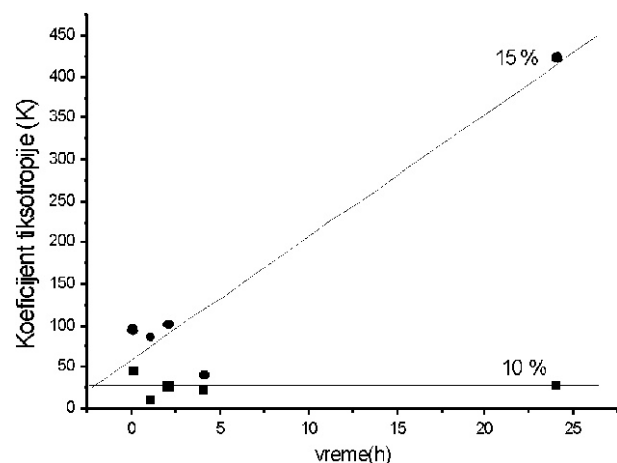


**Slika 5.** Promena koeficijenta tiksotropije 10%, 15% i 20%-nog gela Instant N-Oil neposredno po spravljanju i nakon 24h

**Figure 5.** Changes in thixotropy coefficient of 10, 15 and 20% Instant N-Oil gels measured after gel preparation and after 24 hours

Svi gelovi pokazuju porast koeficijenata tiksotropije u toku 24h i ono je najznačajnije za 20% gel nakon 24h u odnosu na 10% i 15% što ukazuje da je došlo do formiranja složene unutrašnje strukture pogotovo pri dužem stajanju sistema. Promene koeficijenta tiksotropije su u korelaciji sa datim krivama proticanja tako da je sistem sa najvišim koeficijentom tiksotropije, u ovom slučaju 20% gel nakon 24h, imao i najviše vrednosti napona smicanja i površine tiksotropnih petlji.

Na slici 6. je prikazana promena koeficijenta tiksotropije 10% i 15% gela Salioca u zavisnosti od starosti gela.



**Slika 6.** Promena koeficijenta tiksotropije 10% i 15%-nog gela Salioca neposredno po spravljanju i nakon 24h

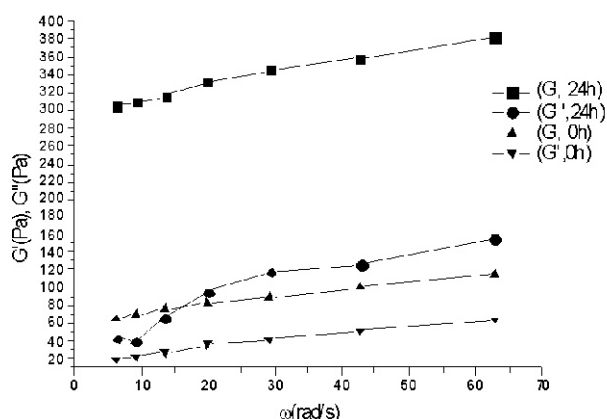
**Figure 6.** Changes in thixotropy coefficient of 10 and 15% Salioca gels measured after gel preparation and after 24 hours

Kod obe koncentracije primećuje se blagi pad koeficijenta tiksotropije nakon 1 i 4h, a potom nagli rast što je posledica strukturacije koja nastaje produženim stajanjem.

Najviše vrednosti koeficijenta tiksotropije pokazivao je 15% sistem uzorka Salioca, složene unutrašnje strukture, koji spada u grupu umreženih skrobova.

**2. Dinamička merenja**

Tanđ se koristi kao merilo viskolelastičnosti ispitivanih sistema i on kao takav predstavlja količnik između viskoznog  $G'$  i elastičnog  $G''$  modula. Što je njegova vrednost manja sistem se više ponaša kao čvrsto telo.



Slika 7. Zavisnosti modula elastičnosti ( $G'$ ) i viskoznog modula ( $G''$ ) 15% i 20% gela Instant N-Oil od primenjene frekvencije oscilovanja

Figure 7. Dependence of elastic modulus ( $G'$ ) and viscous modulus ( $G''$ ) of 15 and 20% Instant N-Oil gels on applied frequency

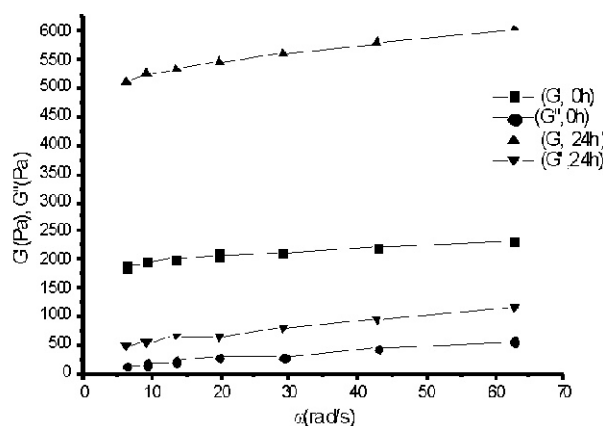
Sa datih slika se vidi da su vrednosti elastičnih modula više od viskoznih, a iz priložene tabele se može videti da se vrednosti tanđ za 20% gel nisu

**Tabela 1.** Vrednosti tanđ  
**Table 1.** Value of tanđ

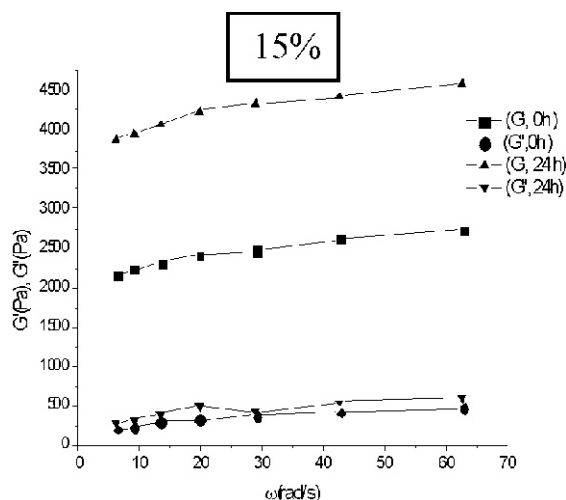
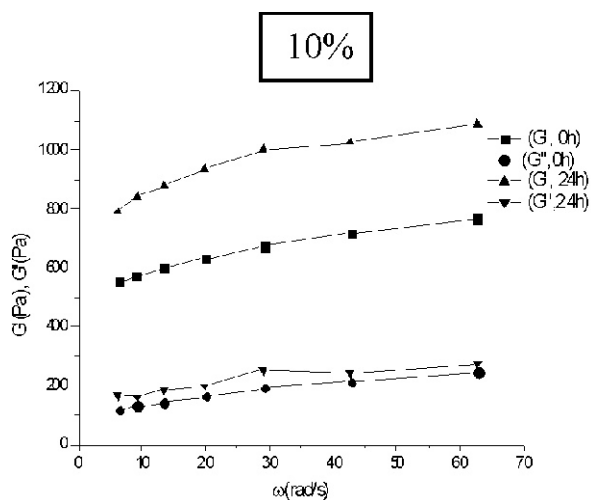
Vreme (h)	N-Lite		Instant N-Oil		Salioca	
	15%	20%	15%	20%	10%	15%
0	2.259	1.95	0.6227	0.1397	0.2655	0.1323

Geli maltodekstrina (Instant N-Oil) i umreženog diskrob fosfata (Salioca) imali su vrednosti manje od 1, što ih svrstava u grupu viskoelastičnih sistema te su na slikama 7. i 8. dati viskozni ( $G'$ ) i elastični ( $G''$ ) moduli ovih gela.

Na slici 7 prikazani su viskozni i elastični moduli 15% i 20% gela Instant N-Oil



menjale nakon 24h što ukazuje da sistem stajanjem ne strukturira. Na slici 8. prikazane su viskozni i elastični moduli 10% i 15% gela Salioca



Slika 8. Viskozni i elastični moduli 10% i 15% gela Salioca

Figure 8. Viscous modulus ( $G''$ ) and elastic modulus ( $G'$ ) and of 10 and 15% Salioca gels

Za razliku od prethodnih 15% i 20% gela Instant N-Oil-a, 10% gel Salioca pokazuje izražene osobine viskoelastičnosti sa dominacijom elastičnih modula u odnosu na viskozne. Što se tiče vrednosti  $\tan\delta$ , vidi se da su najmanje vrednosti za 15% gel, naročito nakon 24h, usled čega dolazi jer sistem dodatno strukturira stajanjem. Veće vrednosti modula elastičnosti u odnosu na viskozne pokazuju uređenu i stabilnu strukturu, tako da se ovi geli svrstavaju u jake gele.

Sa slika 7. i 8. vidi se da uzorak umreženog diskrob fosfata gradi stabilnije i čvršće gele, jer za 15% gele vrednost elastičnog modula  $G'$  iznosi 4500Pa, u poređenju sa elastičnim modulima Instant N-Oil -a za koje iznosi 370Pa.

## ZAKLJUČAK

Sva tri ispitivana proizvoda imaju reološke karakteristike koje se zahtevaju od derivata skroba - supstituenata masti. Razlike u reološkom ponašanju definišu ih kao pogodne za različite proizvode; N-lite - manje viskozne dok se Instant N-Oil i Salioka mogu koristiti za proizvode povećanog viskoziteta koji treba da zadrže određeni oblik prilikom sipanja i konzumiranja.

## LITERATURA

1. Akoh C.C.: Fat replacers
2. McClements D.J and K. Demetriades: An Integrated Approach to the Development of Reduced-Fat Food Emulsions, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38 (6): 511-536 (1998)
3. Kulicke W.M., D. Eidam, F. Kath, M Kix and A.H Kull: Hydrocolloids and Rheology: Regulation of Visco-elastic Characteristics of Waxy Rice Starch in Mixtures with Galactomanans, *Starch/Stärke* 48: 105-114 (1996)
4. Rosalina I. and M. Bhattacharya: Dynamic rheological measurements and analysis of starch gels, *Carbohydrate Polimers*, 48: 191-202 (2002)
5. Thomas D.J. and W.A. Atwell: Eagan Press Handbook Series Starches, Artville, 1997.
6. Dokić P., V. Sovilj, I. Šefer, G. Rasulić: Thixotropy Evaluation by the Parameters of Flow Equation, *APTEFF*, 29-30, 1-216, 1998-1999.



# UTICAJ SUPSTITUCIJE DELA STANDARDNOG OBROKA U ISHRANI PILIĆA SAČMOM ULJANE REPICE NA KVALITET MESA GRUDI

*Natalija Džinić, Vladimir Tomović, Ljiljana Petrović, Tatjana Tasić, Predrag Ikonić, Slavko Filipović*

*U radu je ispitan kvalitet (nutritivni, tehnološki i senzorni) mesa grudi pilića hranjenih smešom u kojoj je supstituisan deo sojine sačme sa različitim količinama sačme uljane repice. Ispitivanja su obavljena na pilićima hibridne linije ROSS 308. Kontrolna grupa (K) pilića je hranjena standardnom smešom, a ogledne grupe smešom u kojoj je sojina sačma supstituisana sa 4% (O1) i 8% (O2) komercijalne sačme uljane repice. Zaključeno je da izmene u obroku za piliće nisu ispoljile uticaj ( $P > 0.05$ ) na nutritivni (sadržaj proteina, vezivnotkivnih proteina, slobodne masti) i senzorni (miris i boja) kvalitet mesa grudi. Tehnološki kvalitet mesa grudi kontrolne i oglednih grupa prosečno odgovara nešto slabijem kvalitetu, prema parametrima i kriterijumima za utvrđivanje kvaliteta mesa grudi (boja<sub>k</sub>, pH<sub>k</sub>, sposobnost vezivanja vode<sub>k</sub>). Analizom svetloće L\*, utvrđeno je da je meso grudi pilića ogledne grupe (O2) koja je hranjena smešom sa 8% komercijalne sačme uljane repice svetlije ( $P = 0.106$ ), odnosno meso BMV kvaliteta (bledo, meko i vodnjikavo), u poređenju sa mesom grudi ogledne grupe (O1).*

*Ključne reči: ishrana, sačma uljane repice, kvalitet mesa*

## INFLUENCE OF SUBSTITUTION OF A PART OF STANDARD MEAL IN CHICKEN FEED WITH RAPESEED MEAL ON BREAST MEAT QUALITY

*Breast meat quality (nutritive, technological and sensory) of chicken fed mixture with different amounts of rapeseed meal was investigated. Chickens of hybride line ROSS 308 were used. The control group (K) was fed standard mixture, and the experimental groups with mixture where soybean meal was substituted with 4% (O1) and 8% (O2) of commercial rapeseed meal. The change of meal composition has no influence ( $P > 0.05$ ) on nutritive (content of proteins, proteins of connective tissue, free fat) and sensory (odour and colour) quality of breast meat. The technological breast meat quality of control and experimental groups is in accordance with somewhat lower, on average, according to parameters and criteria for the determination of breast meat quality (colour<sub>w</sub>, pH<sub>w</sub>, water holding capacity<sub>w</sub>). The analysis of lightness L\* showed that the colour of breast meat of control group (O2), fed mixture with 8% of commercial rapeseed meal, is lighter ( $P = 0.106$ ) i.d. of PSE quality (pale, soft, exudative) compared to breast meat of control group (O1).*

*Key words: feeding, rapeseed meal, meat quality*

### UVOD

Sastav obroka za piliće, sadržaj proteina i nivo energije bitno utiču na kvalitet i količinu proizvedenog mesa. Standardni obroci za tov

pilića zasnivaju se na kukuruzu, sojinoj sačmi i ribljem brašnu. Domaća proizvodnja osnovnih komponenti proteinskih hraniva, soje je nedovoljna, a riblji brašna praktično beznačajna. Veliki deo proteinskih komponenti se obezbeđuje uvozom, pa se stoga nameće potreba za uključivanjem i drugih proteinskih hraniva u ishranu živine. Istovremeno, u našoj zemlji posebno poslednjih godina, ponovo je aktivirana proizvodnja uljane repice, zahvaljujući niskoj ceni

---

Dr Natalija Džinić, mr Vladimir Tomović, dr Ljiljana Petrović, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, dipl. inž. Tatjana Tasić, dipl. Predrag Ikonić, dr Slavko Filipović, Institut za prehrambene tehnologije, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1 natadzin@uns.ns.ac.yu

i napretku u selekciji uljane repice, kao i potrebama za proizvodnjom biodizela. Kao sekundarni proizvod, sačma uljane repice može se iskoristiti za rešavanje deficitarnih hraniva u ishrani pilića.

Sačma uljane repice spada u proteinska hraniva koja su po hemijskom sastavu i biološkoj vrednosti bliska sojinoj sačmi (1). Bogata je proteinima (35-40%) dobrog je aminokiselinskog sastava sa značajnim količinama lizina i metionina (2, 3). Međutim, ova sirovina zbog prisustva antinutritivnih materija (glukozinolata, eruka kiseline, fitata, tanina, sinapina i nekih drugih nedovoljno ispitanih materija), može da se koristi za ishranu pilića u ograničenim količinama. Problem antinutritivnih materija se rešava izborom sorti uljane repice u kojima je sadržaj glukozinolata i eruka kiseline sveden na minimum, ili se hranivo termički obrađuje (ekspandiranjem, tostovanjem, ekstrudiranjem) i tako eliminiše depresivan uticaj ovog hraniva u ishrani.

Novije sorte uljane repice sa smanjenim sadržajem glukozinolata i eruka kiseline omogućuju širu primenu ovog hraniva u ishrani živine (2, 4).

Poznato je da na kvantitet i kvalitet proizvedenog mesa utiče veliki broj faktora kako endogenih (genetskih) tako i egzogenih (faktora spoljašne sredine) (5, 6). Prema brojnim autorima (5, 7) ishrana ima dominantan uticaj na kvalitet mesa.

Imajući u vidu navedeno, postavljen je zadatak da se u ovom radu ispita kvalitet (nutritivni, tehnološki i senzorni) mesa grudi pilića hranjenih sa smešom u kojoj je deo sojine sačme supstituisan različitim količinama sačme uljane repice.

## MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanja su obavljena u proizvodnim uslovima na oglednom dobru "Pustar" u Temerinu i u laboratoriji Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, na pilićima hibridne linije Ross 308. Pilići su uzgajani u podnom sistemu držanja i hranjeni i pojeni *ad libitum* sve vreme tova. U toku tova pilići su hranjeni, kontrolnom smešom (K) standardni obrok i smešama gde je 4% i 8% sojine sačme supstituisano sa komercijalnom sačmom uljane repice, ogledna smeša O1 odnosno ogledna smeša O2.

Tov pilića je trajao 42 dana. Brojleri su nakon 12 sati gladovanja zaklani i obavljene su operacije: iskrvarenje, šurenje, čupanje perja i vađenje unutrašnjih organa, kao i hlađenje. Nakon rasecanja i otkoštavanja, uzeti su uzorci (n=8) iz kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2) za određivanje nutritivnog, tehnološkog i senzornog kvaliteta mesa grudi.

Osnovni hemijski sastav mesa grudi utvrđen je određivanjem sadržaja vode (8), proteina (9), slobodne masti (10) i ukupnog pepela (11), a sadržaj hidroksiprolina određen je referentnom metodom (12). Tehnološki kvalitet mesa grudi je utvrđen određivanjem vrednosti  $pH_k$ , plastičnosti ( $P_k$ ), sposobnosti vezivanja vode ( $SVV_k$ ) i boje. Vrednost  $pH_k$  mesa grudi je određena 24 sata *post mortem* (pm) portabl pH-metrom ULTRA X. Plastičnost ( $P_k$ ) i sposobnost vezivanja vode ( $SVV_k$ ) mesa grudi je određena metodom kompresije, a izražena je u % vezane vode i u  $cm^2$  (13). Boja mesa grudi je određena na svežem preseku 24 časa pm uređajem Minolta Chroma Meter CR-400, a karakteristike boje su iskazane u  $CIEL^*a^*b^*$  sistemu (svetloća -  $L^*$ ; udeo crvene i zelene boje -  $a^*$ ; udeo žute i plave boje -  $b^*$ ) (14). Senzorni kvalitet mesa grudi pilića utvrđen je senzornom analizom mirisa i boje, a analizu je obavila grupa od 6 ocenjivača različitih godina starosti. Za senzornu ocenu pojedinih svojstava korišćeno je 7 ocena - bodova (od 1 do 7), kao što je prikazano u Tabeli A. U cilju pravilne interpretacije rezultata dobijeni podaci su statistički obrađeni tako što su izračunati: aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ), standardna devijacija ( $\sigma$ ) i značajnost razlika između aritmetičkih sredina (t-test) (15).

**Tabela A.** Senzorna analiza svežeg mesa grudi pilića

**Table A.** Sensory analysis of fresh poultry breast meat

Ocena	Sveže meso	
	Miris	Boja
1	Ekstremno loš (slab, neizražen, stran, prenaplašen)	Ekstremno loš (neodgovarajuća, blede sivo žuta ili tamna sa tačkastim krvarenjima)
2	Vrlo loš	Vrlo loša
3	Loš	Loša
4	Ni dobar, ni loš	Ni dobra, ni loša
5	Dobar	Dobra
6	Vrlo dobar	Vrlo dobra
7	Veoma dobar (optimalan, veoma dobar, prijatan, blag)	Veoma dobra (optimalna, svetlo crvena sa svetlom nijansom žuto narandžaste boje)

## REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanjem osnovnog hemijskog sastava mesa grudi (Tabela 1) utvrđeno je da je sadržaj vode u mesu grudi najniži u grupi O1 (4% komercijalne sačme uljane repice u obroku) i iznosi 74.56%, a najviši, i to 75.09%, u grupi K (standardni obrok). Iz podataka u istoj tabeli se može uočiti da je sadržaj proteina u grudima ujednačen, cca 23.5%, a da se standardna devijacija kreće u granicama od 0.16 do 0.66%. Dalje, u istoj tabeli se vidi da je sadržaj slobodne masti u mesu grudi u uskom rasponu od 0,32 (K)

do 0.53% (O2), a da je standardna devijacija u intervalu od 0.01 do 0.06%. Takođe, iz iste tabele se uočava da je srednja vrednost ukupnog pepela mesa grudi pilića u rasponu od 1.12 (K) do 1.36% (O2). Utvrđene razlike između sadržaja vode, proteina, slobodne masti i ukupnog pepela mesa grudi pilića nisu statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Potvrđeno je poznato mišljenje da pileće meso sadrži nešto više proteina (23%) nego druge vrste mesa, a manje masti (1-5%), te da se može smatrati i dijetetskom namirnicom (16, 17, 18, 19, 20, 21).

**Tabela 1.** Osnovni hemijski sastav mesa grudi pilića (n=8) kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2)

**Table 1.** Chemical composition of poultry breast meat (n = 8) of control (K) and experimental groups (O1 and O2)

Oznaka grupe	Voda (%)		Proteini (%)		Slobodna mast (%)		Ukupni pepeo (%)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
K	75.09	0.09	23.47	0.16	0.32	0.01	1.12	0.02
O1	74.56	0.52	23.72	0.66	0.36	0.03	1.36	0.01
O2	74.96	0.16	23.38	0.15	0.53	0.06	1.14	0.00
P	>0.05		>0.05		>0.05		>0.05	

Iz rezultata prikazanih u Tabeli 2 se uočava da je sadržaj hidroksiprolina i proteina vezivnog tkiva u mesu grudi kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2), ujednačen i iznosi 0.03- 0.04%, odnosno 0.28-0.36%. Dalje se uočava da je srednja vrednost relativnog sadržaja proteina

vezivnog tkiva u mesu grudi najniža u grupi O1 i to 1.18%, a najviša u grupi O2 i to 1.53%. Pileće meso sadrži najmanje hidroksiprolina i proteina vezivnog tkiva u odnosu na druge vrste mesa (goveda i svinja), a količina utiče na teksturu mesa odnosno nežnost.

**Tabela 2.** Sadržaj hidroksiprolina, proteina vezivnog tkiva i relativni sadržaj proteina vezivnog tkiva u ukupnim proteinima mesa grudi pilića (n=8) kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2)

**Table 2.** Content of hydroxyprolin, connective tissue proteins and relative content of connective tissue proteins in total proteins of poultry breast meat (n = 8) of control (K) and experimental groups (O1 and O2)

Oznaka grupe	Sadržaj hidroksiprolina (%)		Sadržaj proteina vezivnog tkiva (%)		RSPVT (%)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
K	0.03	0.00	0.28	0.04	1.19	0.17
O1	0.04	0.00	0.28	0.02	1.18	0.18
O2	0.04	0.01	0.36	0.09	1.53	0.37
P	>0.05		>0.05		>0.05	

Ispitivanjem tehnoloških svojstava mesa grudi (Tabela 3) utvrđeno je da su mišići grudi pilića ogledne grupe O1 imali najvišu prosečnu vrednost  $pH_k$  5.74, dok su grudni mišići ogledne grupe O2 (8% komercijalne sačme uljane repice u obroku) imali najnižu prosečnu vrednost  $pH_k$  5.67. Razlike između prosečnih vrednosti  $pH_k$  mišića grudi kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2) nisu statistički značajne ( $P=0.607$ ), a prosečne vrednosti  $pH_k$  mišića grupe (K) i (O2)

ukazuju na meso izmenjenog kvaliteta, prema parametrima i kriterijumima za utvrđivanje kvaliteta mesa. Naime Ristić (22) na osnovu vrednosti  $pH_k$  razlikuje tri kvaliteta muskulature grudi BMV (bledo, meko i vodnjikavo) – PSE (pale, soft, exudative):  $pH_k = 5.6 - 5.7$ , TČS (tamno, čvrsto i suvo) - DFD (dark, firm, dry):  $pH_k = 6.4 - 6.7$  i "normalno" - (crveno-ružičasto, čvrsto, nevodnjikavo) - RFN (reddish-pink, firm, non exudative):  $pH_k = 5.9 - 6.2$ , a grupa autora iz

Brazila (23) navode da je PSE meso grudi kada je  $pH_k < 5.8$ , a "normalno" ako je  $pH_k > 5.8$ . U istoj tabeli se vidi da je najmanja plastičnost  $4.49 \text{ cm}^2$  utvrđena u mišićima grudi grupe O2, a da je najveća prosečna plastičnost od  $5.56 \text{ cm}^2$  utvrđena kod grupe O1. Utvrđene razlike između prosečnih vrednosti plastičnosti mesa grudi pilića oglednih grupa O1 i O2 su statistički značajne ( $P=0,015$ ). Prosečna vrednost  $SVV_k$  mesa grudi

pilića iznosi cca  $4.0$ , u  $\text{cm}^2$ , kod svih ispitanih grupa. Dalje, iz iste tabele se uočava da je najniža prosečna vrednost  $SVV_k$  mesa grudi pilića u % utvrđena kod grupe O2 i iznosi  $84.57\%$ , dok je najviša  $SVV_k$  mesa grudi pilića utvrđena kod grupe K i iznosi  $85.22\%$ . Utvrđene razlike između prosečnih vrednosti  $SVV_k$  mesa grudi pilića nisu statistički značajne ( $P=0,969$ ).

**Tabela 3.** Neki pokazatelji tehnoloških svojstava mesa grudi pilića ( $n=8$ ) kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2)

**Table 3.** Some parameters of technological poultry breast meat characteristics ( $n = 8$ ) of control (K) and experimental groups (O1 and O2)

Oznaka grupe	pHk		Pk ( $\text{cm}^2$ )		SVV <sub>k</sub> ( $\text{cm}^2$ )		SVV <sub>k</sub> (%)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
K	5.69	0.12	5.07b	0.42	3.93	0.75	85.22	5.86
O1	5.74	0.15	5.56a	0.33	4.09	1.06	84.57	4.82
O2	5.67	0.09	4.49b	0.65	4.01	0.87	84.79	4.80
P	0.607		0.015		>0.05		>0.05	

**Tabela 4.** Pokazatelji boje mesa grudi pilića ( $n=8$ ) u CIEL\*a\*b\* sistemu kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2)

**Table 4.** Parameters of poultry breast meat colour ( $n = 8$ ) in CIEL\*a\*b\* system of control (K) and experimental groups (O1 and O2)

Oznaka grupe	L*		a*		b*	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
K	52.28b	2.75	2.95	0.40	3.46	0.63
O1	50.19b	1.75	2.78	0.49	2.45	0.56
O2	54.36a	1.89	3.02	0.27	3.67	0.72
P	0,106		>0,05		>0,05	

Iz rezultata predočenih u Tabeli 3 vidi se da su prosečno najsvetliji mišići grudi grupe O2 (8% komercijalne sačme uljane repice u obroku) sa svetloćom ( $L^*$ ) od 54.36, dok su prosečno najtamniji mišići grupe O1 (4% komercijalne sačme uljane repice u obroku) sa svetloćom od 50.19. Utvrđene su statistički značajne razlike ( $P=0,106$ ) prosečnih vrednosti svetloće između grupa O1 i O2. Nadalje, prosečan udeo crvene boje ( $a^*$ ) u mesu grudi pilića kretao se u intervalu od 2.78 u grupi O1 do 3.02 u grupi O2. Iz iste tabele se vidi da je najveći prosečan udeo žute boje ( $b^*$ ) 3.67 utvrđen u mišićima grudi grupe O2, dok je najmanji prosečan udeo žute boje 5.31 utvrđen kod grupe O1. Na osnovu parametara svetloće  $L^*$  i kriterijuma koje navode Qiao i sar (24) prema kojima je meso svetlije od "normalnog":  $L^* > 53$ , "normalno":  $48 < L^* < 52$  i tamnije od normalnog:  $L^* < 46$ , i Lara i sar. (23), prema kojima je PSE (+):  $L^* > 52$  i PSE (-):  $L^* <$

49, meso grudi grupe O2 (8% komercijalne sačme uljane repice u obroku) je prosečno izmenjenih PSE svojstava.

**Tabela 5.** Neki pokazatelji senzornog kvaliteta mesa grudi pilića ( $n=8$ ) kontrolne (K) i oglednih grupa (O1 i O2)

**Table 5.** Some parameters of sensory quality of poultry breast meat ( $n = 8$ ) of control (K) and experimental groups (O1 and O2)

Oznaka grupe	Miris		Boja	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
K	5.80	1.02	5.69	0.48
O1	5.66	1.21	5.78	0.35
O2	5.56	0.67	5.12	0.33
P	>0.05		>0.05	

Ispitivanjem senzornog kvalitete mesa grudi (Tabela 5) utvrđeno je da nema statistički značajne razlike ( $P>0,05$ ) u ocenama za pojedina senzorna svojstva i da su miris i boja grudi pilića kontrolne i oglednih grupa prosečno ocenjena kao "dobar" odnosno "vrlo dobar".

## ZAKLJUČAK

Izmene u obroku za piliće nisu značajno ( $P>0,05$ ) uticale na nutritivni kvalitet (sadržaj proteina, proteina vezivnog tkiva, slobodne masti i ukupnog pepela) mesa grudi. Tehnološki kvalitet mesa grudi kontrolne i oglednih grupa prosečno odgovara nešto slabijem kvalitetu, prema parametrima i kriterijumima za utvrđivanje kvaliteta mesa grudi ( $pH_k$ ,  $boja_k$ , sposobnost vezivanja vode<sub>k</sub>). Analizom svetloće  $L^*$ , utvrđeno je da je meso grudi pilića ogledne grupe (O2) koja je hranjena smešom sa 8% komercijalne sačme uljane repice svetlije od mesa grudi kontrolne grupe, a značajno svetlije ( $P=0,106$ ), od mesa grudi ogledne grupe (O1), odnosno meso je BMV kvaliteta (bledo, meko i vodnjikavo). Supstitucija dela standardnog obroka za piliće sa sačmom uljane repice nije ispoljila negativan uticaj na senzorni kvalitet, odnosno na miris i boju mesa grudi.

