

Srpsko hemijsko društvo



Serbian Chemical Society

**58. Savetovanje
Srpskog hemijskog društva**

**KRATKI IZVODI
RADOVA
KNJIGA RADOVA**

**58th Meeting of
the Serbian Chemical Society**

**Book of Abstracts
Proceedings**

**Beograd 9. i 10. jun 2022. godine
Belgrade, Serbia, June 9-10, 2022**

CIP - Katalogizacija u publikaciji - Narodna biblioteka Srbije, Beograd
54(082)
577.1(082)
66(082)
66.017/.018(082)
502/504(082)

СРПСКО хемијско друштво. Саветовање (58 ; 2022 ; Београд)
Kratki izvodi radova ; [i] Knjiga radova / 58. savetovanje Srpskog
hemijskog društva, Beograd 9. i 10. jun 2022. godine = Book of Abstracts
[end] Proceedings = 58th meeting of the Serbian Chemical Society, Belgrade,
June 9-10, 2022 ; [glavni i odgovorni urednik, editor Bogdan Šolaja]. -
Beograd : Srpsko hemijsko društvo = Serbian Chemical Society, 2022 (Beograd
: Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF). - 226 str. :
ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 30. -

Bibliografija uz pojedine radove.

ISBN 978-86-7132-079-5

a) Хемија - Зборници b) Биохемија - Зборници c) Технологија -
Зборници d) Наука о материјалима - Зборници e) Животна средина -
Зборници

COBISS.SR-ID 67900169

58. SAVETOVANJE SRPSKOG HEMIJSKOG DRUŠTVA,
Beograd, 9. i 10. jun 2022.

KRATKI IZVODI RADOVA/KNJIGA RADOVA
58th MEETING OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade, Serbia, 9-10 June 2022
BOOK OF ABSTRACTS/PROCEEDINGS

Izdaje/Published by

Srpsko hemijsko društvo/Serbian Chemical Society

Karnegijeva 4/III, 11000 Beograd, Srbija

tel./fax: +381 11 3370 467; www.shd.org.rs, E-mail: office@shd.org.rs

Za izdavača/For Publisher

Dušan Sladić, predsednik Srpskog hemijskog društva

Glavni i odgovorni urednik/ Editor

Bogdan Šolaja

Uređivački odbor/Editorial Board

**Ivana Ivančev-Tumbas, Suzana Jovanović-Šanta, Aleksandra Tubić, Melina
Kalagasidis Krušić**

Priprema za štampu i štampa/Prepress and printing

**Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva Tehnološko-metalurškog
fakulteta, Beograd / Research and Development Centre of Printing Engineering, Belgrade**

Godina izdanja: 2022.

Tiraž/ Circulation

30 primeraka/ 30 copies printing

ISBN 978-86-7132-079-5

KNJIGA RADOVA

Proceedings

Analitička hemija

Analytical Chemistry



Procena ekotoksikološkog rizika veštačkih zaslađivača saharina i sukraloze u rečnoj vodi na teritoriji Beograda

Eleonora Ž. Gvozdčić¹, Ivana V. Matić Bujagić², Tatjana M. Đurkić³, Svetlana D. Grujić³

¹*Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Karnegijeva 4, 11000 Beograd, Srbija*

²*Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Beogradska politehnika, Katarine Ambrozić 3, 11000 Beograd, Srbija*

³*Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11000 Beograd, Srbija*

Veštački zaslađivači saharin i sukraloza predstavljaju emergentne zagađujuće materije čije prisustvo u akvatičnim ekosistemima može negativno uticati na osetljive organizme. Veoma su postojani u životnoj sredini, a posebno je zabrinjavajuće njihovo toksično dejstvo na planktonske vrste. U ovom radu je izvršena HPLC–MS/MS analiza tragova saharina i sukraloze u pet uzoraka rečne vode iz Save i Dunava na teritoriji Beograda radi procene prisustva i određivanja ekotoksikološkog rizika. Rezultati su pokazali da detektovane koncentracije ovih zaslađivača u reci Dunav (do 396 ng L⁻¹ za saharin i do 349 ng L⁻¹ za sukralozu) pokazuju nizak ekotoksikološki rizik za vodene organizme, ali zbog “koktel efekta” njihov kumulativni doprinos može predstavljati veći rizik po vodeni svet.

