



Proizvodnja i

Prerada

Uljarica

Zbornik radova

60. Savetovanje industrije ulja

Production and Processing of Oilseeds

Proceedings of the 60th Oil Industry Conference



Improve your lecithin quality

Alternative pre-treatment for higher
added value in your crushing plant



GEA engineering for
a better world

GEA EEC Serbia
Konstantina Jovanovića 10
11080 Beograd, Srbija
Tel : +381 11 4053 722 ,fax :+381 11 4053 618
www.gea.com

Extracting the most value

Superior solutions for optimized total cost of ownership, with more than 400 oil processing units built worldwide

STATE OF THE ART

- Unit processes (sliding cell extractor, multi-functional deodorizer, falling film evaporator)
- Product specifications (low GE and 3-MCPD, enriched tocopherols)
- Sustainable technologies (zero effluent waste steam generation, waterless neutralization)

COMPLETE CHOICE

- From oilseeds, fats to value products (edible oils, proteins, biofuels, green-chemicals)
- From initial concept to complete project, upgrades and lifetime support
- Flexible multi-feed operations



60. JUBILARNO SAVETOVANJE
60th JUBILEE CONFERENCE

PROIZVODNJA I PRERADA
ULJARICA

sa međunarodnim učešćem

PRODUCTION AND
PROCESSING OF OILSEEDS

with international participation

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS

Herceg Novi, Crna Gora
16-21. jun 2019.

IZDAVAČI
PUBLISHERS

UNIVERZITET U NOVOM SADU, TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD
UNIVERSITY OF NOVI SAD, FACULTY OF TECHNOLOGY NOVI SAD
INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO NOVI SAD
INSTITUTE OF FIELD AND VEGETABLE CROPS NOVI SAD
DOO „INDUSTRIJSKO BILJE” NOVI SAD
BUSINESS ASSOCIATION „INDUSTRIAL PLANTS” NOVI SAD

UREĐIVAČKI ODBOR
EDITORIAL BOARD

Prof. dr Biljana Pajin, Doc. dr Ranko Romanić, Dr Vladimir Miklič, Dr Vojin Đukić,
Mr Zvonimir Sakač, Dr Olga Čurović, Zoran Nikolovski, dipl. inž., Gordan Paren-
ta, dipl. inž., Nada Grbić, dipl. inž., Milan Ševo, dipl. inž., Dragan Trzin, dipl. inž.,
Vladimir Šarac, dipl. inž.

UREDNIK
EDITOR

Savet tehnologa

TEHNIČKI UREDNICI
TECHNICAL EDITORS

Doc. dr Ranko Romanić
Dr Ivana Lončarević

ADRESA IZDAVAČA
PUBLISHER'S ADDRESS

DOO „INDUSTRIJSKO BILJE”, NOVI SAD
21000 Novi Sad, Vojvode Mišića 1, Srbija
Tel/fax. +381 21 66 16 633, +381 21 66 24 311, +381 21 66 12 135
e-mail: office@indbilje.co.rs

ŠTAMPA
PRINT



Štamparija Feljton, Novi Sad
Stražilovska 17
Tel: 021/ 66-22-867

SADRŽAJ

Olga Čurović

REKORDNA PROIZVODNJA ULJANIH USEVA I GODINA JUBILEJA
THE RECORD PRODUCTION OF OIL CROPS AND THE YEAR OF JUBILEE..... 9

Tatjana Miranović Drobňjak

PROIZVODNJA I TRŽIŠTE ULJARICA U REPUBLICI SRBIJI
PRODUCTION AND MARKET OF OILSEEDS IN THE REPUBLIC OF SERBIA..... 15

Tanja Lužaić, Ranko Romanić

**KRETANJE PROIZVODNJE I CENA ULJARICA I PROIZVODA OD
ULJARICA PREMA PODACIMA FAO I USDA**
PRODUCTION AND PRICES TREND OF OILSEED AND OILSEED PRODUCTS
ACCORDING TO THE DATA OF FAO AND USDA 21

Dragana Miladinović, Ana Marjanović Jeromela, Siniša Jocić, Aleksandra Radanović,
Sandra Cvejić, Nada Hladni, Sreten Terzić, Jelena Ovuka, Milan Jocković,
Boško Dedić, Dragana Rajković, Sonja Gvozdenac, Velimir Radić, Igor Balalić,
Nenad Dušanić, Vladimir Miklič

NOVI TRENDovi U OPLEMENJIVANJU ULJARICA
NEW TRENDS IN OIL CROPS BREEDING 27

Vladimir Miklič, Jelena Ovuka, Velimir Radić, Branislav Ostojić, Goran Jokić,
Nenad Dušanić, Siniša Jocić

SEMENARSTVO HIBRIDNOG SUNCOKRETA U SRBIJI
SUNFLOWER HYBRID SEED PRODUCTION IN SERBIA..... 33

Sandra Cvejić, Siniša Jocić, Milan Jocković, Boško Dedić, Ilija Radeka,
Aleksandra Radanović, Dragana Miladinović, Igor Balalić, Nada Grahovac,
Danijela Stojanović, Vladimir Miklič

