



ZBORNİK RADOVA

TOM II

SIGURNOST I KVALITET HRANE

X MEĐUNARODNI
NAUČNI SKUP



SIGURNOST I KVALITET HRANE

Sigurnost i kvalitet hrane, zbornik radova sa X međunarodnog naučnog skupa održanog 13. maja 2022. godine, Prvo izdanje

PIREDILA

Dr. Albina Fazlović

IZDAVAČ:

EVROPSKI UNIVERZITET BRČKO DISTRIKT

049-590-605

www.eubd.edu.ba/

ZA IZDAVAČA

Akademik prof. dr. Nedeljko Stanković

RECENZENTI:

Akademik prof. dr. Miroslav
Baljak

Akademik prof. dr. Neđo
Danilović

Akademik prof. dr. Rudika
Gmajnić

Akademik prof. dr. Snežana
Komatina

Akademik prof. dr. Branimir
Mikić

Akademik prof. dr. Zoran
Milošević

Akademik prof. dr. Nedeljko
Stanković

Prof. dr. Nenad Avramović

Prof. dr. Fahir Baraković

Prof. dr. Kemal Brkić

Prof. dr. Mustafa Burgić

Prof. dr. Refik Ćatić

Prof. dr. Velimir Dedić

Prof. dr. Radoslav Galić

Prof. dr. Jerko Glavaš

Prof. dr. Jasminka H.

Halilović

Prof. dr. Esed Karić

Prof. dr. Ranka Kubiček

Prof. dr. Branimir Marjanović

Prof. dr. Milun Petrović

Prof. dr. Jasminka

Sadadinović

Prof. dr. Muharem Selimović

Prof. dr. Hrustem

Smailhodžić

Prof. dr. Mithat Tabaković

Prof. dr. Drago Tešanović

Prof. dr. Halid Žigić

Prof. dr. Izet Banda

Prof. dr. Anka Bulatović

Prof. dr. Ferhat Ćejvanović

Prof. dr. Mladen Dobrić

Prof. dr. Albina Fazlović

Prof. dr. Zijad Jagodić

Prof. dr. Jasmina Mijajlović

Prof. dr. Nermin

Mulaosmanović

Prof. dr. Goran Popović

Prof. dr. Dobrila Regoje

Prof. dr. Tešo Ristić

Prof. dr. Kojo Simić

Prof. dr. Izudin Tanović

Prof. dr. Miodrag Tojagić

Doc. dr. Borko Baraban

Doc. dr. Asim Bojić

Doc. dr. Larisa Softić Gasal

Doc. dr. Edin Kaletović

Doc. dr. Miro Maksimović

Doc. dr. Hrvoje Mesić

Doc. dr. Boro Ninić

Doc. dr. Vesna Novak

Doc. dr. Lidija Vučićević

Dizajn korica:

Mr. Smiljana Bijelović

Priprema za štampu i štampa:

Markos, Banja Luka

Tiraž: 200

ISBN 978-99955-99-63-8

SIGURNOST I KVALITET HRANE

**ZBORNİK RADOVA SA X MEĐUNARODNOG NAUČNOG SKUPA ODRŽANOG
13. MAJA 2022. GODINE**

PRIREDILA
Dr. Albina Fazlović

Evropski univerzitet Brčko distrikt
Brčko, 2022.

NAUČNI ODBOR:

1. Akademik prof. dr. Nedeljko Stanković, **Republika Austrija**, predsjednik odbora,
2. Akademik prof. dr. Zoran Milošević, **Republika Srbija**, zamjenik predsjednika odbora,
3. Akademik univ. prof. dr. phil. dr. hc. dr. habil. Wolfgang Rohrbach, **Republika Austrija**,
4. Akademik prof. dr. Branko Vučković, **Republika Crna Gora**,
5. Akademik prof. dr. Miodrag Simović, **Bosna i Hercegovina**,
6. Akademik prof. dr. Zdravko Ebling, **Republika Hrvatska**,
7. Akademik prof. dr. Rudika Gmajnić, **Republika Hrvatska**,
8. Akademik prof. dr. Mladen Bodiroža, **Bosna i Hercegovina**,
9. Akademik prof. dr. Dževad Termiz, **Bosna i Hercegovina**,
10. Akademik prof. dr. Branislava Peruničić-Draženović, **Sjedinjene Američke Države**,
11. Akademik prof. dr. Muhammad Abdul Aziz Al Baker, **Država Katar**,
12. Akademik prof. dr. Neđo Danilović, **Republika Srbija**,
13. Akademik prof. dr. Fernando Maldonado Lopez, **Portugalska Republika**,
14. Akademik prof. dr. Ivan Balta, **Republika Hrvatska**,
15. Akademik Prof. DDDr. Habil. Aleksios Panagopoulos, **Republika Grčka**,
16. Akademik prof. dr. Branimir Mikić, **Bosna i Hercegovina**,
17. Prof. dr. Radoslav Galić, **Republika Hrvatska**,
18. Prof. dr. Joseph Vincent Thakuria, **Sjedinjene Američke Države**,
19. Prof. dr. Astrid Wilk, **Republika Francuska**,
20. Prof. dr. Mirko Kulić, **Republika Srbija**,
21. Prof. dr. Vladimir Džatić, **Ruska Federacija**,
22. Prof. dr. Viktor Mischenko, **Ruska Federacija**,
23. Prof. dr. Kiril Shevchenko, **Republika Bjelorusija**,
24. Prof. dr. Harikumar Pallathadka, **Republika Indija**,
25. Dr. hc. Thokchom Radheshyam Singh, **Republika Indija**,
26. Prof. dr. Gideon C Mwanza, **Republika Zambija**,
27. Prof. dr. Aleksandar Anatoljevič Prigarin, **Republika Ukrajina**,
28. Prof. dr. Miroslav Daniš, **Slovačka Republika**,
29. Prof. dr. dr. hc. Stephan Truly Busch, **Savezna Republika Njemačka**,
30. Prof. dr. Antoni Mironović, **Republika Poljska**,
31. Prof. dr. Danilo Kapaso, **Republika Italija**,
32. Prof. dr. Jasminka H. Halilović, **Bosna i Hercegovina**,
33. Prof. dr. Šaćira Mešalić, **Bosna i Hercegovina**,
34. Prof. dr. Žarko Kostovski, **Sjeverna Makedonija**,
35. Prof. dr. Dragan Tančić, **Republika Srbija**,
36. Prof. dr. Marija Ovsenič, **Republika Slovenija**.

ORGANIZACIONI ODBOR:

1. Akademik prof. dr. Vesna Vučković,
2. Prof. dr. Izet Banda,
3. Prof. dr. Fahir Baraković,
4. Prof. dr. Kemal Brkić,
5. Prof. dr. Anka Bulatović,
6. Prof. dr. Esed Karić,
7. Prof. dr. Jasminka Sadadinović,
8. Prof. dr. Mithat Tabaković,
9. Prof. dr. Halid Žigić,
10. Prof. dr. Adi Rifatbegović,
11. Prof. dr. Albina Fazlović,
12. Prof. dr. Dragan Bataveljić,
13. Prof. dr. Refik Čatić,
14. Prof. dr. Nevenka Nićin,
15. Prof. dr. Omer Pinjić,
16. Prof. dr. Sanda Pribić,
17. Prof. dr. Dobrila Regoje,
18. Prof. dr. Kojo Simić,
19. Prof. dr. Izudin Tanović,
20. Prof. dr. Jelena Šogorov,
21. Doc. dr. Borko Baraban,
22. Doc. dr. Miroslav Miškić,
23. Doc. dr. Slobodan Živkucin,
24. Dr. Nebojša Potkonjak,
25. Mr. Darko Stanković,
26. Mr. Smiljana Bijelović,
27. Mr. Marijana Džombić,
28. Mr. Merima Gigović,
29. Mr. Almina Kuduzović,
30. Mr. Amela Ibričić Nišić.

Fahir Baraković Mithat Tabaković Adi Rifatbegović	STRES, ISHRANA I MENTALNI POREMEĆAJI	11
Rudika Gmajnić	SIGURNOST I ISPRAVNOST PREHRAMBENIH PROIZVODA	17
Jasminka Sadadinović Ranka Kubiček Sadija Smajlović	NITRITI I NITRATI U MESNIM PRERAĐEVINAMA I NJIHOV UTICAJ NA ZDRAVLJE	27
Mithat Tabaković Fahir Baraković Adi Rifatbegović	ZNAČAJ I ULOGA ISHRANE U OČUVANJU ZDRAVLJA I NASTANKU BOLESTI	46
Hrustem Smailhodžić Enes Mujić Halid Žigić	PUTEVI RADIONUKLEIDA DO HRANE	54
Marjanović Branimir Marjanović – Urošević Branka Marjanović- Cvjetičanin Mirjana	SIGURNOST I KVALITET HRANE- FIZIOLOŠKI I BIOHEMIJSKI ASPEKTI	68
Barbara Ebling Antonio Juretić Krešimir Lončar	NUTRITIVNI PROBIR I KLINIČKA PROCJENA MALNUTRICIJE KOD OBOLJELIH OD RAKA: ISKUSTVO S PODRUČJA OSJEČKE REGIJE REPUBLIKE HRVATSKE	76
Dr. sc. Sabina Begić Dr. sc. Mustafa Burgić Dr. sc. Mufid Burgić	ZDRAVSTVENI ASPEKTI DEZINFEKCIJE NA BAZI HLORA I VIŠESTEPENE OKSIDACIJE U OBRADI VODE ZA PREHRAMBENU INDUSTRIJU	88
Dobrića Regoje Aleksandra Reljić Jović Sabina Imširović	UTICAJ HRANE I VODE NA ORALNO ZDRAVLJE	106

