



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 učesćem

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 Parenta,
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

ULJE SEMENA SIRKA (*SORGHUM BICOLOR*) KAO SIROVINA ZA DOBIJANJE BIODIZELA

Vlada Veljković¹, Ivica Đalović², Petar Mitrović², Olivera Stamenković¹

¹Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac, Srbija

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Srbija

IZVOD

U radu su prikazani rezultati istraživanja primene sirka (*Sorghum bicolor*) kao sirovine za proizvodnju biodizela. Najpre je dat kratak pregled o poreklu, botanici i gajenju sirka, zatim su analizirani postupci dobijanja biodizela iz ulja sirka i nusproizvoda iz procesa dobijanja etanola. Dat je pregled reakcionih uslova reakcije alkoholize i ostvareni prinos alkil estara pri optimalnim uslovima reakcije. Cilj rada je bio da se pokaže da sirak može biti pogodna sirovina za proizvodnju biodizela. Međutim, neophodna su dalja istraživanja u cilju definisanja postupka dobijanja biodizela koji će zadovoljiti standard kvaliteta biodizela EN 14214 i tehno-ekonomska analiza ukupnog procesa da bi se procenila njegova isplativost.

Ključne reči: alkil estri masnih kiselina, alkoholiza, biodizel, sirak

THE SORGHUM SEED OIL (*SORGHUM BICOLOR*) AS FEEDSTOCK FOR BIODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT

The paper deals with the use of sorghum (*Sorghum bicolor*) as a raw material for the biodiesel production. First, a brief description of the origin, botany and cultivation of sorghum is given. Afterwards, the processes of biodiesel production from sorghum oil and byproducts of the grain sorghum ethanol production were analyzed. An overview of the reaction conditions of the alcoholysis reaction and the alkyl esters yield achieved under optimal reaction conditions are given. The aim of the paper was to show that sorghum can be a suitable feedstock for biodiesel production. Further research is needed to define the overall production process that will provide the product satisfying the biodiesel standard EN 14214.

Key words: alcoholysis, biodiesel, fatty acid alkyl esters, sorghum

UVOD

Sirak (*Sorghum bicolor*) je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice trava (Poaceae), koja se uzgaja širom sveta i ima višestruku primenu. Najčešće se koristi u ljudskoj ishrani (zrno ili sirkov sirup) i kao krmno bilje, kao i za dobijanje skroba, alkoholnih pića, glukoze i biogoriva. Po izgledu ima dosta sličnosti sa kukuruzom, ali ne formira klip, već metlicu. Po agronomskoj klasifikaciji, baziranoj na načinu gajenja i upotrebe, vrsta *S. bicolor* se deli na sledeće agronomске forme: sirak za zrno, sirak metlaš, sirak šećerac i sudanska trava. *S. bicolor* se po značaju nalazi među prvih pet žitarica u svetu, zajedno sa kukuruzom, pšenicom, pirinčem i ječmom. Svetska proizvodnja sirka u 2017. godini iznosila je 57.6 miliona tona, a najveći proizvođači su SAD, Nigerija i Indija (FAOSTAT, 2017). Prednost sirka u odnosu na ostale gajene biljke je visoka tolerantnost prema suši i visokim temperaturama i mogućnost gajenja na marginalnom zemljištu. Iako je selekcija sirka započeta pre mnogo godina, tek poslednjih godina je krenula u smeru stvaranja hibrida sa velikom biljnom masom za proizvodnju energije. I pored toga, sirak predstavlja jedinstvenu energetska kulturu za proizvodnju biogoriva, jer se stabljike i listovi sirka sastoje od šećera, celuloznih i lignoceluloznih materijala, a seme sadrži skrob i ulje. Prema tome, cela biljka se može pretvoriti u biogoriva kao što su bioulje, biogas, biovodonik, bioetanol i biodizel.

U ovom radu dat je pregled upotrebe sirka u proizvodnji biodizela. Cilj rada je da se ukaže na mogućnosti primene sirka kao sirovine za dobijanje biodizela, analizira proces dobijanja biodizela i uporede njegove karakteristika sa standardom kvaliteta biodizela EN 14214.

POREKLO, BOTANIKA I GAJENJE SIRKA

Sirak je poreklom iz Afrike, i prvi zapisi o njemu potiču iz 8000. godine pre nove ere. Njegovo značajnije korišćenje u poljoprivredi je otpočelo u periodu od 4000. do 3000. godine pre nove ere. Gajenje se kasnije širilo i to najpre ka Indiji i Kini, a zatim ka Bliskom Istoku, Sredozemlju i Americi. Danas je sirak široko rasprostranjena kultura koja se gaji na svim kontinentima.