## LITERATURA

1. Stanačev V., S. Kovčin: Parametri kvaliteta semena uljane repice, 45 Savetovanje "Proizvodnja i prerada uljarica", Zbornik radova 45, 127-132, 2004.
2. Clandinin D.R., A.R. Roblee: Kanadsko iskustvo o upotrebi repičine sačme u obrocima za perad, broj 5-6/74, Separat 31, "Poljoprivredne aktuelnosti", 1981.
3. Stanačev V., Kovčin S., Filipović S., Milošević, N., Božić A.: Efekat sačme uljane repice u ishrani tovnih pilića pilića, Savremena poljoprivreda 55 (1-2): 212-217 (2006).
4. Sauer W.C., Cichon R., Misir R. 1982: Journal of Animal Science, 54,: 292-301 (1982).
5. Rede R., Petrović Lj. (1997): Tehnologija mesa i nauka o mesu. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, ss 1-512.
6. Džinić N. : Uticaj endogenih i egzogenih faktora na kvalitet mesa svinja. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Banja Luci. ss. 1-227, 2005.
7. Čepin, S. i Čepin, M.: Uticaj genetike i sredine na kvalitet junećeg trupa i mesa. Tehnologija mesa, 42 (5-6): 283-284 (2001).

8. JUS ISO 1442 1997. Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja vode.
9. JUS ISO 937 1991. Meso i proizvodi od mesa – Određivanje sadržaja azota.
10. JUS ISO 1443 1997. Meso i proizvodi od mesa – Određivanje sadržaja slobodne masti.
11. JUS ISO 936 1998. Meso i proizvodi od mesa – Određivanje ukupnog pepela.
12. JUS ISO 3496, 2002. Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja hidrokspolina, Savezni zavod za statistiku, Beograd.
13. Grau, R. und Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. Naturwissenschaften, 40: 29-30 (1953).
14. Robertson, A.R.: The CIE 1976 Color-Difference formulae. Color Research Applied, 2, 7 (1977).
15. Hadživuković, S.: Statistički metodi, Drugo prošireno izdanje, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, ss 1-584, 1991.
16. Dakić M.: Hemijski i strukturni sastav mesa živine, Zbornik radova "Živinarski dani", Ohrid, 1968.
17. Pavlovski V.A., Palmin J.E.: Biohemija mjesa. Pišćepromizdat, Moskva, 1973.
18. Perić, V., S. Karan-Đurđić, Dakić, M., Hemijski sastav i biološka vrednost belog i crvenog mesa brojlera različitih klasa. Tehnologija mesa, 7-8, 237-242 (1984).
19. Džinić N. Uticaj sintetskih aminokiselina na prinos i kvalitet pilećeg mesa. Magistarski rad, Novi Sad, 1991.
20. Džinić N., Rede, R., Petrović Lj., Stojanović, S., Lević J., Sredanović S., Uticaj sačme uljane repice na prinos i kvalitet pilećeg mesa, Zbornik radova "Tehnologija proizvodnje u službi kvaliteta", Budva, 167, 1996.
21. Kovačević D.: Kemija i tehnologija mesa i ribe. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek, 2001.
22. Ristić M.: Faktori koji utiču na kvalitet mesa brojlera: trajanje tova, transport i hlađenje. Tehnologija mesa, 7-8: 227-235 (1981).
23. Lara J.A.F., A.L. Nepomuceno, M.C. Ledur, E.I. Ida, Shimokomaki, M.: Chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. Mutations in the ryanodine receptor gene. Proceedings of 49th International congress of meat science and technology, 2nd Brazilian congress of meat science and technology, 79-81, 2003.

24. Qiao M., Fletcher D.L., Smith, D.P. and Nortchet, J.K.. The effects of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity, Poultry Science, 80: 676-680 (2001).

Istraživanja su finansirana sredstvima iz Programa od značaja za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine, u okviru projekta - "Tehnologija proizvodnje hrane za životinje, bezbedne za životinje, ljude i okolinu", Ugovor br.: 114-451-01425/2006-04

# MASNE KISELINE - OSVRT NA $\omega$ -3 MASNE KISELINE I NJIHOV ZNAČAJ U ISHRANI

*Radmila Kuč, Anica Gračanin, Vujadin Đurković, Predrag Babić*

*Masti u ishrani nisu samo bogat izvor energije i u njima rastvorljivih vitamina, već su i izvor masnih kiselina neophodnih za rast i razvoj živih organizama.*

*Cilj ovog rada je da pruži neke osnovne informacije o masnim kiselinama uopšte i njihovom značaju u ishrani ljudi, da se ukaže na neke pravce istraživanja i mogućnosti primene  $\omega$ -3 masnih kiselina u proizvodnji biološki visoko vrednih namirnica za ishranu ljudi.*

*Ključne reči: masne kiseline,  $\omega$ -3 masne kiseline, ishrana ljudi*

## FATTY ACIDS - $\omega$ -3 FATTY ACIDS AND THEIR IMPORTANCE IN NUTRITION

*Fats in nutrition are not only the source of energy and soluble vitamins but also the irreplaceable nutritive component as the source of fatty acids necessary for growth and development of living organisms.*

*The aim of this work is to present some basic information on fatty acids in general and their importance in human nutrition to point to possible use of  $\omega$ -3 fatty acids in the production of biologically valuable food products for human nutrition.*

*Key words: fatty acids,  $\omega$ -3 fatty acids, human nutrition*

### UVOD

Masti u ishrani nisu samo bogat izvor energije i u njima rastvorljivih vitamina, već su i izvor masnih kiselina neophodnih za rast i razvoj živih organizama. Saznanja o neophodnosti unosa masti kroz hranu i svest o štetnosti masnoća, posebno holesterola, duboko prožima naučnu i laičku javnost. U skladu sa novijim saznanjima o efektima pojedinih masnih kiselina poreklom iz lipida hrane na metabolizam čoveka i njegovo zdravlje, pristupilo se naročito intenzivnim istraživanjima poslednjih trideset godina.

Najviše pažnje se posvećuje različitim efektima masnih kiselina iz  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 serije.

Prilaz proučavanju masnih kiselina može biti različit:

- Selekcioneri uljanih kultura hibridizacijom i ukrštanjem pojedinih linija dobijaju nove biljke, sa većim prinosom i boljim kvalitetom, povoljnih karakteristika za tehnološku preradu, ishranu ljudi i životinja.

- Lekari i biohemičari prate puteve metabolizma i biohemijske promene u organizmu i preporučuju masti i ulja koja treba konzumirati, ne samo količinu, već i njihov kvalitet.
- Nutricionisti vode računa o količini i kvalitetu masti u obrocima, a zatim o nivou esencijalnih masnih kiselina da bi se kroz hranu obezbedio potreban dnevni unos, sa posebnim akcentom na izmenu navika u ishrani.
- U ishrani životinja teži se da se formulisanjem masnokiselinskog sastava njihove hrane proizvedu biološki visoko vredne namirnice životinjskog porekla (meso, mleko, jaja) za ishranu ljudi.
- Zadatak tehnologa u svemu ovome je da koristeći odgovarajuće sirovine naprave proizvode po želji kupaca i po zahtevu lekara i nutricionista.

Kod svih ovih disciplina nema uvek jedinstvenog stava (posebno o količinama), ali razvijene zemlje obavljaju brojna naučna istraživanja i u skladu sa postignutim rezultatima objavljuju stalno nove preporuke i edukuju potrošače.

---

Radmila Kuč, Anica Gračanin, Vujadin Đurković, Predrag Babić, Fabrika ulja i biljnih masti "Vital", Vrbas

## STRUKTURA I IZVORI $\omega$ -3 MASNIH KISELINA

Nezasićene masne kiseline se međusobno razlikuju po dužini lanca, broju i položaju dvostrukih veza u molekulama.

Položaj dvostruke veze može da se obeležava počevši od ugljenikovog atoma karboksilne (linolna je tad  $\Delta$  9,12-oktadekadienska) ili od metil grupe na drugom kraju molekula (linolna kiselina je tada  $\omega$ -6 oktadekadienska kiselina). Ugljenik krajnje metil-grupe označava se uvek kao omega-ugljenik ( $\omega$ ).

U jednoj nezasićenoj masnoj kiselini dvostruka veza se nalazi na različitim položajima,

odnosno na različitoj udaljenosti od  $\omega$ -ugljenikovog atoma. Na taj način nastaju varijante jedne nezasićene masne kiseline, na primer  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 i  $\omega$ -9 izomer jedne iste nezasićene masne kiseline. Oznaka  $\omega$ -3 znači da se prva dvostruka veza nalazi na trećem ugljenikovom atomu od krajnje metil grupe.

U literaturi se umesto oznake " $\omega$ " može naći termin " $n$ " što ima isto značenje (1).

U prirodi je otkriveno preko 40 vrsta masnih kiselina koje ulaze u sastav lipida životinjskog i biljnog sveta. U tab. 1. prikazane su samo najvažnije masne kiseline koje se nalaze u obrocima za ishranu i navedeni su njihovi glavni izvori (2).

**Tabela 1.** Najvažnije masne kiseline u obrocima i njihovi glavni izvori

**Table 1.** Most important fatty acids in food and their main sources

MASNE KISELINE		GLAVNI IZVORI
Zasićene	Laurinska C12:0	kokosovo ulje, palmina koštica
	Miristinska C14:0	proizvodi od punomasnog mleka
	Palmitinska C16:0	palmino ulje
	Stearinska C18:0	meso, čokolada
Mononezasićene	Palmitoleinska C16:1	masti životinjskog porekla
	Oleinska C18:1	maslinovo ulje, meso
Polinezasićene	Linolna $\omega$ -6 C18:2	biljna ulja
	$\alpha$ -Linolenska $\omega$ -3 C18:3	pojedina biljna ulja, fitoplankton
	Arahidonska $\omega$ -6 C20:4	animalne masti
	EPA <sup>1</sup> $\omega$ -3 C20:5	ulje morskih i slatkovodnih riba i nekih drugih vodenih životinja
	DPA <sup>2</sup> $\omega$ -3 C22:5	
	DHA <sup>3</sup> $\omega$ -3 C22:6	

<sup>1</sup>EPA Eikosapentaenska masna kiselina

<sup>2</sup>DPA Dokosapentaenska masna kiselina

<sup>3</sup>DHA Dokosaheksaenska masna kiselina

**Zasićene masne kiseline** se pretežno nalaze u namirnicama životinjskog porekla, mesu, mleku i mlečnim proizvodima kao što su sir, mleko, puter i sl. Ovim masnim kiselinama bogata su i tropska ulja, kokos mast i ulje palminih koštica.

**Mononezasićene masne kiseline** najčešće predstavlja oleinska (18:1  $\omega$ -9), a maslinovo ulje je namirnica kojoj ona čini 70 % sastava. Ima je u repičinom ulju i ulju od kikirikija, ali i u drugim biljnim uljima, naročito suncokretovom dobijenom od posebnog, tzv. visoko oleinskog tipa hibrida.

**Polinezasićene masne kiseline** imaju poseban značaj za ishranu ljudi i životinja. Postoje 2 glavne familije ovih masnih kiselina, pri čemu je značaj-

no pomenuti da one imaju različite metaboličke puteve, tako da ne postoji mogućnost prelaska jedne familije u drugu. Samo  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 familija su esencijalne ne mogu se sintetisati u organizmu već se moraju uneti u organizam putem hrane (3). Polinezasićene masne kiseline  $\omega$ -6 familije, od kojih je najzastupljenija linolna (18:2  $\omega$ -6), biljnog su porekla, a posebno bogat izvor su tečna ulja kao što se vidi u tabeli 2.

Među polinezasićenim masnim kiselinama  $\omega$ -3 familije za čoveka je najvažnija  $\alpha$ -linolenska (18:3  $\omega$ -3) i njena dva glavna metabolita, EPA (20:5  $\omega$ -3) i DHA (22:6  $\omega$ -3). Linolenska kiselina je sastojak sojinog ulja, ima je i u repičinom a najbogatiji izvor je laneno ulje (55-57%). U malim



količinama nalazi se u membranama hloroplasta u zelenom povrću. Tako i vegeterijanci hranom

unose izvesnu količinu ovih kiselina ali je ona manja nego kad bi jeli meso (4).

**Tabela 2.** Izvori polinezasićenih masnih kiselina  
**Table 2.** Sources of polyunsaturated fatty acids

IZVOR	PROCENAT OD UKUPNIH MASNIH KISELINA (%)			
	18:2 $\omega$ -6	18:3 $\omega$ -3	20:5 $\omega$ -3	22:6 $\omega$ -3
<i>pretežno <math>\omega</math>-6 familija</i>				
suncokretovo ulje	67,4	0,2	-	-
sojino ulje	54,8	8,5	-	-
kukuruzno ulje	53,2	1,1	-	-
<i>pretežno <math>\omega</math>-3 familija</i>				
laneno ulje	15,0	55,0	-	-
sardela	0,7	2,3	9,6	24,8
tuna	1,5	0,4	8,8	23,0
bakalar	2,0	trag.	10,1	22,2
jastog	0,9	trag.	16,1	23,5

Karakteristično je to što esencijalne dugo lančane  $\omega$ -3 masne kiseline EPA i DHA stvara samo fitoplankton, a njime se hrane morske životinje pa je jasno da je morska riba bogata pomenutim  $\omega$ -3 masnim kiselinama. Organizam sisara je, prema tome i čoveka, sposoban da iz  $\alpha$ -linolenske masne kiseline sintetiše EPA i DHA, ali se taj proces odvija sporo i ometen je u slučaju velikog unosa linolne masne kiseline, što je tipično za ishranu u razvijenim zemljama (1).

Transformacija  $\alpha$ -linolenske masne kiseline u njene metabolite se, međutim, izuzetno brzo odvija u ribama koje se hrane fitoplanktonom. Najbogatije ovim masnim kiselinama su ribe hladnih severnih mora (losos, haringa), a u ribama iz našeg mora najviše ih ima u plavoj ribi. Jadranske sardele sadrže izuzetno velike količine višestruko nezasićenih esencijalnih masnih kiselina. Od slatkovodnih riba najpovoljniji masnokiselinski sastav imaju štuka, smuđ i tolstolobik (2).

Količina masnoća i pojedinih masnih kiselina u ribljem ulju veoma varira od godišnjeg doba pa je sardina u proleće relativno nemasna riba (3).

U tabeli 3 prikazani su sastav i sadržaj masnih kiselina nekih vrsta riba i drugih namirnica (5).

Mnogobrojna istraživanja iz područja humane medicine pokazala su da u ljudskoj ishrani u većini slučajeva nisu toliko bitne količine konzumiranih masti, već njihov sastav, a posebno

podvrste  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 masne kiseline, kao veoma povoljne za sprečavanje kardiovaskularnih oboljenja.

Prema podacima iz medicinske literature (6) esencijalne masne kiseline su neophodne za rast, razvoj i celokupno zdravlje organizma. Ukoliko su nedovoljno zastupljene u ishrani dolazi, između ostalog, do promena na koži, gubitka u težini, poremećaja u radu bubrega i jetre. Posebno mesto ove masne kiseline zauzimaju u prevenciji i terapiji nekih kardiovaskularnih oboljenja i sniženju sadržaja holesterola i triglicerida u krvi. One utiču na metabolizam lipida, usporavaju zgrušavanje krvi i umanjuju krvni pritisak.  $\omega$ -3 masne kiseline se ugrađuju u membranama leukocita, trombocita, eritrocita i usporavaju agregaciju trombocita. Polinezasićene masne kiseline moraju biti zastupljene u ishrani ali postoji kontraverznost u vezi sa relativnim količinama koje treba da budu konzumirane, o čemu ima više epidemioloških i kliničkih studija i danas se njihov unos ograničava na 7-8% dnevnog energetskog unosa (1).

Podaci o unosu masnih kiselina  $\omega$ -3 serije prosečnom ishranom su relativno retki i odnose se uglavnom na razvijene zemlje. Malo podataka ima i o prosečnom unosu masnih kiselina  $\omega$ -3 serije u ishrani naše populacije. Nivo različitih masnih kiselina treba da bude takav da obezbedi dugoročne zdravstvene koristi.

**Tabela 3.** Sastav i sadržaj masnih kiselina nekih vrsta riba i drugih namirnica  
**Table 3.** Composition and fatty acid content of some kinds of fish and other food products

IME I OZNAKA MASNE KISELINE	SADRŽAJ MASNIH KISELINA (%)						
	Sardela	Losos	Haringa	Loj	Svinjska mast	Maslinovo ulje	
Miristinska	C14:0	6.07-8.79	4	8	4	-	1
Palmitinska	C16:0	18.16-20.37	16	18	25	29	14
Palmitoleinska	C16:1	7.2-9.4	6	8	5	4	-
Stearinska	C18:0	4.8-5.4	4	2	19	14	5
Oleinska	C18:1	11.3-12.2	19	17	36	45	73
Linolna	C18:2	1.5-2.1	1	2	6	8	6
Arahinska	C20:0	0.3-0.6	4	9	-	-	-
Gadoleinska	C20:1	1.5-1.7	15	15	-	-	-
EPA	C20:5	8.9-14.41	9	7	-	-	-
DPA	C22:5	1.18-1.71	-	-	-	-	-
DHA	C22:6	12.33-20.28	15	8	-	-	-

Za antiaterogeno i antitrombogeno delovanje  $\omega$ -3 masnih kiselina iz ribljeg ulja dovoljno je da se na dan pojede od 30 do 40 grama ribe (3).

Unošenje u organizam esencijalnih masnih kiselina mora se povezati sa uzimanjem određenih količina vitamina E, biološkog antioksidanta, koji u organizmu štiti ove masne kiseline od oksidacije. Kako su esencijalne masne kiseline polinezasićene, veoma lako se oksiduju i treba sprečiti njihovu oksidaciju. Sprečavanje oksidacije esencijalnih masnih kiselina važno je da bi se:

- sačuvale nepromenjene, jer samo u prirodnoj cis formi deluju kao esencijalne
- sprečilo stvaranje produkata oksidacije (peroksidi i slobodni radikali) (7).

Danski Nobelovac Krogh, počeo je 1908. godine istraživati ishranu Eskima. Njegova zapažanja su se kasnije potvrdila i otkrila da kod Eskima nema srčanih i moždanih udara tj. oboljenja koja "kose" Amerikance i Evropljane. Kod Eskima je zapaženo manje slučajeva srčanih bolesti nego kod Danaca što se pripisuje činjenici da oni konzumiraju više mesa morskih riba i ribljih masnoća nego Danci. Utvrđena je specifična razlika u strukturi masti u ishrani Eskima i Danaca što se vidi iz podataka u tabeli 4 (3).

U proučavanju smrtnosti tokom 20 godina u Holandiji je utvrđeno da uzimanje 30 grama ribe dnevno, ili čak jedno ili dva jela od ribe nedeljno predstavlja preventivnu vrednost u lečenju srčanih oboljenja. Pokazano je da nivo unošenja  $\omega$ -3 masnih kiselina ne treba da je iznad onog koji se lako dobija iz hrane (3).

**Tabela 4.** Zastupljenost masnih kiselina u ishrani Eskima i Danaca

**Table 4.** Fatty acids in nutrition of Eskimos and Danes

VRSTA MASNIH KISELINA (% od ukupnih)	ESKIMI	DANCI
Zasićene -Z	22.8	52.7
Mononezasićene	57.3	34.4
Polinezasićene-P	19.2	12.7
Odnos P/Z	0.84	0.24

Pored prirodnih izvora, kao što su ulje i meso morskih riba, posebno severnih mora, danas se u prometu nalaze gotovi preparati  $\omega$ -3 masnih kiselina. Farmaceutska industrija koristi priliku da u širokoj medijskoj kampanji, koja se vodi za prevenciju kardiovaskularnih bolesti, iskoristi nagoveštene potencijale omega-3 polinezasićenih masnih kiselina i izbacuje na tržište koncentrovane preparate ribljih ulja koji sadrže DHA i EPA (npr. firma Roche). Kapsulirana mast morskih životinja dodaje se mnogim vrstama hrane (mleko, jogurt, sokovi, hleb, majonez, margarin, salatni dresing i dr.), znatno joj povećavajući nutritivnu i komercijalnu vrednost ne menjajući joj ukus, miris i izgled.

Osamdesete godine prošlog veka su bile period ekspanzije sticanja naučnih saznanja o  $\omega$ -3 masnim kiselinama, a danas je njihova upotreba u lečenju i ishrani već ustaljena praksa. Danas se za razvoj lekova ulažu velika sredstva, ali su oni namenjeni bolesnicima, a široka populacija mora

se štiti preventivnim merama tj. modifikacijom ishrane.

## MODIFIKOVANJE SASTAVA MASTI RAZLIČITIH PROIZVODA

U savremenom stočarstvu ishrana sa učešćem specifičnih masnoća u smešama za životinje, je jedan od principa koji se primenjuju u cilju smanjenja količine ukupne masti u mesu, smanjenja sadržaja holesterola, kao i promene masno-kiselinskog sastava masti. Najveći interes potrošača usmeren je na živinsko meso i konzumna jaja. Obavljena su brojna istraživanja koja su imala zadatak da utvrde uticaj različitih vrsta i količina dodatih masnoća na sastav masnih kiselina u mesu pilića i konzumnim jajima (8).

U razvijenim zemljama kao što je Nemačka vodi se računa da se  $\omega$ -3 masne kiseline integrišu u hranu (9). Oni mnogo koriste meso živine, a pridaje se značaj i jajima. Zbog značaja  $\omega$ -3 masnih kiselina za ishranu ljudi, kokama nosiljama se dodaje kapsulirana mast morskih životinja ili preparati od algi u hranu, da bi se menjao masnokiselinski sastav jaja. U masti žumanceta određeno je 4% DHA i 0,7% EPA kod ishrane sa ribom i 2,2 % DHA i 0,4% EPA kod ishrane algama (10). Jaja sa promenjenim masnokiselinskim sastavom masti žumanceta imaju nepromenjen senzorski kvalitet ali znatno veću cenu ("eggs plus").

Radi poboljšanja energetske vrednosti hrane za ribe i izbegavanja korišćenja skupih belančevina u proizvodno-energetskim procesima kod riba od koristi je proizvođaču riblje hrane kao i uzgojivaču da se u hranu doda optimalna količina odgovarajućih masti. Dodata mast treba da sadrži esencijalne masne kiseline jer linolenska kiselina potrebna ribama za normalan rast i razvoj, osigurava dobar rezultat u reprodukciji. Masti iz hrane značajno utiču na sastav masti kod riba (12).

Ideja za modifikacije masnoća ima mnogo, tako se naprimer krave muzare hrane sojinim pogačama i pogačama od lanenog semena kako bi se mleko poboljšalo posebno alfa-linolenskom kiselinom (13).

## ZAKLJUČAK

Treba obaviti istraživanja i uključiti se u svetske tokove jer postoje brojne tehničke i tehnološke mogućnosti ugradnje  $\omega$ -3 masnih kiselina u proizvodnji namirnica kao što su margarin, majonez, jestivo ulje, mleko, sokovi, hleb, testeninu i brojne druge proizvode.

Na našem užem tržištu uljarske industrije još uvek nema proizvoda obogaćenih  $\omega$ -3 masnim kiselinama, pa je zadatak tehnologa da primene svetske trendove jer su naši potrošači zahtevniji za kvalitet proizvoda koje konzumiraju.

To što naše tržište nije pogodno za plasman skupljih proizvoda ne treba da nas obeshrabri u pokušajima da proizvedemo hranu za koju postoji veliko interesovanje u svetu.

## LITERATURA

1. Lepšanović L., Lepšanović LJ: Klinička lipidologija: "Savremena Administracija". a.d. izdavačko-štamarsko preduzeće, Beograd, 9-10 (2000).
2. Lepšanović L :Metabolizam lipoproteina i njegovi poremećaji, Srpsko Lekarsko društvo-Društvo lekara Vojvodine, Novi Sad, 236 (1997).
3. Pokorny D.,  $\omega$ -3 masne kiseline u ishrani, Bilten jugoslovenskog odbora za lipide, 3, 25-27 (1990).
4. Joyce Beare-Rogers, Bureau of Nutritional Sciences, Otava/Canada, Nutritional Attributes of Fatty Acids, Fat.Sci.Tehnol. 3: 85 (1988).
5. Vujković G., Turk S. Maščobne kisline v morski ribi. Morje kot vir hrane. Ljubljana: Inštitut za higieno Medicinske fakultete, 5: 82-89 (1988).
6. Schalin-Karila M., Janson C.Uotila P.: Evening primrose oil in the tretment of atopik enzema efecat on clinicol status, plazma phospholipid fatty acids and circulating blood prostaglandins. Br J Dermatol, 117: 11-19 (1987).
7. Oštrić-Matijašević B., J. Turkulov: Tehnologija ulja i masti, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 21(1980).
8. Božić, A.: Manipulacija masnim kiselinama-značaj i mogućnosti, Savremeni farmer, I, (2): 19 (2000).
10. Deutsche Gesellschaft fur Fettwissenschaft: Joint International Congress and Expo, Lipids, Fats and Oils,  $\omega$ -3 -Fettsauren-Vorcomen, Bedetung und Analise, Wurzburg, Germany, october 8-10 (2000).
11. Tauffl; Ternes;Tunger; Zobel: Lebensmittellexikon, Behr's...Verlag 1993.
12. Mužić, S.: Hranidba kokoši kao faktor poboljšane dijetetske kakvoće mesa i jaja, Krmiva 38 Zagreb, 6; 313-317 (1996).
13. A. Opače, I. Stević, T. Rastija: Potrebe i važnost masti u hranidbi riba, Krmiva, Zagreb, 40, 197-207 (1998).
14. <http://hrana.com>

# NASTANAK I RAZVOJ BIOFILMOVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

*Siniša Markov, Dragoljub Cvetković, Aleksandra Velićanski*

*U raznim pogonima prehrambene industrije često se na unutrašnjim površinama raznih cevovoda, a pre svega vodovodnih, zatim u crevima za transport tečnih medija, kao i na nizu drugih mesta gde ima dovoljno vlage mogu uočiti sluzaste naslage. Ove neobične i nepoželjne nakupine uglavnom potiču od kolonizovanih mikroorganizama (najčešće bakterija) i nazivaju se biofilmovi. Uslovi za inicijaciju i razvoj biofilмова u pogonima prehrambene industrije su često veoma pogodni. Njihovo razviće u vlažnim sredinama se dešava po određenim zakonitostima različitim od tradicionalnih znanja o planktonskim organizmima. Primena novih materijala (hidrofobnih ili glatkih) na kratko je potisnula aktuelnost problema nastanka biofilмова u prehrambenoj industriji. Međutim, brojni radovi kao i praktična iskustva pokazuju da su biofilmovi realnost čak i u pogonima koji su opremljeni iznad standardnih zahteva. Cilj rada je da se prikažu aktuelna saznanja o nastanku i razvoju biofilмова u industrijskim uslovima, kao i njihov značaj sa zdravstvenog, ekološkog i ekonomskog aspekta.*

*Ključne reči: biofilm, industrijski značaj*

## INICIATION AND DEVELOPMENT OF BIOFILMS IN FOOD INDUSTRY

*On interior surface of water pipes, hoses and other places in food industry plants it is possible to notice some mucous deposits. This unusual deposit commonly comes from microorganism (usually bacteria) and is called biofilm. The conditions for initiation and development of biofilms in food industry plants are very convenient. The development of biofilms in moisture environment is different then the traditional knowledge about plankton organism. By using a new material (hydrophobic and/or polish) the biofilm genesis in food industry was neglected in a short time. However, numerous scientific papers and practical experience show that biofilms are a significant problem even if industry plants are equipped above standard demands. One of the main reasons why knowledge about biofilms is not commonly accepted is the unsuitable concept about microbiology determination that is focused in plankton bacteria. This concept is used in industrial and exterior laboratories in process control. The aim of this work is to present the actual knowledge on biofilm genesis and development in industrial environment, as well as their sanitary, ecology and economic importance. Also, the point is to indicate a way of microbiology analysis when biofilms existing is confirmed or there is a doubt about biofilms.*

*Key words: biofilm, industrial importance*

### UVOD

Od nastanka živih organizama na Zemlji do danas mikroorganizmi (pre svih bakterije) su razvili veoma uspešan način za preživljavanje koji podrazumeva vezivanje za površine uz razvoj sluzastih naslaga – biofilмова. Čovek je tradicionalno bio fokusiran na zdravstveno značajne

mikroorganizme u planktonskom stanju, a tek poslednjih decenija istraživanju biofilмова se poklanja velika pažnja, kako od strane mikrobiologa tako i od strane istraživača drugih struka. Razumevanje biofilмова – kako nastaju i kako se razvijaju, otpornost na dezinfekciona sredstva, ponašanje bakterija u biofilmu, itd. je preduslov za kontrolu i uklanjanje biofilмова.

