

JOURNAL OF EDIBLE OIL INDUSTRY

ujarstvo

(Online)

Volumen 53, broj 1 (2022)

ISSN 0351-9503 (Print)

ISSN 2956-0594 (Online)

Izdavač(i)*Publisher(s)*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Tehnologija biljnih ulja i masti
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Novi Sad
Poslovna zajednica „Industrijsko bilje” DOO, Novi Sad**
*University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Vegetable Oils and Fats Technology
Institute of Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia, Novi Sad
Business Association „Industrial crops” Novi Sad*

Savetodavni odbor*Advisory board*

**Prof. dr Ranko Romanić, Prof. dr Biljana Pajin, Dr Vladimir Miklič, Prof. dr Biljana Rabrenović,
Doc. dr Ivana Lončarević, Gordan Parenta, dipl. inž., Milan Ševo, dipl. inž., Nada Grbić, dipl. inž.,
Dragan Trzin, dipl. inž., Mirjana Grujić, dipl. hem.**

Članovi savetodavnog odbora iz inostranstva*Advisory board members from abroad*

**Prof. György Karlovits, Ph.D., Corvinus University, Budapest, Hungary; Ph.D. Branislav Dozet,
KWS Group, Budapest, Hungary; Prof. Mirjana Bocevska, Ph.D., Faculty of Technology and
Metalurgy, Skopje, Macedonia; Prof. Vlatko Marušić, Ph.D., Mechanical Engineering Faculty,
Slavonski Brod, Croatia; Prof. Nedyalka Yanishlieva-Maslarova, Ph.D., Institute of Organic
Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria; Prof. Gerhard Jahreis, Ph.D., Friedrich-
Schiller-Universität, Jena, Germany; Ph.D. Werner Zschau, Wörthsee, Germany**

Uređivački odbor*Editorial board*

Prof. dr Ranko Romanić, Zoran Nikolovski, dipl. inž., Mr Zvonimir Sakač

Glavni i odgovorni urednik*Editor in chief*

Prof. dr Ranko Romanić

Urednik*Editor*

Dr Olga Čurović

Tehnička priprema i dizajn*Technical preparation and design*

Prof. dr Ranko Romanić

Adresa redakcije*Editorial board address*

**Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Tehnologija biljnih ulja i masti,
21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, Republika Srbija
Telefon: 021 485 3700; Fax: 021 450 413; e-mail: uljarstvo.tf@uns.ac.rs**
*University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Vegetable Oils and Fats Technology,
21000 Novi Sad, Bul. cara Lazara 1, Republic of Serbia
Phone: +381 21 485 3700; Fax: +381 21 450 413; e-mail: uljarstvo.tf@uns.ac.rs*

ISSN (Štampano izdanje)

ISSN (Print)

0351-9503

ISSN (Online)

ISSN (Online)

2956-0594

Web-adresa (URL)*Web address (URL)*

<https://www.tf.uns.ac.rs/nauka-i-istrazivanje/publikacije/17-srpski/nauka-i-istrazivanje/publikacije/553-uljarstvo.html>

**SASTAV LIPIDNOG EKSTRAKTA ŽETVENIH OSTATAKA
PŠENICE, KUKURUZA I SUNCOKRETA**

Ranko Romanić^{1}, Tanja Lužaić¹, Stevan Samardžić², Zoran Maksimović²*

¹Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Novi Sad, Republika Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, Republika Srbija

IZVOD

Usled stalnog porastva broja stanovnika raste i potreba za hranom u svetu, što dovodi do povećavanja obradivih površine pod žitaricama i uljaricama. Raste i količina žetvenih ostataka koji se najčešće spaljuju. Spaljivanje žetvenih ostataka predstavlja veliki ekološki rizik, sa jedne strane, jer je čest uzročnik požara, dok sa druge strane predstavlja vrednu biomasu koja ostaje neiskorišćena. U poslednjih nekoliko godina je primećen trend spaljivanja ostataka na polju što dovodi do zagađenja vazduha i predstavlja opasnost po zdravlje stanovništva. Žetveni ostaci sadrže različite komponente koje bi mogle naći svoju primenu u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Analizom sastava lipidnog ekstrakta žetvenih ostataka utvrđeno je prisustvo biološki vrednih komponentata koje dalje mogu naći svoju primenu u proizvodnji mesnih prerađevina sa poboljšanom oksidativnom stabilnošću, boljom održivošću, poboljšanim sastavom masnih kiselina, kao i novim formulama prirodne kozmetike.

