



56. savetovanje  
Srpskog hemijskog društva

# KNJIGA RADOVA

56<sup>th</sup> Meeting of  
the Serbian Chemical Society

## PROCEEDINGS

Niš 7. i 8. juni 2019.  
Niš, Serbia, June 7-8, 2019



Srpsko hemijsko društvo



**56. SAVETOVANJE  
SRPSKOG HEMIJSKOG  
DRUŠTVA**

**KNJIGA  
RADOVA**

**56<sup>th</sup> MEETING OF  
THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY**

**Proceedings**

Niš 7. i 8. juni 2019.

Niš, Serbia, June 7-8, 2019

CIP- Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije

54(082)(0.034.2)  
577.1(082)(0.034.2)  
66(082)(0.034.2)  
66.017/.018(082)(0.034.2)  
502/504(082)(0.034.2)

СРПСКО хемијско друштво. Саветовање (56 ; 2019 ; Ниш)

Knjiga radova [Elektronski izvor] = Proceedings / 56. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Niš, 7. i 8. juni 2019. = 56th Meeting of the Serbian Chemical Society, Niš, Serbia, June 7-8, 2019 ; [urednici, editors Dušan Sladić, Niko Radulović, Aleksandar Dekanski]. - Beograd : Srpsko hemijsko društvo = Serbian Chemical Society, 2019 (Beograd : Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemski zahtevi: Nisu navedeni. - Dostupno i na: [www.shd.org.rs/56shd.pdf](http://www.shd.org.rs/56shd.pdf). - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tekst cir. i lat. - Tiraž 6. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts ; Apstrakti. - Registar.

ISBN 978-86-7132-074-0

а) Хемија -- Зборници б) Биохемија -- Зборници в) Технологија -- Зборници г) Наука о материјалима -- Зборници д) Животна средина -- Зборници

COBISS.SR-ID 276611852

## **56. SAVETOVANJE SRPSKOG HEMIJSKOG DRUŠTVA**

*Niš, 7. i 8. juni 2019.*

### **KNJIGA RADOVA**

56<sup>th</sup> MEETING OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY

*Niši Sad, Serbia, June 7-8, 2019*

### **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](http://www.shd.org.rs), E-mail: [Office@shd.org.rs](mailto:Office@shd.org.rs)*

*Za izdavača / For Publisher*

**Vesna Mišković STANKOVIĆ, predsednik Društva**

*Urednici / Editors*

**Dušan SLADIĆ**

**Niko RADULOVIĆ**

**Aleksandar DEKANSKI**

*Dizajn korica, slog i kompjuterska obrada teksta*

*Cover Design, Page Making and Computer Layout*

**Aleksandar DEKANSKI**

*OnLine publikacija / OnLine publication*

[www.shd.org.rs/56shd.pdf](http://www.shd.org.rs/56shd.pdf)

**ISBN 978-86-7132-074-0**

**Naučni Odbor**  
**Scientific Committee**

*Dušan Sladić, predsednik/chair*  
*Vesna Mišković-Stanković*  
*Niko Radulović*  
*Gordana Stojanović*  
*Snežana Tošić*  
*Aleksandra Pavlović*  
*Aleksandra Zarubica*  
*Tatjana Anđelković*  
*Miloš Đuran*  
*Ljiljana Jovanović*  
*Marija Sakač*  
*Janoš Čanadi*  
*Velimir Popsavin*  
*Mirjana Popsavin*  
*Katarina Anđelković*  
*Dragica Trivić*  
*Maja Gruden Pavlović*  
*Tanja Ćirković Veličković*  
*Maja Radetić*



**Organizacioni Odbor**  
**Organising Committee**

*Niko Radulović, predsednik/chair*  
*Aleksandar Dekanski*  
*Danijela Kostić*  
*Dragan Đorđević*  
*Emilija Pecev Marinković*  
*Marija Genčić*  
*Ana Miltojević*  
*Milan Stojković*  
*Milan Nešić*  
*Milica Nikolić*  
*Marko Mladenović*  
*Dragan Zlatković*  
*Miljana Đorđević*  
*Milena Živković*  
*Sonja Filipović*  
*Milica Stevanović*  
*Jelena Aksi*