Proizvodnja nekih namirnica, kao npr. sirćeta, kroz vekove pa i u današnje vreme zasnovana je na primeni mikroorganizama uklopljenih u sopstveni ekstracelularni polisaharidni produkt

---

Dr Siniša Markov, vanredni profesor, mr Dragoljub Cvetković,  
Aleksandra Velićanski, dipl. ing., Tehnološki fakultet, 21000 Novi  
Sad, Bul. cara Lazara 1, R. Srbija  
e-mail: sinisam@tehnol.ns.ac.yu

vidljiv ad oculi kao navlaka (1), što je primer "poželjnog" biofilma. Sledeći primer je primena bakterije *Leuconostoc mesenteroides* u proizvodnji fermentisanog povrća i nekih mlečno-kiselih proizvoda. Interesantno je da isti mikroorganizam, biofilmom sastavljenog od dekstrana, može izazvati značajne gubitke u jednom delu proizvodnje šećera (2). Pored ovih, mogli bi se navesti i niz drugih biofilmova koje čovek proizvodno koristi, ali u ovom radu pažnja je fokusirana na drugi tip biofilma, skoro redovne pratioce prehrambene industrije, a to su nepoželjni biofilmovi. Za razliku od poželjnog, proizvodnog biofilma, štetni su raznovrsni po poreklu i negativnim efektima koje prouzrokuju. U prehrambenoj industriji je po tom pitanju kompleksnija situacija nego npr. u medicini jer pažnja nije usmerena samo na patogene mikroorganizme, već i na mikroorganizme uzročnike kvarenja proizvoda.

U fabrikama prehrambene industrije pored pogona u kojima se sirovina neposredno transformiše u namirnicu, najčešće postoji i niz drugih pratećih pogona. U njima se takođe mogu javiti i razvijati specifični, "štetni" biofilmovi jer smanjuju efikasnost izmenjivača toplote i povećavaju nivo korozije. Pored toga, zatvoreni sistemi koji sadrže membranske filtracione jedinice su poznati kao pogodna mesta za mikrobiološko prljanje i nastanak biofilma (3). Samo u dobro dizajniranim zatvorenim sistemima, gde se najčešće higijena održava pomoću CIP (cleaning in place), moguće je ostvariti kontrolu.

U sistemima za snabdevanje vodom (distributivni ili sopstveni sistemi za vodu kvaliteta za piće, sistemi za tehničku vodu i sl.) 99% bakterija se nalazi u biofilmu na unutrašnjoj strani cevi (debljine do 200 µm). Ove prevlake predstavljaju izvor najvećeg broja planktonskih bakterija u vodi za piće, od kojih neke mogu biti uzročnici infekcija i zaraza kod ljudi i životinja. Na osnovu podatka da je ukupan broj bakterija u vodi nizak (kao rezultat klasične i standardne mikrobiološke analize), ne bi trebalo a priori izvesti zaključak o mikrobiološkom stanju sistema. Pored toga, ukoliko u jednom uzorku nisu detektovane patogene bakterije i indikatori fekalnog zagađenja rizično je konstatovati da u sistemu nema zdravstveno značajnih bakterija. Ukoliko integritet biofilma nije narušen naglim oticanjem vode ili sanitacijom, prisustvo biofilma najčešće neće biti primećeno u običnom uzorku vode, ali to ne znači da biofilm nije prisutan. Shodno tome, ni prisustvo po zdravlje nepoželjnih bakterija nije isključeno. Značajno je da barijere između sirovina, odnosno proizvoda i vode nedefinisanog ili lošeg

mikrobiološkog kvaliteta moraju biti višestruke. Ilustrativan je primer da je utvrđena međuzavisnost između rashladne vode i proizvoda, u pogledu nalaza sumnjivih mikroorganizama u proizvodu i da su čak 20 sličnih sojeva roda *Pseudomonas* nađeni na procesnoj opremi (4), a izvor im je rashladna voda. Ovaj podatak jasno ukazuje da se u rizičnim pogonima prehrambene industrije na skoro svim mestima mora koristiti voda kvaliteta za piće (5) i da samo kontinuirana efikasna dezinfekcija vode otvara mogućnost njene zdravstvene ispravnosti (6), odnosno omogućuje nesmetan proizvodni tok.

## NASTANAK I RAZVOJ BIOFILMA

Mehanizam nastanka biofilma u vodenoj sredini je dosta istražen problem, a u značajno manjem broju radova je ispitivano formiranje biofilma u prehrambenoj industriji. Studije o vezivanju ćelija koje uključuju briseve i tradicionalnu mikrobiološku analizu ukazuju na prisustvo živih mikroorganizama, ali ne obezbeđuju informacije o strukturi biofilma i ne detektuju fiziološki oštećene ćelije, kao što su žive ali ne kulturabilne ćelije (7). Mikroskopija dozvoljava analize na licu mesta, kao što je SEM pomoću koje je proučavano vezivanje ćelija (8). Ipak, SEM zahteva pripremu uzoraka što može uzrokovati u smanjenju količine ekstracelularnih polimernih supstanci, pa se u novijim istraživanjima koriste alternativne specifične tehnike SEM-a i drugi vidovi mikroskopije (npr. konfokalna i epifluorescentna) za ispitivanje vezivanja ćelija i formiranje biofilma (9).

Razvoj biofilma u cevovodima, slika 1, se odvija kroz nekoliko faza:

1. *Stvaranje povoljnih uslova na površini* - Po unutrašnjoj površini cevi koja je u kontaktu sa vodom se prvo nakupljaju tragovi organskih materija. Ovaj depozit ne samo da je izvor hranljivih materija nego on i neutrališe površinsko naelektrisanje i smanjuje slobodnu površinsku energiju olakšavajući inicijalno vezivanje ćelija.

2. *Adhezija bakterija-pionira* - Neke od planktonskih bakterija iz vode koje su dovoljno blizu zidu cevi se adsorbuju u inicijalnom sloju. Vezivanje ćelija se bazira na elektrostatičkom privlačenju i fizičkim silama, a ne na hemijskom vezivanju. Samo deo ćelija je ireverzibilno adsorbovan za površinu.

3. *Formiranje "sluzi" (glikokaliksa)* - Ćelije inicijalnog sloja luče polimerne supstance lepljive konzistencije koje održavaju biofilm u celini i učvršćuju ga za zid cevi. Pored toga sloj glikokaliksa "hvata" hranjive materije iz prečišćene

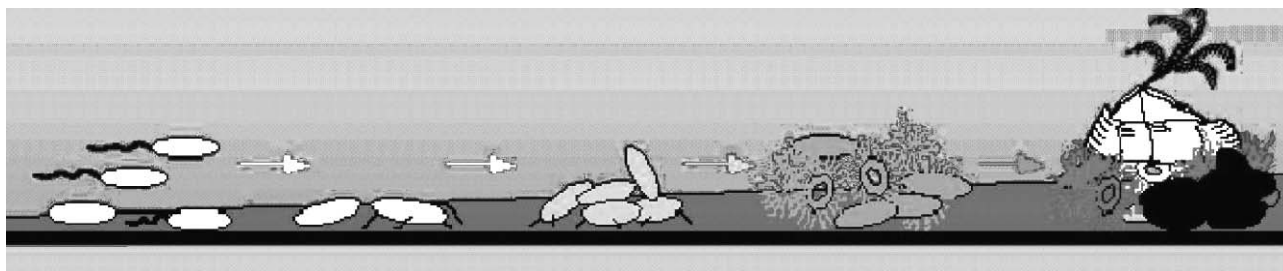
vode i štiti bakterije biofilma od biocida. Neuređeni matriks glikokaliksa zauzima 75-95% zapremine zrelog biofilma (10).

4. *Sekundarna kolonizacija* - Za mrežu glikokaliksa se lako vezuju ćelije mikroorganizama – sekundarni kolonizeri. Sekundarno vezane ćelije koristeći metaboličke produkte primarnih kolonizera u matriksu se značajno brže razvijaju.

5. *Biofilm sa svim funkcijama* - Zreo biofilm, sa svim svojim funkcijama, liči na živo tkivo na površini cevi. U pitanju je kompleksna, metabolički kooperativna zajednica različitih vrsta. Moguće je i uspostavljanje određenih simbiotskih odnosa jer su različitim vrstama bakterija u

biofilmu dostupni i organski sastojci koje pojedinačne vrste nisu u stanju da same metabolišu.

6. *Rast i širenje biofilma* - Biofilm se širi ćelijском deobom i povremenim otpuštanjem bakterija-pionira koje mogu nizvodno naseliti neki drugi deo cevi. Vremenom se biofilm povećava tako da u jednom trenutku njegova debljina prelazi debljinu laminarnog sloja fluida. Ovo izaziva smicanje ćelija i njihovo odvajanje iz primarnog sloja. Ćelijama poreklom iz biofilma je olakšano prijanjanje na zidove cevovoda, jer je prethodno formiran (roditeljski) biofilm izvor organskih materija za nizvodni inicijalni sloj (11).



Slika 1. Razvoj biofilмова u cevovodima  
Figure 1. Development of biofilms in pipelines

## FAKTORI KOJI UTIČU NA FORMIRANJE BIOFILMA

Uz biološka pravila po kojima nastaje biofilm u nekoj sredini potrebno je ukazati i na činioce koji (ne) doprinose njegovom nastanku ili perzistenciji, a to su:

*Materijal od koga je površina izrađena* - Vrsta materijala od koga je površina izrađena ima mali uticaj (ili nikakav) na razvoj biofilma. Nerđajući čelik je podložan razvoju biofilma isto koliko i plastične cevi. Još nije otkriven materijal za izradu cevi na koji se mikroorganizmi iz vode ne bi mogli vezati (11). Studije su pokazale da se mikroorganizmi mogu adsorbovati sa skoro istim efektom i na nerđajući čelik, teflon, PVC, ili PVDF.

*Veličina dodirne površine* – Ovo je jedan od faktora koji ima najveći uticaj na razvoj biofilma u sistemima za prečišćenu vodu. Industrijski sistemi za vodu nude veliku površinu za vezivanje mikroorganizama. Membrane reversne osmoze, jonoizmenjivačke smole, rezervoari za vodu, ulošci filtera i cevovodi predstavljaju površine koje su pogodne za vezivanje i rast bakterija (12).

*Glatkost površine* - Glatke površine odlažu inicijalno vezivanje bakterija za površinu, ali je nakon izvesnog vremena formiranje biofilma neizbežno.

*Brzina protoka* - Visoke vrednosti brzine protoka imaju uticaj na rast biofilma, ali neće sprečiti vezivanje bakterija za površinu cevi, niti će ukloniti već postojeći biofilm (13).

*Ograničavanje hranljivih materija* - Količina hranljivih materija u sistemima za prečišćenu vodu visoke čistoće je dovoljna da omogući rast mikroorganizama. Tako je za rast bakterija dovoljno nekoliko ppb jedinica hranljivih materija (14). Istraživanja su pokazala da neke bakterije potrebne hranljive materije mogu uzeti čak i iz samih cevi i opreme sistema (10). Iako većina plastičnih materija nije biodegradabilna, vezivna sredstva i plastizeri iz epoksi-smola, PVC ili poliamidnih cevi mogu predstavljati izvor organskog ugljenika za bakterije u vodi. Membrane reversne osmoze napravljene od celuloze takođe mogu biti izvor hranljivih materija. Uz to bakterije mogu koristiti i tragove metala iz nerđajućeg čelika i ostalih metalnih delova. Na sadašnjem nivou tehnički nije moguće u potpunosti ukloniti hranljive materije iz vode, tako da nije moguća ni potpuna kontrola bakterija jednostavnim uklanjanjem hranljivih materija. Međutim, činjenica je da se u distributivnim sistemima za vodu dobijenu pomoću reversne osmoze nalazi manje biofilma nego u sistemima sa vodovodskom vodom za piće.

Za formiranje zrelog biofilma, u zavisnosti od sistema, potrebno je nekoliko sati do nekoliko nedelja (12). *Pseudomonas aeruginosa* je često bakterija-pionir u biofilmovima zbog čega je u mnogim istraživanjima izabrana kao model bakterija. VanHaecke (15) je ustanovio da je ćelijama *P. aeruginosa* potrebno oko 30 sekundi da se vežu za elektropolirane površine nerđajućeg čelika.

## ZNAČAJ BIOFILMOVA U INDUSTRIJSKIM USLOVIMA

Asocijacija mikroorganizama u biofilmu može se posmatrati ne samo kao mehanizam elementarnog opstanka već i iz ugla uzajamne koristi za pojedine mikroorganizme. Stvaranjem biofilмова bakterije mogu da se odupru i dezinfekcionim sredstvima. S jedne strane su ćelije u biofilmu slojem služi mehanički zaštićene, a s' druge se deo dezinfekcionog sredstva troši na reakciju sa

polimernim omotačem što smanjuje efektivnu koncentraciju dezinficijensa. Ovo ujedno doprinosi i oslobađanju dela hranljivih materija i selekciji mikroorganizama pri kojoj u sistemu opstaju manje osetljivi. Tradicionalne metode uništavanja bakterija, kao što su korišćenje dezinficijensa često su neefikasne protiv bakterija u biofilmu. Kako bi se uništile bakterije u biofilmu, potrebne su ogromne doze ovih sredstava, koje su, po propisima za zaštitu životne sredine, opasne po životnu sredinu, ili čak nedozvoljene. Iz navedenih razloga smatra se da nakupine mikroorganizama u niskoj koncentraciji ostaju nakon svakog procesa čišćenja. Ovakav stav je proistekao iz saznanja da vrlo često u cevovodima jezgra biofilмова u niskoj koncentraciji (npr.  $<10^3$ - $10^4$  ćelija/ml) preživljavaju i pored čišćenja i dezinfekcije. Slična situacija je u pogonima prehrambene industrije, što ilustruju podaci dati u tabeli 1.

**Tabela 1.** Udeo (%) mesta kod kojih je ukupan broj aeroba i/ili *Pseudomonas*  $\geq 10^4$  CFU/100 cm<sup>2</sup> (9)

**Table 1.** Share (%) of places where total count of aerobics and/or *Pseudomonas*  $\geq 10^4$  CFU/100 cm<sup>2</sup> (9)

Mesta	Ukupan broj aeroba		<i>Pseudomonas</i> spp.	
	Pre čišćenja	posle čišćenja	pre čišćenja	posle čišćenja
u kontaktu sa hranom	28	31	15	15
u okruženju	58	45	45	35

Samo fizičko prisustvo biofilma na raznim površinama (cevi, radne i druge površine), kao i metabolička aktivnost ćelija nije značajno samo sa zdravstvenog aspekta i aspekta kvarenja proizvoda, već je važno u procesu korozije (biokorozije). Gradijent koncentracije kiseonika u sloju biofilma dovodi do različitog elektropotencijala na metalu što ima za posledicu njegovu koroziju. Istrošenost kiseonika na površini nerđajućeg čelika može dovesti do narušavanja zaštitnog sloja nastalog pasivizacijom metala. U takvim uslovima, u donjim delovima biofilma (na dodirnoj površini) obezbeđen je rast i razmnožavanje anaerobnih mikroorganizama. Sulfitoredujuće bakterije predstavljaju jedan od najčešćih uzroka biokorozije mehanizmom redukcije sulfata do vodonik-sulfida, koji zatim reaguje sa metalima izazivajući koroziju. Sporedni produkti bakterijskog metabolizma (agresivne organske i neorganske kiseline) su takođe uzročnici biokorozije jer rastvaraju okside pasiviziranog sloja metalnih površina i ubrzavaju katodne reakcije (10). Pored toga, mnoge bakterije oslobađaju gasoviti vodonik, kao produkt fermentacije ugljenih hidrata, koji svojom difuzijom može izazvati krtost metala (10).

Može se pretpostaviti da je na otvorenim radnim površinama koje su vrlo česte u pogonima prehrambene industrije dovoljno pranje, čišćenje i dezinfekcija pa da su uklonjeni uslovi za nastanak biofilмова. Međutim, ne sme se zapostaviti činjenica da nakon čišćenja i dezinfekcije zaostaju rezidue na površinama koje imaju ulogu naslaga, kao i da je efekat dezinficijensa u funkciji vremena. Mikroorganizmi se vezuju za te naslage i mogu da se razviju u kompleksan biofilm. U dijametralno različitim proizvodnim pogonima (prerada mesa i proizvodnja peciva) utvrđeno je da se upotrebom sredstava za čišćenje mogu ponovo stvoriti novi tipovi naslaga, što ukazuje da su hemikalije takođe značajne za proces formiranja naslaga, jer one menjaju fizičko-hemijske osobine površine i stoga utiču na ponovno vezivanje mikroorganizama (16). Utvrđeno je da ponavljanje priljublivanja i ciklusa čišćenja utiču na vezivanje *Streptococcus thermophilus*, pa su ćelije vezane u morfo-fiziološki različite grupe zbog promena u naslagama (17). Stvarna priroda naslaga zavisi od površine, ostataka hrane i hemikalija koje se koriste za čišćenje.

Mikroorganizmi na proizvodne površine dospevaju pre svega iz sirovina, ali isto tako i iz okoline, od ljudi i preko poluproizvoda. Nije potpuno jasno na koji način mikroorganizmi preživljavaju i razvijaju se u ovim okolnostima, ali rezultati pokazuju da se rodovi *Pseudomonas* i *Staphylococcus* najčešće javljaju i da je okolina najčešći izvor mikroorganizama posle sirovina. Čelije mogu biti prenete sa površina okruženja proizvodnje na proizvode ili površine u kontaktu sa proizvodima indirektno preko ljudi, opreme, štetočina, čišćenja i vazduha. Aersoli iz odvoda na podovima označeni su kao potencijalni izvori kontaminacije u pogonima prehrambene industrije. Visok pritisak u sistemima za raspršivanje vode stvara aerosole koji mogu da disperguju žive mikroorganizme na sve postojeće površine i ti aerosoli nose patogene mikroorganizme ili uzročnike kvarenja hrane. Npr. *L. monocytogenes* može da preživi u aerosolima, kao i na niskim temperaturama, niskom pH i visokoj koncentraciji soli (18). Takođe, patogeni mikroorganizmi mogu biti preneti sa poda na proizvode u neposrednoj blizini poda, npr. na police ili u podrumu, prolazanjem blizu proizvoda ili prskanjem sa točkova ručnih kolica (19).

Studije u kojima su ispitivani mikroorganizmi na površinama iz okruženja proizvodnih traka pokazale su da priroda populacija na površinama može da varira od vezanih ćelija do izolovanih mikrokolonija u jednoslojnom ili višeslojnom biofilmu. Vezane ćelije i mikrokolonije kojima je dato dovoljno vremena mogu se razviti u prostrane višeslojne strukture. Ipak, opisane studije su pokazale da su prostrani biofilmovi vezani na površine koje nisu u kontaktu sa hranom i one mogu predstavljati rezervoar za patogene organizme i uzročnike kvarenja hrane.

Vezivanje bakterija na prehrambene proizvode može biti značajan izvor kontaminacije, koji vodi ozbiljnim higijenskim problemima i ekonomskim gubicima zbog kvarenja hrane (17, 20). Procenjeno je da 25% toksikoinfekcija izazvanih hranom potiču od kontaminirane sirove hrane, materijala i opreme (4). Zbog toga bolje razumevanje procesa odvajanja mikroorganizama iz biofilma i sa površina može biti od koristi za proizvođače hrane.

Na osnovu uslova za nastanak i razvoj biofilma kao i dokaza o njihovom postojanju, prehrambena industrija može se podeliti u dve grupe kada se radi o potencijalnim problemima vezanim za biofilme. U prvoj grupi su pogoni za sledeće prehrambene proizvode: jaja, sirovo meso i riba, voće, povrće, sveža salata, začini, orasi, konzervisani proizvodi, alkoholna pića, đus, kafa, čaj,

pečeni i sušeni proizvodi, poslastičarski proizvodi, žitarice, ulja i masti. Ovi proizvodi koriste se sirovi, i već su potencijalno kontaminirani mikroorganizmima i/ili će biti dalje obrađivani (npr. termički tretman). Način njihove proizvodnje utiče na formiranje biofilma. npr. ako je okolina suva, briga za biofilm će biti mala ili neće postojati. Druga grupa pogona uključuje: pripremanje salata, mlekarske proizvode (mleko, sladoled, kremove, sir, mlečne dezerte), mesne proizvode, dimljenu ribu, gotovu hranu, sendviče, gotove supe, sosove, testo, pice, prelive za salatu. U ovoj grupi su proizvodi koji se neće dalje obrađivati, i svaka kontaminacija je neočekivana. Zbog toga su u ovoj kategoriji higijenski standardi veći, i mora se kontrolisati moguća kontaminacija iz okruženja.

Pored svega iznetog ne sme se zaboraviti da je zabrinjavajuća sposobnost mikroorganizama da prolaze kroz mikro-rupice ili kanale na materijalu za pakovanje proizvoda stabilnih na ambijentalnoj temperaturi (npr. konzervisana hrana). Značajni faktori za kontrolu prodiranja mikroorganizama su prečnik mikrorupica, širina kanala, prisustvo fluida, tip eksternih mikroorganizama (vrsta, veličina, pokretljivost) i njihova koncentracija. Ipak je nepoznato da li neki biološki faktori utiču na kretanje kroz rupe i kanale (4). Kontaminacija proizvoda sa biofilmom iz skladišta gotovih proizvoda kao i sa drugih mesta do trenutka upotrebe je veoma malo ispitana.

## ZAKLJUČAK

Biofilm u prehrambenoj industriji se može definisati kao skupina mikroorganizama koji se neminovno razvijaju tokom određenog vremenskog perioda, i čiji razvoj i opstanak zavise od ciklusa čišćenja i programa dezinfekcije. Veliki biofilmovi debljine od nekoliko stotina mikrometara do nekoliko milimetara rasprostranjeni u vodovodnim sistemima i drugim industrijama, retko se javljaju u okruženjima prehrambene industrije, ali zbog nesterilnih uslova pri obradi hrane, mikroorganizmi su uvek prisutni (u malom broju) i adherovani su na površinama.

Zbog mogućnosti kontaminacije prehrambenih proizvoda mikroorganizmima, trebalo bi da su pogoni podvrgnuti HACCP programu. Prateći principe ovakvog pristupa proizvodnji, treba preduzimati odgovarajuće kontrolne korake, da se spreči ili smanji rizik od pojave biofilma i kvarenja proizvoda. To uključuje obezbeđivanje takve okoline u kojoj je rast biofilma ograničen kao i preduzimanje programa čišćenja i dezinfekcije po specifičnim i adekvatnim zahtevima jer



samo oni daju najbolje rezultate. Ništa manje značajno nije i kontrolisanje ovih programa da bi se osigurala njihova uspešnost i verifikovanje njihovog izvođenja odgovarajućom (obično mikrobiološkom) procenom. Dinamika primene ovog programa, bez obzira na deklarativnu saglasnost, ne sme u pogonima biti uslovljena aktuelnim stanjem i namerama menadžmenta firme već mora biti neminovnost za svakog proizvođača hrane.

Jedino kada se na osnovu aktuelnih znanja i iskustava upotrebe sva raspoloživa sredstva kao rezultat dobiće se pogon gde je nastanak i razvoj biofilмова pod kontrolom, a samo na taj način su obezbeđeni uslovi za dobijanje prehrambenih proizvoda zadovoljavajućeg kvaliteta.

## LITERATURA

1. Markov S., Jerinić V., Cvetković D., Lončar E., Malbaša R.: Kombuha – funkcionalni napitak: sastav, karakteristike i process biotransformacije, *Hem. Ind.* 57 (10): 456-462 (2003)
2. Jeremić K., Markov S., Pekić B., Jovanović S.: The influence of temperature and inorganic salts on the rheological properties of xanthan aqueous solutions, *J. Serb. Chem. Soc.* 64 (2): 109-116 (1999)
3. Krstić D., Markov S., Tekić M.: Membrane fouling during cross-flow microfiltration of *Polyporus squamosus* fermentation broth, *Biochemical Engineering J.* 9: 103-109 (2001)
4. Holah J., Gibson H.: Food Industry Biofilms, in *Biofilms: recent advances in their study and control* (ed. Evans L.V.), Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 211-235, 2000
5. Klašnja M., Markov S.: Dezinfekcija vode za tehnološki proces proizvodnje u mlekari, *Prehrambena industrija* 11 (3-4): 7-18 (2000).
6. Klašnja M., Markov S.: Hlorisanje vode za potrebe mlekare, *Prehrambena industrija* 12 (1-2): 79-87 (2001)
7. Markov S.: Mikrobiološka analitika vode, u "Voda u pivarstvu", ured. M. Klašnja, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, 66-74, 1998.
8. Herald P.J., Zottola E.A.: Attachment of *Listeria monocytogenes* to stainless steel surfaces at various temperature and pH values, *J. Food Prot.*, 53: 1549-1552 (1988)
9. Peters A.: Control of biofilm in the food industry: a microbiological survey of high-risk processing facilities, in *Biofilm in Medicine, Industry and Environmental Biotechnology* (eds. Lens P., Moran A.P., Mahony P.S., O'Flaherty V.), IWA Publishing, London, 554-567, 2003.
10. Geesey G.G.: *Biofouling and Biocorrosion in Industrial Water Systems*, Ann Arbor: Lewis Publishers, 1994.
11. Mayette D.C.: The existence and significance of biofilms in water, *Water Review* (Water Research Council). pp. 1-3 (1992)
12. Mittleman M.W.: Biological fouling of purified-water systems: Part 3, treatment. *Microcontamination.* 4 (1): 30-40 (1986)
13. Meltzer T.H.: *High Purity Water Preparation for the Semiconductor, Pharmaceutical, and Power Industries.* Littleton, CO: Tall Oaks Publishing, Inc. pp. 57-59 (1993)
14. Pittner G.A.: Point-of-use contamination control of high purity water through continuous ozonation. *Ultrapure Water.* 5 (4): 16-22 (1988)
15. VanHaecke E.: Kinetics of *Pseudomonas aeruginosa* adhesion to 304 and 316-L stainless steel: role of cell surface hydrophobicity. *Appl. Environ. Microbiol.* 56 (3): 788-795 (1990)
16. Mettler E., Carpentier B.: Variations over time of microbial load and physicochemical properties of floor materials after cleaning in food industry premises, *J. Food Prot.* 61, 57-65 (1998)
17. Boulange-Paterman L., Rault J., Bellon-Fontaine M-N.: Adhesion of *Streptococcus thermophilus* to stainless steel with different surface topography and roughness, *Biofouling*, 11: 201-216 (1997)
18. Gandhi M., Chikindas M.L., *Listeria*: A food-borne pathogen that knows how to survive, *Int. J. Food Microbiol.*, 113 (1): 1-15 (2007)
19. Holah J.T., Taylor J.H., Holder J.S.: The spread of *Listeria* by cleaning systems, Technical Memorandum No. 673. CCFRA, Chipping Campden, UK, 1993.
20. Kumar C.G., Anand S.K.: Significance of microbial biofilms in the food industry: a review, *Int J Food Microbiol.*, 42: 9-27. (1998)
21. Holah J.T., Betts R.P., Thorpe R.H.: The use of epifluorescent microscopy to determine surface hygiene, *Int Biodeterior.*, 25: 147-153 (1989)

# TRAJNOST I KVALITET ČOKOLADE SA DODATKOM TERMIČKI OBRAĐENOG JEZGRA SUNCOKRETA

*Biljana Pajin, Olga Jovanović, Etelka Dimić, Ranko Romanić, Vera Lazić*

*Savremeni trend razvoja funkcionalne hrane, odnosno hrane sa pozitivnim uticajem na zdravlje ljudi, doveo je do primene suncokreta kao nutritivno visoko vredne sirovine u konditorskim proizvodima. Cilj ovog rada je da se ispita mogućnost primene jezgra dva hibrida konzumnog tipa suncokreta u čokoladi, bez narušavanja njenih senzornih osobina i trajnosti. Rezultati su pokazali da je prilikom dodatka jezgra veoma značajan termički tretman pripreme koji treba da obezbedi optimalnu otpornost jezgra na oksidativne i druge promene. Čokolada odgovarajućih senzornih karakteristika se dobije dodatkom jezgra u količini od 15%, pri čemu je trajnost ovog proizvoda šest meseci.*

*Ključne reči: čokolada, jezgro suncokreta, senzorna ocena*

## STABILITY AND QUALITY OF CHOCOLATE WITH ADDITION OF MEAT TREATED SUNFLOWER KERNEL

*The modern development trend of functional food, i.e. food with positive effect on human health, lead to the use of sunflower as the raw material of high nutritive value in confectionery products. The aim of this work is to investigate the possibility of use of sunflower kernel, of two confectionery type sunflower hybrids, in chocolate, without affecting the sensory characteristics and stability. The results have shown that the thermal treatment of kernel pre-treatment is very important as it affects the stability of kernel to oxidative and other changes. Chocolate with suitable sensory characteristics was obtained with the addition of 15% of kernel, whereas the stability of this product was six months.*

*Key words: chocolate, sunflower kernel, sensory evaluation*

### UVOD

Čokolada je veoma složen fizičko-hemijski sistem, čije ponašanje tokom proizvodnje, a time i kvalitet i dužina čuvanja, zavise od osnovnih, ali i prisustva drugih dodatih sirovina. Trajnost ovog proizvoda je uslovljena pre svega pojavom sivljenja, koje se manifestuje kao sivo bela skrama na površini čokolade, a koja se prostire kroz čitavu njenu strukturu (1, 2). Sivljenje se javlja kao posledica nepravilno vođenog postupka prekrystalizacije, neadekvatnog čuvanja, kao i usled prirodnog starenja čokolade (3, 4, 5). Čokolada u svom sastavu ima velik procenat masti (25-30%) koja uslovljava njen kvalitet i trajnost. Pored kakao maslaca, u čokoladi mogu

biti prisutne i masti iz lešnika, nugatnog punjenja, te mlečna mast, koje su podložne oksidativnim promenama, kao i migraciji na površinu čokolade (6, 7). Posledica ovih migracija je nekontrolisana kristalizacija i narušavanje fizičkih i senzornih karakteristika čokolade. Pojava migracije masti se može sprečiti, ili u velikoj meri ublažiti, adekvatnim izborom sirovinskog sastava (kompatibilnošću prisutnih masti), pravilnim vođenjem tehnološkog postupka proizvodnje ili dodatkom emulgatora (8, 9).