NS SANOL – NOVI VISOKOOLEINSKI HIBRID SUNCOKRETA
NS SANOL – new high-oleic sunflower hybrid 41

Ranko Romanić, Tanja Lužaić, Nada Grahovac, Siniša Jocić, Sandra Cvejić,
Snežana Kravić, Zorica Stojanović

**DIMENZIJE SEMENA NS HIBRIDA SUNCOKRETA GAJENIH U
MIKROOGLEDIMA 2017. GODINE U SRBIJI I ARGENTINI**
SEED DIMENSIONS OF NS SUNFLOWER HYBRIDS GROWN IN SMALL
PLOTS TRIAL IN 2017 IN SERBIA AND ARGENTINA 49

Nada Hladni, Brankica Babec, Vladimir Miklič, Siniša Jocić, Dragana Miladinović, Ana Marjanović Jeromela, Milan Jocković NS KONZUMNI HIBRIDNI SUNCOKRETA U ORGANSKOJ I KONVENCIONALNOJ PROIZVODNJI U SELENČI NS CONFECTIONERY SUNFLOWER HYBRIDS UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION CONDUCTED IN SELENČA.....	55
Zlatica Miladinov, Vojin Đukić, Gordana Dozet, Marina Čeran, Kristina Petrović, Predrag Randelović, Gorica Cvijanović SADRŽAJ ULJA I PROTEINA U NS SORTAMA SOJE CONTENTS OF OIL AND PROTEINS IN NS SOYBEAN VARIETIES	63
Vojin Đukić, Danijela Stojanović, Zlatica Miladinov, Gordana Dozet, Svetlana Balešević-Tubić, Jegor Miladinović, Jelena Marinković KVALITATIVNE OSOBINE NS SORTI SOJE REGISTROVANIH U 2019. GODINI QUALITATIVE PROPERTIES NS VARIETIES OF SOYBEAN REGISTERED IN 2019	71
Gorica Cvijanović, Vojin Đukić, Marija Cvijanović, Vojin Cvijanović, Gordana Dozet, Nenad Đurić, Vesna Stepić ZNAČAJ FOLIJARNIH TRETMANA SOJE U RAZLIČITIM AGROEKOLOŠKIM USLOVIMA NA PRINOS ZRNA I SADRŽAJ ULJA IMPORTANCE OF FOLIAR TREATMENT OF SOYBEAS IN DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS ON GRAIN YIELD OIL CONTENT.....	79
Gordana Dozet, Vojin Đukić, Zlatica Miladinov, Marina Čeran, Gorica Cvijanović, Nenad Đurić, Marjana Vasiljević UTICAJ BILJNOG EKSTRAKTA KOPRIVE I GAVEZA NA SADRŽAJ PROTEINA I ULJA U ZRNU SOJE THE EFFECT OF NETTLE AND COMFREY PLANT EXTRACTS ON THE PROTEIN AND OIL CONTENT IN SOYBEAN GRAIN	87
Dragana Rajković, Nada Grahovac, Ana Marjanović Jeromela, Zvonimir Sakač, Željko Milovac, Vladimir Miklič VARIJACIJA SADRŽAJA TOKOFEROLA U ULJU OZIME ULJANE REPICE IZ NS OPLEMENJIVAČKOG PROGRAMA TOCOPHEROL CONTENT VARIATION IN WINTER RAPESEED OIL FROM NS BREEDING PROGRAM	95
Nada Grahovac, Ana Marjanović Jeromela, Vladimir Šarac UTICAJ TEMPERATURE I PADAVINA U VREME NALIVANJA SEMENA NA SADRŽAJ ULJA ULJANE REPICE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL VARIATION IN TIME OF FILLING SEEDS ON OIL CONTENT OF RAPESEED.....	101

Vera Popović, Ana Marjanović Jeromela, Vladimir Sikora, Vojislav Mihailović,
Danijela Stojanović, Nada Grahovac, Jela Ikanović, Milica Aćimović
SADRŽAJ ULJA I TOKOFEROLA
U SEMENU SORTE ULJANOG LANANS PRIMUS
OIL AND TOCOPHEROL CONTENTS IN LINSEED VARIETY NS PRIMUS..... 107

Ivica Đalović, Goran Bekavac
EFEKAT ĐUBRENJA NA SADRŽAJ SKROBA,
PROTEINA I ULJA U ZRNU KUKURUZA
EFFECT OF FERTILIZATION ON STARCH,
PROTEIN AND OIL CONTENT IN MAIZE GRAIN..... 121

Vladimir Šarac, Zorica Stojanović, Dragan Trzin, Dejan Kancko
RAZLIKE PRIJEMNOG I PRERADNOG KVALITETA
ULJARICA U PERIODU 2009-2019. GODINE
DIFFERENCE OF RECEIVING AND PROCESING QUALITY
OF OILSEEDS IN THE PERIOD 2009-2019. YEARS 129

Mirjana Koruga, Aleksandra Petrić, Milan Ševo, Aleksandra Bauer, Natalija Kurjak
SADRŽAJ PROTEINA I ULJA U ZRNU SOJE I NJIHOV UTICAJ NA
KVALITET SOJINE SAČME
PROTEIN CONTENT AND OIL CONTENT IN SOYBEAN AND THEIR
IMPACT ON QUALITY SOYBEAN MEAL 137