Sirak ima jako dobro razvijen korenov sistem koji može da dostigne od 3 m dubine (Smith i Frederiksen, 2000). Zbog toga, sirak može usvajati vodu i hranljive materije efikasnije od mnogih drugih biljaka. Stabljika ima dužinu od 1,0 do 5,5 m, glatka je, tvrda i čvorovima podeljena na internodije. Listovi su širine 5-10 cm i dužine do 1 m. Stabljika i listovi su prekriveni tankim slojem voska koji ima ulogu u zaštiti od isušivanja i smanjuju potrošnje vode u procesu transpiracije, čime se postiže velika efikasnost iskorišćenja vode (Kumar, 2016). Metlica je duga 10-60 cm i sastoji se od klasića, koji su raspoređeni dvoparno. Zrna (semena) sirka mogu biti različitog oblika, veličine, boje i tvrdoće, a masa 1000 zrna se kreće između 30 i 80 g (Chiremba i sar., 2012). Zrna sirka bogata su skrobom, ali ne sadrže gluten. Generalno, zrna sirka sadrže 70–80% ugljenih hidrata, 7–15% proteina, 2–5% lipida, 1–3% vlakna, i 1–2%

pepela (Ciampitti i Prasad, 2016). Sadržaj ulja u zrnu sirka zavisi od genetskih i ekoloških faktora. Osim toga, on je različit u frakcijama dobijenim vlažnim i suvim mljevenjem zrna, a generalno, najveći sadržaj ulja imaju klice semena (Singh i sar., 2003). Triacilgliceroli (TAG) su najzastupljenija klasa lipida u ulju semenu sirka i njihova količina iznosi 90% od ukupnih lipida. Dominantna masna kiselina je linolna, iza koje slede oleinska i palmitinska kiselina. Sadržaj stearinske i linolenske kiseline u TAG semena sirka je oko 1% (Zhang i Hamaker, 2005).

Iako je sirak biljka tropskog porekla, dobro je adaptiran za gajenje u umerenim klimatskim zonama. Generalno, sirak je termofilna biljka i sporo raste na temperaturama ispod 20 °C (Srinivas Rao i sar., 2015). Za klijanje i nicanje semena potrebna minimalna temperatura je 8–10°C, a optimalna 30–35°C, dok je za rast i razvoj minimalna temperatura oko 25°C, a optimalna 27–30°C. Za razliku od toplote, voda je manje značajan faktor za gajenje sirka. On može podneti dugotrajnu zemljišnu i vazdušnu sušu, što je posledica morfoloških karakteristika biljke: razvijen korenov sistem, mali indeks lisne površine, prekrivenost listova voskom i regulisanje transpiracije. Neophodna količina padavina za postizanje visokih prinosa biomase iznosi u proseku 600–700 mm/m², dok se zadovoljavajući prinos može ostvariti i pri padavinama od 400–500 mm/m² (Vasilakoglou i sar., 2011). Sirak se uspešno gaji na marginalnim zemljištima slabijeg kvaliteta zahvaljujući efikasnom korenovom sistemu kojim usvaja i manje dostupne hranive materije. Osim toga, sirak efikasnije iskorišćava hranljive materije od kukuruza, što se naročito odnosi na azot (Sikora i Berenji, 2011).

Za održivu proizvodnju sirka preporučuje se gajenje u plodoredima, jer ovaj način proizvodnje doprinosi povećanju prinosa gajenih kultura, poboljšanju hemijskih, fizičkih i bioloških osobina zemljišta i smanjuje verovatnoću pojave štetočina, bolesti i korova. U plodoredu sirak može biti glavni ili drugi usev. Posle sirka, preporučuje se gajenje žitarica, a kao kultura koja prethodi sirku - raž. Generalno, pri izboru energetskih kultura za plodored preporučuje se kombinacija C₃ (raž, šećerna repa) i C₄ biljaka (npr. kukuruz, sirak).