Uvod

Saharin i sukraloza su široko zastupljeni veštački zaslađivači u hrani i piću, čija je moć zaslađivanja nekoliko stotina puta veća od običnog šećera. Pošto se ne metabolišu u ljudskom telu, putem kanalizacije dospevaju nepromenjeni u akvatične ekosisteme. Postojani su u životnoj sredini, posebno sukraloza, što ih čini idealnim indikatorima zagađenja komunalnim otpadnim vodama [1]. Ubrajaju se u emergentne zagađujuće materije čije se prisustvo može detektovati u životnoj sredini, ali koje nisu uključene u programe monitoringa voda i čiji toksični efekti još uvek nisu dovoljno istraženi [1]. Nekoliko toksikoloških studija je pokazalo da ove supstance mogu da imaju štetne efekte po živi svet u vodi utičući na ponašanje i reprodukciju kod ispitivanih vrsta [2]. Takođe, zabrinjavajuća je činjenica da prisustvo sukraloze može ometati proces fotosinteze, naročito kod algi.

U ovom radu je opisana analiza tragova saharina i sukraloze u uzorcima reka Save i Dunava na teritoriji Beograda, kao i procena ekotoksikološkog uticaja na vodene organizme. Ekotoksikološki rizik je određen na osnovu eksperimentalnih PNEC (eng. predicted no-effect concentration) vrednosti dobijenih iz NORMAN-ove (eng. Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances) ekotoksikološke baze podataka. Uzorci vode su analizirani metodom tačne hromatografije visokih performansi u sprezi sa tandem masenom spektrometrijom (eng. high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry, HPLC–MS/MS).

Eksperimentalni deo

Analički standard saharina i sukraloze su nabavljeni od proizvođača Sigma-Aldrich (Sent Luis, SAD). Metanol (HPLC čistoće) je nabavljen od proizvođača J.T. Baker (Glivice, Poljska). Amonijum-acetat je kupljen od proizvođača Fisher Chemical (Lafboro, Velika Britanija). Za podešavanje pH vrednosti tokom pripreme uzoraka vode korišćena je sirćetna kiselina analitičke čistoće.

Uzorci rečne vode su sakupljeni na teritoriji Beograda: dva iz reke Save (SAVA1, SAVA2) i tri iz reke Dunav (DUNAV1, DUNAV2 i DUNAV3). Uzorci su čuvani u plastičnim bocama od 1 L, u zamrzivaču, bez dodatka konzervansa, do analize. Za izolovanje i koncentrovanje veštačkih zaslađivača korišćena je metoda ekstrakcije na čvrstoj fazi (eng. solid-phase extraction, SPE) uz upotrebu Oasis HLB kertridža kao adsorbensa. Pre SPE procedure, uzorci su odmrznuti i filtrirani kroz filtere od staklenih vlakana, veličine pora 1–3 μm . Na pakovanje SPE kolone je nanošeno 50 mL uzorka rečne vode sa podešenom pH vrednošću na 3,0. Zaslađivači su eluirani sa adsorbensa pomoću 10 mL metanola, a zatim su dobijeni ekstrakti uparavani do zapremine od 1 mL.

HPLC–MS/MS analiza zaslađivača saharina i sukraloze je izvršena na Dionex UltiMate[®] 3000 HPLC sistemu u sprezi sa LTQ XL linearnim jonskim trapom kao masenim analizatorom, proizvođača Thermo Fisher Scientific (Voltam, SAD). Kao jonizaciona tehnika je korišćena elektrosprej jonizacija u negativnom režimu rada. Za hromatografsko razdvajanje zaslađivača korišćena je reverzno-fazna kolona Luna C8 (3,0 mm \times 150 mm \times 3 μm), proizvođača Phenomenex (Torans, SAD). Kao rastvarači u mobilnoj fazi korišćeni su metanol i voda, uz dodatak 0,1 mol L⁻¹ rastvora amonijum-acetata kao aditiva. U maseno-spektrometrijskoj analizi korišćene su karakteristične reakcije fragmentacije za kvantitativno određivanje saharina i sukraloze, kao i za potvrdu prisustva ovih analita u rečnoj vodi, koje su odabrane u prethodnom istraživanju [3].