Gordan Parenta, Ranko Romanić, Marija Gvozdenović
UTICAJ FILTRACIJE I DEGUMIRANJA NA SADRŽAJ
VOSKOVA I FOSFATIDA U SIROVOM SUNCOKRETOVOM ULJU
FILTRATION AND DEGUMMING INFLUENCE ON WAXES
AND PHOSPOLIPIDS CONTENT IN CRUDE SUNFLOWER OIL..... 149

Zoran Sandić, Slobodan Lekić, Marija Gvozdenović
ODVAJANJE MEHANIČKIH NEČISTOĆA SEPARIRANJEM
CENTRIFUGALNIM DEKANTEROM
SEPARATION OF MECHANICAL IMPURITIES
BY CENTRIFUGAL DECANTER 155

Katarina Nedić Grujin, Ranko Romanić, Branislava Nikolovski
SADRŽAJ VOSKOVA I ULJA U FILTRACIONOJ POGAČI NAKON
FILTRACIJE ULJA SUNCOKRETA POMOĆU FILTRACIONOG
SREDSTVA NA BAZI CELULOZE
WAX AND OIL CONTENT OF FILTER CAKE AFTER SUNFLOWER
OIL FILTRATION USED CELLULOSE FILTER AID..... 161

Aleksandar Takači, Ranko Romanić, Viktor Stojkov, Bojana Radić, Snežana Kravić
**UTICAJ DODAVANJA LANENOG ULJA NA OKSIDATIVNI STATUS ULJA
SUNCOKRETA BOGATOG OMEGA 3 MASNIM KISELINAMA**
THE INFLUENCE OF ADDITION OF FLAXSEED OIL ON OXIDATIVE STATUS
OF SUNFLOWER OIL RICH WITH OMEGA 3 FATTY ACIDS 169

Biljana Rabrenović, Mirjana Demin, Vladislav Rac,
Filip Sovtić, Miloš Purić, Milica Basić
**UPOTREBA NUSPROIZVODA PRERADE VOĆA U
PROIZVODNJI HLADNO PRESOVANIH ULJA**
UTILIZATION OF BY-PRODUCTS FROM FRUIT
PROCESSING FOR COLD PRESSED OILS PRODUCTION..... 179

Jelena Radivojević, Mirjana Grujić, Sunčica Kocić-Tanackov, Ranko Romanić
**PROMENA BROJA BAKTERIJA I PLESNI U
SUNCOKRETOVOJ I SOJINOJ SAČMI TOKOM SKLADIŠTENJA**
CHANGING THE NUMBER OF BACTERIA AND MOLDS IN
SUNFLOWER AND SOYBEAN MEALS DURING STORAGE 191

Senka Popović, Vera Lazić, Nevena Hromiš,
Danijela Šuput, Sandra Bulut, Ranko Romanić
**UTICAJ RAZLIČITIH BIOPOLIMERNIH AMBALAŽNIH
MATERIJALA NA OSOBINE PROIZVODA INDUSTRIJE ULJA**
THE IMPACT OF DIFFERENT BIOPOLYMER PACKAGING
MATERIALS ON OIL PRODUCTS PROPERTIES..... 203

Vera Lazić, Danijela Šuput,
Senka Popović, Nevena Hromiš, Sandra Bulut, Ranko Romanić
**AMBALAŽA ZA PAKOVANJE ULJA:
PROŠLOST, SADAŠNJOST, BUDUĆNOST**
EDIBLE OILS PACKAGING: PAST, PRESENT, FUTURE 211

Ivana Lončarević, Biljana Pajin, Jovana Petrović, Danica Zarić,
Zoran Nikolovski, Vladimir Šarac, Suzana Aleksić
**PRIMENA EMULGATORA, NAMENSKIH MASTI I PROTEINA U
PROIZVODNJI ČOKOLADE I KREM PROIZVODA - OSVRT NA
DESETOGODIŠNJU SARADNJU SA ULJARSKOM INDUSTRIJOM SRBIJE**
APPLICATION OF DIFFERENT EMULSIFIERS,
EDIBLE FATS AND PROTEINS IN THE PRODUCTION OF CHOCOLATE AND
COCOA CREAM PRODUCT - A REVIEW OF TEN YEARS OF COOPERATION
WITH THE OIL INDUSTRY OF SERBIA..... 217

Jovana Petrović, Biljana Pajin, Ivana Lončarević, Zoran Nikolovski
**PRIMENA SOJINOG BRAŠNA I KONCENTRATA U PROIZVODNJI ČAJNOG
PECIVA - OSVRT NA DUGOGODIŠNJU SARADNJU SA
FABRIKOM „SOJAPROTEIN” IZ BEČEJA**
APPLICATION OF SOYA FLOURS AND CONCENTRATES IN THE PRODUCTION
OF COOKIES - A REVIEW OF THE LONG-STANDING COOPERATION WITH
THE FACTORY „SOJAPROTEIN” FROM BEČEJ..... 225