Prof. dr Stevo Pašalić	UTICAJ KVALITETNE ISHRANE STANOVNIŠTVA NA DEMODINAMIČKA KRETANJA	116
Doc. dr. sci. Edin Kaletovic	KONZUMACIJA HRANE I UTICAJ NA ORALNO ZDRAVLJE	126
Allen Popović – Beganović Vera Vrbljanac Popović – Beganović	VAŽNOST ZDRAVE ISHRANE U PREVENCIJI OČNIH OBOLJENJA	139
Marijana Srećković Snežana Panić Igor Dragičević	MONITORING KONCENTRACIJE ARSENA U NOVOIZGRAĐENOM VODNOM OBJEKTU CENTRALNOG VODOVODA BOGATIĆ, 2020-2021 GODINA	146
Halida Mahmutbegović Poljaković Halid Mahmutbegović	SIGURNOSNI ASPEKTI UPOTREBE PREHRAMBENIH ADITIVA	153
Nišić Ervin H. Halilović Sabina Dr. Osmić Munevera	PORIJEKLO BAKTERIJSKE REZISTENCIJE PREMA LIJEKOVIMA	161
Akademik prof. dr Branimir Mikić Mr. Sedat Baftiu Mr. Igor Paskoski	NUTRIGENOMIKA OTVARA PUT KA PERSONALIZIRANOJ ISHRANI	170
Shalja Edon Sulejmani Betim Kostovski Žarko	MULTIVARIJATNA ANALIZA VARIJANCE ZA PROCJENU TJELESNE KOMPOZICIJE HRVACA	179
Sulejmani Betim Shalja Edon Kostovski Žarko	PROMJENE MORFOLOŠKIH KARAKTERISTIKA KOD UČENIKA VIŠIH RAZREDA OSNOVNE ŠKOLE, NAKON JEDNOGODIŠNJE NASTAVE FIZIČKOG VASPITANJA	185

Senka Samardžić Nataša Turić Alen Imširović	PREHRANA KAO RIZIČAN ČIMBENIK U NASTANKU KARCINOMA DEBELOG CRIJEVA	194
Dr. sc. Sanja Kanisek, mag. med. techn. Justinija Steiner, dr. med., spec. opće interne medicine Doc. dr. sc. Ivana Stanić	PREVENCIJA INFEKCIJA U NOVOROĐENČADI, DOJENČADI I MALE DJECE PUTEM IZDOJENOG MAJČINOG MLIJEKA I MLIJEČNE FORMULE	199
Dr. sc. Ivan Štefanac, dr. med. Darko Boričić, dr. med.	HRANA I ALERGIJSKE BOLESTI	207
Doc. dr. sc. Stjepan Siber Monika Frigan	BOL U DENTALNOJ MEDICINI I TRAUME ZUBA	213
Dr Nemanja Petrović Prof. dr Zoran Petrović Mr Nedeljko Petrović	OSNOVNE ODREDNICE PREHRANE U DJEČIJIM VRTIĆIMA	225
Doc. dr. Asim Bojić Doc. dr. Edisa Šljivić Prof. dr. Vladimir Ivanek	PREHRANA SPORTISTA U ADOLESCENCIJI	235
Bejtulla Emini Blerim Saiti Agon Saiti	FAKTORSKA STRUKTURA MOTORIČKIH SPOSOBNOSTI KOD UČENIKA 17 GODIŠNJAKA	245
Alma Jusufović Nadira Ibrišimović Mehmedinović	UTICAJ KONCENTRACIJE ŽELJEZA I CINKA IZ HRANE NA RAZVOJ KANDIDIJAZE	255
Miro Maksimović Dimšo Milošević	KONTAMINACIJE I OŠTEĆENJA ZEMLJIŠTA SUMPOROM (SO ₂) U USLOVIMA RADA TERMoeLEKTRANA NA UGALJ U BIH	269