PROIZVODNJA BIOGORIVA IZ SIRKA

Sirak je pogodna sirovina za dobijanje različitih vrsta biogoriva. Proces dobijanja biogoriva zavisi od osobina biljnog dela i vrste biogoriva koje treba dobiti. Stabljike i listovi su bogati ugljenim hidratima i lignoceluloznim materijalima, a zrno škrobom i lipidima, koje se odgovarajućim postupcima mogu konvertovati u bioetanol, biodizel, biovodonik, biogas, bioulje i singas. Proces dobijanja biogoriva iz sirka se dele u tri osnovne grupe: hemijski, termohemijski i biološki. Hemijski proces konverzije obuhvata transesterifikaciju ulja zrna sirka, pri čemu se dobija biodizel. Termohemijska konverzija uključuje direktno sagorevanje, gasifikaciju, pirolizu i likvefakciju biomase sirka, a proizvodi su bioulje i singas. Biološka konverzija obuhvata alkoholnu fermentaciju i anaerobnu digestiju, pri čemu su krajnji proizvodi etanol, biovodonik i biogas.

BIODIZEL

Biodizel je biološko gorivo, alternativa dizelu fosilnog porekla. Po hemijskom sastavu je smeša alkil estara viših masnih kiselina i nižih alifatičnih alkohola koji zadovoljavaju propisane standarde kvaliteta biodizela. Biodizel se dobija postupkom alkoholize TAG i/ili esterifikacijom slobodnih masnih kiselina iz različitih obnovljivih izvora sa metanolom ili etanolom, najčešće u prisustvu katalizatora (baze, kiseline ili enzimi). Mešavine biodizela sa fosilnim dizelom mogu se koristiti u postojećim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem bez ili sa minimalnim modifikacijama. U poređenju sa dizelom fosilnog porekla, primena biodizela ima brojne ekološke, tehničke, ekonomske, socijalne i političke prednosti (Živković i sar., 2017).

Osnovne sirovine za proizvodnju biodizela su repično, sojino i palmino ulje. S obzirom da njihove raspoložive količine za primenu u proizvodnji biodizela nisu dovoljne, nameće se potreba za drugim, alternativnim uljnim sirovinama. U prvom redu tu spadaju ulja biljnih kultura koje se mogu gajiti na marginalnom zemljištu i/ili koja se ne mogu koristiti u prehrambene svrhe, kao i nusproizvodi i otpad iz postojećih proizvodnih procesa koji su bogati TAG.

DOBIJANJE BIODIZELA IZ ULJA SIRKA

U dosadašnjim istraživanjima proizvodnje biodizela iz sirka uglavnom je korišćeno njegovo ulje. S obzirom da je kiselinski broj ulja sirka manji od 2 mg KOH/g primenjivan je postupak homogene bazno katalizovane alkoholize (Kumar i sar., 2013; Kumar i Kant, 2013, 2014a,b). Pored toga, za dobijanje biodizela primenjivan je i in-situ postupak alkoholize nusproizvoda iz procesa dobijanja etanola iz sirka i to mekinje sirka i suva džibra (DDGS), koji se izdvajaju pre i posle alkoholne fermentacije semena sirka za zrno, redom (Wyatt i sar., 2018).

U dosadašnjim istraživanjima reakcije alkoholize ulja sirka uglavnom je korišćen etanol, ređe metanol, a od katalizatora su korišćeni NaOH, KOH i $Zn(OCH_2CH_3)_2$. Vrsta alkohola ima mali, gotovo neznan uticaj na prinos alkil estara. Naime, pri istom molskom odnosu alkohol:ulje (5:1), istoj temperaturi (60°C) i vremenu trajanja (1,5 h) reakcije, dobijen je skoro isti prinos i metil i etil estara (92% i 92,9%, redom) u alkoholizi ulja sirka katalizovanoj NaOH (Kumar i Kant, 2013, 2014b).

Bolje katalitičke osobine u etanolizi ulja sirka ima NaOH u odnosu na KOH (Kumar i Kant, 2014b). Veći prinos estara (92,9% prema 89,5%) je postignut primenom NaOH kao katalizatora u poređenju sa KOH iste koncentracije (1% računato na masu ulja).

Tabela 1. Pregled postupaka sinteze biodizela iz ulja sirka
Table 1. A review the biodiesel synthesis processes from sorghum oil