**Savetovanje podržalo / Supported by**



**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije**  
*Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia*

*Ova knjiga sadrži **20 radova**  
(obima od najmanje četiri stranice)  
pojedinih saopštenja prezentovanih na  
56. savetovanju Srpskog hemijskog društva.*

*This book contains **20 Proceedings**  
of some of the contributions presented at  
the 56<sup>th</sup> Meeting of the Serbian Chemical Society.*

# SADRŽAJ : : CONTENTS

## Saopštenja / Contributions

### Analitička hemija / Analytical Chemistry

- Potentially toxic elements in cultivated rose hip - quantification by ICP-AES method** ..... 3

*Jelena M. Miladinović, Jelena B. Popović-Djordjević, Đurđa D. Krstić, Vibor G. Roje*

Potencijalno toksični elementi u gajenom šipurku – određivanje sadržaja ICP-AES metodom

- Examination of antioxidant activity of different blackberry extracts by spectrophometric assays** ..... 8

*Aleksandra N. Pavlović, Milena D. Nikolić, Jelena M. Mrmošanin, Snežana S. Mitić, Snežana B. Tošić, Emilija T. Pecev-Marinković*

Испитивање антиоксидативне активности различитих екстраката купине спектрофотометријским тестовима

- Degradacija organofosfornog insekticida pomoću hlor-dioksida** ..... 13

*Igor D. Kodranov, Marija V. Pergal, Dragana M. Kuč, Dragan D. Manojlović*

Degradation of organophosphorus insecticide by chlorine dioxide

### Fizička hemija / Physical Chemistry

- Isoljavanje i sinergizam pri ekstrakciji salicilne kiseline iz vodenih rastvora** ..... 19

*Goran M. Nikolić, Jelena V. Živković, Kristina Pešić, Jovana Momčilović*

Salting-out and synergism in the extraction of salicylic acid from aqueous solutions

- The influence of the low frequency magnetic field with scan regime from 10 Hz to 50 Hz on *Saccharomyces cerevisiae* respiration** ..... 24

*Branka Lončarević, Marija Lješević, Itana Nuša Bubanja, Vladimir Beškoski, Gordana Gojgić-Cvijović, Zoran Veliki, Dragomir Stanisavljev*

Uticaj niskofrekventnog magnetnog polja (10-50 Hz) na respiracionu aktivnost ćelija kvasca *Saccharomyces cerevisiae*

### Elektrohemiја / Electrochemistry

- Bimetalni nanokatalizatori kontrolisanog oblika za anodne reakcije u gorivnim galvanskim spregovima** ..... 31

*Mila N. Krstajić Pajić, Sanja I. Stevanović, Vuk V. Radmilović, Velimir R. Radmilović, Snežana Lj. Gojković, Vladislava M. Jovanović*

Shape controlled bimetallic nanocatalysts for anodic reactions in fuel cells

**Hemijsko inženjerstvo / Chemical Engineering**

<b>Experimental measurements and theoretical simulations of alcohol and hydrocarbon binary systems</b> .....	38
<i>Milana M. Zarić, Petra Imhof, Ivona R. Radović, Mirjana Lj. Kijevčanin</i>	
Eksperimentalna merenja i teorijske simulacije binarnih sistema alkohola i ugljovodonika	
<b>Simultaneous modeling of density and viscosity of the systems with ethyl butyrate</b> .....	45
<i>Divna M. Majstorović, Emila M. Živković, Jovan D. Jovanović, Mirjana Lj. Kijevčanin</i>	
Istovremeno modelovanje gustine i viskoznosti sistema sa etil butiratom	
<b>Volumetric properties modeling of binary mixtures by Prigogine-Flory-Patterson (PFP) and Extended Real Association Solution (ERAS) models</b> .....	50
<i>Nikola D. Grozdanić, Ivona R. Radović, Mirjana Lj. Kijevčanin</i>	
Modelovanje volumetrijske osobina binarnih smeša korišćenjem Prigogine-Flory-Patterson (PFP) i Extended Real Association Solution (ERAS) modela	
Ispitivanje dinamike granulacije praškastih materija u fluidizovanom sloju .....	55
<i>Tatjana Kaluđerović Radoičić, Mihal Đuriš, Drako Jaćimovski, Zorana Arsenijević</i>	
Investigation of the dynamics of fluidized bed granulation process	