Snežana Đurkić, Milan Ševo, Zorica Jugović-Knežević
**MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE SOJINIH PROTEINSKIH HIDROLIZATA IZ
SOJINIH PROTEINSKIH KONCENTRATA**
POSSIBILITIES OF PRODUCTION OF SOY PROTEIN HYDROLYSATE FROM
SOYBEAN PROTEIN CONCENTRATES..... 233

Jovana Doroslovac, Milan Ševo, Jelena Lukić, Ljiljana Vujačić
**FUNKCIONALNOST RAZLIČITIH TIPOVA SOJINOG
PROTEINSKOG KONCENTRATA**
FUNCTIONALITY OF DIFFERENT TYPES OF SOY PROTEIN CONCENTRATE ..243

Ljiljana Popović, Jelena Čakarević, Tea Sedlar
**POTENCIJAL PROTEINA IZ NUSPROIZVODA ULJARICA U
INKAPSULACIJI BIOAKTIVNIH JEDINJENJA**
POTENTIAL OF PROTEINS FROM OIL INDUSTRY BY-PRODUCTS IN
ENCAPSULATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS 251

Jaroslava Švarc-Gajić, Nataša Nastić, Biljana Pajin, Ivana Lončarević
TRETMAN POGAČA ULJARICA SUBKRITIČNOM VODOM
SUBCRITICAL WATER TREATMENT OF OILSEED CAKES 259

Nikola Maravić, Zita Šereš, Ljubica Dokić, Dragana Šoronja-Simović,
Ivana Lončarević, Jovana Petrović, Aleksandar Pajić
**STABILIZUJUĆI EFEKAT POLISAHARIDNIH JEDINJENJA U
PROIZVODNJI EMULZIJA UPOTREBOM RAZLIČITIH TEHNIKA
EMULGOVANJA**
STABILIZING EFFECT OF POLYSACCHARIDE COMPOUNDS IN THE
PRODUCTION OF EMULSIONS USING DIFFERENT EMULSIFICATION
TECHNIQUES 265

Ivana Nikolić, Milena Subotić, Ljubica Dokić, Aleksandar Takači, Zita Šereš,
Dragana Šoronja-Simović, Nikola Maravić
**UTICAJ TEHNOLOŠKIH FAKTORA NA FIZIČKE I SENZORSKE
KARAKTERISTIKE HUMUS NAMAZA OD LEBLEBIJA**
THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON PHYSICAL AND
SENSORY CHARACTERISTICS OF HUMMUS SPREAD FROM CHICKPEAS..... 275

Vladimir Tomović, Radoslav Šević, Marija Jokanović, Branislav Šojić, Snežana Škaljac, Mila Tomović, Maja Ivić MASNO KISELINSKI SASTAV MESA SVINJA ČISTE RASE VELIKA BELA I MELEZA BELE MANGULICE SA DUROKOM ACIDS FATTY COMPOSITION OF MEAT FROM PUREBRED LARGE WHITE AND CROSSBRED OF WHITE MANGULICA WITH DUROK PIGS	285
Branislav Šojić, Natalija Džinić, Vladimir Tomović, Sunčica Kocić-Tanackov, Branimir Pavlić, Snežana Škaljac, Marija Jokanović ANTIMIKROBNA AKTIVNOST ETARSKOG ULJA KORIJANDERA U BARENIM KOBASICAMA ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF CORIANDER ESSENTIAL OIL IN COOKED SAUSAGE	297
Ljiljana Vujačić, Gordana Nović MASTI I ULJA KAO NOVA HRANA FATS AND OILS AS A NOVEL FOOD.....	303
Žarko Vrbaški, Borislav Umićević, Milana Golušin PROIZVODNJA TEHNIČKE MASNE KISELINE PRODUCTION OF TECHNICAL FATTY ACID.....	339
Jela Ikanović, Nikola Rakašćan, Ljubiša Živanović, Gordana Dražić, Ljubiša Kolarić, Milić Čurović, Vera Popović SIRAK KAO ENERAGENT - ODLIČNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU BIOGORIVA SORGHUM AS ENERAGENT - EXCELLENT RAW MATERIAL FOR BIOGAS PRODUCTION	347
Vlada Veljković, Ivica Đalović, Petar Mitrović, Olivera Stamenković ULJE SEMENA SIRKA (SORGHUM BICOLOR) KAO SIROVINA ZA DOBIJANJE BIODIZELA THE SORGHUM SEED OIL (<i>SORGHUM BICOLOR</i>) AS FEEDSTOCK FOR BIODIESEL PRODUCTION	357
Petar Mitrović, Olivera Stamenković, Milan Kostić, Ivica Đalović, Vlada Veljković DOBIJANJE BIODIZELA IZ SEMENA BELE SLAČICE (SINAPIS ALBA L.) THE BIODIESEL PRODUCTION FROM WHITE MUSTARD (<i>SINAPIS ALBA L.</i>) SEEDS	365

DOBIJANJE BIODIZELA IZ SEMENA BELE SLAČICE (*SINAPIS ALBA L.*)

Petar Mitrović¹, Olivera Stamenković², Milan Kostić², Ivica Đalović¹, Vlada Veljković²

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

²Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac, Srbija

IZVOD

U radu su prikazani rezultati istraživanja primene semena bele slačice (*Sinapis alba L.*) kao sirovine za proizvodnju biodizela. Ulje je najpre izolovano iz semena metodom hladnog presovanja i podvrgnuto metanolizi katalizovanoj kalcinisanim negašenim krečom. Cilj rada je bio da se definiše tehnološki postupak za dobijanje biodizela iz semena bele slačice postupkom koji uključuje ekstrakciju ulja iz semena, heterogeno katalizovanu metanolizu ulja i prečišćavanje sirovog biodizela. Karakteristike prečišćenog biodizela su u skladu sa standardom kvaliteta biodizela EN 14214, izuzev sadržaja Ca i Mg, što usmerava dalja istraživanja ka optimizaciji metoda za prečišćavanje sirovog biodizela.