Ključne reči: žetveni ostaci, pšenica, kukuruz, suncokret, lipidni ekstrakti.

**COMPOSITION OF LIPID EXTRACT OF WHEAT, CORN AND SUNFLOWER
HARVEST RESIDUES****ABSTRACT**

The constant increase in the world's population and the need for food lead to an increase in arable land under cereals and oilseeds. The amount of crop residues, mostly open burned, is also increasing. Burning harvest residues is a great environmental risk, on the one hand, because it is a frequent cause of fires, while on the other hand, it represents valuable biomass that remains unused. In the last few years, a trend of burning residues in the field has been observed, which leads to air pollution and poses a risk to the human health. Harvest residues contain various components that could be used in the food and pharmaceutical industry. Examination of the lipid extract of harvest residues determined the presence of biologically valuable components that can further be used in the production of meat products with improved

* Dr Ranko Romanić, vanredni profesor
Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Republika Srbija
Tel. +381 21 485 3700; E-mail: rankor@uns.ac.rs

oxidative stability, longer shelf life, improved fatty acids composition, as well as new formulas of natural cosmetics.

Key words: harvest residues, wheat, corn, sunflower, lipid extract.

UVOD

Procenjuje se da se svake godine u celom svetu proizvede 140 milijardi tona poljoprivredne biomase. Biomasa se odnosi na bilo koji materijal proizveden rastom mikroorganizama, biljaka ili životinja (Nagel i sar., 1992). Otpadna biomasa je široko dostupna, obnovljiva i jeftina i danas se smatra važnim i atraktivnim resursom (UNEP, 2009). Iako postoji trend u korišćenju tehnologija konverzije biomase, poljoprivredni otpad je još uvek u velikoj meri nedovoljno iskorišćen. Često se spaljuje na poljima, posebno u zemljama u razvoju koje nemaju jake regulatorne instrumente za kontrolu takve prakse (UNEP, 2009), uključujući i Srbiju. Kao uobičajena praksa, otvoreno sagorevanje poljoprivrednih ostataka dovodi do zagađenja vazduha, što predstavlja rizik po zdravlje ljudi i životne sredine. Autonomna pokrajina Vojvodina je u oktobru 2019. godine proglašena za region sa najvećim brojem požara u Evropi (Bjelotomić, 2019). Ovaj podatak nije iznenađujući, ako se uzme u obzir da je u Vojvodini skoncentrisano 35% obradivih površina Republike Srbije, a teritorijalno Vojvodina zauzima 27,9% površine Republike Srbije. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku Srbije u 2022. godini, najveće površine zasađene su kukuruzom (952.216 ha), zatim pšenicom (631.086 ha) i suncokretom (251.155 ha) (Republički zavod za statistiku, 2022). Ovi podaci ukazuju na velike količine žetvenih ostataka proizvedenih i najčešće spaljenih. Valorizacijom ovih sporednih proizvoda poljoprivredne proizvodnje sprečilo bi se sagorevanje žetvenih ostataka na njivi, ali i dobile nove visoko vredne komponente čija je dalja primena moguća u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji.

Žetveni ostaci

Na svaku tonu žita proizvedenih širom sveta, proizvede se približno 1,5 tona slame kao poljoprivrednog sporednog proizvoda. Ovo daje svetsku proizvodnju od 1000 miliona tona žita godišnje i dobije se oko 1500 miliona tona slame od žita (Sin, 2012). Glavni poljoprivredni otpad (tj. žetveni ostaci) od žita su slama i ljuska (opna, pleva). Sama slama može činiti više od 50% suve mase useva (Yuan i Sun, 2010). Slama se sastoji uglavnom od tri grupe organskih jedinjenja, a to su celuloza, hemiceluloza i lignin, a zajedno ove tri komponente čine više od 80% suve materije (Moore, 1981). Minorne komponente uključuju lipofilnu frakciju, proteine, šećere, soli i pepeo.