**Tekstilno inženjerstvo / Textile Engineering**

<b>Naslojavanje TEMPO oksidanim celuloznim nanofibrilima kao novi pred-tretman za poboljšanje antibakterijskih svojstava viskozne tkanine funkcionalizovane hitozanom</b> .....	61
<i>Matea Korica, Zdenka Peršin, Snežana Trifunović, Katarina Mihajlovski, Tanja Nikolić, Lidija Fras Zemljič, Mirjana Kostić</i>	
Coating with TEMPO oxidized cellulose nanofibrils as novel pre-treatment for improving antibacterial properties of viscose fabric functionalized with chitosan	
<b>Effect of the alkali treatment on the structure, moisture sorption and volume electrical resistivity of woven jute fabrics</b> .....	70
<i>Aleksandra Ivanovska, Koviljka Asanović, Nenad Tadić, Dragana Cerović, Mirjana Kostić</i>	
Uticaj alkalnog tretmana na strukturu, sorpciju vlage i zapreminsku električnu otpornost tkanina od jute	
<b>Uticaj oksidacije na strukturu i površinsko naelektrisanje pamučne pređe</b> .....	78
<i>Marina Knežević, Ana Kramar, Matea Korica, Tanja Nikolić, Andrijana Žekić, Mirjana Kostić</i>	
Influence of oxidation on the structure and surface charge of cotton yarn	

**Medicinska hemija / Medical Chemistry**

<b>Molecular properties and bioactivity score of hydroxy-substituted hydrazones</b> .....	85
<i>Boryana I. Nikolova-Mladenova</i>	

**Hemija životne sredine / Environmental Chemistry**

<b>Kvalitet vazduha na teritoriji grada Šapca</b> .....	91
<i>Jelena Avdalović, Igor Dragičević, Dušica Mijailović, Aleksandra Žerađanin, Nikoleta Lugonja, Snežana Spasić, Mila Ilić</i>	
Air quality in the territory of the town of Šabac	
<b>Ispitivanje upotrebe otpadne biomase za uklanjanje naftnih ugljovodonika iz vodenog rastvora</b> .....	98
<i>Jelena Avdalović, Zorica Lopičić, Nikoleta Lugonja, Kristina Joksimović, Jelena Milić, Vladimir P. Beškoski, Srđan B. Miletić</i>	
Investigations of possibility for petroleum hydrocarbons removal from aqueous solution by waste biomass	
<b>Ispitivanje zagađenosti podzemnih voda organskim zagađujućim supstancama</b> .....	104
<i>Mila Ilić, Jelena Avdalović, Srđan Miletić, Tatjana Šolević-Knudsen, Jelena Milić, Nikoleta Lugonja, Miroslav M. Vrvic</i>	
Investigation of groundwater polluted with organic pollutants	
<b>Mikrobna gorivna ćelija – hemijska i mikrobiološka karakterizacija sedimenta</b> .....	109
<i>Kristina Joksimović, Ana Nikolov, Aleksandra Žerađanin, Nikoleta Lugonja, Danijela Ranđelović, Gordana Gojgić-Cvijović, Vladimir Beškoski</i>	
Testing microbiological and chemical parameters of the sediment of microbial fuel cell	
<b>Removal of hexavalent chromium from aqueous solutions by adsorption on biopolymer chitosan</b> .....	114
<i>Marija Egerić, Katarina Stanković, Radojka Vujasin, Ljiljana Matović, Đorđe Petrović, Ksenija Kumrić</i>	
Uklanjanje šestovalentnog hroma iz vode primenom biosorpcije na hitozanu	
<b>In situ bioremedijacija sedimenta kontaminiranog mineralnim uljem</b> .....	120
<i>Aleksandra Žerađanin, Nikoleta Lugonja, Kristina Joksimović, Jelena Avdalović, Gordana Gojgić-Cvijović, Vladimir Beškoski, Miroslav M. Vrvic</i>	
In situ bioremediation of sediment contaminated with mineral oil	



