

**mr Željko Mihaljev¹, dr Željko Čupić², dr Milica Živkov–Baloš¹,
mr Sandra Jakšić¹**

¹ Naučni institut za veterinarstvo "Novi Sad", Novi Sad

² Naučni institut za reprodukciju i veštačko osemenjavanje domaćih životinja
"Temerin", Temerin

UKUPNA BETA AKTIVNOST, AKTIVNOST ⁴⁰K I OSTALA BETA AKTIVNOST U UZORCIMA RAZLIČITIH ČAJEVA

Apstrakt

Korišćenje nuklearne energije u mirnodopske svrhe dovodi do zagađivanja životne sredine radioaktivnim supstancama (Černobil, 1986; Fukušima–Daiči, 2011). Stoga praćenje nivoa radionuklida u životnoj sedini ima fundamentalni značaj, jer predstavlja osnovu na kojoj se grade kriterijumi radijacione sigurnosti humane populacije. U radu su merene osnovne radijacione veličine: ukupna beta aktivnost (UbA), aktivnost kalijuma–40 (⁴⁰K) i ostala beta aktivnost (ObA) u uzorcima 8 vrsta čajeva, uzetih iz trgovina sa teritorije grada Novog Sada. Ukupna beta aktivnost se kretala u intervalu od 281,6 ±15,9 Bq/kg do 713,6 ±41,6 Bq/kg, a ostala beta aktivnost od 3,6 – 34,1 Bq/kg. Merenje UbA i aktivnosti K–40 može da posluži kao prva faza u radijaciono–higijenskoj kontroli.

Ključne reči: *čaj, ukupna beta aktivnost, aktivnost kalijuma–40, ostala beta aktivnost.*

UVOD

Probe nuklearnog oružja, koje su naročito bile učestale 60–tih godina prošlog veka, kao i mirnodopsko korišćenje nuklearne energije, neminovno dovodi do zagađivanja životne sredine radioaktivnim supstancama. Procenjuje se da je prilikom akcidenta na nuklearnoj centrali u Černobilu (1986), u atmosferu ispušteno oko 7×10^{17} Bq radioaktivnosti [15]. Akcident na nuklearnoj elektrani Fukušima–Daiči (Japan, 2011), prema međunarodnoj skali nuklearnih i radioloških incidenata (INES), proglašen je kao akcident najvećeg stepena (sedam), što označava oslobađanje radioaktivnog materijala sa rasprostranjenim posledicama po zdravlje ljudi i okolinu [8]. Nuklearne nesreće poput spomenutih dovode do kontaminacije zemljišta i akvatorije na većim prostranstvima, čime je direktno ugrožena biljna proizvodnja, a time i čovek. Ugrađivanje radionuklida u biljke odvija se preko lišća (folijarna depozicija) odnosno resorpcijom preko korena [1].

Poseban značaj za čoveka imaju biljne vrste koje služe za dobijanje fitopreparata u farmaceutskoj industriji u formi monokomponentnih čajeva ili čajnih mešavina, koje imaju veliku primenu u tradicionalnoj medicini. Kao izvor za dobijanje sirovinske droge služe samonikle biljke iz prirode (preko 200), odnosno plantažno gajene biljke, kojih ima oko 30 [11]. Zbog ovoga nameće se potreba stalne i organizovane radijaciono-higijenske (RH) kontrole biljnih vrsta, koje se koriste kao sirovina u farmaceutskoj industriji.

U okviru RH-kontrole poseban značaj ima određivanje nivoa aktivnosti biološki značajnih radionuklida (BZR), prirodnih i proizvedenih. Od prirodnih radionuklida značajan je kalijum-40, koji je u prirodnom kalijumu zastupljen sa masenim udelom od 0,0119%, i čiji je doprinos u ukupnoj beta aktivnosti u svim biološkim zajednicama preko 90% [6]. Kalijum-40 je beta-gama emiter sa fizičkim vremenom poluraspada, $T_{1/2} = 1,28 \times 10^9$ godina [2]. Od proizvedenih radionuklida to su u prvom redu Cs^{137} i Sr^{90} , koji su zbog svojih fizičko-hemijskih karakteristika veoma toksični i doprinose radijacionom opterećenju [9].

Ispitivanja uzoraka različitih čajeva, uzetih iz trgovina sa područja grada Novog Sada, imala su za cilj određivanje ukupne beta aktivnosti, aktivnosti kalijuma-40 i ostale beta aktivnosti, kako bi se dobio uvid u radijaciono opterećenje ovih fitoproizvoda imajući u vidu njihovu široku primenu u narodnoj terapiji i potencijalnu mogućnost da akumuliraju biološki značajne radionuklide.

MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci čajeva su prikupljeni iz trgovina sa područja grada Novog Sada u toku 2008 godine, u njihovom originalnom pakovanju. Uzorkovano je 8 različitih vrsta čajeva:

Žalfija – (*Salvia officinalis* L., *Lamiaceae*), je višegodišnji, zeljast, jako razgranat žbunić. Stabljika je visoka do 70 cm. Kao najkvalitetnija droga, poznata je samonikla dalmatinska žalfija ili "kadulja". Kao droga tj. farmaceutska sirovina se koristi osušeni list žalfije. Droga (čaj), ekstrakti i etarsko ulje deluju antimikrobno, spazmolitično i adstringentno [11; 13].