Tradicionalno, slama se koristi kao sirovina za ishranu i gajenje životinja zbog visokog sadržaja celuloze. Oko 40% slame čini celuloza, što je čini odličnim izvorom energije, ali je svarljivost ograničena na oko 30% zbog hemijske strukture slame (Wilson i sar., 2000; Han i Anderson, 1974). Godine 1800. slama se, po prvi put, koristila kao izvor nedrvenih vlakana za papir. Sa smanjenjem površina pod šumama i dramatičnim povećanjem potražnje za papirom, došlo je do porasta upotrebe celuloze dobijene od nedrvenih vlakana sa 6,7% na 10,6% od 1970. do 1993. godine (Yuan i Sun, 2010). Uz rastuću potražnju za energijom i opadajuću ponudu nafte, slama postaje značajan alternativni i obnovljivi izvor energije. Slama se može pretvoriti u koristan izvor energije putem termohemijske konverzije (sagorevanje, piroliza, gasifikacija) ili biohemijske obrade (digestija i fermentacija). Potencijalno ukupno 442 gL bioetanola može se

proizvesti iz poljoprivrednog otpada (kukuruzna slama, pšenična slama, ječmena slama, zobena slama, pirinčana slama, slama od sirka i bagasa) širom sveta (Kim i Dale, 2004). Daske od slame su uspešno proizvedene kao zamena u industriji ploča na bazi drveta (Yang i sar., 2003). Slama se može razložiti na rastvorljive šećere i komponente kao što je mlečna kiselina koja je kritična komponenta za proizvodnju biorazgradive plastike (Xu i sar., 2007). Tržište biorazgradive plastike je poraslo pet puta između 1996. i 2001. (Gross i Kalra, 2002). Osim što se slama koristi kao hrana za životinje, papir, energija, iverica i biorazgradiva plastika, ona se takođe koristi kao apsorber u borbi protiv zagađenja vode. Tradicionalno, aktivni ugalj se koristi za apsorpciju boja i teških metala u otpadnim vodama, ali biološki dobijeni aktivni ugalj se sintetizuje iz slame i ljuške različitih biljaka (Ahmedna i sar., 2000; Mohamed, 2004). Višak slame se, takođe, ugrađuje u zemljište i istraživanja pokazuju da inkorporacija može promeniti svojstva zemljišta i pozitivno, npr.: dobijanje hranljivih materija i negativno, na primer: u zemljištu na bazi gline (Bird i sar., 2002; Powlson i sar., 1985). Ostale trenutne upotrebe uključuju posteljinu za životinje, baštenski malč, biokompozite, čišćenje izlivanja ulja, kontrolu algi kompostom od pečuraka i rast cijanobakterija u vodenom rezervoaru (Bouhicha i sar., 2005; Hussein i sar., 2009). Iako postoje različite primene slame, ona se uglavnom koristi cela, ne kao pojedinačne komponente. Voskovi se mogu ekstrahovati da bi se stvorio drugi proizvod na biološkoj bazi pre njegove trenutne upotrebe, na primer: energija, koja može da doda vrednost niskoj ceni, velikom obimu biomase (Budarin i sar., 2011).