## Degradacija organofosforinog insekticida pomoću hlor-dioksida

Igor D. Kodranov, Marija V. Pergal\*, Dragana M. Kuč, Dragan D. Manojlović  
Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija  
\*Univerzitet u Beogradu, Institut za Hemiju, Tehnologiju i Metalurgiju, Njegoševa 12,  
Beograd, Srbija, \*e-mail: [marijav@chem.bg.ac.rs](mailto:marijav@chem.bg.ac.rs)

### Izvod

U ovom radu je ispitivana degradacija organofosforinog insekticida (malationa) primenom hlor-dioksida. Degradacija je proučavana u dejonizovanoj vodi. Optimizacija uslova degradacije je ispitivana u uslovima svetlosti, sa različitim dozama hlor-dioksida, posle različitih vremenskih perioda degradacije i pri različitim pH vrednostima rastvora. Ovo je prvo istraživanje gde je degradacija malationa ispitivana upotrebom hlor-dioksida kao degradacionog sredstva. Procenat degradacije je određen pomoću HPLC-DAD, dok su degradacioni proizvodi izolovani i indentifikovani pomoću GC/MS. Rezultati su pokazali da pH ima značajan uticaj na stepen degradacije malationa. Ispitivani insekticid pokazuje dobar stepen degradacije. Vrednost stepena degradacije pri optimalnim uslovima za malation je 97,78 % primenom 5 mg/L hlor-dioksida na pH 7,00 posle 24 h tretmana. Analizom masenih spektara malationa utvrđeno je da su dobijeni degradacioni proizvodi: dietil 2-hidroksisukcinat, dietil fumarat, dimetil hidrogen fosfat, dietil 2-((dime-toksifosforil)tio)sukcinat.

### Uvod

Pesticidi su proizvodi hemijskog ili biološkog porekla namenjeni za sprečavanje, suzbijanje i uništavanje organizama štetnih za bilje, biljne proizvode i plodove, drvo i proizvode od drveta na otvorenom i u zatvorenom prostoru, kao i suzbijanje ili uništavanje nepoželjnih vrsta biljaka i drugih organizama.<sup>1</sup>

Iako agronomija poznaje mnoge metode zaštite bilja (mehanička, agrotehnička, karantinska, fizikalna, biološka, i dr.), hemijska metoda zaštite (upotreba pesticida) daleko je najzastupljenija mera. Konvencionalnu poljoprivrednu proizvodnju danas je nemoguće zamisliti bez upotrebe pesticida. Takva, hemijska zaštita bilja, nosi sa sobom niz negativnih propratnih pojava.

Pesticidi su jedinjenja koja imaju široku primenu u poljoprivredi, a velika primena je dovela do njihovog prisustva u površinskim i podzemnim vodama. Pesticidi mogu predstavljati pretnju životnoj sredini jer su dizajnirani tako da imaju specifičan fiziološki efekat na živa bića i mogu biti ksenobiotici, mutageni, kancerogeni i teratogeni. Poznato je da konvencionalni biološki tretmani ne mogu u potpunosti ukloniti pesticide pa je njihovo uklanjanje iz životne sredine, posebno iz površinskih voda, jedan od imperativa današnjice i predmet proučavanja kojim se, već nekoliko godina unazad, bavi veliki broj istraživača.