Uljna sirovina Oil feedstock	Tip, zapremina reaktora, mL / Tip mešalice, intenzitet mešanja, min ⁻¹ Type, volume of reactor, mL / Type of agitator, agitation intensity, rpm	Alkohol / Alcohol	Molski odnos alkohol:ulje, odnosu na masu ulja Molar ratio alcohol:oil loading, % to the oil	Katalizator / količina, % u odnosu na masu ulja Catalyst / loading, % to the oil	Temperatura, °C Temperature, °C	Prinos, % / optimalni uslovi Yield, % / optimal conditions	Referenca Reference
Ulje sirka, komercijalno Sirovo ulje sirka, komercijalno	Balon, 250 / magnetna, - Balon, - / -, 500	Metanol Etanol	5:1 0,2-0,5 g/g	NaOH / 0,5 NaOH / 0,5-1,5	60 30-60	92 / 1,5 h. 91 / 0,333 g etanol/g ulja, 1% NaOH, 30 °C, 2 h	Kumar i Kant (2013) Kumar i sar. (2013)
Ulje sirka	Balon, - / -, 300	Etanol	3:1, 5:1, 6:1	NaOH, KOH / 0,5-1,5	60	92,9 / 5:1 mol/mol oil, 1% NaOH, 1,5 h	Kumar i Kant (2014b)
Ulje sirka	Balon, 250 / magnetna, -	Etanol	6:1-24:1	Zn(OCH ₂ CH ₃) ₂ / 0,25-1,50 ^a	35-65	92,9 / 18:1 mol /mol, 1% ZnO, 65 °C, 100 min;	Kumar i Kant (2014a)
Nusproizvod i prerade zna sirka:	Bočice sa kapiicom / mučkalica, 250	Metanol	65,8:1 - 225,7:1	NaOCH ₃ / 1:1- 1:2 molski odnos	25, 40	NaOCH ₃ :metanol molski odnos 1,0:2,0:131,7, 40 °C, 4,5 h	Wyatt i sar. (2018)
Mekinje DDGS						98,3 % 32,2%	

^a količina ZnO korišćena za pripremu cink etoksida

Kumar i Kant, (2014b) su ispitivali uticaj količine NaOH i KOH kao katalizatora i molskog odnosa etanol:ulje na prinos estara u etanolizi ulja sirka. Povećanje količine NaOH od 0,5% do 1,0% (prema masi ulja) imalo je pozitivan uticaj na prinos estara, ali pri količini NaOH od 1,5% prinos etil estara je opao zbog trošenja katalizatora u reakciji saponifikacije TAG. Povećanjem molskog odnosa od 3:1 do 5:1 povećan je i prinos etil estara, što je posledica pomeranja ravnoteže reakcije prema formiranju estara. Međutim, dalje povećanje količine etanola (molski odnos etanol:ulje 6:1) imalo je za posledicu smanjenje prinosa estara zbog veće rastvorljivosti glicerola i otežene separacije faza. Veća rastvorljivost reaktanata i teže razdvajanje etilestarske od glicerolne faze su razlozi blagog smanjenja prinosa etil estara na višoj temperaturi reakcije, zbog čega se preporučuje temperatura od 30 °C (Kumar i sar., 2013). Identičan uticaj količine katalizatora i molskog odnosa etanol:ulje zabeležen je i u slučaju etanolize ulja sirka katalizovane cink etoksidom (Kumar i Kant, 2014a). Povećanjem količine katalizatora do 1% (prema masi ulja) i molskog odnosa etanol:ulje do 18:1 prinos etil estara se povećava, dok dalje povećanje oba reakciona uslova ima negativan uticaj na prinos estara.

U sintezi biodizela primenjivan je in situ postupak alkoholize mekinja i DDGS u prisustvu NaOCH₃ kao katalizatora (Wyatt i sar., 2018). Reakcije alkoholize je izvođena na temperaturama 25 i 40°C i pri različitim molskim odnosima metanol:ulje:katalizator. U cilju nesmetane sinteze metil estara, vlažnost uljnih sirovina je pre konverzije smanjena do 2%. Ovim postupkom je ostvaren znatno veći prinos metil estara iz mekinja sirka (98,3%) u odnosu na prinos iz DDGS (32,2%). Nizak prinos estara iz DDGS je pripisan mogućoj brznoj apsorpciji vlage u DDGS, što ukazuje na potrebu daljih istraživanja u cilju poboljšanja procesa dobijanja biodizela. Buduća istraživanja primene sirka kao sirovine za dobijanje biodizela trebalo bi da budu usmerena ka optimizaciji uslova izvođenja reakcije alkoholize, primeni prirodnih i otpadnih materijala kao katalizatora, modelovanje kinetike reakcije i simulacija procesa i razvoj kontinualnih postupaka.