Lipidni ekstrakt žetvenih ostataka

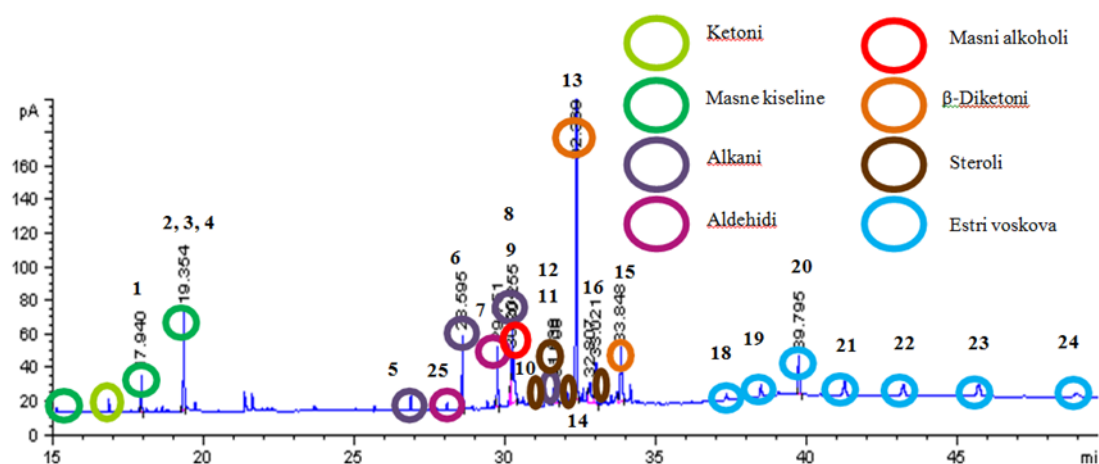
Lipofilna frakcija je složena mešavina alifatičnih i cikličnih jedinjenja sa različitim funkcionalnim grupama i različitim dužinama lanca. Ugljovodonici u lipidnoj frakciji mogu postojati kao *n*-alkani, alkani razgranatog lanca i alkeni. *n*-alkani čine više od 50% frakcije lipida (Manheim i Mulroi, 1978). Oni postoje uglavnom kao ugljovodonici neparnog lanca i uključuju C27, C29, C31 i C33 (Eglinton i sar., 1962). *n*-alkani sa parnim brojem C atoma su takođe prisutni kod nekih vrsta, u manjoj količini (Eglinton i sar., 1962). Pronađeni alkani razgranatog lanca su obično parni, ali je utvrđeno prisustvo i neparnih i parnih (Eglinton i sar., 1962). Alkeni u biljnim lipidima imaju tendenciju da budu mononezasićeni, sa dvostrukom vezom na poziciji 1 (Herbin i Robins, 1968). β -diketoni mogu biti prisutni kao glavni sastojak lipofilne frakcije, do 70% kod nekih biljnih vrsta. Utvrđeno je oko 10-50% β -diketona u žitima kao što su pšenica, ječam, ovas i raž (Tulloch, 1976). 1,3-dikarbonil grupa se obično nalazi na pozicijama 12-14, 14-16 i 16-18 u C31 i C33 u alkil lancima (Baum i sar., 1989). Hidroksi- β -diketoni se takođe uglavnom nalaze u žitima pošto su ove dve grupe blisko povezane i uglavnom potiču od najzastupljenijeg entriakontan-14,16-diona (Tulloch, 1976). Ciklične komponente se uglavnom sastoje od sterola i triterpenoida. Biljni steroli, takođe zvani fitosteroli, su tetraciklične grupe molekula koje se nalaze u biljkama, a najčešći su stigmasterol, β -sitosterol i kampesterol (Jiang i Vang, 2005). Biljke mogu da sadrže do 3 mg sterola po gramu suve materije (Jiang i Vang, 2005). Steroli u biljkama su obično sastojci membrane sa glavnim funkcijama u regulisanju fluidnosti i vodopropusnosti (Demel i De Kruiff, 1976). Ovi steroli mogu da grade estarske veze sa slobodnim masnim kiselinama prisutnim na površini biljaka, formirajući steril estre (Schaller, 2004). Identifikovane su strukture steril estara formiranih od tri glavna slobodna sterola - stigmasterola, β -sitosterola i kampesterola (Dyas i Goad, 1993). Masne kiseline su u opsegu od C12 do C22 (Dyas i Goad, 1993). Uglavnom su prisutne heksadekanska,

oktadekanska i oktadecenska kiselina, a neki autori navode i prisustvo polinezasićenih masnih kiselina u sastavu sterilnih estara (Takaoka i sar., 1987). Esterifikacija slobodnih sterola i slobodnih masnih kiselina za formiranje sterilnih estara je način da se regulišu nivoi ovih sastojaka u biljkama i pomogne unutarćelijsko i vanćelijsko kretanje slobodnih sterola (Dyas i Goad, 1993). Obrazac i obilje različitih klasa lipofilnih frakcija u različitim vrstama predstavljenim u biljnoj kutikuli zavise od genetske ekspresije putem biosintetskog puta i uticaja životne sredine (Nødskov Giese, 1975; Millar i Kunst, 1997).