Ključne reči: bela slačica, biodizel, metanoliza, metil estri masnih kiselina

THE BIODIESEL PRODUCTION FROM WHITE MUSTARD (*SINAPIS ALBA L.*) SEEDS

ABSTRACT

The paper deals with the use of white mustard (*Sinapis alba L.*) seeds as a feedstock for the biodiesel production. The oil was recovered from the seeds by cold pressing and subjected to the methanolysis reaction catalyzed by calcined quick lime. The aim of this work was to develop a suitable technology for biodiesel production from white mustard seed using oil extraction followed by heterogeneous catalyzed methanolysis and crude biodiesel purification. The characteristics of the purified biodiesel were in accordance with the biodiesel quality standard EN 14214, except the Ca and Mg content, indicating the need for further investigations towards the optimization of crude biodiesel purification methods.

Key words: biodiesel, fatty acid methyl esters, methanolysis, white mustard

UVOD

Rastuća potražnja za energijom izazvana razvojem industrije i demografskom ekspanzijom, ograničeni resursi i rast cene nafte, kao i problemi zagađenja životne sredine uslovlila su istraživanja u pravcu razvoja biogoriva, među kojima značajno mesto zauzima biodizel. Po hemijskom sastavu, biodizel je smeša alkil estara (najčešće metil ili etil) viših masnih kiselina (MEMK ili EEMK, redom). U odnosu na konvencionalni dizel, biodizel ima niz tehničkih, ekonomskih, ekoloških, socijalnih i političkih prednosti (Živković i sar., 2018). U motorima sa unutrašnjim sagorevanjem biodizel može da se koristi čist ili u mešavini sa konvencionalnim dizel gorivom, pri čemu nisu potrebne obimnije tehničke intervencije na motorima. Međutim, primarna barijera u komercijalizaciji proizvodnje biodizela jeste visoka cena uljnih sirovina, čiji je udeo u postojećim industrijskim procesima oko 70 do 95% (Banković-Ilić i sar., 2012). Efikasan način smanjenja cene biodizela je upotreba jeftinijih sirovina, kao što su nejestiva ulja, korišćena ulja, otpadne masti i otpadne zauljane smeše iz procesa rafinacije jestivih ulja. Primena nejestivih ulja biljaka koje mogu da se gaje na marginalnom zemljištu privlači značajnu pažnju istraživača, pa su u proizvodnji biodizela testirane različite vrste nejestivih biljnih ulja.

Bela slačica (*Sinapis alba* L.) je godišnja biljka iz porodice Brassicaceae, koja se gaji širom sveta. Tolerantna je na toplotu i sušu, što je čini pogodnom za gajenje u toplim i suvim regionima. Zbog kratkog vegetacijskog perioda (oko 85-95 dana) najčešće se gaji u rotaciji sa žitaricama. Nadzemni delovi se koriste u poljoprivredi kao zeleni stajnjak, a mlade sadnice kao krmno bilje (Krstić i sar., 2010). Seme bele slačice (SBS) se odlikuje visokim sadržajem ulja i proteina i niskim sadržajem skroba (Balke i Diosady, 2000). Za dobijanje ulja iz semena najčešće su korišćeni hladno presovanje, ekstrakcija po Soxhletu pomoću *n*-heksana ili petrol-etra, superkritična CO₂ ekstrakcija i ekstrakcija vodom (Stamenković i sar., 2018). Nakon izdvajanja ulja, dobijena filtraciona pogača se koristi kao hrana u živinarstvu (Thacker i Petri, 2009). Najzastupljenije masne kiseline u ulju SMS su oleinska, linolna, linolenska i eručna kiselina. Ulje SBS se koristi u industriji kao lubrikant i aditiv dizel gorivu, u tradicionalnoj medicini kao anti-tumorsko, antivirusno i analgetsko sredstvo i u pripremi hrane kao začin i konzervans (Kostić i sar., 2018). Poslednjih godina, ulje SBS je istraživano i kao sirovina za dobijanje biodizela (Ciubota-Rosie i sar., 2013; Kostić i sar., 2018; Nie i sar., 2016; Sultana i sar., 2014). U alkoholizi ulja je najčešće korišćen metanol pri molskom odnosu prema ulju od 2:1 do 12:1 (najčešće 6:1). Kao katalizatori reakcije uglavnom su korišćeni alkalni hidroksidi u količinama 0,3-1,8% (najčešće oko 1%) u odnosu na masu ulja. Temperatura reakcije je najčešće bila blizu tačke ključanja metanola. U zavisnosti od kvaliteta polaznog ulja, prinos i čistoća dobijenih metil estara su bili različiti. Nizak sadržaj MEMK u estarskoj fazi je, verovatno, posledica korišćena sirovog ulja, koje sadrži primese koje imaju negativan uticaj na odigravanje reakcije alkoholize.