Kako bi se bioduzel na bazi sirka mogao uspešno koristiti kao alternativno gorivo dizelu fosilnog porekla, njegove fizičko-hemijske karakteristike moraju biti u okviru definisanih standarda kvaliteta biodizela. S obzirom da su istraživanja karakteristika biodizela malobrojna, očigledno je da su neophodna potpunija istraživanja. Ispitane karakteristike biodizela uglavnom su u okviru standarda kvaliteta biodizela EN 14214. Potencijalni problem predstavlja sadržaj estara u biodizelu, koji je u nekim slučajevima ispod propisane vrednosti (Kumar i Kant, 2013; 2014b) o čemu treba voditi računa kod optimizacije proizvodnog procesa. Pored toga, neophodna su i istraživanja performansi, emisije i karakteristika sagorevanja biodizela.

ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja sinteze biodizela iz ulja sirka i nusproizvoda iz procesa dobijanja etanola iz sirka. Zbog male vrednosti kiselinog

broja uljne sirovine, najčešće je primenjivan postupak homogene, bazno katalizovane sinteze alkil estara masnih kiselina. Vrsta alkohola (metanol ili etanol) ima skoro neznatan uticaj na prinos alkil estara. Kao katalizatori reakcije najčešće su korišćeni NaOH i KOH, pri čemu bolje katalitičke osobine u etanolizi ulja sirka ima NaOH u odnosu na KOH. Na prinos alkil estara utiču molski odnos alkohol:ulje, temperatura reakcije i količina katalizatora. U cilju razvoja procesa dobijanja biodizela iz sirka kao sirovine, koji bi zadovoljio zahteve standarda kvaliteta biodizela, neophodna su dalja istraživanja koja bi obuhvatila optimizaciju reakcionih uslova, modelovanje kinetike reakcije alkoholize, simulaciju procesa, kao i istraživanja performansi i karakteristika sagorevanja 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. Chiremba, C., Taylor J.R.N., Rooney L.W., Beta, T. (2012). Phenolic acid content of sorghum and maize cultivars varying in hardness. *Food Chem.*, 134: 81-88.
2. Ciampitti, I.A., Prasad P.V.V. (2016). Historical synthesis - analysis of changes in grain nitrogen dynamics in sorghum. *Front. Plant Sci.* 7: Article 275.
3. FAOSTAT (2017). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (pristupljeno 09.03.2019.).
4. Kumar, A.A. (2016). Botany, Taxonomy and Breeding, pp. 27-46. u: Eds., S. Rakhsit, Y. Hong-Wang, *The Sorghum Genome*. Springer. USA.
5. Kumar, V., Kant, P. (2013). Study of physical and chemical properties of biodiesel from sorghum oil. *Res. J. Chem. Sci.* 3: 64-68.
6. Kumar, V., Kant, P. (2014a). Biodiesel production from sorghum oil by transesterification using zinc oxide as catalyst. *Pet. Coal.*, 56: 35-40.
7. Kumar, V., Kant, P. (2014b). Differential studies of alkali catalysed production of biodiesel from sorghum oil. *Res. J. Chem. Sci.* 4: 66-70.
8. Kumar, V., Kant, P., Nigam, G.D. (2013). Factor affecting the preparation of biodiesel from sorghum oil. *Pet. Coal.*, 55: 6-11.
9. Sikora, V., Berenji, J. (2011). Sirak za zrno i sirak metlaš kao alternativne kulture. 45. Savetovanje agronoma Srbije, Zbornik radova, Zlatibor, Srbija, str. 171-180.
10. Singh, V., Moreau, R.A. Hicks, K.B. (2003). Yield and phytosterol composition of oil extracted from grain sorghum and its wet milled fractions. *Cereal. Chem.* 80: 126-129.
11. Smith, C.W., Frederiksen, R.A. (2000): *Sorghum: Origin, History, Technology and Production*, John Wiley & Sons, New York, USA.
12. Srinivas Rao, P., Belum, V.S., Nagaraj, N., Upadhyaya, H.D. (2015). Sorghum production for diversified uses, pp. 1-27. u: Editori, Y.H. Wang, H.D. Upadhyaya, C.

Kole, Genetics, genomics and breeding of sorghum. CRC press i Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA.

13. Vasilakoglou, I., Dhima, K., Karagiannidis, N, Gatsis, T. (2011). Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. *Field Crops Res.* 120: 38–46.
14. Wyatt, V.T., Jones, K., Johnston, D.B., Moreau, R.A. (2018). Production of fatty-acid methyl esters via the in situ transesterification of grain sorghum bran and sorghum distiller's dried grains and solubles. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 95(6): 743-752.
15. Zhang, G., Hamaker, B.R. (2005). Sorghum (*Sorghum bicolor* L., Moench) flour pasting properties influenced by free fatty acids and proteins. *Cereal. Chem.* 82: 534–540.
16. 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. Energ. 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