Lipidni ekstrakt žetvenih ostataka pšenice

Žetveni ostaci pšenice, posebno pšenična slama, bili su predmet prethodnih istraživanja i upoređeni sa lipofilnim ekstraktom drveta, koji se naziva i drvena smola ili smola za drvo, koji se koristi u industriji celuloze i papira (Sithole, 1992; Sun i sar., 2003). Naime, lipofilni ekstrakt se dobija ekstrakcijom nepolarnim rastvaračima (Gutierrez i sar., 1998). Lipofilni ekstrakt pšenične slame uglavnom se sastoji od slobodnih masnih kiselina, sterola, voskova, steril estara i triacilglicerola, čineći 51,89-72,00% (Sun i Sun, 2001) ili 68,7-75,8% (Sun i sar., 2003) ekstrahovane supstance, u zavisnosti od smeše rastvarača koji se koristi za ekstrakciju (toluen, etanol, metanol, metil terc-butil etar i hloroform). Najveći sadržaj, od 25,8 do 48,4%, zauzimaju slobodne masne kiseline, od kojih su najzastupljenije dekadanska kiselina (C10:0), tetradekanska kiselina (C14:0), pentadekanska kiselina (C15:0), palmitinska kiselina (C16:0), heptadekanonska kiselina (C17:0), oleinsku kiselina (C18:1) i heneikozanoenska kiselina (C21:0) i čine 90% ukupnih slobodnih masnih kiselina (Sun i sar., 2003). Pronađene su male količine linolne kiseline (C18:2), dodekanske kiseline (C12:0), oktadekadske kiseline (C18:0), dokozanoidne kiseline (C22:0) i tetrakozanoidne kiseline (C24:0) (Sun et al., 2003). Heksanski ekstrakt ima različit sastav slobodnih masnih kiselina, od 18 identifikovanih kiselina dominantne su heksadekadanska kiselina, linolna kiselina, 9-oleinska kiselina i dokozanoidna kiselina (Kin i sar., 2009). Sadržaj slobodnih masnih kiselina u heksanskom ekstraktu je niži u poređenju sa sadržajem sterola (Kin i sar., 2009). Steroli u biljkama su obično sastojci membrane sa glavnim funkcijama u regulisanju njene tečnosti i vodopropusnosti (Demel i De Kruiff, 1976). β -sitosterol, kampesterol i stigmasterol su dominantni steroli u ekstraktima heksana (Kin i sar., 2009), dok je β -sitosterol bio dominantan u drugim ekstraktima rastvora, praćen malim količinama ergosterola, stigmasterola i stigmastanola (Sun i Sun, 2001). Steroli grade estarske veze sa slobodnim masnim kiselinama prisutnim na površini biljaka, formirajući steril estre (Schaller, 2004). Steril laurat, steril miristat, steril palmitat, steril margarat i steril oleat grade 66,11-94,48% ukupnih steril estara (Sun i Sun, 2001), međutim sadržaj steril estara je nizak, između 3,1 i 6,9% (Sun i sar., 2003). Između 9,4 i 27% lipofilnog ekstrakta čine voskovi, pri čemu su glavni predstavnici oleil estra palmitinske kiseline i oleil estra oleinske kiseline (Sun i sar., 2003). Triacilgliceroli zauzimaju 3,3-11,0% ukupnog ekstrakta, u zavisnosti od korišćene smeše rastvarača (Sun i sar., 2003).

Primer hromatograma lipidnog heksanskog ekstrakta prikazan je na slici 1.