U ovom radu razvijen je postupak dobijanja biodizela iz SBS. Najpre je ulje izolovano iz semena, a zatim podvrgnuto metanolizi u prisustvu negašenog kreča kao

heterogenog katalizatora, koji se dobija iz prirodnog materijala niske cene. Cilj rada je bio da se definiše tehnološki postupak za dobijanje biodizela iz ulja SBS.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijali

SBS „NS Bela”, varijetet *S. alba* L. je nabavljeno iz Instituta za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad, Srbija) i čuvano u papirnatim vrećama u tamnoj prostoriji. Kao katalizator reakcije metanolize ulja korišćen je negašeni kreč nabavljen na lokalnoj pijaci. Metanol (99,5%) i HCl (36%) su nabavljeni od Zorka-Pharma (Srbija) i Centrohema (Srbija), redom. *n*-Heksan, 2-propanol i metanol (svi HPLC čistoće) su nabavljeni od Lab-Scan (Irska). HPLC standardi metil estara i acilglicerola su obezbeđeni od Sigma Aldrich (SAD).

Izolovanje ulja

Ulje je izolovano iz SBS hladnim presovanjem pomoću prese Komet (Nemačka) sa diznom prečnika 8 mm, a zatim je filtrirano radi uklanjanja čvrstih primesa. Gustina i viskozitet ulja na 20 °C određeni su pomoću piknometra i viskozimetra (Fungilab S.A., Barcelona, Španija), redom. Saponifikacioni, kiselinski i jodni broj ulja su određeni standardnim metodama za masti i ulja. Masno-kiselinski sastav ulja određen je metodom gasne hromatografije prema SRPS EN ISO 12966-2:2011 i SRPS EN ISO 5508: 2009, nakon metilovanja ulja.

Priprema heterogenog katalizatora i metanoliza ulja

Sirovi negašeni kreč je pre primene mleven i prosejan kroz set standardnih sita. Kao katalizator reakcije metanolize korišćena je frakcija negašenog kreča sa česticama veličine manjim od 0,5 mm, nakon kalcinacije na 550°C u trajanju od 4 h (Miladinović i sar., 2014). Nakon hladjenja u eksikatoru (u prisustvu KOH i CaCl₂) kalcinirani negašeni kreč je čuvan u eksikatoru u tamnim, dobro zatvorenim bočicama. Metanoliza ulja je izvedena u troglom balonu (250 mL), termostatanom u vodenom kupatilu, koji je povezan sa kondenzatorom. Reakcija je izvedena pri molskom odnosu metanol:ulje 12:1 mol/mol, količini katalizatora 10% (prema masi ulja), na temperaturi 60,0±0,1°C. Reakciona smeša je mešana magnetnom mešalicom (900 min⁻¹). Promena sadržaja MEMK, mono-, di- i triacilglicerola (MAG, DAG i TAG) u uljno-estarskoj fazi u toku reakcije praćen je metodom tečne HPLC hromatografije (Veličković i sar., 2016).

Prečišćavanje i karakterizacija biodizela

Nakon završetka reakcije, katalizator je izdvojen filtracijom pod vakuumom, a zatim je izvršeno razdvajanje metilestarske i metanolno-glicerolne faze gravitacionom

separacijom. Sirovi biodizel je prečišćen prema metodi koju su predložili Alba-Rubio i sar. (2012). Fizičke i hemijske osobine prečišćenog biodizela (gustina, viskoznost, jodni broj, kiselinski broj, sadržaj vode, MEMK, MAG, DAG i TAG) određene su standardnim metodama (EN ISO 3675:1988; EN ISO 3104:2003; EN 14111:2003; EN 14104:2003; EN ISO 12937:2000; EN 14103:2003; EN 14105:2003).

REZULTATI I DISKUSIJA

Izolovanje i metanoliza ulja SBS

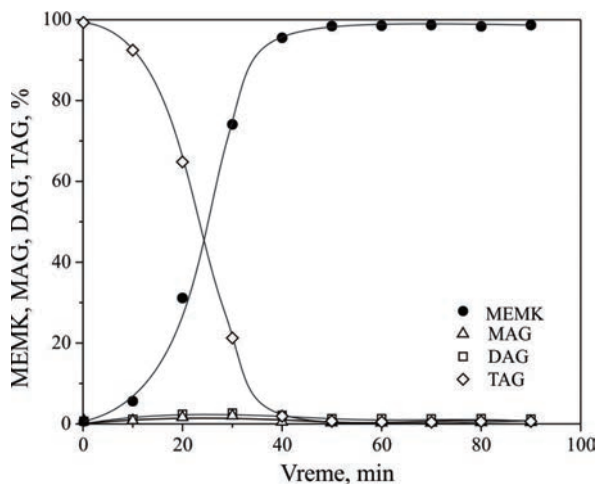
Izolovanjem ulja iz SBS metodom hladnog presovanja ostvaren je prinos ulja od 13,28 g/100 g. Fizičko-hemijske karakteristike ulja prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Fizičko-hemijske osobine ulja semena bele slačice
Table 1. Physico-chemical properties of white mustard seed oil