Savremeni trend razvoja obogaćenih, nutritivno visoko vrednih proizvoda je doveo do razvoja nove tzv. funkcionalne hrane koja ima pozitivan uticaj na zdravlje ljudi (10, 11). Zadatak proizvođača hrane je da, pored razvoja novih, obogate postojeće proizvode visoko vrednim komponentama - vitaminima, proteinima, prehrambenim vlaknima (12). Jezgro konzumnog tipa suncokreta je upravo sirovina koja zadovoljava navedene zahteve, jer je bogato proteinima,

---

Dr Biljana Pajin, docent, dr Olga Jovanović, docent u penziji, dr Etelka Dimić, redovni profesor, Ranko Romanić, dipl.ing., dr Vera Lazić, vanredni profesor, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, R. Srbija  
e-mail: pajinb@tehnol.ns.ac.yu

esencijalnim masnim kiselinama, vitaminom E i gvožđem (13). Suncokret može da se doda u obliku celog jezgra ili izlomljenih komada u sve konditorske proizvode, kao zamena jezgrastog voća koje ima široku primenu (14, 15, 16). Problemi vezani za primenu ove sirovine se odnose na lošu održivost jezgra standardnih tipova suncokreta kao i prisustvo polifenolnih jedinjenja koja su uzrok promene boje jezgra, odnosno proizvoda koji ga sadrži (17, 18, 19). Trajnost i održivost jezgra suncokreta veoma zavise od primenjenog termičkog tretmana kojim se ova sirovina priprema za dodatak u različite proizvode (20, 21). Cilj termičke obrade jezgra je razvijanje aromatičnih materija, kao i smanjenje vlage u cilju povećanja hidrolitičke i oksidativne otpornosti.

Zadatak ovog rada je da se ispita mogućnost primene konzumnog jezgra suncokreta kao dodatka čokoladi bez narušavanja njenih fizičkih i senzornih osobina. Takođe, kao važan cilj postavlja se i ispitivanje trajnosti čokolade sa dodatkom jezgra suncokreta bez pojave oksidativnih promena i migracije suncokretovog ulja na njenu površinu.

## MATERIJAL I METODE

### Materijal

1. Mlečna čokolada (u daljem tekstu čokolada) - proizvedena u fabrici čokolade "Soko Štark" u Beogradu

**Tabela 2.** Analitičke metode određivanja hemijskog sastava i oksidativne stabilnosti jezgra suncokreta

**Table 2.** Analytical methods for determination of chemical composition and oxidative stability of sunflower kernel

Pokazatelj	Princip metode	Referenca
Sadržaj vlage (%)	Termogravimetrijska metoda	SRPS ISO 665
Sadržaj ulja (%)	Određivanje heksanskog ekstrakta nazvanog "količina ulja" (metoda po Soxhletu)	SRPS ISO 659
Kiselinski broj (mg/KOHg)	Neutralizacija slobodnih masnih kiselina sa KOH u ekstraktu	(23)
Peroksidni broj (mmol/kg)	Stepen oksidacije ekstrahovanog ulja	(23)
Anisidinski broj ( $100A^{1\%}_{350nm}$ )		SRPS ISO 6885
Oksidativna stabilnost, indukcioni period IP (h)	Rancimat test pri 100°C i protoku vazduha 18-20 l/h Rancimat 617	ISO 6886

### 2. Priprema jezgra suncokreta - termička obrada

Jezgro suncokreta je termički obrađeno postupkom suvog pečenja u statičkoj peći na nepokretnoj ravnoj površini pri temperaturi od 200°C tokom 30 minuta.

2. Oljušteno jezgro konzumnog tipa suncokreta hibrida: Vranac i Cepko - dobijeni sa oglednih polja Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu

### Metode

#### 1. Hemijski sastav čokolade, sastav i oksidativna stabilnost jezgra suncokreta

U tabeli 1 su date analitičke metode određivanja hemijskog sastava čokolade.

**Tabela 1.** Analitičke metode određivanja hemijskog sastava čokolade (22)

**Table 1.** Analytical methods for determination of chemical composition of chocolate (22)

Pokazatelj	Princip metode
Sadržaj vlage (%)	Termogravimetrijska metoda
Sadržaj ulja (% s.m.)	Ekstrakcija po Soxletu
Sadržaj šećera (% s.m.)	Polarimetrijska metoda
Sadržaj kakao delova (% s.m.)	Spektrofotometrijska metoda
Sadržaj mlečne masti (% s.m.)	Metoda određivanja polumikrobroja

U tabeli 2 su date analitičke metode određivanja hemijskog sastava i oksidativne stabilnosti jezgra suncokreta.

### 3. Priprema čokolade sa jezgrom suncokreta

Jezgro suncokreta je nakon termičke obrade ohlađeno na sobnu temperaturu (20°C) temperiranjem na perforiranoj limenoj podlozi 3 sata. U čokoladnu masu je dodavano na samoj liniji za proizvodnju čokolade, pre faze trešnje

oblikovane mase. Prelaskom preko tresilica postignuta je ravnomerna raspodela jezgra po čitavoj masi čokolade. Jezgro suncokreta je u čokoladnu masu dodavano u količini od 12%, 15% i 18%, računato na ukupnu masu uzorka. Uzorci čokolade su upakovani u originalnu Al foliju.

#### 4. Senzorna ocena čokolade

Senzorna ocena čokolade je izvedena nakon sedam dana stabilizacije uzoraka, a zatim svakih 2 meseca tokom šest meseci čuvanja pri sobnoj temperaturi. Senzornu ocenu su obavila 4 ocenjivača, a kao rezultat je uzeta njihova prosečna vrednost. Ocenjena su spoljašnja svojstva, prelom i struktura, žvakanje, miris i ukus. Maksimalna ocena za senzorni kvalitet je 5, odnosno broj bodova 20.

### REZULTATI I DISKUSIJA

#### 1. Hemijski sastav mlečne čokolade

U tabeli 3 dat je hemijski sastav mlečne čokolade koja je korišćena u ovim istraživanjima.

**Tabela 3.** Hemijski sastav mlečne čokolade  
**Table 3.** Chemical composition of milk chocolate

Sastojak	Količina
Vlaga (%)	0,85
Ukupna mast (% s.m.)	31,4
Mlečna mast (% s.m.)	3,51
Šećer (% s.m.)	53,18
Kakao delovi (% s.m.)	3,28

#### 2. Hemijski sastav i održivost termički obrađenog jezgra suncokreta

U tabeli 4 dati su osnovni hemijski sastav i oksidativna stabilnost jezgra suncokreta hibrida Cepko i Vranac.

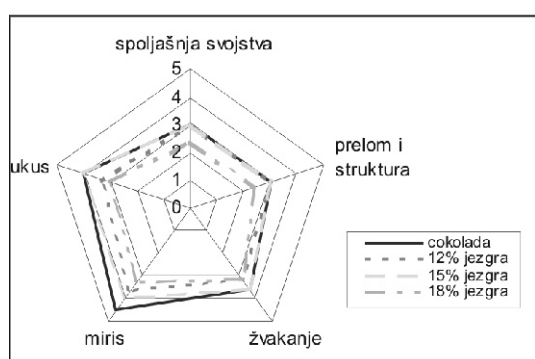
Rezultati ispitivanja oksidativne stabilnosti jezgra suncokreta pokazuju da je hibrid Cepko znatno stabilniji u odnosu na hibrid Vranac. Naime, vrednost peroksidnog broja kod ovog hibrida je za 40% niža u odnosu na hibrid Cepko, što jasno pokazuje da ovaj hibrid trpi slabije oksidativne promene. Ova razlika u ponašanju dva hibrida je još jasnija ako se pogledaju rezultati određivanja anisidinskog broja, koji je kod hibrida Cepko dvostruko manji nego kod hibrida Vranac. Indukcioni period, koji direktno ukazuje na održivost ispitivanog uzorka, je takođe duži kod jezgra suncokreta hibrida Cepko u odnosu na hibrid Vranac.

**Tabela 4.** Osnovni hemijski sastav i oksidativna stabilnost termički obrađenog jezgra suncokreta  
**Table 4.** Chemical composition and oxidative stability of heat treated sunflower kernel

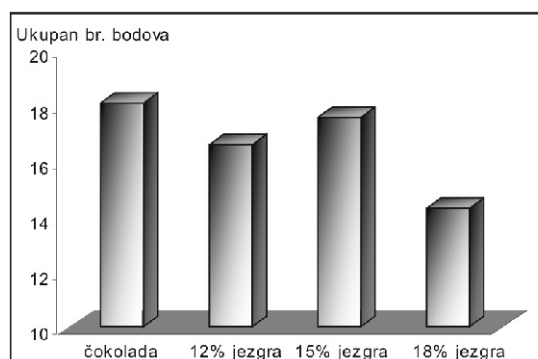
Pokazatelj	Hibrid suncokreta	
	Cepko	Vranac
Sadržaj vlage (%)	0,69	0,8
Sadržaj ulja (%)	54,4	52,6
Kiselinski broj (mgKOH/g)	0,66	0,77
Peroksidni broj (mmol/kg)	4,31	7,37
Anisidinski broj (100A <sup>1%</sup> <sub>350nm</sub> )	6,05	13,31
Održivost IP (h)	8,4	8,0

#### 3. Senzorna ocena čokolade sa dodatkom termički obrađenog jezgra suncokreta hibrida Cepko

Na slici 1 prikazani su rezultati senzorne ocene sveže pripremljenih uzoraka čokolade bez, i sa dodatkom jezgra suncokreta hibrida Cepko.



a)



b)

**Slika 1.** Senzorna ocena sveže pripremljenih uzoraka čokolade bez i sa dodatkom jezgra suncokreta hibrida Cepko: a - QDA dijagram; b - ukupan broj bodova

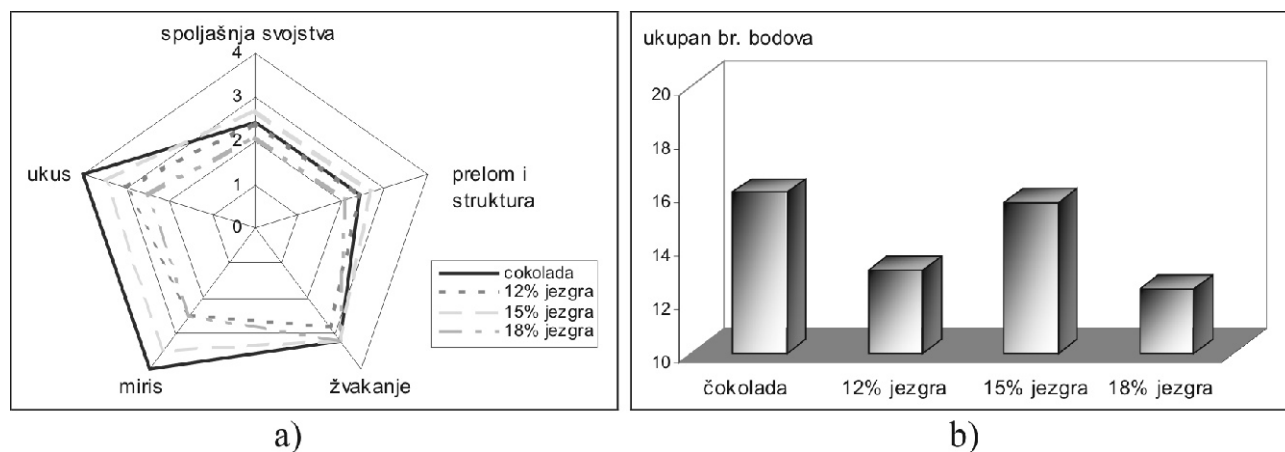
**Figure 1.** Sensory evaluation of fresh chocolate samples, with and without sunflower kernel, hybrid Cepko: a - QDA diagram; b - total score

Senzorna ocena je pokazala da čokolada bez dodatka jezgra suncokreta ima odgovarajući sjaj, jasnu gravuru, ivice su ravne i nema mrvljenja. Prelom je ravan, školjkast, a struktura besprekorna. Prilikom žvakanja slabo se lepi za nepce. Zaostaje ukus po slatkim (šećeru), oseti se slaba peskovitost usled čega se sporije otapa pri žvakanju. Miris nije zaokružen već se ističe kakao. Obzirom da se radi o mlečnoj čokoladi, očekivan je intenzivniji ukus i miris po mleku. S obzirom na odlična spoljašnja svojstva i strukturu ova čokolada je u kategoriji odličnog senzornog kvaliteta. Dodatak jezgra suncokreta je uticao na smanjenje senzornog kvaliteta čokolade. Najmanje promene kvaliteta su zabeležene pri dodatku 15% jezgra suncokreta hibrida Cepko. Ovaj uzorak čokolade ima odgovarajuća spoljašnja svojstva, školjkast prelom i odgovarajuću strukturu koja nije poremećena dodatkom jezgra suncokreta, tako da se nalazi u kategoriji odličnog senzornog kvaliteta. Ukus je zaokružen i veoma izražen po suncokretu. Uzorak čokolade sa dodatkom 12% jezgra suncokreta pokazuje

nepotpun i neizražen ukus po suncokretu, pri čemu se ističe izmenjen ukus suncokretovog ulja. Dodatkom 18% jezgra suncokreta znatno se pogoršavaju spoljašnja svojstva odnosno jezgro izlazi na površinu čokolade. Jezgro je neujednačeno dozirano što utiče na strukturu proizvoda. Ukus i miris u ovom uzorku nisu zaokruženi već se veoma ističe neprijatna gorčina po suncokretu.

Čokolada bez dodatka jezgra suncokreta nakon dva, odnosno četiri meseca čuvanja, nije promenila svoj senzorni kvalitet, osim nešto sporijeg rastvaranja prilikom žvakanja. Čokolada je ostala u kategoriji odličnog senzornog kvaliteta. Dodatak hibrida suncokreta Cepko, bez obzira na količinu, je imao veoma slab uticaj na promenu senzornih svojstava čokolade tokom čuvanja u ovom periodu. Veća promena je primećena jedino kod dodatka 18% jezgra ovog hibrida, odnosno pojavio se nešto izraženiji miris i ukus po ulju.

Na slici 2 su prikazani rezultati senzorne ocene uzoraka čokolade sa i bez dodatka jezgra suncokreta hibrida Cepko nakon šest meseci čuvanja.



**Slika 2.** Senzorna ocena uzoraka čokolade sa i bez dodatka jezgra suncokreta hibrida Cepko nakon šest meseci čuvanja: a) QDA dijagram b) ukupan broj bodova

**Figure 2.** Sensory evaluation of chocolate samples, with and without sunflower kernel, hybrid Cepko, after 6 months: a - QDA diagram; b - total score

Rezultati senzorne analize čokolade bez dodatog jezgra suncokreta pokazuju da nakon šest meseci čuvanja nije došlo do bitnijih promena osim slabijeg gubitka sjaja gornje površine. Ova pojava bi se mogla objasniti variranjem sobne temperature s obzirom da se radilo o prolećno-letnjem periodu čuvanja. Ovakve promene temperature dovode do omekšavanja čokolade, migracije masti i pojave sivljenja. Na uzorcima čokolade sa dodatkom suncokreta hibrida Cepko, bez obzira na dodatku količinu, uočavaju se promene na mirisu i ukusu, odnosno javlja se

osećaj užeglosti. Takođe je došlo do slabijeg gubitka sjaja površine čokolade.

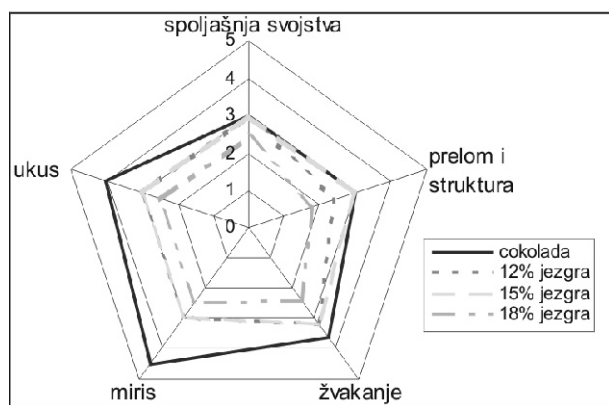
#### 4. Senzorna ocena čokolade sa dodatkom termički obrađenog jezgra suncokreta hibrida Vranac

Na slici 3 prikazani su rezultati senzorne ocene sveže pripremljenih uzoraka čokolade bez i sa dodatkom jezgra suncokreta Vranac.

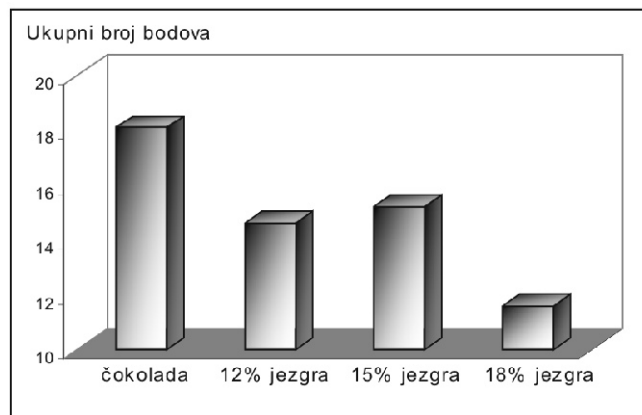
Dobijeni rezultati pokazuju da su uzorci čokolade sa dodatkom jezgra suncokreta hibrida Vranac slabijeg senzornog kvaliteta od čokolada

sa dodatkom jezgra hibrida Cepko, bez obzira na dodatu količinu. U svim uzorcima je prisutan intenzivan miris i ukus po preprženom jezgru suncokreta tako da je pomalo neprijatan i gorak. Kvalitet ovih uzoraka čokolade je između dovo-

ljnog i vrlo dobrog. Optimalna količina dodatog jezgra suncokreta je 15%, tako da se ovaj uzorak nalazi u kategoriji vrlo dobrog senzornog kvaliteta.



a)



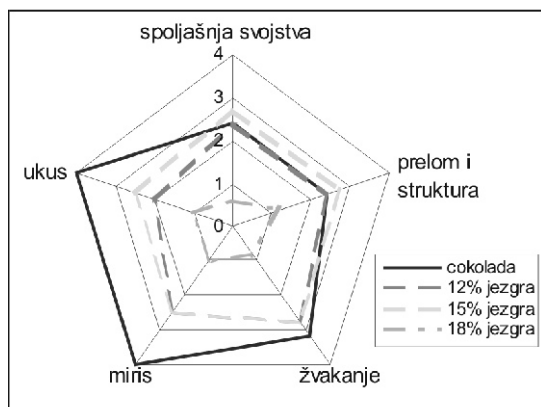
b)

**Slika 3.** Senzorna ocena sveže pripremljenih uzoraka čokolade bez i sa dodatkom jezgra suncokreta hibrida Vranac: a) QDA dijagram b) ukupan broj bodova

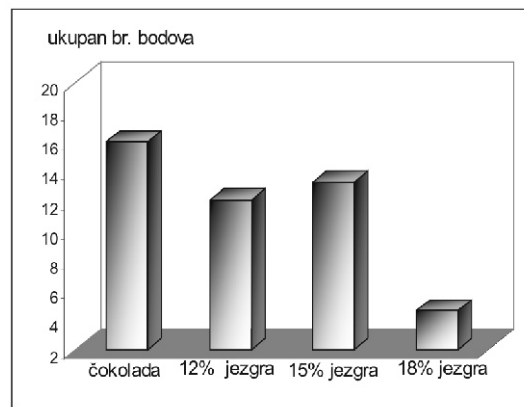
**Figure 3.** Sensory evaluation of fresh chocolate samples, with and without sunflower kernel, hybrid Vranac: a - QDA diagram; b - total score

Nakon dva meseca čuvanja uzoraka sa dodatkom jezgra suncokreta Vranac, zapažene su promene mirisa odnosno javlja se izraženiji miris izmenjenog ulja, dok prilikom žvakanja zaostaje gorčina koja verovatno potiče od oksidativnih promena koje trpi jezgro suncokreta.

Na slici 4 su prikazani rezultati senzorne ocene uzoraka čokolade, bez i sa dodatkom jezgra suncokreta hibrida Vranac nakon šest meseci čuvanja.



a)



b)

**Slika 4.** Senzorna ocena uzoraka čokolade sa i bez dodatka jezgra suncokreta hibrida Vranac nakon šest meseci čuvanja: a) QDA dijagram b) ukupan broj bodova

**Figure 4.** Sensory evaluation of chocolate samples, with and without sunflower kernel, hybrid Vranac, after 6 months: a - QDA diagram; b - total score

Rezultati jasno pokazuju da je jezgro hibrida Vranac tokom čuvanja čokolade u periodu od šest meseci pretrpelo značajne promene. Najveće pogoršanje senzornih svojstava je uočeno kod čokolade sa dodatkom 18% jezgra suncokreta.

Miris i ukus ovog uzorka su izraženi po kiselom i užglom. Uzorci čokolade sa 12% i 15% jezgra ovog hibrida pokazuju slabije promene u mirisu i ukusu, blago po užglom.

## ZAKLJUČAK

1. Termički tretirano jezgro hibrida suncokreta Cepko je stabilnije na oksidativne promene i ima veću održivost u odnosu na jezgro hibrida Vranac.
2. Visoka vrednost anisidinskog broja kod jezgra hibrida suncokreta Vranac, kao i intenzivan miris i ukus na preprženo ukazuju da bi prilikom pripreme jezgra trebalo primeniti blaži termički tretman.
3. Dodatak jezgra suncokreta, bez obzira na hibrid, utiče na promenu senzornog kvaliteta čokolade. Optimalan kvalitet se dobija dodatkom 15% jezgra suncokreta.
4. Uzorci čokolade sa dodatkom jezgra hibrida Cepko su pokazali bolju održivost u odnosu na jezgro hibrida Vranac.
5. Trajnost čokolade sa dodatkom 15% jezgra hibrida suncokreta Cepko je 6 meseci. Održivost čokolade sa dodatkom jezgra suncokreta bi mogla biti produžena adekvatnijim termičkim tretmanom jezgra ili oblaganjem jezgra hidrokolidima koji bi ih štitili od oksidativnih promena.

*Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije u okviru Projekta: Čokolada na bazi jezgra suncokreta BTN 321008.*

## LITERATURA

1. Ziegleder G.: Bloom and Tempering - Some Principles on Bloom Formation, *Schoko-Technik* 94, International ZDS - Fachtagung, sic-14, Köln, Germany. 1994.
2. Bricknell J., Hartel R. W.: Relation of Fat Bloom in Chocolate to Polymorphic Transition of Cocoa Butter, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75 (11): 1609-1615 (1998).
3. Hartel R. W.: Chocolate: Fat bloom during Storage, *Manufacturing Confectioner*, 79: 89-99 (1999).
4. Bricknell J., Hartel R. W.: Relation of Fat Bloom in Chocolate to Polymorphic Transition of Cocoa Butter, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75 (11): 1609-1615. (1998).
5. Sato K., Koyano T.: Crystallization Properties of Cocoa Butter, Chapter 12, In: *Crystallization Processes in Fats and Lipid Systems* (Garti N., Sato K.), Marcel Dekker, New York, USA, 429-456, 2001.
6. Jovanović O., Karlović Đ., Jakovljević J., Pajin B.: Tempering Seed Method for Chocolate Mass: Precrystallization with Tristearate and Sorbitan Tristearate in: Koseogly S. S., Rhee C. K., Wilson F. R.: *World Conference on Oilseed and Edible Oils Processing*, Chapter 31, 135-141 (1998).
7. Tietz R. A., Hartel R. W.: Effect of Minor Lipids on Crystallization of Milk Fat - Cocoa Butter Blends and Bloom Formation in Chocolate, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77 (7); 763-771. (2000)
8. Jovanovic O., Pajin B.: Influence of lactic acid ester on chocolate quality, *Trends in Food Science and Technology*, 15: 128-136 (2004).
9. Pajin B., Jovanović O.: Influence of high-melting milk fat fraction on quality and fat bloom stability of chocolate, *European Food Research and Technology*, 220 (3-4): 389-395 (2004).
10. Haumann B. F.: Healthy benefits may be key for foods of the future, *INFORM*, 10: 18-23 (1999).
11. Bozle C.: Changing time for confectionery, *The World of Ingredients*, August, 14-26, 1995.
12. Osnabrugge W.: Healthy foods done in the best possible taste, *Cereal Foods World*, 33: 564-568 (1988).
13. Sleeter R., Cambel E. J.: The confectionery or edible kernel, in: *Sunflower*, Ed: J. Adams, national Sunflower Association, Bismarck, USA, 21-24, 1982.
14. Pajin B., Jovanović O., Jovanović D.: Quality and shelf life of a dragee product based on sunflower kernels, 16th International Sunflower Conference, Fargo, USA, Proceedings, Vol.II, 841-846, 2004.
15. Karlović Đ., Jovanović O., Škorić D., Pajin B.: Valorisation of the Confectionery Sunflower Kernel in Confectionery Industry, *Olaj Szappan Kozmetika*, 48: 53-59 (1999).
16. Pajin B.: Tehnološki kvalitet suncokreta za namensku primenu u konditorskim proizvodima, *Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Novi Sad*, 2000.
17. Karlović Đ., Recseg K., Kövári K., Nobik-Kovács A., Škorić D., Demurin J.: Characteristic, quality and oxidative stability of sunflower oil with altered fatty acid and tokoferol composition, 22. World Congress and Exhibition of the International Society for Fat Research, Kuala Lumpur, Malaysia, 1997.
18. Buendia M. O., Appolonia: Storage studies on confectionery sunflower kernels, *Cereal Chem.* 63 (2): 85-88 (1986).
19. Sead M., Cherian M.: Sunflower protein concentrates and isolates low in polyphenol and phytate, *Journal of Food Science*, 53: 1127-1143 (1998).

20. Dimić E., Turkulov J., Karlović Đ., Keser N.: Uticaj prženja na promene kvaliteta suncokretovog ulja različitog sastava, 39. Savetovanje industrije ulja: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, 81-87, Budva, 1998.
21. Fritsch C. W., Hofland C. N., Vickers Z. M.: Shelf life of sunflower kernels, Journal of Food Science, 62 (2): 425-428 (1997).
22. Gavrilović, M., Jovanović, O.: Praktikum za vežbe za predmet Tehnologija konditorskih proizvoda, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1974.
23. Dimić E., Turkulov J.: Kontrola kvaliteta u tehnologiji jestivih ulja, Tehnološki fakultet, 151-153, Novi Sad, 2000.



## BIOPROCESI ZA VALORIZACIJU ULJANIH POGAČA

*Draginja Peričin, Ljiljana Radulović, Senka Mađarev, Etelka Dimić*

*U poslednje vreme javlja se sve veće interesovanje za razvoj novih procesa radi valorizacije i iskorišćenja nusproizvoda ili otpada prehrambene industrije i poljoprivrede. Brzi razvoj biotehnologije i bioprocasa predstavlja mogućnost za efikasnu eksploataciju ovih nusproizvoda ili otpada. Uljane pogače su nusproizvodi koji se dobijaju nakon izdvajanja ulja iz semena uljarica, a imaju još relativno visok sadržaj zaostalog ulja i drugih vrednih supstanci (ugljenih hidrata i polifenola), značajnu količinu nutritienata, kao što su ugljeni hidrati i proteini (izvori C- i N- atoma), kao i nisku cenu, što ih čini potencijalnim supstratima za bioprocese. Cilj ovog rada je prikazivanje aktuelnih naučnih rezultata o mogućnosti valorizacije uljanih pogača primenom bioprocasa za dobijanje visoko-vrednih bioprodukata (pečurki, antibiotika, vitamina, antioksidanata i industrijskih enzima).*

*Ključne reči: uljane pogače, bioprocasi, fermentacija, industrijski enzimi*

## BIOPROCESSING FOR VALUE ADDED PRODUCTS FROM OIL CAKES

*In the recent years, the interest in development of new process for valorization of agro industrial by-products has increased. Rapid development of biotechnology and bioprocesses has shown promising results. Oil cakes are by-products obtained after oil extraction from oilseeds. Due to high content of oil and other valuable substances, and low costs, oil cakes are potential substrates in bioprocesses. The aim of this work is to give review of actual results of various applications of oil cakes in biotechnological process for production of high value biochemicals (mushrooms, antibiotics, vitamins and industrial enzymes).*

*Key words: oil cakes, bioprocesses, fermentation, industrial enzymes*

### UVOD

Poljoprivreda i prehrambena industrija proizvode svake godine na milione tona čvrstih i tečnih nusproizvoda. Ovi sirovi materijali sadrže značajne količine vrednih sastojaka kao što su šećeri, ulja, vlakna, polifenoli i dr. Za sada oni predstavljaju otpad ili su u upotrebi na nezadovoljavajućem tehnološkom i ekonomskom nivou. U poslednje vreme postoji sve veći interes za razvoj novih procesa za valorizaciju i iskorišćenje ovih nusproizvoda. Brzi razvoj biotehnologije i bioprocasa predstavlja mogućnost za efikasnu eksploataciju otpadnih proizvoda prehrambene industrije. Nusproizvodi, kao što su izluženi rezanci šećerne repe, jabučni trop, mekinje itd.,

našli su široku primenu u bioprocesima na industrijskom nivou.