Dr. Nebojša I. Potkonjak	APPLICATION OF ELECTROCHEMICAL METHODS FOR EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PHENOLIC COMPOUNDS IN VARIOUS BEVERAGES	278
Milica M. Rajačić Nataša B. Sarap Marija M. Janković	RADIOAKTIVNOST ¹³⁷ Cs U PEČURKAMA	286
Mirko Radić Duško Kostić Mitar Perušić	ANALYSIS OF FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM ISO 22000:2018 CONCEPT AND APPLICATION IN THE REGION	292
Ivana Vukanac Jelena Krneta Nikolić Dragana Todorović	RADIOLOŠKA ISPRAVNOST HRANE	299
Prof. dr Zvezdan Stojanović Mr Elvir Čajić	APLIKACIJA ZA SIGURNOST I KVALITET HRANE U SDK NOX PLAYER RAZVOJNOM OKRUŽENJU ZA ANDROID UREĐAJE	310
Dr. sc. Vesna Novak, dipl. inž. Sunčica Novak, dipl. iur. Krešimir Novak, dipl. inž.	TRANSPORT KAO ČIMBENIK GUBITKA HRANE	319
Prof. dr. sc. Zijad Jagodić Prof. dr. sc. Mladen Dobrić	STANDARDI I NJIHOV ZNAČAJ ZA ROBE U PROMETU	329
Snežana Komatina Una Petrović Isidora Popov	UPRAVLJANJE RESURSIMA U SLIVU REKE DRINE - NEXUS INICIJATIVA	340
Ermin Tanjo, MA ekologije Dr. sc. Cvijetin Živanović	MIKOTOKSINI U ŽITARICAMA I PROIZVODIMA OD ŽITA	351
Goran Popović Goran Đukanović	PRIMJENA IoT TEHNOLOGIJA U PROIZVODNJI VINA	366

Nataša Sekulić Nataša Čamprag Sabo Veselin Bunčić	AKRILAMID U HRANI	377
Petar Stevanović Jasmina Mijajlović Vera Popović	OVČARSTVO I ISHRANA KRMNIM BILJEM U POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI	384
Branislav Žeželj	METODE IMPLEMENTACIJE OGLEDNIH JEDINICA HALOMORFNIH ZEMLJIŠTA SRBIJE, OSNOV USPOSTAVLJANJA VISOKO KVALITETNE-ODRŽIVE BILJNE PROIZVODNJE	396
Prof. dr Božidarka Arsenović	PESTICIDI I ŽIVOTNA SREDINA	407
Dr. sc. Marko Amidžić, dipl. ing.	LOGISTIČKE I DISRUPTIVNE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI TRŽIŠTA ROBA	419
Prof. dr Ljubiša Zdravković	PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA, POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA I KVALITET HRANE	429
Dejan Bajić	KVALITET VODE U BANATU I UTICAJ NA POLJOPRIVREDU	443
Aleksandar Đukić	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I PRODUKTIVNOST	449
Dipl. ing. Danijela Plavšić	MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE ZDRAVE HRANE U BOSNI I HERCEGOVINI	465

Tatjana Ivanković, Master medicinska sestra	SALMONELOZE KAO REZULTAT RIZIKA OD NEPRAVILNOG UPRAVLJANJA HRANOM	472
Miloš Aćimović Dejan Dejanović Milica Stojanović	ŽITO OD POLJA DO STOLA	476
Baračkov Aleksandra	HRANA I ZDRAVLJE - GENETSKI MODIFIKOVANA HRANA (GMO)	487
Đorđe Maroš Miloš Maljković	NEXUS INICIJATIVA - VODA, ENERGIJA, HRANA	496

RADIOAKTIVNOST ¹³⁷Cs U PEČURKAMA

Sažetak

S obzirom da radionuklidi koji u organizam dospeju putem kontaminirane hrane mogu izazvati značajne biološke efekte i doprineti ukupnoj dozi koju primi stanovništvo, neophodna je kontrola radiološke ispravnosti hrane. U sprovedenoj studiji su prikazani rezultati ispitivanja radiološke ispravnosti pečurki, koja prema važećoj legislativi Republike Srbije podrazumeva kontrolu sadržaja antropogenih radionuklida, pre svega ¹³⁷Cs, kao najčešće prisutnog i bitnog elementa u sistemu kontrole i ispitivanja sigurnosti hrane. Aktivnost ¹³⁷Cs je određena gamaspektrometrijskom analizom, preko fotona energije 661,6 keV, koje prilikom deeksitacije emituje proizvod njegovog raspada, ¹³⁷Ba. Merenja su obavljena na HPGe detektorima relativnih efikasnosti 18 %, 20 % i 50 % na energiji od 1332 keV, a studija obuhvata rezultate ispitivanja 538 uzoraka, kako svežih, tako i suvih pečurki.