Osobina Property	Ulje semena bele slačice White mustard seed oil
Gustina (20°C), kg/m ³	913,4±0,4
Viskoznost (20°C), mPas	84,2±2,2
Kiselinski broj, mg KOH/g	1,95±0,03
Jodni broj, g J ₂ /100 g	100,6±1,6
Saponifikacioni broj, mg KOH/g	180,6±2,4

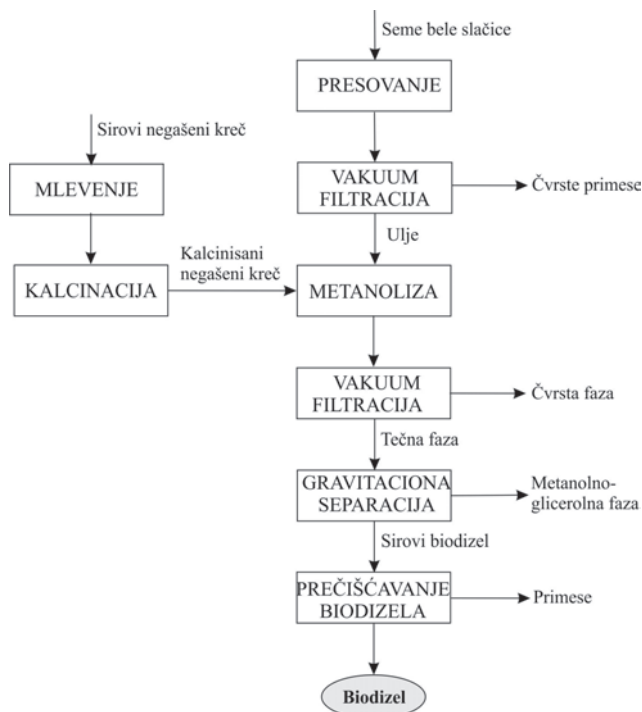
Iako stepen ekstrakcije ulja nije visok (64,3% od maksimalnog prinosa ulja) (Stamenković i sar., 2018), njegova prednost ogleda se u tome što dobijeno ulje ima nizak sadržaj slobodnih masnih kiselina, što omogućava direktno izvođenje metanolize ulja primenom baznog katalizatora. Najzastupljenja masna kiselina u ulju je eručna kiselina (59,98%), zatim slede oleinska (13,95%), eikosenska (7,41%), linolenska (7,37%), linolna (5,98%) i nervonska (2,95%) kiselina.

Metanoliza profiltriranog ulja SBS je izvedena pri molskom odnosu metanol:ulje 12:1 mol/mol, količini kalcinisanog negašenog kreča od 10% (računato na masu ulja) i na temperaturi reakcije 60 °C. Promena sastava uljno-estarke faze u toku reakcije metanolize prikazana je na slici 1. Promena sadržaja MEMK sa vremenom je bila sigmoidna. U početnom periodu reakcije brzina nastajanja MEMK se povećavala sporo, nakon čega dolazi do znatnog povećanja brzine reakcije i, na kraju, do uspostavljanja ravnoteže. Na isti način se smanjivala koncentracija TAG u smeši. Sadržaj MAG i DAG u toku cele reakcije je bio vrlo mali. Kao što se može zaključiti sa slike 1, skoro potpuna konverzija TAG je postignuta za vreme trajanja reakcije od 50 min, što ukazuje na ekonomske pogodnosti procesa u smislu povećanja produktivnosti i smanjenja cene proizvoda.



Slika 1. Promena sastava reakcione smeše sa vremenom u toku metanolize ulja SBS
Figure 1. The variation of the reaction mixture composition with the progress of the white mustard seed oil methanolysis

Postupak dobijanja biodizela iz SBS je šematski prikazan na slici 2.



Slika 2. Šematski prikaz postupka dobijanja biodizela iz SBS
Figure 2. A scheme of the biodiesel production from white mustard seed oil.

Karakteristike prečišćenog biodizela

Karakteristike prečišćenog biodizela dobijenog iz SBS primenom negašenog kreča kao katalizatora, prikazane su u tabeli 2, zajedno sa vrednostima propisanim standardom kvaliteta biodizela EN 14214. Dobijeni biodizel zadovoljava specifikacije standarda, izuzev sadržaja Ca i Mg koji je iznad propisane vrednosti, što ukazuje na potrebu unapređenja postupka prečišćavanja biodizela sa aspekta uklanjanja Ca i Mg.