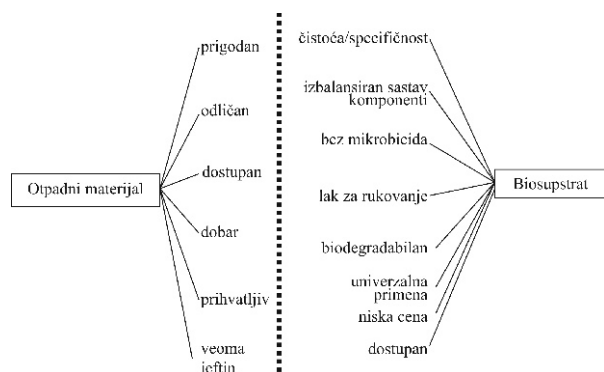
Bioprocasi su tehnike konverzije supstrata u ciljne proizvode delovanjem biokatalizatora. Bioprocasi omogućuju kreaciju novih proizvoda na bazi hemijskog sastava supstrata i izbora biokatalizatora. Biokatalizatori mogu biti: mikroorganizmi i enzimi. U okviru ovog rada biće razmatrani bioprocasi kod kojih je biokatalizator mikroorganizam. Poslednjih nekoliko godina naučna javnost fokusira istraživanja za biotehnološku konverziju nusproizvoda u: a) pečurke (1), b) antibiotike (2), c) vitamine i antioksidante (3) i d) industrijske enzime (4). Da bi neki sirovi materijal mogao da predstavlja supstrat za biokonverziju putem fermentacije mora da zadovolji određene zahteve (slika 1) (5). Kvalitet supstrata zavisi od izvora C, N, P atoma kao i od izvora mikroelemenata.

Jedan od nusproizvoda prehrambene industrije su uljane pogače koje nastaju u ogromnim količinama svake godine širom Evrope i prouz-

---

Dr Draginja M. Peričin, redovni profesor, Ljiljana M. Radulović, dipl. ing., Senka Z. Mađarev, dipl. ing., dr Etelka B. Dimić, redovni profesor, Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, R. Srbija  
e-mail: dpericin@tehnol.ns.ac.yu

rokuju ozbiljan problem jer je njihova upotreba, kao veštačkog đubriva ili stočne hrane, ograničena (5). Zbog visokog sadržaja ulja i drugih vrednih supstanci (šećera i polifenola), kao i zbog makroskopske strukture čvrstih čestica, visoke poroznosti, dobrog kapaciteta zadržavanja vode i mogućnosti bubrenja, kao i niske cene, uljane pogače predstavljaju potencijalni supstrat za bioprocese. Takođe sadrže značajnu količinu nutritivenata, kao što su ugljeni hidrati i proteini (izvori C- i N- atoma), za rast mikroorganizama, posebno gljiva.



**Slika 1.** Prirodne osobine agroindustrijskog otpada i očekivani profil supstrata u biotehnologiji

**Figure 1.** Natural properties of vegetable waste and expected product profile for bioconvertible substrates in biotechnology

Cilj ovog rada je da se da kratak prikaz primene uljanih pogača i njihove valorizacije primenom bioprocasa za dobijanje visoko-vrednih bioprodukata.

## Uljane pogače

Uljane pogače/sačme su nusproizvodi, koji se dobijaju nakon izdvajanja ulja iz semena uljarica. Uljane pogače mogu biti razvrstane u dva tipa, jestive i nejestive. Neke jestive uljane pogače mogu imati visoku nutritivnu vrednost. Njihov sastav i nutritivna vrednost zavisi od vrste, uslova uzgajanja kao i načina procesiranja uljarica. Neke nejestive uljane pogače našle su primenu kao veštačko đubrivo.

Kao što je napred već rečeno, da bi neka uljana pogača bila pogodna kao supstrat mora da zadovolji nekoliko faktora, uglavnom vezanih za cenu i dostupnost kao i za sam hemijski sastav pogače. Uljane pogače koje su našle primenu u bioprocima kao potencijalni supstrati su: suncokretova pogača (SuOC), susamova (SOC), sojina (SBC), kokosova (COC), pogača uljane palme (PKC), semena pamuka (CSC), masline (OOC), uljane repice (RSC) i pogača uljane tikve (PuOC).

Hemijski sastav i nutritivna vrednost uljanih pogača varira i zavisi od kvaliteta semena, metode izdvajanja ulja, parametara skladištenja itd. Hemijski sastav uljanih pogača opsežno je istraživan od strane brojnih autora. Podaci dati u Tabeli 1 pokazuju hemijski sastav: suncokretove pogače (SuOC), sojine pogače (SBC), pogače uljane tikve golice c.v. Olinka (PuOC) i pogače uljane repice (RSC). Svi podaci se odnose na nusproizvode dobijene iz industrije ulja na području Vojvodine.

**Tabela 1.** Hemijski sastav pogača raznih uljarica – nusproizvoda industrije ulja

**Table 1.** Composition of different oil cakes – by products of oil industry

Uljana pogača	Suva materija (%)	Sirovi protein (%)	Sirova celuloza (%)	Pepeo (%)	Masti (%)
PuOC	94.83	61.02	5.11	8.42	8.37
SBC	92.69	41.77	3.41	5.09	10.90
SuOC	90.54	30.07	14.73	4.95	15.62
RSC	90.46	29.24	9.86	-	18.25

Hemijski sastav pokazuje visok sadržaj C- i N- atoma, što ove nusproizvode čini potencijalno dobrim supstratima za rast i razmnožavanje mikroorganizama. Najveći sadržaj proteina ima pogača semena uljane tikve, 61%. Proteini uljanih pogača imaju dva glavna nedostatka: malu rastvorljivost u vodi i nedovoljno izbalansiran aminokiselinski sastav. Iz tog razloga današnja

naučna javnost fokusira istraživanja na modifikaciju proteina (6). Modifikacije proteina mogu se izvesti hemijskim, enzimskim ili mikrobiološkim tehnikama.

## Biotehnoška primena

Uljane pogače su potencijalni supstrati za proizvodnju industrijskih enzima, antibiotika, biopesticida, vitamina i drugih biohemikalija (4). U Tabeli 2 prikazani su neki od važnijih naučnih rezultata primene uljanih pogača u biotehnologiji.

Poznato je da se enzimi mogu proizvoditi primenom submerzne (SmF) i solid state (SSF) fermentacije. U poslednje vreme se javlja sve veći

interes za SSF u kojoj se kao supstrati koriste nusproizvodi prehrambene industrije. Kao što je već rečeno, uljane pogače su našle široku primenu kao supstrati za proizvodnju industrijski važnih enzima kao što su: proteaze (7, 8), celulaze (9, 10), ksilanaze (11), lipaze (12), pektinaze (13, 14),  $\alpha$ -amilaze (15, 16), fitaze (17, 18) itd., jer predstavljaju idealni nutrient (ujedno su izvor ugljenika i azota).

**Tabela 2.** Neki od važnijih naučnih rezultata primene uljanih pogača u biotehnologiji

**Table 2.** Some results of application of oilcakes in bioprocesses

Br.	Produkt	Uljane pogače	Mikroorganizam	Referenca
1.	Pečurke	CSC, SuOC	<i>P. sajor-caju</i>	(1)
		OOC	<i>Pleurotus eryngii</i> , <i>P. pulmonaris</i>	(19)
2.	Cephamicin C	CSC, SuOC	<i>Streptomyces clavuligerus</i>	(20)
3.	Bacitracin	SBC, SuOC	<i>Bacillus licheniformis</i>	(2)
4.	Mlečna kiselina	MOC	<i>Lactobacillus casei</i>	(21)
5.	Enzimi			
	$\alpha$ -amilaze	SuOC COC	<i>B. licheniformis</i> <i>Aspergillus oryzae</i>	(15,16)
	Lipaze	OOC	<i>Rhizomucor pusillus</i>	(12)
	Proteaze	COC, PuOC	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>	(7,8)
	Celulaze	PKC, SBC, PuOC	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>	(9, 10)
	Fitaze	COC	<i>Rhizopus oligosporus</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	(17,18)
	Pektinaze	PuOC	<i>Penicillium roqueforti</i>	(13,14)

CSC - uljana pogača semena pamuka; MOC - uljana pogača slačice; OOC - uljana pogača masline; COC - uljana pogača kokosa

**Suncokretova pogača (SuOC)** je supstrat koji obezbeđuje odličan mikrobiološki rast (*Sporobolomyces odoros*, *Trichoderma harzianum*), ali zbog nižeg sadržaja a ulja uzrokuje malu produkciju laktone (5). Sarada i Sridhar (22) koriste SuOC za produkciju cefamicina C. Biosinteza bacitracina pod solid-state uslovima omogućena je koristeći medijum koji sadrži obezmašćenu SuOC, primenom *Bacillus licheniformis* (2).

#### **Susamova pogača (SOC)**

Zbog relativno visokog sadržaja zaostalog ulja (oko 10%), susamova pogača je među prvima našla primenu kao veoma pogodan supstrat za uzgajanje fungalnih vrsti *Penicillium sp.*, a naročito *P. chrysogenum* radi produkcije lipaza (23). Vrsta *Rhizopus sp.* uzgajana na ovoj pogači stvara fitaze. Kombinacija SOC sa COC rezultuje dva puta većom proizvodnjom fitaza pod optimalnim uslovima (64 U/gds fitaze) u poređenju sa rezul-

tatima dobijenim na SOC i COC odvojeno (18). Kombinacija SOC sa mekinjama predstavlja pogodan supstrat za proizvodnju neutralnih proteaza (24), kao i ekstracelularnih glutaminaza pomoću kvasca *Zygosaccharomyces rouxii* NRRL-Y 2547 (25). *Streptomyces peucetius* uzgajan na medijumu koji sadrži SOC kao izvor ugljenika sa HEPES ili fosfatnim puferom pokazuje dobar prinos antibiotika.

#### **Sojina pogača (SBC)**

Proizvodnja lipaza pomoću *Penicillium simplicissimum* izučavana je primenom solid-state fermentacije koristeći SBC kao supstrat (26). *Bacillus horikoshii* stvara ekstracelularne alkalne proteaze i pokazuje maksimum enzimske aktivnosti kada se uzgaja na SBC (1.5%, w/v) i kazeinu (1% w/v) na pH 9.0 i 34°C (27). Pored primene za proizvodnju enzima, SBC ima primenu i za dobijanje drugih proizvoda: pečurki, antibiotika i

biopesticida. Dodatak sojine pogače supstratu slame pirinča kolonizovanog pečurkom vrste *Pleurotus sajor-caju*, povećava prinos pečurke za 50-100% u poređenju sa čistim supstratom. Biosinteza bacitracina u solid-state fermentaciji, koristeći SBC kao supstrat pomoću *Bacillus licheniformis* je izučavana od strane Farazana i saradnika (2).

#### **Pogača kokosa (COC)**

Ekstrakt pogače kokosa je procenjen kao izvrstan supstrat za produkciju lipaza koristeći *Candida rugosa* (28). Lipaze takođe mogu biti proizvedene pomoću bakterijske vrste *Bacillus mycodies* koristeći ovu pogaču kao supstrat (29). Pored SOC, PKC i CSC, kokosova pogača je supstrat za proizvodnju fitaza koristeći *Rhizopus* spp. (18). Sabu i sar. (17) su pokazali da je COC korišćena za proizvodnju fitaza pomoću *R. oligosporus* sa maksimalnom proizvodnjom enzima (14,29 U/g suvog supstrata) pri pH 5,3, 30°C i 54,5% vlage nakon 96 h inkubacije. Pogodnost primene COC kao dodatka nekim agroindustrijskim otpadima, kao što su mekinje, za proizvodnju neutralnih proteaza, izučavana je od strane Sandhya i saradnika (24). Ova pogača našla je primenu i u proizvodnji glukoamilaza pomoću *Aspergillus niger* (30).

#### **Pogača masline (OOC)**

Ova pogača našla je primenu u proizvodnji laktone pri uslovima SSF. Međutim, visok sadržaj polifenolnih frakcija u OOC se pokazao kao štetan za mikrobiološki rast. Zato je od interesa poboljšanje metoda koje se koriste kao predtretman, kao što je enzimatski ili fermentacioni tretman polifenolnih komponenti. Ako se ovaj problem reši, OOC će biti odličan supstrat za produkciju laktone u uslovima SSF, zbog svog visokog sadržaja oleinske kiseline, koja je kao prekursor korišćena kod mnogih plesni i kvasaca (5). *Aspergillus niger* uzgajan na ovoj pogači stvara lipaze (12). Fitaze mogu biti proizvedene primenom ove pogače kao supstrata pomoću vrsta *Rhizopus* spp. (18). OOC je testirana za kultivaciju pečurke *Pleurotus*, kolonizacijom na pogači obogaćenoj sa različitim udelima sveže mlevene masline, a određivane su kulturalne karakteristike, kao što su: prinos, biološka sposobnost i kvalitet bazidiomata (19). OOC ima izvrstan potencijal da bude obnovljivi izvor energije (31).

**Pogača uljane repice (RSC)** je našla primenu kao efikasna alternativa proteinskim izvorima u ishrani riba i životinja (32).

#### **Pogača semena uljane tikve (PuOC)**

Seme uljane tikve poznato je po visokom sadržaju proteina (0,3 – 0,4 g/g s.m. semena) (33). Nakon ceđenja ulja u pogači zaostaje značajan procenat proteina (oko 60%), koji je čini veoma dobrim supstratom za produkciju različitih vrsta enzima (proteaza, pektinaza, celulaza). Vrsta *Penicillium roqueforti* uspešno se primenjuje u uslovima SSF i SmF kao proizvođač ovih enzima. Egzopektinaze proizvedene na ovoj podlozi u SSF uslovima postižu maksimalnu vrednost od 1451,75 U/g s.m. PuOC petog dana fermentacije (34). Nasuprot tome, u uslovima SmF, sinteza i sekrecija egzopektinaza pokazuje dvofaznu kinetiku, prvi maksimum od 5587,5 U/g s.m. PuOC se postiže nakon 72 h fermentacije, a drugi od 8051,54 U/g s.m. PuOC šestog dana fermentacije (13). Pored egzopektinaza, ova gljiva u uslovima SmF, proizvodi i endopektinaze (0.038 U/ml) (14).

Sinteza kisele proteaze, kao i karakterizacija samog enzima, ispitivana je takođe uzgojem *P. roqueforti* na ovoj pogači. Maksimalna vrednost proteolitičke aktivnosti postiže se trećeg dana fermentacije pri SmF (8). Karboksil metil celuloze i  $\beta$ -glukozidaze se takođe uspešno produkuju primenom iste pogače i mikroorganizma (10).

## **ZAKLJUČAK**

Uljane pogače su se pokazale kao veoma dobar supstrat u bioprocesima za produkciju biomolekula. Izučavanje njihove primene za produkciju industrijskih enzima pokazuje obećavajuće rezultate. Primena bioprocesa u cilju iskorišćenja agroindustrijskog otpada ima veliki značaj koji se ogleda u sledećem: 1. proširuje proizvodni asortiman, 2. povećava ekonomski efekat i 3. dovodi do ekološki čiste tehnologije.

## **ZAHVALNICA**

*Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku Republike Srbije na finansiranju projekta BTN 371007.*

## **LITERATURA**

1. Shashirekha M. N., Rajarathnam S., Bano Z., Enhancement of bioconversion efficiency and chemistry of the mushroom, *Pleurotus sajor-caju* (Berk and Br.) Sacc. Produced on spent rice straw substrate, supplemented with oil seed cakes. Food Chem, 76: 27-31 (2002)

2. Farzana, K., Shah, S. N., Butt, F. B., Awan, S. B., Biosynthesis of bacitracin in solid-state fermentation *Bacillus licheniformis* using defatted oil seed cakes as substrate, Pakistan J. Pharm. Sci., 18: 55-57 (2005)
3. Ohtsuki T., Akiyama J., Shimoyama T., Yazaki S. I., Ui S., Hirose Y., Mimura A., Increased production of antioxidative sesaminol glucosides from sesame oil cake through fermentation by *Bacillus circulans* strain YUS-2. 2003. Biosci. Biotechnol. Biochem, 67: 2304-2306 (2003)
4. Ramachandran S., Singh K. S., Larroche Ch., Soccol C. R., Pandey A., Oil cake and their biotechnological applications – A review. Bioresource Technol. 98 (10): 2000-2009 (2007)
5. Laufenberg G., Rosato P., Kunz B., Adding value to vegetable waste: Oil press cakes as substrates for microbial decalactone production, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 106: 207-217 (2004)
6. Peričin D., Radulović Lj., Trivić S., Dimić E., Evaluation of solubility of pumpkin seed globulins by response surface modeling, International journal of food engineering, 84: 591-594 (2008) (u štampi).
7. Sumantha A., Sandhya C., Szakacs G., Soccol C., Pandey, A., Production and partial purification of a neutral metalloprotease by fungal mixed substrate fermentation, Food Technol. Biotechnol. 43: 313-319 (2005)
8. Peričin D., Mađarev S., Radulović Lj., Škrinjar M., Microbial conversion of pumpkin oil cake by *Penicillium roqueforti*, Zbornik radova I međunarodnog kongresa "Tehnologija, kvaliteta i bezbednost hrane", Novi Sad (2007)
9. Pandey A., Soccol C., Mitchell D., New developments in solid state fermentation: I-bio-processes and products, Process Biochemistry 35: 1153-1169 (2000)
10. Peričin D., Mađarev S., Radulović Lj., Škrinjar M., Evaluate of pumpkin oil cake as substrate for the cellulase production by *Penicillium roqueforti* in solid state fermentation, Biotechnology letters (Predat za štampu).
11. Gattinger L., Duvnjak Z., Khan A., The use of canola meal as a substrate for xylanase production by *Trichoderma reesi*, Appl. Microbiol. Biotechnol, 33: 21-25 (1990)
12. Cordova J., Nemmaoui M., Isaili-Alaoui M., Morin A., Rousos S., Raimbault M., Benjilali B., Lipase production by solid-state fermentation of olive cake and sugar cane bagasse, J. Mol. Catal. B: Enzymatic 5: 75-78 (1998)
13. Mađarev S., Radulović Lj., Škrinjar M., Trivić S., Peričin D., Microbial conversion of pumpkin oil cake by *Penicillium roqueforti* to obtain exo-pectinase, Zbornik radova ISIRR, 2007.
14. Radulović Lj., Mađarev S., Škrinjar M., Trivić S., Peričin D., Valorization of pumpkin oil seed cake – a potential raw material for the production of endo-pectinase, Zbornik radova ISIRR, 2007.
15. Haq I., Ashraf H., Iqbal J., Qadeer M., Production of alpha amylase by *Bacillus licheniformis* using an economical medium, Bioresources Technol. 87 (1): 57-61 (2003).
16. Ramachandran S., Patel A., Nampoothiri K., Francis F., Nagy V., Szakacs G., Pandey A., Coconut oil cake – a potential raw material for the production of  $\alpha$ -amylase, Bioresour. Technol. 93: 169-174 (2004).
17. Sabu A., Sarita S., Pandey A., Bogar B., Szakacs G., Soccol C., Solid-state fermentation for production of phytase by *Rhizopus oligosporus*, Appl. Biochem. Biotech. – Part A, Enzyme Eng. Biotechnol, 251-260 (2002).
18. Ramachandran S., Roopesh K., Nampoothiri K., Szakacs G., Pandey A., Mixed substrate fermentation for the production of phytase by *Rhizopus* spp. using oilcakes as substrates, Process Biochem., 40: 1749-1754 (2005).
19. Zervakis G., Yiatras P., Balis C., Edible mushrooms from olive oil mill wastes. Int. Biodeterior. Biodegrad, 2: 17-24 (1996).
20. Kota K., Sridhar P., Solid state cultivation of *Streptomyces clavuligerus* for cephamycin C production. Process Biochem, 34: 325-328 (1999).
21. Tuli A., Sethi R., Khanna P., Marwaha S., Kennedy J., Lactic acid production from whey permeate by immobilized *Lactobacillus casei*. Enzyme Microbiol. Technol, 7: 164-168 (1985).
22. Sarada I., Sridhar P., Nutritional improvement for Cephamycin C fermentation using a superior strain of *Streptomyces clavuligerus*, Process Biochem., 33: 317-322 (1998).
23. Ramakrishnan, C., Banerjee B., Studies on mold lipase – comparative study of lipases obtained from molds grown on *Sesamum indicum*, Arch Biochem, 37: 131-135 (1952).
24. Sandhya A. Sumantha, Szakacs G., Pandey A., Comparative evaluation of neutral protease production by *Aspergillus oryzae* in submerged and solid-state fermentation, Process Biochem, 40: 2689-2694 (2005).
25. Kashyap P., Sabu A., Pandey A., Szakacs G., Soccol C., Extra-cellular L-glutaminase production by *Zygosaccharomyces rouxii* under

- solid-state fermentation, *Process Biochem*, 38: 307-312 (2002).
26. Di Luccio M., Capra F., Ribeiro N., Vargas G., Freire D., De Oliveira D., Effect of temperature, moisture, and carbon supplementation on lipase production by solid-state fermentation of soy cake by *Penicillium simplicissimum*, *Appl. Biochem. Biotechnol. – Part A, Enzyme Eng. Biotechnol*, 113-116 : 173-180 (2004)
27. Joo H., Kumar, Park G., Kim K., Paik S., Chang C., Optimization of the production of an extracellular alkaline protease from *Bacillus horikoshii*, *Process Biochem*, 38: 155-159 (2002)
28. Benjamin S., Pandey A., Lipase production by *C. rugosa* on copra waste extract, *Indian J. Microbiol.*, 45: 452-456 (1996).
29. Thomas A., Mathew M., Valsa A., Mohan S., Manjula R., Optimisation of growth conditions for the production of extracellular lipase by *Bacillus mycoides*, *Indian J. Microbiol*, 43 (1): 67-69 (2003).
30. Pandey A., Ashakumary L., Selvakumar P., Copra waste – a novel substrate for solid-state fermentation, *Bioresour. Technol*, 51: 217-220 (1995).
31. Atimtay A., Topal H., Co-combustion of olive cake with lignite coal in a circulating fluidized bed, *Fuel*, 83(7-8): 859-867 (2004).
32. Higgs D., Markert J., Macquarrie D., McBride J., Dosanjh B., Nichols C., Hoskins G., Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry by-products meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein sources. In: J.E. Halver and K. Tiews, Editors, *Finfish Nutrition and Fish Feed Technology vol. II*, H. Heenemann GmbH, pp. 191-218. Berlin, 1979.
33. Onweluzo J., Obanu Z., Onuoha K., Functional properties of some lesser known tropical legumes. *J. of Food Scie. and Techn*, 31: 302-306 (1994)
34. Peričin D., Mađarev S., Radulović Lj., Škrinjar M., Exo-poligalacturonase production by *Penicillium roqueforti* on pumpkin oil cake in solid state fermentation. *APTEFF*, 39 (Prihvaćen za štampu) (2007)

## INFEKCIJA SEMENA SUNCOKRETA ŽETVE 2006. AFLATOKSIGENIM GLJIVAMA

*Marija Škrinjar, Milinka Bandu, Etelka Dimić, Koviljka Bošnjak-Bjelobaba i Ranko Romanić*

*U ovom radu dat je osvrt na mogućnost infekcije semena uljanog tipa suncokreta, žetve 2006. godine, plesnima, sa posebnim osvrtom na udeo aflatoksigenih vrsta u izolovanim mikopopulacijama. Mikološkim ispitivanjima bili su obuhvaćeni uzorci semena suncokreta tokom skladištenja, zatim nakon čišćenja i sušenja, kao i uzorci oljuštenog i mlevenog semena i kondicioniranog materijala. Ogledi su izvedeni u tri ponavljanja.*

*Uporednim korišćenjem mikoloških podloga SMA i MY50G, metodom direktnog plasmana zrna i standardnog Kochovog metoda, utvrđeno je da su svi ispitivani uzorci, izuzev kondicioniranog materijala, koji je prethodno termički tretiran ( $t$  80 Đ 90°C), bili kontaminirani plesnima. Izolovane plesni svrstane su u 11 rodova i 22 vrste. Od aflatoksigenih plesni utvrđeno je prisustvo *Aspergillus flavus*, *A. oryzae* i *A. niger*, sa različitim udelom u mikopopulacijama pojedinih uzoraka. *A. flavus* izolovan je iz svih uzoraka, a njegov udeo u mikopopulacijama iznosio je od 20 do 55%. *A. oryzae* izolovan je iz dva uzorka (udeo u mikopopulacijama između 1 i 9%), a *A. niger* iz jednog (udeo u mikopopulaciji 10%).*

*Ključne reči: seme suncokreta, skladištenje, prerada, mikopopulacije, aflatoksigene vrste*

## INFECTION OF SUNFLOWER SEEDS HARVESTED IN 2006. WITH AFLATOXIGENIC FUNGI

*The possibility of fungal infection of sunflower seeds, harvested in 2006, is discussed in this paper, with special attention to the share of aflatoxigenic species in isolated mycopopulations. Mycological investigations were carried out in samples of sunflower seed during storage, after cleaning and drying as well as after dehulling, grinding and thermic treatment. The experiments were done in triplicate.*

*Using two mycological media (SMA and MY50G) comparatively, by direct plating and Koch's method, it was established that all tested samples, except the heat treated ones, were contaminated with moulds. The treated sample was found to be free of fungi because of its previous thermal treatment ( $t$  80 Đ 90 °C). Isolated fungi were classified into 11 genera and 22 species. Among the aflatoxigenic fungi different species were found as follows: *Aspergillus flavus*, *A. oryzae* and *A. niger*, with various frequency in mycopopulations. *A. flavus* was isolated from all samples examined, with a share in mycopopulations from 20 to 55%. Two samples were contaminated with *A. oryzae* (share in mycopopulations between 1 and 9%) and one by *A. niger* (share in mycopopulation about 10%).*

*Key words: sunflower seed, storage, processing, mycopopulations, aflatoxigenic species*

### UVOD

Suncokret je važna uljana i proteinska kultura, koja ima širi privredni značaj, obzirom da se pored semena i drugi organi (list, stablo i glava) mogu uspešno koristiti za različite namene (1). Osnovni razlog gajenja suncokreta kod nas i u svetu ranih 60-ih godina prošlog veka, bilo je

dobijanje jestivog ulja. Preko 80% ulja u našoj zemlji i danas se izdvaja iz semena suncokreta (2). Nuzproizvod pri toj preradi je suncokretova sačma koja može da sadrži vrlo visok nivo proteina (40-50%).

Upotreba i sve veće mogućnosti za upotrebu ulja i drugih komponeneta semena suncokreta, nameće pitanje zdravstvene i higijenske ispravnosti hrane i stočne hrane. Upravo radi toga neophodna je konstantna kontrola na prisustvo mikroorganizama, pogotovo patogenih i toksigenih oblika i njihovih toksičnih metabolita (3).

---

Marija Škrinjar, Etelka Dimić, Ranko Romanić, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Milinka Bandu, "Žitoprodukt" a.d., Zrenjanin, Koviljka Bošnjak-Bjelobaba, AD Fabrika ulja i biljnih masti "Sunce", Sombor

Poljoprivredne kulture, uključujući i uljarice, konstantno su, iako u različitom stepenu, podložne napadu gljivica. Step en infekcije zavisi od različitih faktora, kao što su vrsta, sorta i hibrid uljarice, agrotehničkih mera koje su primenjene tokom rasta i sazrevanja biljne kulture, uslova u kojima su berba ili žetva sprovedene, transporta i skladištenja. Klimatski uslovi tokom vegetacije, sazrevanja i berbe biljne kulture često imaju presudnu ulogu u kvalitetu uljarice, kako u trenutku berbe tako i kasnije tokom skladištenja. Kvalitet gotovog proizvoda u velikoj meri zavisiće upravo od ovih uslova u navedenim fazama proizvodnje i prerade (4).

Za razvoj plesni na suncokretu u polju potrebni su povoljni ekološki uslovi: povećana relativna vlažnost (veća od 80%) i optimalna temperatura (20-30°C). U uobičajenim uslovima skladištenja plesni rastu pri relativnoj vlažnosti od 13-18%. Međutim, u semenu uljarica ili u hrani bogatoj mastima, rast plesni se odvija i pri relativnoj vlažnosti nižoj od 7% (5). Prema literaturnim podacima prosečne vrednosti sadržaja vlage u semenu suncokreta u različitim fazama prerade prikazane su u tabeli 1 (6).