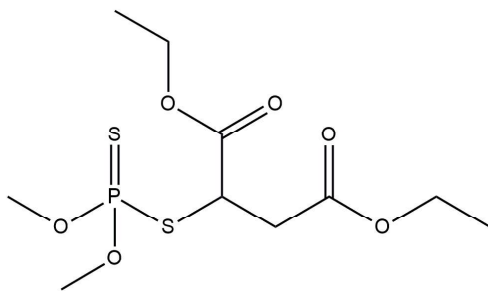
Organofosforinog pesticida su najveća i najsvestranija grupa insekticida.<sup>2</sup> Otrovniji su od hlorovanih ugljovodonika. Deluju tako što inhibiraju enzim holinesterazu, što izaziva paralizu nervne funkcije kod insekata i ljudi.<sup>3,4</sup> Prskaju se po lišću ili dodaju u zemlju preko rastvora koje upija korenje. Brzo se raspadaju i zato su pogodniji od stabilnih hlorovanih ugljovodonika. Koriste se za kontrolu različitih insekata, komaraca, vaši, štetočina u zemljištu itd.

Degradacija organofosfornih pesticida ispitivana je na različite načine: mikrobiološka degradacija, enzimska, UV degradacija, termalna, katalitička, biodegradacija, bakterijska itd.<sup>5,6</sup> Hlor-dioksid je moćno sredstvo za dezinfekciju i izuzetno selektivan oksidans ( $E_0 = 0,936$  V) koji može selektivno oksidovati specifične funkcionalne grupe kao što su fenolne grupe i tercijarni amini.<sup>7-13</sup> Koristi se kao baktericid, fungicid, algicid i antiseptik. Reaguje nezavisno od pH vrednosti rastvora, a u odnosu na tretman hlorom ima prednost jer ne proizvodi toksične trihalometane. Mana hlor-dioksida je nastanak hloritinih i hloratnih anjona koji imaju negativne efekte na crvena krvna zrnca.

Cilj ovog istraživanja je bio da se optimizuju uslovi za degradaciju malationa sa hlor-dioksidom u dejonizovanoj vodi.

### Eksperimentalni deo

Kao uzorak za ovo proučavanje korišćen je insekticid malation (dietil (dimetoksifosfotio)lto)sukcinat; 97,9 %; Sigma Aldrich). Struktura insekticida prikazana je na Slici 1. Hlor-dioksid napravljen je kao rastvor rastvaranjem natrijum-hlorita (Superior Water Disinfection Power, TwinOxide®) i natrijum-sulfata monohidrata ((Superior Water Disinfection Power, TwinOxide®) u 1 L vode HPLC čistoće (Ultra pure water, Thermofisher TKA MicroPure water purification system, 0,055  $\mu$ S/cm). Ovakav rastvor hlor-dioksida standardizovan je pomoću standardnog rastvora natrijum-tiosulfata prema 4500-CIO2 DPD, Standard Method. Vrednost pH određivana je na instrumentu Orion Star A221, Thermo Scientific, pH/mV – metrom sa staklenom elektrodom. Za podešavanje pH vrednosti korišćeni su sumporna kiselina (98 %, Sigma – Aldrich) i natrijum-hidroksid (p.a., Sigma – Aldrich). Kao eluenti za HPLC-DAD analizu korišćeni su acetonitril (>99,9 %, Sigma – Aldrich) i 0,1 % rastvor mravlje kiseline (HPLC, Fluka analytical) u ultra-čistoj vodi. Uzorci su profiltrirani kroz filtere (Econofilter PTFE 25 mm 0,45  $\mu$ m, Agilent Technologies).



Slika 1. Struktura organofosfornog insekticida (malationa)

Pre analize na HPLC-u, uzorci su rastvoreni u acetonitrilu tako da im koncentracija bude oko 1000 mg/L (interni standard). Interni standard je zatim razblažen ultra-čistom vodom do željene koncentracije od 20 mg/L. Ova koncentracija herbicida je bila ista u svim uzorcima koji su analizirani u ovom istraživanju. U rastvore herbicida dodat je hlor-dioksid kao degradaciono sredstvo. U jednu seriju uzoraka dodat je u koncentraciji od 5 mg/L, dok je u drugu dodat u koncentraciji od 10 mg/L. Reakcija je prekidana pomoću 0,1 mol/dm<sup>3</sup> rastvora natrijum-tiosulfata (~0,3 mL Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u 10 mL uzorka) nakon određenih vremenskih intervala: 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h i 24 h. U cilju optimizacije uslova degradacije, reakcija je praćena u uslovima mraka i na svetlu, kao i pri različitim pH vrednostima (2,00; 3,00; 7,00 i 9,00).