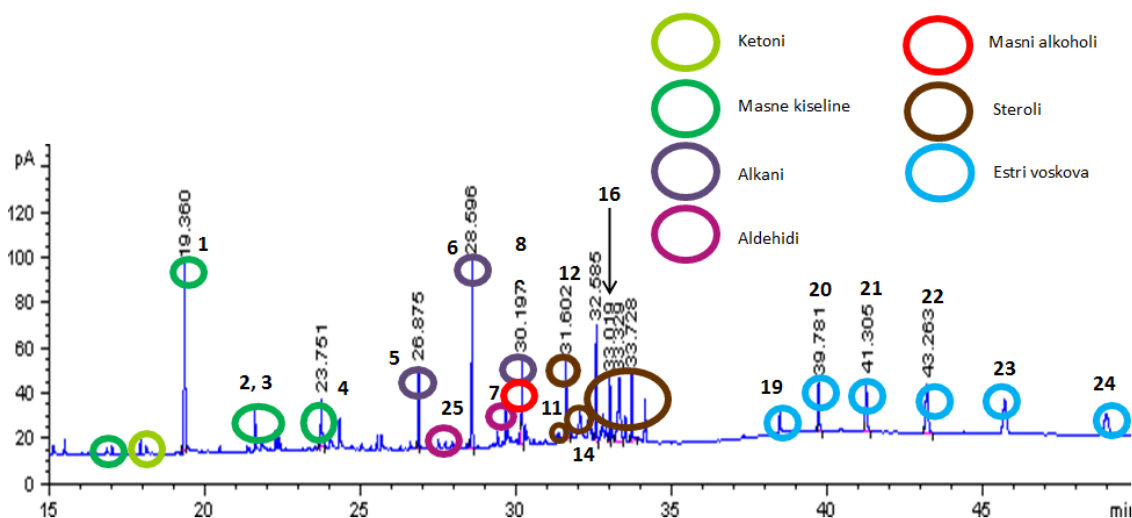
Slika 1. Hromatogram lipidnog heksanskog ekstrakta žetvenih ostataka pšenice (Sin, 2012)

Figure 1. GC chromatogram of wheat harvest residues hexane extract (Sin, 2012)

Lipidni ekstrakt žetvenih ostataka suncokreta

Potencijalne poljoprivredne biomase za dobijanje lipidnih ekstrakata su, i žetveni ostaci suncokreta (*Helianthus annuus*), i kukuruza (*Zea mais*), čiji se obim svetske proizvodnje sve više povećava usled sve većih potreba za hranom i energijom (Antolin i sar., 2002; Liu i sar., 2022) Lipofilna frakcija žetvenih ostataka suncokreta, a još manje kukuruza, nije dovoljno istražena, nema visokovrednu primenu, što otvara novu mogućnost za izvođenje ekstrakcije i valorizaciju komponenti visoke vrednosti. Prinos lipofilne frakcije izdvojene heksanom iz žetvenih ostataka suncokreta je veoma mali, svega 0,3% (Sin, 2012). Nizak prinos ekstrakcije objašnjava se velikim poprečnim presekom stabljike što znači da bi površina kutikularnih lipida bila manja po gramu uzorka koji se ekstrahuje. Suncokretova slama ima veoma veliko unutrašnje jezgro od celuloze koje je potpuno bez lipida, smatra se da bi odvajanjem površine slame od njenog unutrašnjeg jezgra dovelo do većeg prinosa ekstrakcije.

Na slici 2 prikazane su grupe jedinjenja čije prisustvo je utvrđeno u žetvenim ostacima suncokreta.



Slika 2. Hromatogram lipidnog heksanskog ekstrakta žetvenih ostataka suncokreta (Sin, 2012)

Figure 1. GC chromatogram of sunflower harvest residues hexane extract (Sin, 2012)

ZAKLJUČAK

Trenuto, tretman žetvenih ostataka svodi se na otvoreno sagorevanje ostataka i odlaganje, koje dovodi do ekonomskih gubitaka i ekoloških problema ili na primenu niske vrednosti u vidu anaerobne digestije, komposta, baštenskog malča, adsorbenata, hrane i prostirki za životinje, proizvodnje energije i td.