Ključne reči: Radioaktivnost; ¹³⁷Cs; Gamaspektrometrija; Pečurke

RADIOACTIVITY OF ¹³⁷Cs IN MUSHROOMS

Abstract

Since radionuclides that enter the body through contaminated food can cause significant biological effects and contribute to the total dose which the population receive, the radiological food safety control is necessary. The study presents the results of testing the radiological correctness of mushrooms, which according to the current legislation of the Republic of Serbia controls the content of anthropogenic radionuclides, primarily ¹³⁷Cs, as the most common and important element in the system of food control and safety testing. The activity of ¹³⁷Cs was determined by gamma spectrometric analysis, through a photon by energy of 661.6 keV, which emits its decay product, ¹³⁷Ba, during deexcitation. Measurements were performed on HPGe detectors with relative efficiencies of 18 %, 20 % and 50 % at energy of 1332 keV, and the study includes the results of testing 538 samples of both fresh and dried mushrooms.

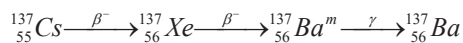
Keywords: Radioactivity; ¹³⁷Cs; Gamma spectrometry; Mushrooms

¹ Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd, Republika Srbija
University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences – National Institute of the Republic of Serbia, Department of Radiation and Environmental Protection, Belgrade, Republic of Serbia
milica100@vinca.rs

Uvod

U periodu od sredine pedesetih godina prošlog veka do danas, u atmosferu je oslobođena velika količina antropogenih (veštačkih) radionuklida, kako zbog testiranja i primene nuklearnog oružja, akcidenata i havarija na nuklearnim postrojenjima, tako i usled primene u medicini, tehnologiji i naučnom istraživanju (Gastberger i saradnici, 2000). Putem atmosferske depozicije antropogeni radionuklidi se mogu deponovati na zemljište, a putem vazdušnog strujanja mogu se preneti na velike udaljenosti u odnosu na mesto nastanka (Fuma i saradnici, 2017). Jednom oslobođeni u životnu sredinu, antropogeni radionuklidi pronalaze put dospevanja u lanac ishrane, što dovodi do kontaminacije hrane (Sandeep i saradnici, 2009). Stoga je ispitivanje translokacije antropogenih radionuklida u životnoj sredini od izuzetnog značaja za određivanje radiobioloških efekata u pojedinim delovima ekosistema. Poznato je na stotine antropogenih radionuklida različitih vremena poluraspada, pri čemu su najbitniji oni sa dužim periodom poluraspada i biološkim vremenom poluživota. Najznačajniji antropogeni radionuklidi nastali kao proizvodi nuklearne fisije su ^{137}Cs i ^{90}Sr , jer učestvuju u mineralnom metabolizmu živih organizama.

Antropogeni radionuklid ^{137}Cs spada u grupu dugoživećih fisionih produkata, nastalih pri nuklearnoj fisiji ^{235}U , pri čemu je beta-gama emiter sa vremenom poluraspada od 30,2 godine (Janković-Mandić i saradnici, 2014). Radioaktivni raspad jezgra pomenutog radionuklida, odvija se prema sledećoj relaciji:



Radionuklid ^{137}Cs je hemijski analogan kalijumu i prati njegov metabolički put u organizmu, što znači da prati njegovu resorpciju. Nema poseban kritični organ za deponovanje, već se distribuira u svim ćelijama organizma, te pripada grupi organotropnih radionuklida. Biološko vreme poluživota ^{137}Cs za ljudski organizam iznosi od 10 do 110 dana, i zavisi od starosnog doba i metabolizma organizma (Kathren, 1984).

Usled činjenice da je ^{137}Cs jedan od najznačajnijih radionuklida emitovanih u životnu sredinu, radijaciono opterećenje ovim radionuklidom je od posebnog značaja u radioekološkim istraživanjima. U biljne vrste pogodne kao modeli za ovakva istraživanja, pored mahovina i lišajeva, svakako spadaju i pečurke, s obzirom da akumuliraju velike količine polutanata, uključujući i radionuklide (Dragović i Čučulović, 2005). Neki od literaturnih podataka ukazuju na visoku koncentraciju ^{137}Cs u pečurkama (Gasó i saradnici, 1998; Barnet i saradnici, 1999; Steiner i saradnici, 2002; Vitorović i saradnici, 2004). Procena radijacionog opterećenja bioindikatorskih vrsta iz životne sredine je kompleksna, tako da je za proračun doza neophodno izvesno pojednostavljenje i generalizacija.