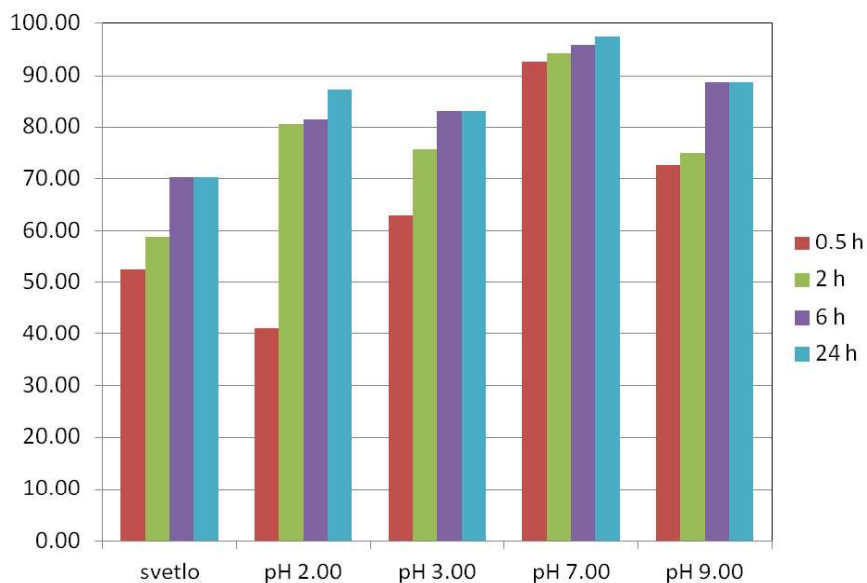
Na prethodno opisan način pripremljeni uzorci su profiltrirani i uspešnost degradacije je određivana na HPLC-DAD. Korišćen je hromatograf Thermo UltiMate 3000 RS sa DAD detektorom. Korišćena je kolona Hypersil Gold aQ (150 mm x 3 mm x 3 $\mu$ m). Eluiranje je bilo gradijentno: propuštena je smeša eluenata A i B, 0-0,5 min 5 % B, 0,5-6 min 5-45 % B, 6-8 min 45-95 % B, 8-9 min 95 % B, 9-9,01 min 95-5 % B, 9,01-14 min 5 % B, uz protok eluenata od 0,6 mL/min i pri temperaturi kolone od 40 °C. Kao eluent A korišćen je 0,1 % rastvor mravlje kiseline, a kao eluent B korišćen je acetonitril. Injektovano je 20  $\mu$ L uzorka. Detektor je bio podešen na sledeće talasne dužine: 197 nm, 211 nm i 220 nm.

Glavni degradacioni proizvodi analizirani su pomoću GC/MS (Agilent Technologies 7890B/7010). Instrument je bio opremljen masenim detektorom (trostruki kvadrupol) koji radi po principu elektronske jonizacije, kapilarnom kolonom HP5-MS (dužina 30 m, unutrašnji prečnik 0,25 mm i sloj filma 0,25  $\mu$ m). Kao noseći gas korišćen je helijum sa protokom 1 ml/min. Početna temperatura je bila 50 °C tokom 5 min, zatim je podešena da raste brzinom 10 °C/min, do 320 °C i zadržana 15 min. Temperatura transfer linije bila je 300 °C, temperatura injektovanja 320 °C, temperatura izvora jona 230 °C a temperatura kvadrupola 150 °C. Prilikom snimanja maseni detektor je bio u scan modu. Korišćeni su uzorci koji su pokazivali najveći stepen degradacije.

### Rezultati i diskusija

Procenat degradacije praćen je pomoću HPLC analize i izračunat je na osnovu površine pika malationa pre degradacije i površine pika malationa nakon degradacije.<sup>14</sup> Efikasnosti degradacije u uslovima svetla, na različitim pH i na različitim vremenima degradacije prikazane su na Slici 2.