Štetno delovanje plesni ogleda se u njihovom delovanju kao parazita biljaka (fitopatogene plesni) i izazivača oboljenja čoveka i životinja poznatih kao mikoze. Spore nekih vrsta (*Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. chrysogenum*, *Alternaria alternata*, *Absidia corymbifera* i dr.) poznate su kao inhalacioni alergeni (7).

Plesni u hrani imaju dvojako delovanje, direktan uticaj na hranljivu vrednost i/ili produkciju mikotoksina.

**Tabela 1.** Sadržaj vlage i ulja u semenu suncokreta u različitim fazama prerade

**Table 1.** Relative humidity and oil content in sunflower seed during different processing phases

Uzorak	Vlaga (%)	Ulje (%)
Seme suncokreta	6,15-6,78	37,47-42,64
Celo seme	4,95	44,68
Delimično oljušteno	4,13	51,81
Mleveno seme	4,41	53,33
Kondicionirani materijal	3,94	52,50

Tokom perioda u kome vladaju nepovoljni spoljašnji uslovi, plesni su sposobne da modifikuju metaboličke puteve, te na ovaj način nastaje veliki broj sekundarnih metabolita, u koje spa-

daju i mikotoksini (8), jedinjenja koja nisu potrebna za njihov razvoj ili energetsko snabdevanje a toksični su za životinje, biljke i neke mikroorganizme (9).

Oboljenja koja izazivaju mikotoksini nisu zarazna, vezana su za hranu i/ili specifična hraniva, slična su avitaminozama, ne leče se antibioticima i drugim lekovima, a u organizmu ne izazivaju imunološki odgovor, jer su toksini jedinjenja male molekulske mase pa su životinje trajno nezaštićene od njihovog delovanja. Trovanja se najčešće ispoljavaju u formi primarne akutne i hronične toksikoze, kao i u formi sekundarne toksikoze (10, 11).

Biosinteza mikotoksina ograničena je na pojedine vrste gljivica. Najznačajniji faktor od kojeg zavisi da li će doći do sinteze toksina ili ne, pored temperature, aw i pH vrednosti i vremena rasta plesni, je nutritivni sastav sredine u kojoj se plesan nalazi. Veliki broj autora navodi da zrna žitarica i seme uljarica predstavljaju idealnu sredinu za rast toksigenih plesni i sintezu toksina (12). Neki autori navode da u velikoj meri čak podstiču metaboličku aktivnost toksigenih plesni do koje u nekoj drugoj sredini ne bi došlo, iako mikroorganizam poseduje genetičku sposobnost za takvu aktivnost (13).

Mikotoksikoze predstavljaju trovanja mikotoksinima, i zapravo su alimentarne intoksikacije ljudi i životinja toksičnim proizvodima plesni, mada su dokazana i trovanja izazvana inhalacijom i perkutano (14).

Brojnim istraživanjima utvrđeno je da se od nekoliko stotina otkrivenih i hemijski identifikovanih mikotoksina (15), samo 20 učestalo javlja u namirnicama za ljudsku ishranu i u hrani za životinje i to u koncentracijama koje mogu dovesti do poremećaja zdravlja.

Od svih do sada poznatih mikotoksina prvi su otkriveni aflatoksini, koji predstavljaju toksične sekundarne metabolite plesni iz grupe *Aspergillus flavus-oryzae* (*A. flavus* i *A. parasiticus*) (16). Najvažniji predstavnici ove grupe mikotoksina su aflatoksin B1, B2, G1 i G2 i njihova 2 metabolička produkta M1 i M2. Aflatoksini, posebno aflatoksin B1 (AB1), ispoljavaju veoma izražen karcinogeni efekat. Internacionalna Agencija za istraživanje kancera (17), je klasifikovala aflatoksin B1 u grupu 1 karcinogena za ljude, a novije studije reafirmišu karcinogeni efekat ovih sastojaka (18).

Nasuprot mišljenju da su aflatoksini sekundarni metaboliti isključivo navedenih sojeva plesni, postoje mišljenja da ih i druge vrste mogu proizvesti (*A. niger*, *A. ruber*, *A. nomenus*, *Penicillium citrinum*, *P. digitatum*, *Rhizopus* spp., *Mucor mucedo*) (19), a u poslednje vreme pominje se i



*Emericella astellata* (20), kao novi producent aflatoksina B1, B2 i sterigmatocistina.

Plesni koje sintetišu aflatoksine su veoma rasprostranjene u prirodi, pa se često mogu naći kao epifitni mikroorganizmi na raznim biljnim proizvodima. U dosadašnjim istraživanjima najveći broj radova odnosio se na kikiriki, odakle je prvi put izolovan aflatoksin (21).

Osim kikirikija, ove plesni kontaminiraju i druge biljne proizvode, kao što su žitarice i uljarice i namirnice životinjskog porekla, u koje aflatoksini prelaze iz plesnivih hraniva. Toksogene plesni mogu proizvoditi aflatoksine na biljnim kulturama u polju pod stresnim uslovima ili u skladištu kada se stvore uslovi, kao što su visoka vlaga i temperatura.

Rizik od stvaranja aflatoksina je, prema nekim autorima, veći tokom velikih suša, kada je vlažnost ispod normalne, a temperatura visoka, broj spora *Aspergillus* spp. u vazduhu se povećava (22).

Cilj ovog rada bio je da se utvrdi udeo aflatoksigenih vrsta plesni u mikopopulacijama semena suncokreta, žetve 2006, tokom njegove prerade.

## MATERIJAL I METODE RADA

Mikološka ispitivanja semena suncokreta u različitim fazama prerade (od prijema u silos do kondicioniranog materijala), izvedena su na šest uzoraka u tri ponavljanja, primenom dve metode: metode direktnog plasmana zrna i indirektnog metoda za određivanje ukupnog broja mikroorganizama (*Koch-ov metod*). Prilikom ispitivanja korišćene su dve mikološke podloge: SMA i podloga koju Pitt i Hocking (23), preporučuju za izolovanje kserofilnih plesni iz substrata sa redukovanom količinom slobodne vode (aw), podloga sa sladnim i kvašćevim ekstraktom i 50% glukoze (MY50G). U obe podloge pre nalivanja dodati su antibiotici (1 ml 1% hloramfenikola i 1% oksitetraciklina na 100 ml podloge). Inkubiranje zasejanih Petri ploča odvijalo se na 25°C, a rezultati očitavani nakon 5-7 dana i izraženi kao ukupan broj plesni po zrnu, odnosno po gramu.

Na osnovu makromorfoloških karakteristika svaki tip uočenog rasta plesni na podlogama SMA i MY50G, monokultivisan je na preporučenim podlogama za identifikaciju i to: SMA (*Zygomycetes* i *Dematiaceous*) i Czapek agaru (*Aspergillus* i *Penicillium*).

Zasejane podloge inkubirane su na 25°C tokom 7 dana, a potom je na osnovu makro i mikromorfoloških karakteristika pomoću klju-

čeva za identifikaciju određena taksonomska pripadnost izolata.

## REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2 prikazan je ukupan broj plesni po zrnu odnosno po gramu, određen u uzorcima (1-6) semena suncokreta u različitim fazama prerade, korišćenjem mikoloških podloga SMA i MY50G, i dve različite metode: direktnog plasmana zrna (uzorci 1-4) i Koch-ove metode razređenja za određivanje ukupnog broja mikroorganizama/g, (usitnjeni uzorci 5 i 6).

**Tabela 2.** Ukupan broj plesni određen u ispitivanim uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade

**Table 2.** Total number of fungi established in sunflower seed samples during different processing phases

Broj uzorka	Uzorak	Broj plesni/zrnu/jezgru	
		Podloga	
		SMA	MY50G
1	Seme sa prijema u silos (pre sušenja)	1,3	1,2
2	Seme nakon izlaska sa prečistača (ulaz u sušnicu)	1,6	1,3
3	Seme sa ulaza u proizvodnju	3,0	1,7
4	Oljušteno seme	0,8	1,0
5	Mleveno seme	* 9000 ** 550	* 10000 ** 600
6	Kondicionirani materijal t 80-90°C	0	0

\* Ukupan broj plesni/g (Koch-ov postupak)

\*\* Broj plesni/ g (direktnim plasiranjem)

Mikološkim analizama je ustanovljeno (tabela 2), da su svi ispitivani uzorci, sem kondicioniranog materijala, bili kontaminirani plesnima u različitom stepenu. Broj plesni određen metodom direktnog plasmana, po semenu suncokreta varirao je od 0,8-3,0 odnosno po gramu, određen istom metodom, iznosio je 550 na podlozi SMA.

Broj plesni/g, određen Koch-ovim postupkom na podlozi SMA kretao se od 0 (kondicionirani materijal, kod koga je primenjen termički tretman) do  $9,0 \times 10^3$  (mlaveno seme).

Broj kserofilnih plesni po zrnu, određen metodom direktnog plasmana zrna, na podlozi MY50G varirao je od 1 (oljušteno seme) do 1,7 (seme sa ulaza u proizvodnju), odnosno po gramu

iznosio je 600 (mleveno seme). Broj kserofilnih plesni/g određen Koch-ovim postupkom iznosio je  $10 \times 10^3$  (mleveno seme).

Iz **tabele 2** uočljivo je da je seme sa prijema u silos (uzorak 1) bilo kontaminirano u manjem stepenu od prečišćenog i semena sa ulaza u

proizvodnju, što ukazuje na mogućnost kontaminacije u skladištu.

Iz semena suncokreta u različitim fazama prerade izolovane su različite plesni, koje su nakon identifikacije svrstane u 11 rodova i 22 vrste (**tabela 3**).

**Tabela 3.** Vrste plesni izolovane iz semena suncokreta u različitim fazama prerade  
**Table 3.** Fungal species isolated from sunflower seeds during different processing phases

Rod	Vrsta	Zastupljenost vrsta (%)
<i>Absidia</i>	<i>corymbifera</i> (Cohn) Sacc. I Trotter	4,54
<i>Alternaria</i>	<i>alternata</i> (Fres.) Keissler <i>citri</i> Ellis & Pierce	9,10
<i>Aspergillus</i>	<i>candidus</i> Link <i>flavus</i> Link <i>fumigatus</i> Fresenius <i>niger</i> van Tieghem <i>nidulans</i> (Eidam) Wint <i>oryzae</i> (Ahlburg) Cohn	27,3
<i>Botrytis</i>	<i>ricini</i> Godfrey	4,54
<i>Cladosporium</i>	<i>cladosporioides</i> (Fresen.) de Vries <i>herbarum</i> (Pers.) Link <i>sphaerospermum</i> Penzig	13,60
<i>Eurotium</i>	<i>chevalieri</i> Mangin <i>herbariorum</i> (Wiggers) Link	9,10
<i>Mucor</i>	<i>racemosus</i> Fres.	4,54
<i>Moniliella</i>	<i>suaveolens</i> (Lindner) v. Arx	4,54
<i>Penicillium</i>	<i>citrinum</i> Thom <i>oxalicum</i> Curie and Thom	9,10
<i>Scopulariopsis</i>	<i>candida</i> (Gueguen) Vuill. <i>fusca</i> Zach	9,10
<i>Ulocladium</i>	<i>botrytis</i> Preuss.	4,54

Iz **tabele 3** vidi se, da je rod *Aspergillus* sa 6 vrsta ili 27,30% od svih izolovanih plesni, predstavljao najzastupljeniji rod, a zatim slede *Cladosporium* sa tri (13,60%), *Alternaria*, *Eurotium*, *Penicillium* i *Scopulariopsis* sa po dve (9,10%), dok su ostali rodovi *Absidia*, *Botrytis*, *Mucor*, *Moniliella* i *Ulocladium*, bili zastupljeni samo sa po jednom vrstom, ili 4,54%.

U pogledu učestalosti, najfrekventniji rod bio je *Alternaria* (41,6%), zatim *Aspergillus* (21,9%), potom *Moniliella* (3,8%), *Eurotium* (6,6%), *Cladosporium* (5,8%), *Absidia* (4,1%), *Penicillium* (4,0%) i ostali (slika 1).

Od izolovanih plesni na mikološkoj podlozi SMA izolovano je 13, a na podlozi MY50G 18 vrsta. Sabouraud maltozni agar (SMA) je podloga koja se koristi kao standardna podloga za izolovanje plesni prema "Pravilniku o metodama analiza i superanaliza životnih namirnica"

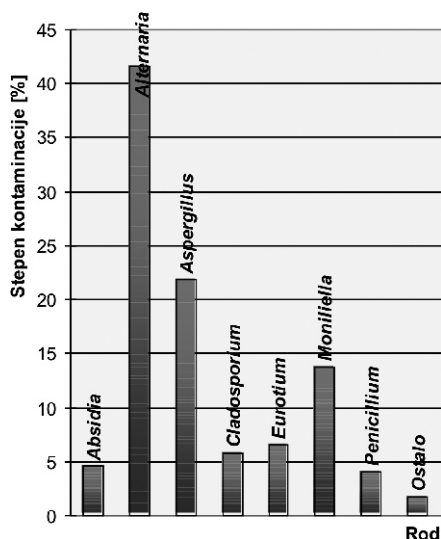
(24), međutim, njena upotreba ne zadovoljava optimalne uslove za rast i razvoj kserofilnih plesni. To potvrđuje veći broj izolovanih vrsta na podlozi MY50G, koje pripadaju grupi kserofilnih plesni. Sadržaj vlage kod podloge MY50G redukovano je pored ostalog dodavanjem 50g glukoze na 100ml podloge, što potpuno odgovara uslovima za rast i razvoj plesni koje rastu na substratima sa nižim aw vrednostima, kakvo je osušeno seme suncokreta u različitim fazama prerade (**tabela 1**).

Prema Pitt i Hocking-u (23) rod *Aspergillus* opisan je kao umereno kserofilan.

*Aspergillus* vrste rastu u uslovima niže aktivnosti vode (aw), i pri višoj temperaturi, nego *Fusarium* vrste koje zahtevaju višu aktivnost vode, ali mogu da rastu i pri nižoj temperaturi. *Penicillium* vrste rastu pri relativno niskoj aktivnosti vode i niskim temperaturama (25).

**Slika 1.** Učestalost pojedinih rodova u mikopopulacijama semena suncokreta u različitim fazama prerade

**Figure 1.** Frequency of fungal genera in mycopopulations of sunflower seeds during different processing phases



Prilikom ovog ispitivanja aflatoksigene vrste *Aspergillus flavus* i *A. niger* izolovane su na obe

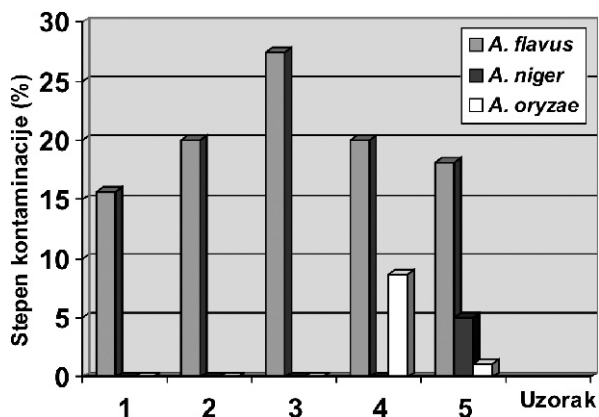
**Tabela 4.** Zastupljenost aflatoksigenih vrsta roda *Aspergillus* u uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade

**Table 4.** Occurrence of aflatoxigenic species of genus *Aspergillus* in sunflower seeds during different processing phases

Grupa	Vrsta	Broj kontaminiranih uzoraka	Zastupljenost vrsta (%)
<i>Aspergillus flavus-oryzae</i>	<i>A. flavus</i>	5	83,3
	<i>A. oryzae</i>	2	33,3
<i>Aspergillus niger</i>	<i>A. niger</i>	1	16,6

**Slika 2.** Učestalost aflatoksigenih vrsta roda *Aspergillus* u uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade

**Figure 2.** Frequency of aflatoxigenic species of genus *Aspergillus* in sunflower seeds during different processing phases



mikološke podloge u svim uzorcima u kojima je zabeležena fungalna kontaminacija, dok je *Aspergillus oryzae* izolovan iz dva uzorka na SMA podlozi.

Zastupljenost aflatoksigenih *Aspergillus* spp. u uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade predstavljena je na tabeli 4.

Učestalost aflatoksigenih *Aspergillus* spp. u uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade predstavljena je na slici 2.

Udeo aflatoksigenih plesni u mikopopulacijama semena suncokreta bio je različit i kretao se od 15,7-27,5% za *Aspergillus flavus*, 1-9% za *A. oryzae* i 5% za *A. niger*.

Mikopopulacije semena suncokreta dosta su proučavane u svetu i u našoj zemlji, uglavnom na uskladištenom semenu i suncokretovoj sačmi, sporednom produktu prerade suncokreta (26). Isti autor u prethodno pomenutom radu navodi *Alternaria* spp. kao dominantne, tokom 1972. i 1974. godine, na semenu suncokreta u Argentini, dok se tokom 1981. godine *Aspergillus flavus* intenzivnije javio na semenu suncokreta u ovoj zemlji.

Kod nas su se ovom problematikom bavili Aćimović (27), koji navodi *A. flavus*, kao dominantnu vrstu, zatim Štraser (28) i Maširević (29), navode *Alternaria tenuis* kao najučestaliju vrstu (i do 90%), a utvrđena je pojava i roda *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Botrytis*, *Penicillium* i drugih.

Bočarov-Stančić navodi 7 vrsta roda *Fusarium* na semenu suncokreta, kao i čestu detekciju *Aspergillus flavus* (30).

Škrinjar i Karlović ističu da u našoj zemlji dominantnu ulogu u mikopopulacijama izolovanim iz uljarica imaju *Fusarium* vrste i neaflatoksigeni predstavnici roda *Aspergillus* i *Penicillium*, a od toksina OA i ZEA (13).

## ZAKLJUČAK

- Svi ispitivani uzorci semena suncokreta u različitim fazama prerade, sem kondicioniranog

materijala, bili su kontaminirani različitim plesnima, čiji je prosečan broj po zrnju, odnosno gramu varirao od 0,8 do 550, na podlozi SMA, odnosno od 1,0 do 600, na podlozi MY50G.

- Broj plesni (55 i 60x10/g), usitnjenog uzorka (5), određen direktnim plasmanom zrna na mikološke podloge u odnosu na broj određen Koch-ovim postupkom (9 i 10x103/g), bio je znatno manji iz razloga što kod drugog postupka izrasle kolonije potiču ne samo iz klijalnih spora, već i iz delova micelijuma i konidiofora koje su neminovno prisutne u razređenju iz koga se vrši zasejavanje.

- Iz ispitivanih uzoraka izolovano je 11 rodova plesni (*Absidia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Mucor*, *Moniliella*, *Penicillium*, *Scopulariopsis* i *Ulocladium*) i 22 vrste.

- Rod *Aspergillus*, sa 6 izolovanih vrsta predstavljao je najzastupljeniji rod (27,3%), dok je u pogledu učestalosti u mikopopulacijama ispitivanih uzoraka, najfrekventniji bio rod *Alternaria* (41,6%), a potom *Aspergillus* (21,9%).

- Aflatoksigene plesni izolovane iz ispitivanih uzoraka pripadale su grupama *Aspergillus flavus-oryzae* (*A. flavus* i *A. oryzae*) i *A. niger* sa istoimenom vrstom.

Njihova zastupljenost u ispitivanim uzorcima bila je različita i kretala se od 15,7-27,5% (*Aspergillus flavus*), 1,0-9,0% (*A. oryzae*) i 5,0% (*A. niger*).

- Zastupljenost vrsta aflatoksigenih plesni roda *Aspergillus* po istom redosledu iznosila je 83,3, 33,3 i 16,6%.

- Izolovane aflatoksigene plesni u uzorcima semena suncokreta u različitim fazama prerade potencijalni su producenti ranije pomenutih mikotoksina, otuda je pored mikološkog neophodno i mikotoksikološko ispitivanje uzoraka.

- Budući da su toksigene plesni česti kontaminanti suncokreta, sirovine namenjene proizvodnji velikog broja životnih namirnica i hrane za životinje, istraživanju mogućnosti sprečavanja njihovog rasta i stvaranja toksičnih metabolita treba posvetiti veću pažnju, kako u polju tako i tokom skladištenja i procesa proizvodnje.

## LITERATURA

- Vrebalov, T., D. Škorić, Površine, prinosi i privredni značaj suncokreta u svetu i u našoj zemlji. Suncokret, Nolit, Beograd, 1989.
- Kuč, R., Lj. Bekić, S. Demković, D. Škorić, Uticaj različitog sastava masnih kiselina i tokoferola na oksidativnu stabilnost suncokretovog ulja: Zbornik radova, 43. Savetovanje industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica", pp.169-174, Budva, 2002.
- Škrinjar, M., D. Lukić, Značaj mikotoksikološke kontrole sirovina za proizvodnju majoneza. Zbornik radova, 46. Savetovanje industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica", pp. 183-187, Petrovac na moru, 2005.
- Santin, E., Mould growth and mycotoxin production. in The Mycotoxin Blue Book (Ed.: Diaz D.), 225-234, Nottingham University Press, United Kingdom, 2005.
- Muschen, H., K. Frank, Mycotoxins in oil seeds and risk in animal production. in Moulds, Mycotoxins and Food Preservatives in the Food Industry. Parsippany, New Jersey, BASF Corporation, (31-35), 1994.
- Šmit, K., E. Dimić, V. Bogdan, B. Mojsin, V. Kulić, Promene kvaliteta semena i ulja suncokreta tokom prerade s posebnim osvrtom na tokoferole. Zbornik radova, 42. Savetovanje industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica", pp. 81-85, Herceg Novi, 2001.
- Škrinjar, M.: Mikološka aerozagađenja u nekim mestima SAP Vojvodine sa osvrtom na alergijska oboljenja. Arhiv bioloških nauka 32: (1-4) 45-53 (1980)
- Sinovec, Z., M.R. Resanović, S. Sinovec, Mikotoksini, pojava, efekti i prevencija. Univerzitet u Beogradu, 2006.
- Banina, A.: Mutageno delovanje aflatoksina B1 na sojeve *Streptococcus lactis*. II Simpozijum o mikotoksinima. Akademija nauka i umjetnosti BiH, Knjiga LXXX, Sarajevo, pp. 167-173, 1986.
- Richard, J.L., J.R. Thurston, Diagnosis of Mycotoxicoses, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherland, 1986.
- Nurred, W.P., R.T. Riley, Toxicology-mode of action of mycotoxins. in Mycotoxins and Phycotoxins in Perspective at the Turn of the New Millenium (Ed.: deKoe W. J. et all) Hazecamp Z. Wageningen, Netherlands, pp. 211-222, 2001.
- Smith, J.E., A. Hacking, Fungal Toxicity, in: The Filamentous Fungi (Eds. J. E. Smith, D. R. Berry, B. Kristiansen), pp. 238-265, 1983.
- Škrinjar, M., Đ. Karlović, Toksigene plesni i mikotoksini u uljaricama i njihovim proizvodima. Zbornik radova, 42. Savetovanje industrije ulja, pp. 371-373, Herceg Novi, 2001.
- Škrinjar, M.: Uljarice mogući nosioci mikotoksina, Uljarstvo, 36: (1-2) 47-50 (2005)
- Smith, J., M. Moss, Mycotoxins-Formation, Analysis and Significance. John Wiley & Sons Ltd, Chchester, Great Britain, 1985.

16. Wilson, D.M., J.K. King, Production of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 in pure and mixed cultures of *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus flavus*. Food Addit. Contam., 12: (3) 521-525 (1995)
17. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 56, some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. International Agency for Research on Cancer, Lyon, p. 245, 1993.
18. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 82, some traditional medicines, some mycotoxins naphthalene and styrene. International Agency for Research on Cancer, Lyon, p. 171, 1993.
19. Goldblatt, L. A. Aflatoxin: Scientific Background, Control, and Implication, Academic Press, New York, USA, pp. 237-261, 1969.
20. Frisvad, J.C., Samson, R.A. and Smedsgaard, J.: *Emerella astellata*, a new producer of aflatoxin B1, B2 and sterigmatocystin. Letters in Applied Microbiology, 38, (440-445), 2004.
21. Allcroft, R., Carnaghan, B. A., Sargeant, K., O'Kelly, J.: Vet. Rec. 73, 428-429, 1961.
22. Maletić, Ž.: Kserofilne mikopopulacije i proizvođači mikotoksina u musliju i komponentama. Specijalistički rad. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, 2005.
23. Pitt, J. I., Hocking, A. D. (1985): Fungi and Food Spoilage. Academic Press Australia
24. Pravilnik o metodama vršenja analiza i superanaliza životnih namirnica Sl. list "SFRJ", 25, 1980.
25. Wyllie, T., Morehouse, L. In: Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses of Domestic and Laboratory Animals, Poultry and Aquatic Invertebrates and Vertebrates, Merck Dekker Inc., USA, 1977.
26. Maširević, S.: Prouzrokovani bolesti suncokreta i mogućnosti njihovog suzbijanja. Suncokret (Škorić, D., i sar.), Nolit, Beograd, 427, 1989.
27. Aćimović, M.: Uticaj *Aspergillus flavus* Link, *Botrytis cinerea* pers and *Rhizopus arrhizus* fisch, na kvalitet semena suncokreta, Uljarstvo, 2, 1984.
28. Štraser, N.: Indeks učestalosti i rasprostranjenost mikopopulacija semena suncokreta. Savremena poljoprivreda, Vol. 33, br. 11-12, Novi Sad, 1985.
29. Maširević, S.: Prouzrokovani bolesti suncokreta i mogućnosti njihovog suzbijanja. Suncokret (Škorić, D., i sar., 1989), Nolit, Beograd, 427, 1989.
30. Bočarov-Stančić, A.: Mikopopulacije kod semena suncokreta II. Proizvodnja mikotoksina. Arh. biol. nauka 35, 119-128, 1983.

## PROIZVODNJA BIODIZELA IZ OTPADNIH ULJA

*Zlatica Predojević, Ivana Kovljen*

*U radu su prikazani rezultati ispitivanja uticaja parametara reakcije transesterifikacije na prinos i kvalitet dobijenih metil estara masnih kiselina iz otpadnog suncokretovog ulja iz domaćinstva i restorana. Variran je molarni odnos metanol/ulje (6:1 i 9:1) i količina katalizatora NaOH (1 i 1,5% mas.). Reakcija je izvedena u dva stepena na različitim temperaturama (prvi stupanj se izvodi na 30°C, a drugi na 60°C), pri istoj brzini mešanja (400 o/min) i ukupnom trajanju reakcije 60 minuta.*

*Ključne reči: biodizel, otpadno suncokretovo ulje, transesterifikacija*

## PRODUCTION OF BIODIESEL FROM USED FRYING OIL

*Effects of transesterification parametres on yield and quality of fatty acid methyl esters produced from waste frying sunflower oil from household and restaurants were investigated. Methanol/oil molar ratio (6:1 i 9:1) and catalyst/oil weight ratio (NaOH 1 i 1.5% mass.) were varied. Reaction was carried out in two steps at different temperatures (first step was at 30°C and second at 60°C), at same speed (400 rpm) and time, 60 minutes*

*Key words: Biodiesel, used frying sunflower oil, transesterification*

### UVOD

Biodizel je alternativno gorivo za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Netoksičan je i biorazgradiv sa dobrim emisionim karakteristikama koje podrazumevaju redukciju emisije polutanata uzročnika globalnog zagrevanja, a proizvodi se iz obnovljivih izvora sirovina (biljna ulja, životinjske masti). Ove osobine su posebno značajne s obzirom na današnje sve zahtevnije standarde u oblasti zaštite životne sredine i potrebe za obezbeđivanjem veće sigurnosti u snabdevanju energentima.

Biodizel je komercijalni naziv za smešu metil estara viših masnih kiselina koja se dobija procesom transesterifikacije triglicerida, sadržanih u biljnim uljima i životinjskim mastima, i metanola u prisustvu katalizatora, najčešće baza (NaOH, KOH, NaOCH<sub>3</sub>, KOCH<sub>3</sub>).

U motorima s unutrašnjim sagorevanjem može koristiti na dva načina:

- kao dodatak konvencionalnom dizel gorivu
- kao čist biodizel.

Biodizel se konvencionalnom dizel gorivu može dodati u manjoj (1,5-5%) ili većoj količini

(5-30%). Ova goriva nose oznaku Bxx, gde xx označava procentualni sadržaj biodizela. Na tržištu se nalaze B5 (5% biodizel i 95% dizel), B20 (20% biodizel i 80% dizel) i čist biodizel B100.

Mešanjem konvencionalnih dizel goriva i biodizela, čak i u malom procentu, značajno se poboljšavaju maziva svojstva goriva. Na taj način može se u potpunosti nadoknaditi manjak mazivosti nesumpornih goriva, a pri tome se poboljšava i kvalitet izduvnih gasova.

Prema Direktivi 2003/30/EC za promociju upotrebe biogoriva u transportnom sektoru, zemlje članice su se obavezale da obezbede određene minimalne količine biogoriva na tržištu i utvrđene su referentne vrednosti udela biogoriva u ukupnoj potrošnji benzina i dizela od 2% u 2005. godini, odnosno 5,75% u 2010. i 10% u 2020. godini.