Zbog svega navedenog, cilj ovog rada je bio da se na osnovu prikazanih rezultata merenja nivoa aktivnosti ^{137}Cs u raznim vrstama pečurki, izvrši proračun efektivne doze usled ingestije istih, i proceni faktor rizika od moguće kontaminacije organizma.

Materijal i metoda

U okviru Laboratorije za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine Instituta za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za radijaciona merenja je akreditovana za ispitivanje sadržaja radionuklida, između ostalog, i u životnim namirnicama. U periodu od 2014. do 2021. godine, analizirano je ukupno 538 uzoraka pečurki, kako svežih, tako i suvih. Najveći broj tih uzoraka je ispitan prilikom kontrole uvoza (uglavnom iz Ukrajine) i izvoza robe iz Republike Srbije. Treba skrenuti pažnju da pečurke proizvedene i plasirane na teritoriji Republike Srbije, nisu ušle u ovu statistiku.

Priprema uzoraka je vršena u laboratoriji direktnim odmeravanjem u Marinelli posude zapremine 500 cm³ ili u cilindrične plastične posude od 250 cm³.

Aktivnost ¹³⁷Cs u ispitanim uzorcima je određena gamaspektrometrijskom metodom, preko energije 661,6 keV. Za merenja su korišćenji HPGe detektori – *poluprovodnički germanijumski detektori visoke čistoće* (Canberra Industries, Meriden, Connecticut, SAD), relativnih efikasnosti 18 %, 20 % i 50 % na energiji od 1332 keV. Vreme merenja uzoraka je iznosilo 3000 s, koliko je trajalo i merenje osnovnog zračenja (fona). Za obradu spektara korišćen je softver GENIE 2000. Kalibracije efikasnost detektora za odgovarajuće geometrije merenja i matrikse smole i uglja, urađene su pomoću sertifikovanih standarda Češkog metrološkog instituta i laboratorijskih referentnih materijala sledljivih do BIPM-a (*Bureau International des Poids et Mesures – Међународни биро за тегове и мере*), sa mešavinama radionuklida koje su sadržale ¹³⁷Cs. Energetska kalibracija se vrši pomoću sertifikovanih tačkastih izvora ⁶⁰Co i ¹³³Ba, Češkog metrološkog instituta. Isti standardi se koriste i za redovnu kontrolu kvaliteta detektora koja se obavlja najmanje jednom u toku nedelje i tom prilikom se proverava da li je došlo do promene efikasnosti detektora, energetske kalibracije i oblika spektralnih linija.

Aktivnost ¹³⁷Cs u kilogramu uzorka, A (Bq/kg), se računa po formuli:

$$A = \frac{R - R_o}{t \cdot \varepsilon \cdot P_\gamma \cdot m}$$

(1)

gde su: R – odbroj za mereni uzorak (Bq), R_o – odbroj osnovnog zračenja (Bq), t – vreme merenja uzorka (s), ε – efikasnost detekcije gama linije određene energije, P_γ – verovatnoća prelaza i m – masa uzorka (kg).

Efektivna doza zračenja koja potiče od unosa ¹³⁷Cs ingestijom, može se izračunati na osnovu rezultata merenja aktivnosti navedenog radionuklida u hrani (pečurkama), prosečne godišnje potrošnje ispitivane namirnice po stanovniku i očekivane efektivne doze po jediničnom unošenju ¹³⁷Cs ingestijom za stanovništvo u određenoj starosnoj grupi.

Proračun godišnje efektivne doze zračenja, E (Sv), se vrši na osnovu jednačine (*Safety reports series no. 14, Službeni Glasnik RS, broj 36/18; Pantelić i saradnici, 2005*):

$$E = A \cdot e_{g,ing} \cdot m \quad (2)$$

gde A predstavlja koncentraciju aktivnosti ¹³⁷Cs u pečurkama (Bq/kg), $e_{g,ing}$ je očekivana efektivna doza po jediničnom unošenju radionuklida ¹³⁷Cs ingestijom za stanovništvo u starosnoj grupi g (Sv/Bq) i m je prosečna godišnja potrošnja namirnice za pojedinca (kg).

Potrošnja namirnica zavisi od ličnog afiniteta i navika, pa je za ovaj podatak, kao i za odabir starosne grupe korišćena ista vrednost proizvoda $e_{g,ing} \cdot m$, kao i u Pravilniku o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet (*Službeni Glasnik RS, broj 36/18*) na osnovu kojeg su izračunate propisane granice za koncentraciju aktivnosti ¹³⁷Cs u pečurkama. Ovaj proizvod iznosi $0,67 \cdot 10^{-3}$ mSv·kg/Bq za sveže, odnosno $0,17 \cdot 10^{-3}$ mSv·kg/Bq za suve pečurke.