Koncentracija polaznog pesticida bila je 20 mg/L, jer se pri ovoj koncentraciji pesticida dobio zadovoljavajući signal u HPLC hromatogramu, i mogla se uspešno pratiti degradacija pesticida. Sve analize su rađene u uslovima svetlosti, dok je mrak isključen iz daljeg istraživanja. Raniji rezultati pokazuju da je degradacija pesticida efikasnija na svetlosti nego u mraku.<sup>14</sup> HPLC analiza malationa primenom 5 i 10 mg/L hlór-dioksida, na svetlosti, pokazuje relativno loš procenat degradacije, pri čemu se vrednosti kreću 11-36 % za 5 mg/L, odnosno 20-56 % za 10 mg/L ClO<sub>2</sub>. Najviša vrednost degradacije se postiže nakon 24 h. Promenom uslova degradacije menjanjem pH vrednosti, postiže se bolji stepen degradacije. Na pH 2,00, primenom hlór-dioksida koncentracije 5 mg/L, postiže se vrednost degradacije 57-81 %, odnosno primenom 10 mg/L postiže se stepen degradacije 59-84 %. Najviša vrednost se dostiže nakon 24 h u svim slučajevima. Podešavanjem uslova na pH 3,00 postiže se vrednost degradacije 55-70 % primenom 5 mg/L hlór-dioksida, i 46-77 % primenom 10 mg/L. Rezultati su pokazali da pH vrednost 7,00, uz upotrebu 5 mg/L hlór-dioksida, daje odlične rezultate u degradaciji malationa, i to 92-98 %, pri čemu se u ovim uslovima postiže i optimalna vrednost nakon 24 h i iznosi 97,78 %. Optimalni uslovi su primenjeni za dalje istraživanje. Primena 10 mg/L hlór-dioksida daje stepen degradacije 55-76 %. Kada su uslovi podešeni na pH 9,00, takođe se dobija veoma dobra vrednost degradacije. Primenom 5 mg/L ClO<sub>2</sub> postiže se 63-80 %, dok 10 mg/L ClO<sub>2</sub> daje vrednosti 60-90 %.



Slika 2. Grafički prikaz efikasnosti degradacije malationa pri različitim uslovima

GC/MS spektri malationa snimljeni su pri optimalnim uslovima degradacije. Za malation pH 7,00, tretman hlor-dioksidom koncentracije 5 mg/L, nakon 24 h. Analizom masenih spektara malationa utvrđeno je da su dobijeni sledeći degradacioni proizvodi: dietil 2 hidroksisukcinat (Rt 21,425 min; m/z 149), dietil fumarat (Rt 11,662 min; m/z 172), dimetil hidrogen fosfat (Rt 11,828 min; m/z 128), dietil 2-((dimetoksifosforil)tio)sukcinat (malokson, Rt 21,363 min; m/z 277).

### Zaključak

Proučavanje degradacije organofosfornog pesticida (malation) primenom hlor-dioksida obuhvatilo je nekoliko koraka. Prvo je rađena optimizacija koncentracije hlor-dioksida promenom uslova svetlosti i različitih pH vrednosti. U drugom koraku, u ispitivanje su uključene hromatografske metode i to HPLC kako bi se pratio stepen degradacije pesticida, a zatim i GC/MS za analizu glavnih degradacionih proizvoda. Ispitivani insekticid pokazuje dobar stepen degradacije. Pokazano je da pH vrednost ima značajan uticaj na stepen degradacije malationa. Optimalna vrednost stepena degradacije za malation je 97,78 % primenom 5 mg/L hlor-dioksida na pH 7,00 posle 24 h. GC/MS analizom identifikovana su četiri degradaciona proizvoda. Rezultati su pokazali da hlor-dioksid može efikasno da se koristi za degradaciju malationa.

**Zahvalnica:** Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva Prosvete, Nauke i Tehnološkog Razvoja Republike Srbije. Zahvaljujemo se i TwinOxide RS d.o.o za dostupnost preparata "TWINS".