Tabela 2. Osobine biodizela iz ulja SBS

Osobina Property	Biodizel Biodiesel	Standard EN 14214 Standard EN 14214
Gustina (15°C), kg/m ³	881,1	860-900
Viskozitet (40 °C), mm ² /s	4,15	3,5 – 5,0
Kiselinski broj, mg KOH/g	0,44	0,50 max
Jodni broj, g J ₂ /100 g	103	120 max
Sadržaj vode, mg/kg	235	500 max
MEMK, %	98,5	96,5 min
MAG, %	0,5	0,8 max
DAG, %	0,1	0,2 max
TAG, %	0,2	0,2 max
Metali II grupe (Ca + Mg), mg/kg	15,5	5 max

ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja dobijanja biodizela iz SBS. Ulje je izolovano iz semena hladnim presovanjem. Zbog niskog sadržaja slobodnih masnih kiselina u ulju, primenjen je postupak direktne bazno katalizovane metanolize. Kao katalizator reakcije korišćen je negašeni kreč, prirodni materijal niske cene, koji je pre reakcije termički aktiviran. Nakon izdvajanja iz reakcione smeše, dobijena metilestarska faza je prečišćena. Karakteristike biodizela su u skladu sa propisima standarda kvaliteta biodizela EN 14 214, izuzev sadržaja metala II grupe (Ca i Mg) koji je nešto viši. Ulje SBS je pogodna sirovina za proizvodnju biodizela, a buduća istraživanja trebaju biti usmerena ka razvoju pogodne metode za prečišćavanje biodizela.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja na projektu III 45001, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, a delom i projekta 0-14-18 Ogranka SANU u Nišu.

LITERATURA

1. Alba-Rubio, A.C., Alonso Castillo, M.L., Albuquerque, M.C.G., Mariscal, R., Cavalcante, Jr C.L., López Granados, M. (2012). A new and efficient procedure for removing calcium soaps in biodiesel obtained using CaO as a heterogeneous catalyst. *Fuel* 95: 464-470.
2. Balke, D.T., Diosady, L.L. (2000). Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. *Food Res. Int.* 33: 347-356.
3. Banković-Ilić, I.B., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2012). Biodiesel production from nonedible plant oils. *Renew. Sust. Energy. Rev.* 16: 3621-3647.
4. Ciubota-Rosie, C., Macoveanu, M., Fernández, C.M., Ramos, M.J, Pérez, A., Moreno, A. (2013). *Sinapis alba* seed as a prospective biodiesel source. *Biomass Bioenerg.* 51: 83-90.
5. Kostić, M.D., Djalović, I.G., Stamenković, O.S., Mitrović, P.M., Adamović, D.S., Kulina, M.K., Veljković, V.B., (2018). Kinetic modeling and optimization of biodiesel production from white mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil by quicklime-catalyzed transesterification. *Fuel* 223: 125-139.
6. Krstić, Đ., Čupina, B., Antanasović, S., Erić, P., Čabilovski, R., Manojlović, M., Mikić, A. (2010). Potential of white mustard (*Sinapis alba* L. subsp. *alba*) as a green manure crop. *Crucif. Newslett.* 29: 12-13.
7. Miladinović, M.R., Krstić, J.B., Tasić, M.B., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2014). A kinetic study of quicklime-catalyzed sunflower oil methanolysis. *Chem. Eng. Res. Des.* 92: 1740-1752.
8. Nie, J., Wang, S., Emami, S., Falk, K., Shen, J., Reaney, M.J.T. (2016). Unusually low pour point of fatty acid methyl esters with low saturated fatty acid content. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 118: 1486-1494.
9. Stamenković, O.S., Djalović, I.G., Kostić, M.D., Mitrović, P.M., Veljković, V.B. (2018). Optimization and kinetic modeling of oil extraction from white mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. *Ind. Crop. Prod.* 121: 132-141.
10. Sultana, S., Khalid, A., Ahmad, M., Zuhairi, A.A., Teong, L.K., Zafar, M., i sar. (2014). The production, optimization, and characterization of biodiesel from a novel source: *Sinapis alba* L. *Int. J. Green Energ.* 11: 280-291.
11. Thacker, P.A., Petri, D. (2009). The effects of canola or mustard biodiesel press cake on nutrient digestibility and performance of broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22: 531-539.
12. Veličković, A.V., Avramović, J.M., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2016). Kinetics of the sunflower oil ethanolysis using CaO as catalyst. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 22: 409-418.
13. Živković, S.B., Veljković, M.V., Banković-Ilić, I.B., Krstić, I.M., Konstantinović, S.S., Ilić, S.B., Avramović, J.M., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2017). Technological, technical, economic, environmental, social, human health risk, toxicological and policy considerations of biodiesel production and use. *Renew. Sust. Energy. Rev.* 79: 222-247.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

633.85(082)

665.3(082)

САВЕТОВАЊЕ Производња и прерада уљарица (60 ; 2019 ; Херцег Нови)

Zbornik radova = Proceedings / 60. jubilarno savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica sa međunarodnim učešćem, Herceg Novi = 60th Jubilee Conference Production and Processing of Oilseeds with international participation, Herceg Novi, 16-21. jun 2019. - Novi Sad : Tehnološki fakultet : Institut za ratarstvo i povrtarstvo : Industrijsko bilje, 2019 (Novi Sad : Feljton). - 375 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad. - Registar.

ISBN 978-86-6253-099-8

а) Уљарице - Производња - Зборници б) Уљарице - Прерада - Зборници

COBISS.SR-ID 329415431