Tretiranjem žetvenih ostataka na drugi način mogle bi se dobiti sirovine za proizvodnju nanokristalne i mikrokristalne celuloze, modifikatora i aditiva u industriji hrane, komponenta za kozmetičku i prehrambenu industriju, zatim visokovrednih biljnih komponenti kao što su: lecitin, pektinske materije, voskovi, biljni steroli, polifenoli i dr.

Zahvalnica

Istraživanje sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije - Program IDEJE, u okviru projekta br. 7752847, pod nazivom: Value-Added Products from Maize, Wheat and Sunflower Waste as Raw Materials for Pharmaceutical and Food Industry - PhAgroWaste.

LITERATURA

- Ahmedna, M., Marshall, W. E., Rao, R. M. (2000). Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. *Bioresour. Technol.*, 71(2): 113-123.
- Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, Y., Castano, V., Perez, C. Ramirez, A.I. (2002) Optimization of Biodiesel Production by Sunflower Oil Transesterification. *Bioresour. Technol.*, 83: 111-114.
- Baum, B. R., Tulloch, A. P., Bailey, L. G. (1989). Epicuticular waxes of the genus *Hordeum* : a survey of their chemical composition and ultrastructure. *Can J Bot*, 67(11): 3219–3226.
- Bird, J. A., Eagle, A. J., Horwath, W., Hair, M. W., Zilbert, E., van Kessel, C. (2002). Long-term studies find benefits, challenges in alternative rice straw management. *Calif Agric*, 56(2): 69-75.
- Bjelotomić, S. Serbian Monitor, 29.10.2019. (<https://www.serbianmonitor.com/en/nasa-vojvodina-is-the-region-with-the-highest-number-of-fires- in-europe-last-week>)
- Bouhicha, M., Aouissi, F., Kenai, S. (2005). Performance of composite soil reinforced with barley straw. *Cem Concr Compos* 27: 617-621.
- Budarin, V. L., Shuttleworth, P. S., Dodson, J. R., Hunt, A. J., Lanigan, B., Marriott, Milkowski, K., Wilson, A., Breeden, S., Fan, J., Sin, E, Clark, J. H. (2011). Use of green chemical technologies in an integrated biorefinery. *Energy Environ. Sci.*, 4(2): 471-479.
- Demel, R.A., De Kruffyff, B. (1976). The function of sterols in membranes. *Biochim Biophys Acta Biomembr*, 457(2): 109-132.
- Dyas, L., Goad, L. J. (1993). Steryl fatty acyl esters in plants. *Phytochemistry*, 34(1): 17-29.
- Eglinton, G., Gonzalez, A. G., Hamilton, R. J., Raphael, R. A. (1962). Hydrocarbon constituents of the wax coatings of plant leaves: A taxonomic survey. *Phytochemistry*, 1(2): 89-102.
- Gross, R. A., Kalra, B. (2002). Biodegradable polymers for the environment. *Science*, 297: 803-807.