### Degradation of organophosphorus insecticide by chlorine dioxide

*In this paper, the degradation of organophosphorus insecticide (malathion) with chlorine dioxide was investigated. Degradation was studied in deionized water. Optimization of*

degradation conditions was examined under light condition, with different doses of chlorine dioxide, after different degradation times and at different pH values. This is the first study where degradation of malathion was done using chlorine dioxide as a degradation agent. The percentage of degradation was determined by HPLC-DAD, while the degradation products were isolated and identified by GC-MS. The results showed that pH has a significant influence on the degree of degradation. The value of degradation degree determined under the optimal conditions for malathion was 97.78 % using 5 mg/L chlorine dioxide at pH 7.00 after 24 h of treatment. By analyzing mass spectra of malathion, it was found that the resulting degradation products were diethyl 2-hydroxysuccinate, diethyl fumarate, dimethyl hydrogen phosphate and diethyl 2-((dimethoxyphosphoryl)thio)succinate.

### Literatura

1. G. W. A Milne, Handbook of pesticides, CRC Press LLC, Florida (1998).
2. R. Bala, M. Kumar, K. Bansal, R.K. Sharma, N. Wangoo, Ultrasensitive aptamer biosensor for malathion detection based on cationic polymer and gold nanoparticles, *Biosensors and Bioelectronics*, **85** (2016) 445.
3. M.B. Colovic, Krstic, D.Z., Lazarevic-Pasti, T.D., Bondzic, A.M., Vasic, V., Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology, *Current Neuropharmacology* **11** (2013) 315.
4. M. Jariyal, V. Jindal, K. Mandal, V.K. Guptab, B. Singh, Bioremediation of organophosphorus pesticide phorate in soil by microbial consortia, *Ecotoxicology and Environmental Safety* **159** (2018) 310.
5. Q. Chen, Y. Wang, F. Chen, Y. Zhang, X. Liao, Chlorine dioxide treatment for the removal of pesticide residues on fresh lettuce and in aqueous solution, *Food Control* **45** (2014) 106.
6. S.N. Kanade, A.B. Adeland, V.C. Khilare, Malathion Degradation by *Azospirillum lipoferum* Beijerinck, *Science Research Reporter* **2** (2012) 94.
7. F. Tian, Z. Qiang, C. Liu, T. Zhang, B. Dong, Kinetics and mechanism for methiocarb degradation by chlorine dioxide in aqueous solution, *Chemosphere* **79** (2010) 646.
8. Y. Wang, H. Liu, G. Liu, Y. Xie, Oxidation of diclofenac by aqueous chlorine dioxide: Identification of major disinfection byproducts and toxicity evaluation, *Science of the Total Environment* **473–474** (2014) 437.
9. M.Hörsing, T. Kosjek, H. R. Andersen, E. Heath, A. Ledin, Fate of citalopram during water treatment with O<sub>3</sub>, ClO<sub>2</sub>, UV and fenton oxidation, *Chemosphere* **89** (2012) 129.
10. Q. Chen, Y. Wang, F. Chen, Y. Zhang, X. Liao, Chlorine dioxide treatment for the removal of pesticide residues on fresh lettuce and in aqueous solution, *Food Control* **40** (2014) 106.
11. V. K. Sharma, Oxidative transformations of environmental pharmaceuticals by Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and Fe (VI): Kinetics assessment, *Chemosphere* **73** (2008) 1379.
12. L. Shi, N. Li, C. Wang, C. Wang, Catalytic oxidation and spectroscopic analysis of simulated wastewater containing o-chlorophenol by using chlorine dioxide as oxidant, *Journal of Hazardous Materials* **178** (2010) 1137.
13. U. Raczek-Stanisawiak, J. Swietlik, A. Dabrowska, J. Nawrocki, Biodegradability of organic by-products after natural organic matter oxidation with ClO<sub>2</sub>-case study, *Water Research* **38** (2004) 1044.
14. M.V. Pergal, I.D. Kodranov, M.P. Pergal, B.P. Dojčinović, D.S. Stanković, B.B. Petković, D.D. Manojlović, Assessment of degradation of sulfonylurea Herbicides in water by chlorine dioxide, *Water Air & Soil Pollution* **229** (2018) 310.