Evropska unija je glavni svetski proizvođač biodizela i u ukupnoj svetskoj proizvodnji učestvuje sa preko 90%. Najveće količine biodizela proizvode se u Nemačkoj. U Tabeli 1. dat je pregled proizvodnje biodizela u periodu od 2002-2005. godine koji pokazuje da se u datom periodu proizvodnja povećala 3 puta.

Ključne barijere za veći prodor biogoriva na tržište su uglavnom veliki troškovi proizvodnje. Odnos proizvođačkih cena biogoriva i fosilnih

---

Dr Zlatica Predojević, vanredni profesor, Ivana Kovljen, dipl. ing., Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, R. Srbija  
e-mail: pzlatica@uns.ns.ac.yu

goriva trenutno iznosi od 1,5 do 3, u zavisnosti od vrste biogoriva i trenutne cene sirove nafte, i neophodna je primena odgovarajućih ekonomskih mera da bi cene biogoriva u odnosu na fosilna goriva bile konkurentne. Na ekonomsku opravdanost proizvodnje biodizela najviše utiču cena sirovine, kapacitet proizvodnje i cena biodizela. U mnogim zemljama Evropske unije

vlade preduzimaju mere u cilju promovisanja biogoriva. Uvodi se smanjenje ili potpuno ukidanje poreza na biogoriva i obavezivanje proizvođača i distributera goriva da se u proizvodnju koji nude na tržištu nalazi određen procenat biogoriva (1, 2).

**Tabela 1.** Proizvodnja biodizela u Evropskoj Uniji (t/god)  
**Table 1.** Production of biodiesel in European Union (t/year)

Država	2002.	2003.	2004.	2005.
Nemačka	450.000	715.000	1.035.000	1.669.000
Francuska	366.000	357.000	348.000	492.000
Italija	210.000	273.000	320.000	396.000
Austrija	25.000	32.000	57.000	85.000
Danska	10.000	40.000	70.000	71.000
V. Britanija	3.000	9.000	9.000	51.000
Švedska	1.000	1.000	1.400	1.000
Španija		6.000	13.000	73.000
Češka Republika			60.000	133.000
Slovačka			15.000	78.000
Litvanija			5.000	7.000
Poljska				100.000
Slovenija				8.000
Estonija				7.000
Letonija				5.000
Grčka				3.000
Malta				2.000
Belgija				1.000
Portugalija				1.000
Kipar				1.000
Ukupno	1.065.000	1.434.000	1.933.400	3.184.000

U postojećim uslovima nepovoljnog odnosa cena degumiranog biljnog ulja i dizela, proizvodnja biodizela od biljnih ulja iz taloga nastalog tokom proizvodnje jestivih ulja i otpadnih, korišćenih biljnih ulja iz restorana i domaćinstava postaje sve atraktivnija.

Korišćenje otpadnih ulja za proizvodnju biodizela predstavlja i doprinos u zaštiti čovekove okoline, jer se time rešava problem odlaganja takvog otpada. U pojedinim zemljama Evrope istraživana je mogućnost prikupljanja otpadnih ulja i na osnovu rezultata istraživanja koja su sprovedena u sedam zemalja moguće je sakupiti od 0,7 do 1 Mt otpadnih ulja (3). Imajući u vidu da je cena otpadnih ulja aproksimativno niža za 50% u odnosu na cenu biljnih ulja (4), njihovim korišćenjem kao sirovine znatno se smanjuje cena

proizvodnje biodizela. Međutim, količine otpadnih ulja su ograničene, kapaciteti proizvodnje mali, a preporučuje se i priprema sirovine dodatnim procesima zbog lošijih karakteristika u poređenju sa rafiniranim biljnim uljima koje se ogledaju u povećanom sadržaju slobodnih masnih kiselina, vode, hidroperoksida, karbonila i polimernih komponenata velike molekulske mase.

Prisutne slobodne masne kiseline i voda učestvuju u sporednim reakcijama saponifikacije, hidrolize i neutralizacije tokom kojih se obrazuju sapuni i gelovi (emulzije) koji otežavaju separaciju i prečišćavanje smeše metil estara masnih kiselina i smanjuju prinos željenog proizvoda. Stoga se ograničava sadržaj slobodnih masnih kiselina u sirovinama na max. 0,5 % mas. i vode na max. 0,3 % mas. (5, 6).

Cilj ovog rada je ispitivanje mogućnosti proizvodnje biodizela od otpadnog suncokretovog ulja iz domaćinstva i restorana sa sadržajem slobodnih masnih kiselina, iznad 1% w/w, procesom bazno-katalizovane metanolize u prisustvu NaOH kao katalizatora, bez prethodne pripreme sirovine odnosno korišćenja postupka kiselo-katalizovane transesterifikacije.

## MATERIJAL I METODE

Kao polazna sirovina korišćena su otpadna suncokretova ulja prikupljena u domaćinstvu posle prženja i iz lokalnog restorana. Korišćen je metanol od proizvođača Lach-Ner, (Czech Republic) sa sadržajem vlage < 0,1% i natrijum hidroksid komercijalnog kvaliteta.

### Predretman korišćenog ulja i karakterizacija

S obzirom da korišćena ulja imaju veći procenat vlage, pre transesterifikacije, ulja su filtrirana kroz sloj kalcijum hlorida kako bi se

uklonila vlaga i moguće suspendovane nečistoće. U profiltriranim uljima određene su sledeće karakteristike: gustina na 20°C (gustinomer firme Anton Paar), a na 15°C je preračunata na osnovu izraza iz standarda EN 14214, u kojem je t - temperatura na kojoj je gustina eksperimentalno određena:

$$\rho^{15} = \rho^t + 0.723 \cdot (t - 15) \quad (a)$$

Viskozitet je određen kapilarnim viskozimetrom na 40°C, a kiselinski broj, Kbr (EN 14104) i saponifikacioni broj, Sbr (SRPS E.K8.028) titracionim metodama. Hemijski sastav ulja određen je gasnohromatografskom analizom na osnovu koje je izračunat jodni broj Jbr prema standardu JUS EN 14214. Cetanski indeks, CI, je izračunat na osnovu saponifikacionog broja i jodnog broja, korišćenjem izraza Krisnangkura (7). Karakteristike sirovina date su u tabeli 2.

$$CI = 46.3 + \frac{5458}{Sbr} - 0.225 \cdot Jbr \quad (b)$$

**Tabela 2.** Karakteristike otpadnih suncokretovih ulja  
**Table 2.** The characteristics of used frying sunflower oils

Karakteristike Characteristics	Otpadno suncokretovo ulje iz domaćinstva Used frying oil from household	Otpadno suncokretovo ulje iz restorana Used frying oil from restaurant	Metode Methods
Gustina 20°C kg/m <sup>3</sup> Gustina 15°C kg/m <sup>3</sup>	925 928	928 932	Gustinomer Izračunato (a)
Kinematski viskozitet, 40°C, mm <sup>2</sup> /s	32,27	44,85	JUS ISO 3104
Kiselinski broj, Kbr mg KOH/g	2,21	2,58	EN 14104
Saponifikacioni broj, Sbr mg KOH/g	194	197	SRPS E.K8.028
Jodni broj, Jbr, g/100 g	120,27	118,76	Izračunato (EN 14214)
Cetanski indeks, CI	47,37	47,28	Izračunato (b)

### Postupak transesterifikacije

Reakcija transesterifikacije je vođena u dva stupnja, a sam tok eksperimenta obuhvata:

- reakciju transesterifikacije
- separaciju smeše metil estara masnih kiselina i glicerola
- uklanjanje neizreagovalog alkohola
- prečišćavanje smeše metil estara masnih kiselina
- karakterizaciju smeše metil estara masnih kiselina.

Dvostepenim procesom omogućeno je parcijalno izdvajanje glicerola kao nusproizvoda reakcije transesterifikacije, čime je omogućeno

lakše razdvajanje faza u II stepenu reakcije. Varirani su molski odnos alkohol/ulje (6:1 i 9:1), količina katalizatora (1% mas. i 1,5% mas.). Temperatura reakcije je 30°C za prvi, odnosno 60°C za drugi stupanj reakcije, broj obrtaja mešalice 400 o/min, a vreme trajanja reakcije 60 min, odnosno po 30 min za svaki stepen reakcije. Postupak transesterifikacije je opisan u radu (8) a šematski prikaz faza eksperimenta dat je na slici 1.

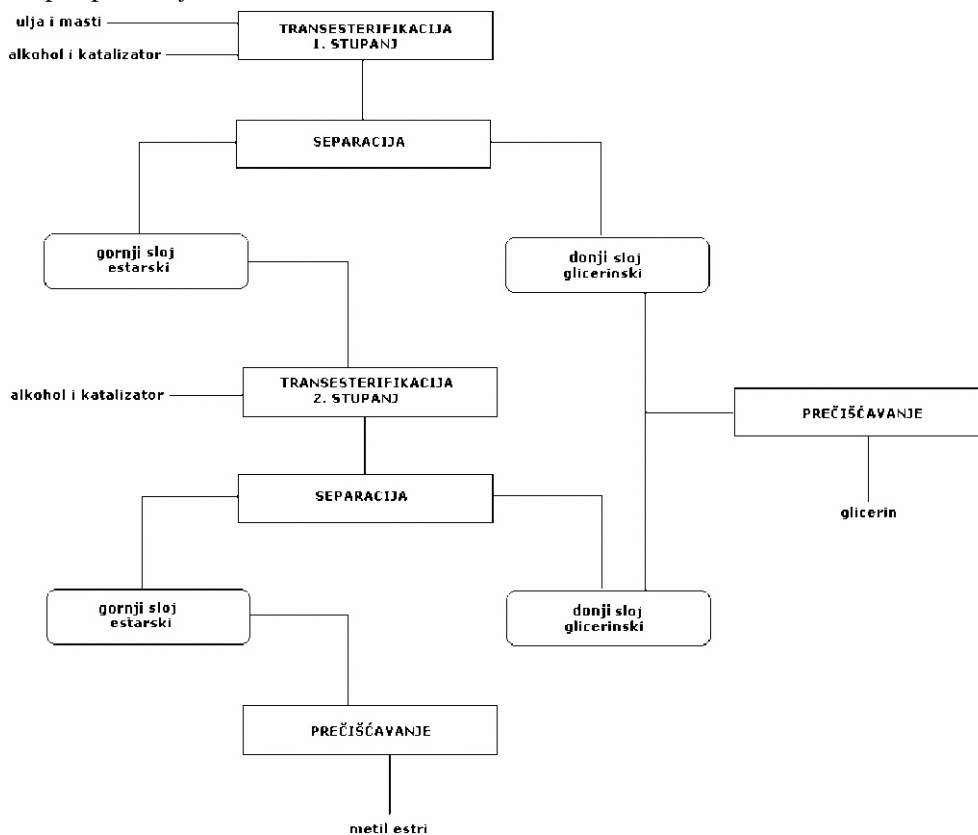
### Prečišćavanje estarskog sloja

Estarski sloj pored neizreagovalog metanola sadrži i sapune nastale reakcijom saponifikacije i druge materije nastale sporednim reakcijama.



Višak metanola je uklonjen uparavanjem u rotacionom uparivaču (260 mbar, 60°C). Nakon toga smeša metil estara masnih kiselina je dalje prečišćavana propuštanjem kroz kolonu za

hromatografiju ispunjenu silika gelom granulacije 0,063-0,200 mm i sredstvom za sušenje  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .



**Slika 1.** Postupak dobijanja biodizela transesterifikacijom  
**Figure 1.** Production of biodiesel by transesterification

#### Analiza metil estara

Prečišćena smeša metil estara je analizirana da bi se utvrdilo da li su karakteristike u skladu sa evropskim standardom za biodizel EN 14214.

Takođe su određeni i prinosi smeše metil estara masnih kiselina. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 3.

**Tabela 3.** Karakteristike smeše metil estara masnih kiselina  
**Table 3.** Characteristics of methyl esters

Karakteristika smeše metil estara masnih kiselina	Sirovina za proizvodnju metil estara							
	Otpadno suncokretovo ulje iz domaćinstva Used frying sunflower oil from household				Otpadno suncokretovo ulje iz restorana Used frying sunflower oil from restaurant			
	metanol/ulje, molski odnos				metanol/ulje, molski odnos			
	6:1		9:1		6:1		9:1	
	NaOH 1% mas.	NaOH 1,5% mas.	NaOH 1% mas.	NaOH 1% mas.	NaOH 1,5% mas.	NaOH 1% mas.	NaOH 1,5% mas.	NaOH 1,5% mas.
$\rho$ , 15°C kg/m <sup>3</sup>	880,9	881,5	883,2	890,4	889,1	889,5	888,7	
$\nu$ , 40°C mm <sup>2</sup> /s	3,32	3,31	3,49	5,0	4,56	4,63	4,59	
Kbr, mgKOH/g	0,465	0,393	0,392	0,365	0,393	0,391	0,266	
Sbr, mgKOH/g	192	193	192	201,96	200,71	202,66	199,94	
Jbr, g/100g	109,75	112,08	117,37	119,30	118,57	117,70	117,67	
CI	50,03	49,09	48,39	46,48	46,82	46,75	47,12	
Prinos, %	88,34	86,34	86,67	86,81	-	69,53	-	

## DISKUSIJA REZULTATA

### Uticaj molarnog odnosa metanol/ulje

Molarni odnos metanol/ulje je jedan od najvažnijih parametara reakcije metanolize ulja. Prema stehiometriji, 3 mola alkohola reaguje sa 1 molom triglicerida, pri čemu se dobija 3 mola metil estera i 1 mol glicerola. Da bi se postigao što veći prinos metil estara, potrebno je reverzibilnu reakciju metanolize izvoditi u prisustvu viška alkohola. Molarni odnos nema značajan uticaj na kiselinski, saponifikacioni i jodni broj metil estara. Međutim, veliki višak alkohola otežava separaciju glicerola, jer se povećava njegova rastvorljivost. Glicerol prisutan u rastvoru, izaziva pomeranje ravnoteže reakcije u pravcu razlaganja produkata, pri čemu se smanjuje prinos metil estara.

To je potvrđeno i u našim ispitivanjima. Naime, molarni odnos 6:1 daje veći prinos metil estara nego molarni odnos 9:1, pri istoj količini katalizatora kod obe sirovine (Tabela 3).

### Uticaj masenog odnosa katalizator/ulje

Sadržaj katalizatora utiče na odigravanje reakcije hidrolize i saponifikacije, a ove reakcija na otežano izdvajanje glicerola od estera kao i na karakteristike samog estera. Povećana količina katalizatora NaOH (1,5% mas.) i molskog odnosa metanol/ulje (9:1) onemogućava efikasnu separaciju faza i prečišćavanje smeše metil estara masnih kiselina, što vodi ka smanjenim prinosima željenog proizvoda, što je naročito izraženo pri metanolizi otpadnog suncokretovog ulja iz restorana sa povećanim sadržajem slobodnih masnih kiselina (kiselinski broj 2,58 mgKOH/g).

Maksimalni prinosi se ostvaruju u slučaju obe sirovine pri molskom odnosu metanol/ulje 6:1 i količini NaOH od 1% mas. u odnosu na masu ulja

i iznose 88,34 % u slučaju otpadnog suncokretovog ulja iz domaćinstva, i 86,81% za otpadno ulje iz restorana i mogu se smatrati prihvatljivim s obzirom na kvalitet sirovine.

### Gustina na 15°C

Prema standardu EN 14214 dozvoljena vrednost gustine biodizela je 860-900 kg/m<sup>3</sup>. Gustina je važan parametar, jer utiče na efikasnost atomizacije goriva, a veličina kapi utiče na brzinu njihovog isparavanja.

Za sve uzorke dobijenih metil estara izračunate vrednosti gustine su u intervalu 880,9-890,4 kg/m<sup>3</sup>, što je u skladu sa granicama predviđenim standardom. Manje gustine imaju smeše metil estara proizvedene od otpadnog ulja iz domaćinstva i kreću se u granicama 880,9-883,2 kg/m<sup>3</sup>, što se i očekivalo s obzirom da i polazna sirovina ima manju gustinu.

### Kinematski viskozitet na 40°C

Kinematska viskoznost,  $\nu$ , u odnosu na gustinu predstavlja osobinu većeg značaja sa stanovišta atomizacije goriva i obrazovanja odgovarajuće veličine kapi koje utiču na brzinu isparavanja i kvalitet obrazovanja gorive smeše, a time i na uslove sagorevanja. Za biodizel, kao motorno gorivo, kinematska viskoznost prema standardu EN 14214 mora biti u opsegu 3,5-5,0 mm<sup>2</sup>/s. Na vrednost viskoznosti metil estara masnih kiselina utiču pored kvaliteta sirovine i stepen separacije metil estara od glicerola i uspešnost postupka prečišćavanja metil estara masnih kiselina.

U našim eksperimentima, viskoznost uzoraka, određena kapilarnim viskozimetrom na 40°C, se kreće u intervalu 3,31-5,0 mm<sup>2</sup>/s. Viskoznost polazne sirovine bitno utiče na viskoznost dobijenih estara. Zbog toga smeše metil estara dobijene

od otpadnog ulja iz restorana imaju veće vrednosti viskoznosti u poređenju sa smešama metil estara otpadnog ulja iz domaćinstva koje su van opsega propisanog standardom EN 14214.

### Kiselinski broj

Kiselinski broj predstavlja merilo sadržaja slobodnih masnih kiselina u biodizelu i određuje se titracionim postupkom (standard EN 14104), a definiše se kao broj mg KOH potrebnih za potpunu neutralizaciju slobodnih masnih kiselina u 1 g uzorka. Prema evropskom standardu EN 14214 maksimalna dozvoljena vrednost iznosi 0,5 mg KOH/g uzorka. Svi naši uzorci imaju kiselinski broj manji od 0,5 mg KOH/g uzorka i zadovoljavaju propisane standarde.

### Jodni broj

Jodni broj je veoma važna karakteristika ulja i masti i njihovih derivata, jer ukazuje na njihovu nezasićenost, tj. prisustvo nezasićenih veza u molekulu. Definiše se kao masa joda koju apsorbuje uzorak pri utvrđenim uslovima definisanim standardom i izražava se u g/100 g uzorka.

Jodni broj metil estara masnih kiselina zavisi od vrste sirovine. Otpadna ulja imaju niže vrednosti jodnog broja od rafiniranih biljnih ulja, jer tokom zagrevanja nezasićene masne kiseline učestvuju u reakcijama polimerizacije i auto-oksidacije, pa se njihov sadržaj smanjuje. Manja vrednost jodnog broja ukazuje na manji stepen odigravanja ovih reakcija, odnosno na manji sadržaj C18:2 i C18:3 (9). Vrednost jodnog broja rafiniranog suncokretovog ulja se kreće u intervalu 120-140 g/100 g. Maksimalno dozvoljena vrednost jodnog broja biodizela prema EN 14214 iznosi 120 g/100 g uzorka.

Vrednosti jodnog broja u radu su izračunate na osnovu hemijskog sastava uzoraka dobijenog GC analizom na osnovu standarda EN 14214 prema kojem je jodni broj jednak sumi proizvoda masenog udela metil estara masne kiseline i njenog faktora. Dobijene vrednosti jodnog broja svih uzoraka metil estara su manje od maksimalno dozvoljene vrednosti propisane standardom, što se moglo i očekivati, jer otpadna ulja imaju manji procenat nezasićenih kiselina u odnosu na rafinirano suncokretovo ulje koje je i korišćeno kao polazno ulje pri termičkoj obradi i u domaćinstvu i u restoranu.

### Cetanski broj i cetanski indeks

Cetanski broj je pokazatelj sklonosti goriva ka samopaljenju. To je najvažnija karakteristika goriva koja se koriste u dizel motorima kod kojih se direktnim ubrizgavanjem goriva (u predko-

moru ili komoru za sagorevanje) u toku takta kompresije smeša samostalno pali na račun toplote komprimovanih gasova. Za određivanje cetanskog broja koristi se standardna metoda, a ceo postupak se izvodi u specijalnim CFR motorima. S obzirom da su motorna ispitivanja cetanskog broja zahtevna, skupa i nedostupna svuda, predložene su različite korelacije za izračunavanje cetanskog broja na osnovu različitih fizičko-hemijskih karakteristika goriva i izražavaju se kao cetanski indeks (10).

Standardom EN 14214 propisana je minimalna vrednost cetanskog broja biodizela od 51, što je identično sa vrednostima cetanskog broja za konvencionalna dizel goriva čije su karakteristike propisane standardima EN 590/350 ppm, EN 590/50 ppm i EN 590/10 ppm i koja su označena kao Euro Diesel 3, Euro Diesel 4 i Euro Diesel 5 i u kojima je definisana i vrednost cetanskog indeksa 46, koja se određuje po standardnoj metodi EN ISO 4264 (11).

U ovom radu cetanski indeks za metil estre masnih kiselina je izračunat na osnovu vrednosti saponifikacionog i jodnog broja prema relaciji Krisnangkura (7) jednačina (b). Dobijene vrednosti se kreću oko srednje vrednosti 48, što je veće od minimalno propisane vrednosti za konvencionalna dizel goriva od 46. Pojedini parametri reakcije nemaju značajan uticaj na vrednost cetanskog indeksa.

## ZAKLJUČAK

Karakteristike biodizela dobijenog bazno-katalizovanom transesterifikacijom dve različite sirovine otpadnog ulja posle prženja ukazuju na sledeće:

- Gustina i kinematski viskozitet sirovine utiče na gustinu i kinematski viskozitet metil estara; veće vrednosti ovih veličina kod sirovine utiču i na dobijene veće vrednosti kod krajnjeg proizvoda
- Vrednosti kiselinskog i jodnog broja zavise od sastava sirovine. Otpadna biljna ulja imaju veći kiselinski broj i manji jodni broj od rafiniranih ulja. Svi uzorci metil estara imaju kiselinski broj manji od 0,5 mg KOH/g, a jodni broj manji od 120 g/100 g. Izabrani parametri reakcije u ovom radu nisu značajno uticali na promenu vrednosti kiselinskog broja metil estara.
- Cetanski indeks biodizela takođe zavisi od sastava sirovine, a dobijene vrednosti se kreću oko srednje vrednosti 48, koja je veća u odnosu na vrednost CI konvencionalnog dizela propisana standardom EN 590.

- Dobijeni rezultati ukazuju da se biodizel zadovoljavajućeg kvaliteta u skladu sa standardom EN 14214, može dobiti i od otpadnih ulja sa kiselinski broj do 2,5 mgKOH/g bez njihovog prethodnog tretmana sa kiselo-katalizovanim postupkom transesterifikacije, korišćenjem postupka sa međufaznom separacijom smeše metil estara i glicerola.

## LITERATURA

1. Furman, T., Biodizel - alternativno i ekološko tečno gorivo, Monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2005.
2. Fulton L., Biofuel costs and market impacts in the transport sector, Energy prices & taxes, (2005)
3. González Gómez, M. E., Howard-Hildige, R., Leahy, J.J., Rice, B., Winterisation of waste cooking oil methyl ester to improve cold temperature fuel properties, Fuel, 81: 33-39, (2002)
4. Rice, B., Pelkmans, L., Mittelbach, M., Waste oils and fats as biodiesel feedstocks: assessment of their potential in the EU, Teagasc, Ireland, (2000)
5. Freedman B., Pryde E. H., Mounts T. L., Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils, J. Am. Oil Chem. Soc., 61: 10 (1984)
6. Hanna A.M., Ma F., Biodiesel production: a review, Bioresource Technology, 70: 1-15, (1999)
7. Krisnangkura, K., A Simple Method For Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Esters, J. Am. Oil Chem. Soc., 63: 552-553 (1986).
8. Predojević Z., Koveljen I., Metanoliza sunco-kretovog otpadnog ulja, 47. Savetovanje industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica", Zbornik radova, 153-160, Herceg Novi, 2006.
9. Knothe, G., Structure indices in FA Chemistry. How relevant is iodine value?, Review, J. Am. Oil Chem. Soc., 79: 847-854 (2002)
10. Predojević, Z., Sokolović S., Karakteristike tečnih goriva, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2005.
11. EN 590 Automotive fuels - Diesel- Requirements and test methods

# RAZVOJ I PERSPEKTIVE PROIZVODNJE MARGARINA

Živka Antonić, Gordana Cvetkovic, Anica Gračanin, Vladimir Bogdan

*U radu je dat kratak prikaz razvoja margarina od njegovog nastanka 1869. do 2005. godine. Smatralo se da prema svom sastavu, margarin spada u veoma važne namirnice sa prisustvom tokoferola, masnih kiselina a bez prisustva holesterola. Međutim, od kada zahtevi tržišta postaju visoki, a potrošači sve više informisani, proučavanje hidrogenovanih masti, odnosno trans izomera, koji u tom procesu nastaju i njihovog uticaja na ljudsko zdravlje, interes ka ovom proizvodu se u poslednjih nekoliko godina smanjuje. Cilj ovog rada je bio da se na bazi literaturnih podataka, i rezultata sopstvenog istraživanja, prikažu neke osnovne informacije o margarinu uopšte, njegovom značaju u ishrani kao i razvoj margarina koji se menjao razvojem tehnologije, uticajem potrošača, nutricionista i uslovima koje je diktiralo tržište.*

*Ključne reči: margarin, razvoj, proizvodnja, potrošnja*

## DEVELOPMENT AND PERSPECTIVES OF MARGARINE PRODUCTION

*In this paper the short survey of margarine development is presented, covering the period of its appearance in 1869, until 2005. Regarding the composition, margarine was considered to be a very important foodstuff, containing ingredients like tochoferol, fatty acids and no cholesterol at all. However, since the market requests have grown and the customers became better informed, evaluation of hydrogenated fats i.e. trans isomers which derive from the process and their impact on human health had as a consequence a diminished interest in this product. The aim of this report was to show, based on figures from literature and own investigation results, some general information on margarine, its significance in the diet as well as the development process influenced by new technologies, customer requests, nutritionists opinions and conditions at the world market.*

*Key words: margarine, development, production, consumption*

## ISTORIJAT

Margarin je prvi put napravljen 1869. godine, na zahtev Napoleona III, kao zamena za buter. Hippolyte Mège Mouriès, francuski hemičar je u laboratoriji podvrgao očvršćavanju pročišćene masti, nakon čega je ova supstanca presovana u tanki sloj formirajući stearin i otpuštajući ulje (1). Analizom masnih kiselina koje se nalaze u mastima Mouriès je zapazio jednu interesantnu kiselinu, koja je podsećala na biser, grčki "margarites" biser. Još uvek nije sasvim jasno da li je osnovni cilj proizvodnje margarina bio poboljšanje ishrane široke populacije ili ekonomski uslovi prilikom snabdevanja hranom francuske vojske. Mège Mouriès je 1871. god. prodao svoj patent Danskoj kompaniji Jurgens koja je danas deo Unilevera. Nakon godinu dana Holandija je počela proizvodnju margarina i počelo je

snabdevanje razvijenih oblasti Engleske i Nemačke. Prvi margarini su se sastojali od dve vrste masti: velikog udela animalnih masti i manjeg udela biljnih masti. Proizvodnja margarina je evoluirala u smeru poboljšanja procesa rafinacije ulja i došlo se do saznanja da bi se margarin mogao praviti od kombinacije biljnih ulja i biljnih masti, kao imitacija maslaca. Sa druge strane, razvojem procesa pretvaranja biljnih ulja u biljne masti do stepena komercijalizacije, proizvod bi se mogao dobijati od velikih količina biljnih ulja. Proces hidrogenovanja doveo je do velikog razvoja i velikog porasta industrije margarina. Margarin je prestao biti zamena maslacu i danas je to u celom svetu samostalna namirnica sa širokim spektrom upotrebe.

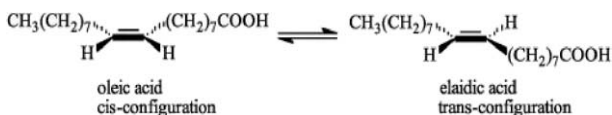
## MARGARINI DANAS

Hidrogenovana ulja i masti ulaze u ljudsku ishranu početkom 20. veka kada je i razvijen ovaj

---

Živka Antonić, Gordana Cvetkovic, Anica Gračanin, Vladimir Bogdan, Fabrika ulja i biljnih masti "Vital", Vrbas

postupak. U ranom periodu primene hidrogenovanih masti bile su sasvim jasne prednosti upotrebe ovog procesa, posebno kod prevođenja oksidativno veoma nestabilnih ulja u stabilne masti koje su se uspešno primenjivale u proizvodnji margarina i šorteninga. Proučavanje hidrogenovanih masti, odnosno *trans* izomera masnih kiselina koji u tom procesu nastaju i njihovog uticaja na zdravstveno stanje ljudskog organizma, usledilo je tek nakon razvoja savremenih analitičkih metoda preko kojih je u potpunosti identifikovan njihov sadržaj. Nezasićene masne kiseline *trans* konfiguracije prisutne su u manjim količinama u znatnom broju namirnica i u prirodnom obliku (produkuju ih gram negativne bakterije u anaerobnim uslovima). Ustanovljeno je, na primer, da se u kravljem mleku nalaze u količini od 2 - 8%, zavisno od načina ishrane goveda i godišnjeg doba. Prema ispitivanjima (2) elaidinska masna kiselina (oleinska kiselina u *trans* konfiguraciji) se nalazi u kravljem mleku u sadržaju od 3,5 - 5%. Nezasićene masne kiseline se nalaze i u mleku ostalih preživara, kao i u mesu preživara, na primer u goveđem loju u količini od 4,9 %. Naročito velika količina *trans* izomera nastaje kada se biljna ulja i ulja morskih riba prevode u čvrsto stanje katalitičkom hidrogenacijom. Prilikom pretvaranja tečnih ulja u čvrste masti, jedan deo nezasićenih masnih kiselina pretvara se u zasićene (potpuna hidrogenacija) dok drugi deo prelazi iz *cis* u *trans* oblik (delimična hidrogenacija). Dvostruke veze kod esencijalnih masnih kiselina su ograničene izvesnim pozicijama u alifatskim kiselinama i sve su u *cis* položaju. *Trans* izomeri se nalaze u relativno većim količinama u hidrogenovanim biljnim i životinjskim mastima. Nalaze se i u margarinima i biljnim mastima ili u proizvodima na bazi margarina i biljnih masti u čijoj osnovi se nalaze delimično hidrogenovane biljne masti.