- Gutierrez, A., del Ril, J.C., Gonzalez-Vila, F.J., Martin, F. (1998). Analysis of lipophilic extractives from wood and pith deposits by solid-phase extraction and gas chromatograph. *J. Chromatogr. A*, 823: 449-455.
- Han, Y. W., Anderson, A. W. (1974). The problem of rice straw waste a possible feed through fermentation. *Econ. Bot.*, 28(3): 338-344.
- Herbin, G. A., Robins, P. A. (1968). Studies on plant cuticular waxes-I. The chemotaxonomy of alkanes and alkenes of the genus *Aloe* (*Liliaceae*). *Phytochemistry*, 7(2): 239-255.
- Hussein, M., Amer, A. A., El-Maghraby, A., Taha, N. A. (2009). Availability of barley straw application on oil spill clean up. *Int J Environ Sci Technol*, 6(1): 123-130.
- Jiang, Y., Wang, T. (2005). Phytosterols in cereal by-products. *J. Am. Chem. Soc.*, 82(6): 439-444.
- Kim, S., Dale, B. E. (2004). Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass Bioenergy*, 26 (4): 361-375.
- Liu, W., Liu, Y., Liu, G., Xie, R., Ming, B., Yang, Y., Hou, P. (2022). Estimation of maize straw production and appropriate straw return rate in China. *Agric Ecosyst Environ*, 328.
- Manheim, B. S., Mulroy, T. W. (1978). Triterpenoids in epicuticular waxes of *Dudleya* species. *Phytochemistry*, 17(10): 1799-1800.
- Millar, A. A., Kunst, L. (1997). Very-long-chain fatty acid biosynthesis is controlled through the expression and specificity of the condensing enzyme. *Plant J.*, 12(1): 121-131.
- Mohamed, M. M. (2004). Acid dye removal: Comparison of surfactant-modified mesoporous FSM-16 with activated carbon derived from rice husk. *J. Colloid Interface Sci.*, 272(1): 28-34.
- Moore, A. W. (1981). Straw decay and its effect on disposal and utilization. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 6(1): 95-96.
- Nagel, B., Dellweg, H., Gierasch, L. M. (1992). Glossary for chemists of terms used in biotechnology. *Pure Appl. Chem.*, 64(1): 143-168.
- Nødskov Giese, B. (1975). Effects of light and temperature on the composition of epicuticular wax of barley leaves. *Phytochemistry*, 14(4): 921-929.
- Powelson, D. S., Jenkinson, D. S., Pruden, G., Johnston, A. E. (1985). The effect of straw incorporation on the uptake of nitrogen by winter wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 36(1): 26-30.
- Qin, M. H., Xu, Q. H., Shao, Z. Y., Gao, Y., Fu, Y. J., Lu, X. M., Holmbom, B. (2009). Effect of bio-treatment on the lipophilic and hydrophilic extractives of wheat straw. *Bioresour. Technol.*, 100(12): 3082-3087.
- Republički zavod za statistiku (2022). Očekivana proizvodnja pšenice, malina i višanja i zasejane površine kukuruza, šećerne repe, suncokreta i soje, stanje 23.05.2022., Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo - Godišnja biljna proizvodnja, saopštenje.
- Schaller, H. (2004). New aspects of sterol biosynthesis in growth and development of higher plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 42(6): 465-76.
- Sin, E. H. K. (2012). The extraction and fractionation of waxes from biomass. PhD thesis, University of York.
- Sithole, B. B. (1992). Modern Methods for the Analysis of Extractives from Wood and Pulp - a Review. *Appita J.*, 45(4): 260-264.

-
- Sun, R. C., Salisbury, D., Tomkinson, J. (2003). Chemical composition of lipophilic extractives released during the hot water treatment of wheat straw. *Bioresour. Technol.*, 88(2), 95-101.
- Sun, R. C., Sun, X. F. (2001). Identification and quantitation of lipophilic extractives from wheat straw. *Ind Crops Prod*, 14(1), 51-64.
- Takaoka, D., Matsuo, A., Hayashi, S. (1987). Steryl esters of liverworts. *Phytochemistry*, 26(2): 429-431.
- Tulloch, A.P. (1976) Chemistry of Waxes of Higher Plants. In *Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes*, Kolattukudy, P.E. (Ed.); Elsevier, Amsterdam, pp. 235-287.
- UNEP (2009). *Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource*. United Nations Environmental Programme. Osaka Japan: United Nations Environmental Programme Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, Japan, pp. 1-437.
- Wilson, I. D.; Sun, R. C.; Tomkinson, T. (2000). *Encyclopedia of Separation Science*. Academic Press, London.
- Xu, Z., Wang, Q., Jiang, Z. H., Yang, X., Ji, Y. (2007). Enzymatic hydrolysis of pretreated soybean straw. *Biomass Bioenergy*, 31(2-3): 162-167.
- Yang, H. S., Kim, D. J., Kim, H. J. (2003). Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresour. Technol.*, 86(2): 117-121.
- Yuan, T. Q., Sun, R. C. (2010). Modification of Straw for Activated Carbon Preparation and Application for the Removal of Dyes from Aqueous Solutions. In *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*, Sun, R. C. (Ed.); Elsevier, Oxford, pp. 239-252.