Procena ekotoksikološkog rizika je izvršena izračunavanjem koeficijenta rizika (eng. risk quotient, RQ) za detektovane zaslađivače deljenjem detektovanih koncentracija u rečnoj vodi sa odgovarajućom PNEC vrednošću za odabrani zaslađivač iz NORMAN-ove ekotoksikološke baze podataka [4], koja pokazuje graničnu vrednost koja ne izaziva ekotoksične efekte kod slatkovodnih organizama.

Rezultati i diskusija

HPLC–MS/MS analizom uzoraka rečne vode iz Save i Dunava utvrđeno je prisustvo sukraloze u svim uzorcima, kao i saharina u tri uzorka. Koncentracije detektovanih zaslađivača su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Koncentracije detektovanih veštačkih zaslađivača saharina i sukraloze u rečnoj vodi (ng L^{-1}) i koeficijenti rizika (RQ) za slatkovodne organizme.

Uzorci	Saharin	RQ	Sukraloza	RQ
<i>Reka Sava</i>				
SAVA1	104 ± 19	0,003	111 ± 23	0,004
SAVA2	–	–	68 ± 7	0,002
<i>Reka Dunav</i>				
DUNAV1	92 ± 19	0,002	89 ± 9	0,003
DUNAV2	396 ± 37	0,011	206 ± 18	0,007
DUNAV3	–	–	349 ± 36	0,012

Uzimajući u obzir PNEC vrednost za saharin dobijenu iz NORMAN-ove ekotoksikološke baze podataka ($35,9 \mu\text{g L}^{-1}$), utvrđeno je da pri detektovanim koncentracijama u reci Savi ne postoji rizik za akvatične organizme (RQ manji od 0,01), dok u Dunavu (DUNAV2) registrovan nivo saharina pokazuje nizak ekotoksikološki rizik (RQ između 0,01 i 0,1). Takođe, na osnovu eksperimentalno ustanovljenih PNEC vrednosti za sukralozu ($29,7 \mu\text{g L}^{-1}$), u reci Savi nisu zabeležene koncentracije koje mogu da izazovu toksične efekte. S druge strane, u Dunavu (DUNAV3) detektovan nivo sukraloze od 349 ng L^{-1} ukazuje na nizak ekotoksikološki rizik (RQ između 0,01 i 0,1).

Povišene koncentracije na lokalitetima na Dunavu (DUNAV2 i DUNAV3) se mogu objasniti pozicijom nizvodno od velikih gradskih kanalizacionih ispusta iz kojih se u reku direktno ispušta netretirana komunalna voda. Iako detektovane koncentracije zaslađivača predstavljaju nizak rizik po vodene organizme, postoji mogućnost povećanja ekotoksikološkog rizika tokom letnjeg perioda kada se pri visokim dnevnim temperaturama i nižim vodostajima mogu detektovati visoke koncentracije, što je primećeno kod velikog broja evropskih reka (do $1 \mu\text{g L}^{-1}$) [5]. Dodatno, niske koncentracije pojedinačnih zaslađivača sumarno doprinose povećanju ekotoksikološkog rizika zbog tzv. „koktel efekta“ [6].

Zaključak

HPLC–MS/MS analizom uzoraka rečne vode potvrđeno je prisustvo saharina i sukraloze u Savi i Dunavu (do 396 ng L^{-1} za saharin i do 349 ng L^{-1} za sukralozu), kao rezultat konstantnog ispuštanja netretiranih komunalnih voda u reke. Na osnovu izmerenih koncentracija zaslađivača u reci Savi nije utvrđen ekotoksikološki rizik, dok je u Dunavu zabeležen nizak rizik za oba zaslađivača. Uzimajući u obzir povećanje koncentracija zaslađivača u letnjem periodu, kao i njihov zbirni doprinos, postoji mogućnost povećanja ekotoksikološkog rizika po živi svet u rečnoj vodi.