**Slika 1.** *Cis* i *trans* konfiguracija masnih kiselina sa jednom dvostrukom vezom

**Figure 1.** *Cis* and *trans* configurations of fatty acids with one double bond

U zavisnosti od sadržaja masnih kiselina u hidrogenovanom ulju oni završavaju u margarinima, a nakon ljudske konzumacije odlaze u tkivo. Mnogobrojne stručne studije i eksperimentalne analize su pokazale da *trans* oblici nezasićenih masnih kiselina dovode do značajnog porasta ukupnog i LDL-holesterola, što ima za

posledicu ubrzani razvitak ateroskleroze i koronarne bolesti. Postavlja se pitanje: kolika je količina *trans* izomera prihvatljiva u dobro balansiranoj ishrani? Gornja granica unošenja *trans* izomera sa raznim namirnicama je oko 6 g/dan/osobi (3). Povećanje dnevnog unosa masnih kiselina, odnosno *trans* izomera u organizam uzrokovano je, između ostalog, unosom hidrogenovanih biljnih masti, ali pretpostavlja se da to nije glavni izvor. Kao rezultat ove novonastale promene, vodeći svetski proizvođači margarina i šorteninga u poslednjih 20 godina pomeraju sadržaj *trans* izomera na niže. U mnogim zemljama je sadržaj *trans* masnih kiselina limitiran na 5%, što se u tehnološkim uslovima pod kojima se danas proizvodi hidrogenovana mast ne može postići. Promene koje vode ka nižem sadržaju *trans* izomera idu u pravcu promena tehnika hidrogenovanja i izboru sirovina i procesa za dobijanje takvih proizvoda. Uvođenjem procesa interesterifikacije i frakcione kristalizacije izbegava se prisustvo *trans* izomera.

Takođe, uvodi se novi pojam na ambalažnom pakovanju margarina "Trans fat free" ili 0-*trans*. Deklaracija novijih proizvoda na tržištu se vrši na sledeći način: sastojci od prirodnih masti bez sadržaja *trans* izomera ili margarin bez hidrogenovanih masti i naglašava se nepovoljan uticaj prilikom unosa *trans* masnih kiselina za dati dnevni unos u organizam. Do sada u većini zemalja nema jasnog stava koliko margarin sme da sadrži *trans* izomera. Međutim, postoje predlozi propisa koji treba da definišu šta je 0-*trans* i šta se mora napisati na ambalaži (4, 5). Ovakvo stanje doprinelo je znatnom padu proizvodnje margarina.

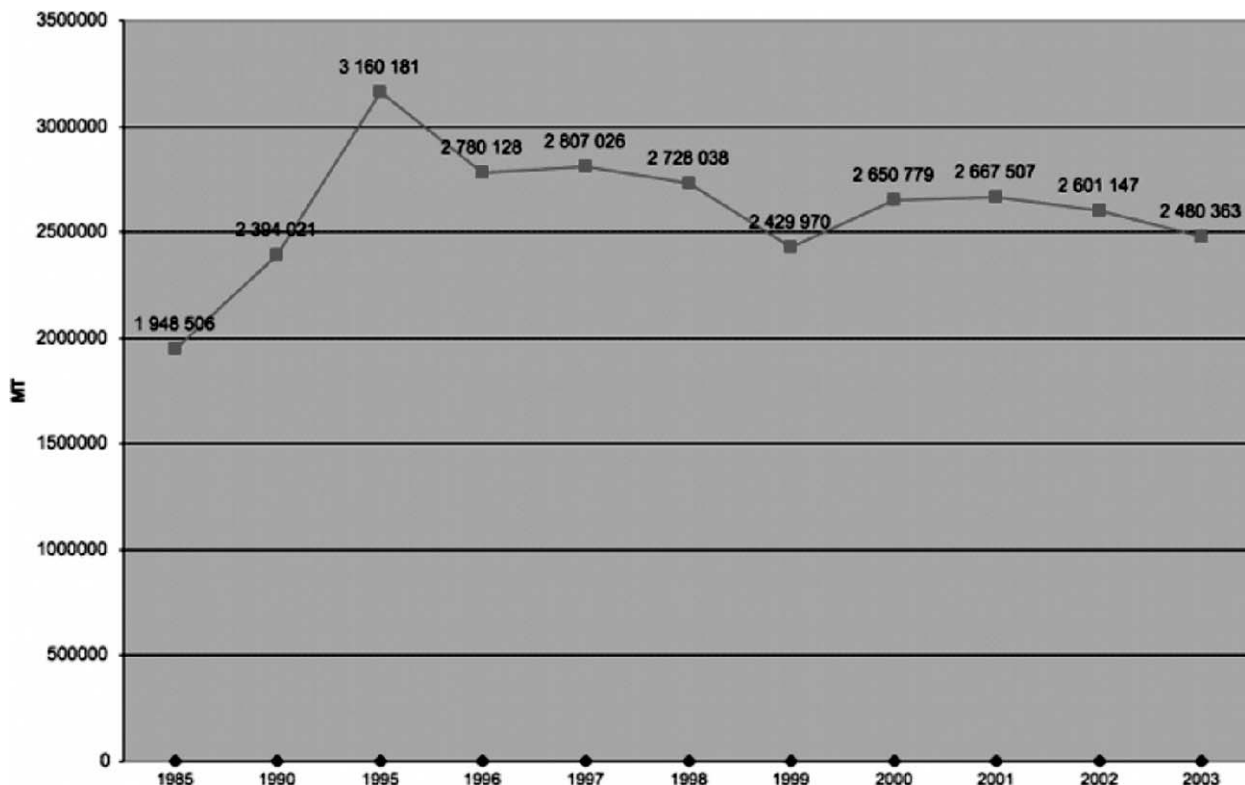
## STATISTIČKI PODACI PROIZVODNJE I KONZUMACIJE MARGARINA U EVROPI

Slika 2 predstavlja grafički prikaz proizvodnje margarina u periodu od 1985. do 2003. godine. Jasno se vidi da je porast proizvodnje margarina dostigao svoj maksimum u 1995. godini kada je proizvodnja margarina u Evropi iznosila 3.160.181 t. Nakon toga, proizvodnja margarina opada i 1999. godine iznosi 2.429.970 kg. Tendencija ka opadanju proizvodnje margarina se nastavlja do danas.

Ukupna proizvodnja margarina i masnih namaza u 2003. godini u pojedinim članicama zemalja Evropske Unije data je na slici 3. Nemačka i Engleska prednjače u proizvodnji margarina sa 19% i 16% od ukupne proizvodnje margarina u 2003. godini, koja je za evropske

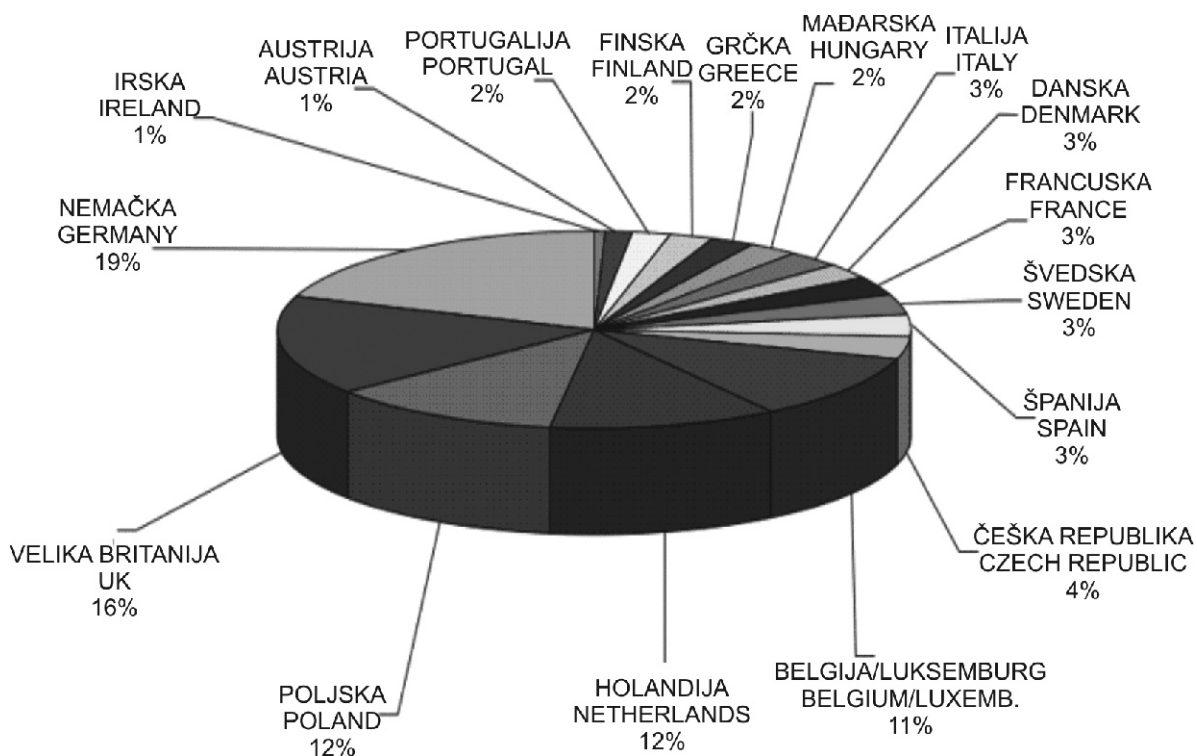
zemlje članice IMACE (International Margarine Association of the Countries of Europe) u celosti iznosila 2.480.363 t. Holandija ima 12%, a Belgija

11% u proizvodnji margarina u 2003. godini, dok su Austrija i Irska imaju najmanji udeo u proizvodnji margarina od 1%.



Slika 2. Proizvodnja margarina i namaza u EU u periodu 1985-2003. godine

Figure 2. Production of margarine and blends in the EU in 1985-2003.



Slika 3. Ukupna proizvodnja margarina i masnih namaza u EU u 2003.god.

Figure 3. Total margarine, spreads and spread production EU, 2003

**Tabela 1.** Potrošnja margarina i masnih namaza u 1999. i u 2003. godini za pojedine evropske Zemlje  
**Table 1.** Consumption of margarine and spreads in 1993 and 2003 for some european countries

EU-25	1993			2003		
	Potrošnja (u MT) Consumption (in MT)	Stanovništvo Population (inhabitants)	Potrošnja p.c. Consumption p.c.	Potrošnja (u MT) Consumption (in MT)	Stanovništvo Population (inhabitants)	Potrošnja p.c. Consumption p.c.
Austrija	49.819	7.805.000	6,38	32.545	8.098.000	4,02
Belgija	112.474	10.170.000	11,06	113.494	10.396.421	10,92
Danska	72.967	5.169.000	14,12	51.015	5.300.000	0,96
Finska	58.330	5.020.000	11,62	51.300	5.200.000	9,87
Francuska	222.312	57.379.000	3,87	165.539	59.765.000	2,77
Nemačka	620.102	80.606.000	7,69	483.736	82.518.000	5,86
Grčka	39.200	10.208.000	3,84	64.014	10.964.020	5,84
Irska	15.750	3.481.000	4,52	12.115	3.500.000	3,46
Italija	98.756	57.826.000	1,71	77.702	58.057.477	1,34
Holandija	182.875	15.270.000	11,98	143.172	16.221.695	8,83
Portugalija	58.008	9.870.000	5,88	284.098	38.632.500	7,35
Španija	91.876	39.153.000	2,35	42.594	10.335.600	4,12
Švedska	143.984	8.692.000	16,57	89.500	40.000.000	2,24
Velika Britanija	504.543	57.826.000	8,73	413.198	59.500.900	6,94
Ukupno Total	2.270.996	368.475.000	6,16	2.094.344	417.465.283	5,02

## ZAKLJUČAK

Proizvodnja margarina doživljava svoj najveći uspon 1996. god. sa 3.160.181 t, a najveći pad u 1999. godini, prema informacijama IMACE.

U 2003. godini proizvodnja margarina i masnih namaza u EU iznosila je 2.480.363 t. Pet najvećih zemalja proizvođača su: Nemačka (481.121 t), Engleska (409.200 t), Poljska (296.058 t), Holandija (289.317 t) i Belgija (267.701 t).

Ostali veliki svetski proizvođači su: Amerika (990.000 t), Brazil (485.900 t), Turska (276.989 t) i Japan (247.576 t).

Prema informacijama IMACE ukupna konzumacija "per capita" margarina i masnih namaza u EU je u 2003. godini bila 5.02 kg, dok je pre deset godina u 1993. god. bila 6.16 kg.

Margarin se i dalje smatra važnom namirnicom u ljudskoj ishrani, ali se danas teži ka proizvodnji margarina putem procesa interesterifikacije ili postupka fracioniranja, kako bi se izbeglo prisustvo *trans* - izomera (6).

## LITERATURA:

1. Rac M., Ulja i masti, Poslovno udruženje proizvođača biljnih ulja i masti, Beograd, 1964.
2. Christian Gertz, Transfettsaeuren in Lebensmitteln. Vorkommen, Analytik, Wirkung, Beurteilung, DGF, Bremen 1996.
3. Lazar i Ljiljana Lepšanović: Klinička lipidologija, Savremena administracija, Beograd 2000.
4. Kuč R., I Verešbaranji, Lj. Bekić, S. Demković, Sadržaj masnih kiselina u domaćim i stranim margarinima, 41. Savetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, 2000.
5. Kuč R., Margarini juče, danas, sutra, Hrana u 21. veku, Zbornik radova, Subotica, 2001.
6. Vrbaški Ž., V. Đurković, S. Miljanić, Trans izomeri u produktima industrije ulja, 41. Saveetovanje: Proizvodnja i prerada uljarica, Zbornik radova, Herceg Novi, 2000.
7. <http://www.imace.org>



# INDUSTRIJA ULJA SRBIJE U PROIZVODNJI SUNCOKRETA I ULJA

*Olga Čurović, Georgije Dujin, Etelka Dimić*

*Analizirani su proizvodnja suncokreta i ulja u periodu od 2000-2006. godine sa osvrtom na uslove proizvodnje u 2006. godini. Proizvodnja je otpočela sa lošim vremenskim i klimatskim uslovima zbog čega je setva kasnila. Analizirani su ekonomski uslovi i rezultati koji su isto tako važni kao i proizvodni. U radu smo se ovoga puta osvrnuli na cene suncokreta i ulja.*

*Ključne reči: suncokret, ulje, proizvodnja, cene*

## PRODUCTION OF SUNFLOWER AND OIL IN SERBIA

*Sunflowerseed and oil production in the period from 2000 to 2006 was analyzed, with review on production conditions in 2006. Weather and climate conditions were poor at the beginning of the production, so the sowing was late. The economy conditions and results, as important as the production ones, were also analyzed. Sunflower and oil prices are also discussed.*

*Key words: sunflower, oil, production, price*

Industrija za preradu uljarica i proizvodnju ulja jedna je od vodećih prehrambenih delatnosti privrede Srbije. Dugogodišnji razvoj industrije ulja u različitim društveno-ekonomskim sistemima bio je uspešan i dao je doprinos prestrukturiranju ratarske proizvodnje u korist intenzivnih kultura. Sa modernizacijom industrije ulja modernizovala se i primarna poljoprivredna proizvodnja. Dinamičan razvoj industrije ulja, a i ukupnog agrara, naročito je izražen u periodu osamdesetih godina prošlog veka.

U agrarnoj proizvodnji, industrija ulja na prostorima bivše Jugoslavije i države Srbije i Crne Gore, i današnje Republike Srbije je faktor profitabilne agrarne proizvodnje. Značajni rezultati ostvareni su i u naučnoj oblasti: Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu stvorili su hibride suncokreta, tolerantne na biljnu bolest koju izaziva gljivica *Phomopsis*. Takođe su stvorene visoko-produktivne sorte soje. Iz godine u godinu stvaraju se novi hibridi suncokreta i soje, a otpočela je i značajna proizvodnja semena uljane repice.

U sadašnjim društveno-ekonomskim uslovima, gde funkcioniše tržišna privreda i procesi

privatizacije, industrija ulja i "Sojaprotein" nastavlja modernizaciju proizvodnje i postaje faktor stabilizacije tržišta kroz delovanje tržišnih zakonitosti, te daje ogroman doprinos u platnom bilansu zemlje.

Suncokret je biljna vrsta kojoj pripada najznačajnija proizvodnja biljnog ulja u svetu, pored ulja dobijenog od soje, palme i uljane repice. U Srbiji je suncokret osnovna biljna vrsta za proizvodnju jestivog ulja. Površine pod suncokretom u našoj zemlji se menjaju iz godine u godinu i kreću se od 150.000 do 220.000 hektara. Površine zavise od plodoreda, klimatskih uslova, politike cena, ekonomskog položaja proizvođača i niza drugih faktora.

Uslovi za proizvodnju svih prolećnih ratarskih kultura, pa i suncokreta, u 2006. godini, su na početku vegetacije bili nepovoljni u celoj Srbiji. Izražena vlažnost zemljišta, visok nivo podzemnih voda i poplave u periodu optimalnom za setvu suncokreta, u skoro svim regionima gajenja, su se negativno odrazili na prinose. Povećana vlažnost je omela setvu u optimalnom roku, povećala zakorovljenost, što je dovelo do umanjenja prinosa. Loši vremenski uslovi su se nastavili i naročito bili izraženi u aprilu kada je optimalan rok za setvu suncokreta. Nailazi veliki broj kišnih dana i prouzrokuje poplave, tako da su mnoge njive bile pod vodom ili imale visok nivo

Olga Čurović, PZ DOO "Industrijsko bilje" Novi Sad, Georgije Dujin, Fabrika ulja "Dijamant" Zrenjanin, Etelka Dimić, Tehnološki fakultet, Novi Sad

podzemnih voda. Posledica loših vremenskih prilika je da je samo 25% ukupnih površina posejano u optimalnom roku, dok je 75% posejano u maju i junu. Međutim, vremenske prilike u drugom delu vegetacije, u julu, avgustu, septembru i oktobru, povoljno su uticale na sazrevanje i žetvu suncokreta. Tako su i pored nepovoljnih uslova u početnim fazama razvoja suncokreta postignuti veoma zadovoljavajući prinosi i ukupni rezultati proizvodnje.

Prema podacima fabrika ulja u našoj zemlji, u 2006. godini je organizovana proizvodnja suncokreta na površini od oko 190.000 ha. U proizvodnji suncokreta dominirali su hibridi koji su gajeni i u prethodnim godinama sa prinosima od oko 2 t/ha.

Rekordan rod suncokreta, zabeležen 2004. godine, kada je ostvaren otkup od 465.879 t sa 221.523 ha, je doprineo činjenici da se mogu zadovoljiti potrebe industrije ulja u sirovini iz domaće proizvodnje. Ovako dobrim rezultatima je prethodila odluka Vlade Republike Srbije kada je uvela premije za suncokret i soju u 2003. godini. Te godine premija za suncokret je iznosila po hektaru 4.000 dinara, da bi 2004. godine ona bila 2 dinara po kilogramu, a u 2005. godini 1,5 dinar po kilogramu, s tim da se premija isplaćivala samo registrovanim poljoprivrednim gazdinstvima. Posle tri godine, u kojoj je značajnu stimulaciju za setvu suncokreta i soje poljoprivrednim proizvođačima davala i premija, u 2006. godini je premija ukinuta.

Poljoprivredni proizvođači, zbog ukinute premije nisu negodovali, niti su se obratili Vladi Srbije sa zahtevom da premije za uljarice ostanu. Oni su pritiskali fabrike za preradu i kroz ugovore sa njima tražile za sebe najbolje rešenje. Zahtevali su da se proizvodnja suncokreta i soje ugovara u čvrstoj valuti, to jest u Evru, što im se izašlo u susret. Tako je ugovarana proizvodnja u 2006. godini suncokreta i soje po ceni koja je važila prethodne godine, preračunata u Evro, što iznosi 175 Evra po toni za suncokret, a 195 Evra po toni za soju. Ova cena je neto bez PDV-a. Sa obračunom poreza i ostalih zavisnih troškova cena za suncokret iznosi preko 205 Evra po toni, a za soju preko 225 Evra po toni.

Ugovorena proizvodnja u Evrima je poljoprivrednim proizvođačima davala sigurnost da će tim putem ostvariti cenu iz prethodne godine i ukinute premije. Samo da se podsetimo, radi kontinuiteta, da je cena suncokreta u 2005. godini po ugovorima sa proizvođačima iznosila 12 dinara po kilogramu plus 1,5 dinar premije. Otkupne cene su, međutim, povećavane tokom žetve i one su u proseku iznosile 15 do 16 dinara po kilo-

gramu. Fabrike ulja su maksimalno izašle u susret poljoprivrednim proizvođačima i u ugovorenom roku isplatile suncokret po otkupnim cenama, koje su na kraju vezali za Evro i tako ušle u narednu godinu.

Poljoprivredni proizvođači su i sledeće 2006. godine bili nezadovoljni, zbog kursa dinara koji se nepovoljno odrazio na evro u vreme otkupa suncokreta i soje. Cena je ostala na ugovorenom nivou u evrima, jer je to čvrsta valuta. Kako i koliko će se to nezadovoljstvo odraziti na setvene površine u 2007. godini je od velike važnosti i za poljoprivrednike i za fabrike ulja, a sigurno i državu.

**Tabela 1.** Kretanje cena suncokreta

**Table 1.** Sunflower prices

Godina	Otkupna cena [din/kg]	Premija [din]	Otkupna cena [Evro/kg]	Premija [Evro]
2000.	7	-	0,115	-
2001.	12	-	0,20	-
2002.	12	-	0,20	-
2003.	12	4000/ha	0,17	57,97/ha
2004.	12	2 din/kg	0,15	0,026/kg
2005.	15,5	1,5 din/kg	0,18	0,017/kg
2006.	14	-	0,175	-

Proizvodnja suncokreta 2006. godine će se u zalihama nalaziti za preradu tokom 2007. godine. Tako se nekad dogodi da je proizvodnja ulja veća u godini u kojoj se manje proizvodi suncokreta i obrnuto.

Proizvodnja sirovog ulja u kalendarskoj 2006. godini ukupno je iznosila (od suncokreta i soje) 196.208 tona, od čega jestivog ulja 108.914 tona. Očito da ova proizvodnja zadovoljava domaće potrebe, tako da su fabrike ulja veći deo plasirale na domaćem tržištu i u oštroj međusobnoj konkurenciji bile prinuđene da "poboljšavaju" uslove prodaje, bilo kroz duži rok naplate (duže od 30 dana), odobravanje rabata u zavisnosti od količine prodate robe, a tokom druge polovine 2006. godine značajno snižavale cene ulja. Tako su cene ulja na tržištu bile niže od cena po kojima su bile prodavane u isto vreme prethodne godine. Cena ulja u maloprodaji u velikim marketima je iznosila i ispod 70 dinara po litri, koliko je iznosilo 2005. godine.

Oštra i neloyalna konkurencija na domaćem tržištu izazvana ne samo od spoljnih proizvođača već i domaćih konkurentskih preduzeća, su oborili cenu ulja, što je svakako dobro došlo kako

smirivanju inflacije i tržišta, tako i potrošača. Ako na ovome ostane to su dobre strane konkurentne borbe. Međutim, kako sve ima dva kraja, negativne posledice mogu da se odraze u 2007. godini. Pre svega, niska cena finalnog proizvoda diktiraće i cenu sirovine iz domaće proizvodnje, pa će cena suncokreta morati da ostane na sadašnjem nivou. Sadašnji nivo cene suncokreta (175 evra /t) i kurs dinara od 80 dinara za 1 evro nije već sada stimulativan za setvu, što znači da će zbog manje setve biti nedostatak sirovine iz domaće proizvodnje. To će sigurno podići cenu suncokreta i više od potrebnog, a time i cene finalnog proizvoda to jest ulja. Međutim, ukoliko su kretanja slična i u svetu, onda za formiranje cena ne važe nikakvi opipljivi parametri, cene sirovine rastu iznad cena finalnog proizvoda, a cena finalnog proizvoda (ulja) poskupljuje do nivoa kupovne moći stanovništva. Ne treba zaboraviti da za ulje u krajnjoj nuždi postoji supstitut, a to je mast i slično.

**Tabela 2.** Kretanje cena jestivog ulja  
**Table 2.** Prices of edible oil

Godina	Din/lit	Evro/lit
1999/2000	9,5	0,22
2000/2001	38,50	0,64
2001/2002	49,5+20% porez	0,82+porez
2002/2003	53,90	0,90
2003/2004	53,90	0,78
2004/2005	53,90	0,69
2005/2006	69,00	0,80
2006/2007	60	0,75

Svake godine, pa i ove, iskazuje se višak ulja. Situacija u pogledu raspolaganja našim pro-

torom i tržištem određuje obim roba dovoljnim da se podmiere domaće potrebe, kao i deo koji mora da bude plasiran na strano tržište. Koliku god proizvodnju ostvarili od industrijskog bilja, gotovo da uvek imamo dovoljno za svoje potrebe i deo za izvoz, jer smo mala zemlja i još siromašna. Zato treba voditi računa o ekonomičnosti proizvodnje a ne samo o tome da ima viška roba za izvoz. Naši proizvodi moraju biti konkurentni na svetskom tržištu. Iskazani višak od oko 60.000 tona ulja u 2005. godini (jer je prethodna rekordna), a s obzirom da će se proizvesti oko 150.000 tona u 2006. godini samo od suncokreta, imaćemo ulja daleko više za izvoz, jer se procenjuje da su naše potrebe na nivou od oko 80.000 tona.

U drugom kvartalu 2004. godine doneta je Uredba kojom se stimuliše izvoz ulja od 10 dinara po litri, što je svakako doprinelo da se značajne količine ulja izvoze. Tako je u 2005. godini ostvaren devizni priliv od 42 miliona US dolara. Na žalost stimulacije na izvoz jestivog ulja su ukinute za 2006. godinu, pa je i devizni priliv bio svega 30,9 miliona USD, što je za 26% manje u odnosu na prethodnu godinu. Pored ranije iznetih činjenica i ova mera Vlade Srbije doprinela je da su fabrike ulja bile izložene veoma oštroj i nelojalnoj konkurenciji na sve više liberalizovanom domaćem i stranom tržištu, bez zaštite domaće proizvodnje i stimulacija za izvoz.

Naša zalaganja da se uvedu stimulacije na izvoz jestivog ulja kao i drugih finalnih proizvoda iz grupacije koju pokriva ova Poslovna zajednica je prihvatila Vlada Srbije i uvrstila u Budžet Republike Srbije za period januar-mart 2007. godine. Naše zalaganje će biti da se stimulacije na izvoz produže za naredni period.

**Tabela 3.** Proizvodnja suncokreta i jestivog ulja  
**Table 3.** Production of sunflowerseed and edible oil

Godina	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Ukupna proizvodnja suncokreta (t)	Otkup suncokreta (t)	Ukupna proizvodnja ulja (t)
2000.	134.899	1,6	215.838	189.023	71.828
2001.	161.145	1,95	314.232	294.600	111.948
2002.	157.685	1,94	305.910	273.040	103.755
2003.	225.000	1,99	447.750	410.000	164.000
2004.	221.523	2,11	468.379	465.879	187.352
2005.	206.769	1,80	371.200	361.580	137.400
2006.	189.651	2,06	391.630	386.630	154.652

U 2006. godini je pod suncokretom bilo zasejano 189.651 hektara, proizvedeno je 391.630

tona, a otkupljeno 386.630 tona suncokreta od čega će se proizvesti 154.652 tone ulja.

## ZAKLJUČAK

Industrija ulja je značajna privredna grana privrede Srbije, koja je doprinela stabilizaciji tržišta i cena. Najrodnija godina je bila 2004. kada je prerađeno cca 470.000 tona suncokreta i proizvedeno cca 190.000 tona ulja. Proizvodnja u 2006. godini je kasnila zbog lošeg vremena, pa je setva obavljena na svega 25% površina u optimalnom roku. Druga polovina godine imala je dobre vremenske uslove, što je doprinelo solidnom rodu od cca 390.000 tona suncokreta od

čega će se proizvesti 155.000 tona ulja. Cene suncokreta i ulja su varirale tokom drugog dela analiziranog perioda. Pored proizvodnje, cene su danas često važniji faktor za ostvarivanje dobrih ekonomskih efekata na tržištu kakvo je naše.

## LITERATURA

1. Podaci Republičkog zavoda za statistiku;
2. Čurović O., Proizvodnja i prerada industrijskog bilja, str 52-87, 2006.