Rezultati i diskusija

U tabeli 1 prikazane su izmerene koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u različitim vrstama pečurki, grupisani u zavisnosti da li su mereni uzorci u svežem stanju ili su suvi. Takođe, u drugoj koloni tabele 1 izdvojene su vrste koje su bile najzastupljenije u ispitivanju (vrganji, lisičarke i tartufi). Za preostale uzorke ili nije bio dostupan podatak o vrsti pečurke ili su te vrste bile slabo zastupljene (manje od pet uzoraka).

Srednja vrednost koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u svežim pečurkama iznosila je 6,7 Bq/kg, dok je u suvim pečurkama iznosila 31,6 Bq/kg (u proračunu su za uzorke sa aktivnostima ispod granice detekcije, korišćene su vrednosti za minimalnu detektovanu aktivnost). Procenat uzoraka u kojima je koncentracija aktivnost ^{137}Cs bila ispod MDA (minimalna detektabilna aktivnost) je približno isti za sveže i suve pečurke i iznosi oko 36 %. U svim ispitanim uzorcima tartufa koncentracija aktivnosti ^{137}Cs je bila ispod granice detekcije. Prema važećem Pravilniku o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet, granica sadržaja ^{137}Cs u svežim pečurkama je 150 Bq/kg, dok u suvim iznosi 600 Bq/kg ([Službeni Glasnik RS, broj 36/18](#)). Na osnovu rezultata ispitivanja prikazanih u tabeli 1, očigledno je da su svi uzorci zadovoljili kriterijume propisane navedenim Pravilnikom.

Tabela 1. Rezultati određivanja koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u pečurkama (Bq/kg)

Termičko stanje	Vrsta	Broj uzoraka	Broj uzoraka sa A (^{137}Cs) < MDA	A (^{137}Cs)	
				Srednja vrednost*	Interval**
Sveže	Sve ispitane	391	144	6,7	0,9 – 80
	Vrganj	178	55	8,0	0,9 – 64
	Lisičarka	100	28	6,3	1 – 41
Suve	Sve ispitane	147	52	31,6	1,8 – 210
	Vrganj	62	12	36,9	6 – 210
	Lisičarka	21	5	63,0	25 – 170
	Tartufi	19	19	3,8	/

*Za uzorke čije su aktivnosti ^{137}Cs bile ispod MDA, korišćene su vrednosti MDA.

**U statistiku nisu ušle vrednosti koje su bile ispod MDA.

Na osnovu rezultata određivanja koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u različitim vrstama pečurki prikazanih u tabeli 1, izračunate su godišnje efektivne doze usled ingestije istih za prosečnog pojedinca iz stanovništva i prikazane u tabeli 2. Srednja vrednost godišnje efektivne doze u svežim pečurkama iznosila je 4,47 μSv , dok je u suvim pečurkama iznosila 5,27 μSv (u proračunu su za uzorke sa aktivnostima ispod MDA, korišćene vrednosti MDA). Prema važećem Pravilniku o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet, granična vrednost godišnje efektivne doze za pojedinca iz stanovništva iznosi 0,1 mSv ([Službeni Glasnik RS, broj 36/18](#)). Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2, evidentno je da su vrednosti godišnjih efektivnih doza koje bi se primile ingestijom ispitanih pečurki manje od propisane vrednosti.

Tabela 2. Godišnja efektivna doza zračenja od unosa ^{137}Cs ingestijom pečurki (μSv)

Termičko stanje	Vrsta	Srednja vrednost*	Interval
Sveže	Sve ispitane	4,47	0,07 – 53,33
	Vrganj	5,33	0,33 – 42,67
	Lisičarka	4,20	0,40 – 27,33
Suve	Sve ispitane	5,27	0,05 – 35,00
	Vrganj	6,15	0,17 – 35,00
	Lisičarka	10,50	0,67 – 28,33
	Tartufi	0,63	0,05 – 1,00

*Za uzorke čije su aktivnosti ^{137}Cs bile ispod MDA, korišćene su vrednosti MDA.

Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata merenja radioaktivnosti u pečurkama iz uvoza/izvoza u periodu od 2014. do 2021. godine, može se zaključiti da je u većini ispitanih uzoraka detektovan ^{137}Cs , iako je procenat uzoraka u kojima je koncentracija aktivnost ^{137}Cs bila ispod granice detekcije iznosio oko 36 %. Detektovane koncentracije aktivnosti ovog antropogenog radionuklida, bilo u svežim ili u suvim pečurkama, značajno su ispod preporučenih vrednosti, tako da ispitane pečurke ne predstavljaju problem za ljudsku konzumaciju u smislu radiološke ispravnosti. Procenjene vrednosti godišnje efektivne doze zračenja za stanovništvo koja potiče od ^{137}Cs unetog ingestijom pečurki, daleko su ispod preporučene vrednosti godišnje granice primljene doze za pojedinca iz stanovništva i veoma malo variraju u odnosu na vrstu pečurki. Rezultati sprovedene studije ukazuju na značaj sistematskog ispitivanja sadržaja antropogenog radionuklida ^{137}Cs u pečurkama kao bioindikatorskoj vrsti, sa aspekta kontrole i ispitivanja sigurnosti hrane u pogledu radioaktivne kontaminacije.

Zahvalnica

Istraživanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, na osnovu Aneks ugovora, čiji je evidencioni broj: 451-03-68/2022-14/200017.

Literatura

- Barnet C, Beresford N, Self P, Howard B, Franland J, Fulker M, Dodd B, Marriot J (1999) Radiocesium activity concentration in the fruit–bodies of macrofungi in Great Britain and an assessment of dietary intake habits. *Sci Total Environ* 231, 67–83.
- Dragović S, Čučulović A (2005) Radijaciono opterećenje nekih bioindikatorskih vrsta. U: Kovačević M (urednik) Zbornik radova XXIII Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Donji Milanovac, Srbija, 65–68.
- Fuma S, Yoshito W, Yoshihisa K, Haruhi S, Tatsuo A, Satoshi Y (2017) Radiocaesium contamination of bamboo shoots in Fukushima and surrounding regions after the Fukushima nuclear accident. *J Radioanal Nucl Chem* 311, 219–223.
- Gasó M, Segovia N, Herrera T, Perez–Silva E, Cervantes M, Quinteri E, Palacios J, Acosta E (1998) Radiocesium accumulation in edible mushrooms from coniferous forests around the Nuclear centre of Mexico. *Sci Total Environ* 223, 119–129.
- Gastberger M, Steinhäusler F, Gerzabek MH, Lettner H, Humber A (2000) Soil–to–plant transfer of fallout caesium and strontium in Austrian lowland and Alpine pastures. *J Environ Radioactiv* 49, 217–233.
- Janković–Mandić LjJ, Dragović RM, Đorđević MM, Đolić MB, Onjia AE, Dragović SD, Bačić GG (2014) Prostorna varijabilnost ^{137}Cs u zemljištu Beograda (Srbija). *Hem Ind* 68, 449–455.
- Kathren RL (1984) *Radioactivity in the Environment: Sources, Distribution and Surveillance*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- Pantelić G, Javorina Lj, Tanasković I, Vuletić V, Eremić–Savković M (2005) Monitoring životne sredine i procena efektivne doze zračenja za stanovništvo Srbije koja potiče od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr ingestijom. U: Kovačević M (urednik) Zbornik radova XXIII Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Donji Milanovac, Srbija, 89–96.
- Sandeep S, Manjiaiah KM, Sachdev P, Sachdev MS (2009) Effect of nitrogen, potassium and humic acid on ^{134}Cs transfer factors to wheat from tropical soils in Neubauer growth units. *Environ Monit Assess* 149, 43–52.
- Službeni Glasnik Republike Srbije, Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. Broj 36/18, 2018.
- Safety reports series no. 14, Assessment of doses to the public from ingested radionuclides, International atomic energy agency, Vienna, 1999
- Steiner M, Linkov I, Yoshida S (2002) The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. *J Environ Radioactiv* 58, 217–241.
- Vitorović G, Slavata B, Vitorović D (2004) ^{40}K i ^{137}Cs u gljivama planine Maljen. *Veterinarski glasnik* 58, 207–210.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

664:613(082)

МЕЂУНАРОДНИ научни скуп Сигурност и квалитет хране (10 ;
2022 ; Брчко [Дистрикт])

Sigurnost i kvalitet hrane. Tom 2 : zbornik radova sa X
međunarodnog naučnog skupa održanog 13. maja 2022. godine /
priredila Albina Fazlović. - Brčko [Distrikt] : Evropski univerzitet,
2022 (Banja Luka : Markos). - 501 стр. : илустр. ; 25 cm

Текст ћир. и лат. - Радови на више језика. - Тираж 200. -
Напомене и библиографске референце уз текст. -
Библиографија уз радове. - Abstracts.

ISBN 978-99955-99-63-8

COBISS.RS-ID 136109057