Uva – (*Arctostaphylos uva ursi* L., *Spreng, Ericaceae*), poznata je još i pod imenom "planika". To je zimzelen žbunić, poleglih puzajućih grana. Lekovitu sirovinu (drogu), predstavlja mlad osušen list planike, koji je gorkog i oporog ukusa, poznat i kao list "medvedeg grožđa". List planike (Uvin čaj) se koristi za terapiju infekcije urinarnog trakta, kada još uvek nije potrebna primena antibiotika [11].

Hibiskus – (*Hibiscus sabdariffa*, *Malvaceae*), spada u takozvane vitaminske droge. Za spravljanje čajeva služe mesnati listići čašice cveta hibiskusa. Čaj deluje blago laksantno [11].

Kopriva – (*Urtica dioica* L., *Urticaceae*), je narodni lek. Za lek se beru vrhovi grančica s lišćem, sam list, cela nadzemna biljka ili samo koren. Čaj od koprive daje se protiv proliva, belog pranja, krvarenja iz hemoroida i uopšte za zaustavljanje krvi izvana i iznutra, usled delovanja tanina [13, 14]. List koprive dobar je izvor vitamina – K [11].

Kukuruzna svila – (*Maydis stigmata*, *Zea mays*, *Poaceae*), zajedno sa hibiskusom i koprivom spada u vitaminske droge. Bogata je sa vitaminom – K [11]. Zbog prisustva

kalijevih soli i drugih sastojaka deluje kao blag diuretik. Zahvaljujući salicilnoj kiselini, kukuruzna svila ublažuje reumatske bolove [13].

Kantarion – (*Hypericum perforatum L., Hypericaceae*), je višegodišnja zeljasta biljka razgranatog korena. Stabljika je uspravna, visine 40 – 50 cm. Lekovitu sirovinu (drogu) čine osušeni vršni delovi kantariona u cvetu. Kantarion je omiljen narodni lek. Najčešće se koristi uljani ekstrakt i to spolja za zarastanje rana, opekotina i kod različitih povreda kože i sluznice. Interno se primenjuje kod želudačnog ulkusa. Takođe se koristi i kao antidepresiv [11].

Beli slez – (*Althaea officinalis L., Malvaceae*), je višegodišnja, zeljasta biljka. Koren je snažan i razgranat. Stabljika je uspravna i razgranata. Beli slez se uglavnom gaji za dobijanje droge. Kao lekovita sirovina se koristi oguljen i osušen koren, dobijen od biljaka koje nisu starije od dve godine. Koren belog sleza je bljutav, sluzav i bez mirisa. Kao droga se koristi i list belog sleza. Koren belog sleza se upotrebljava za dobijanje hladnog macerata, koji se koristi kao sredstvo za ublažavanje nadražaja na kašalj i kod suvog kašlja. Takođe služi za ispiranje sluznice usta, nosa [11].

Kamilica – (*Matricaria chamomilla L., Asteraceae*), je jednogodišnja biljka, tankog vretenastog korena. Stabljika je visoka do 60 cm, razgranata u gornjem delu. Danas se gaji. Kao lekovita sirovina se koriste glavičaste cvasti kamilice (*Chamomillae flos*) s cvetnom drškom dugom do 1 cm. Miris kamilice je specifičan, aromatičan. Danas su formulisani brojni fitopreparati na bazi ove droge. Primenuju se eksterno i interno kao antiseptici, antiinflamatorna sredstva i blagi spazmolitici [11].

Uzorci čajeva su mineralizovani na temperaturi od $450 \pm 10^0\text{C}$ u peći za žarenje. Ukupna beta aktivnost, određena je iz mineralnog ostatka nakon suvog spaljivanja uzorka (Mitrović i sar., 1990), na antikoincidentnom uređaju za merenje niskih beta aktivnosti, tipa OMNI GUARD, firme Tracerlab (USA), čija je osnovna aktivnost manja od 1 imp/min. Efikasnost mernog uređaja određena je metodom standardnog izvora. Kao standardni etaloni izvor korišćen je ^{40}K u KCl [5].

Sadržaj kalijuma u uzorcima određen je metodom emisije spektrofotometrije na aparatu Spectr AA-10, firme Varian, pri talasnoj dužini od 766,5 nm uz korišćenje cezijuma kao jono-supresora. Nivo aktivnosti kalijuma-40 u uzorcima čajeva utvrđen je na osnovu ukupnog kalijuma, koristeći vrednost masene aktivnosti kalijuma od 31,561 Bq/g K [6; 10]. Ostala beta aktivnost određena je iz razlike ukupne beta aktivnosti i nivoa aktivnosti kalijuma-40.

Izmerene aktivnosti, kao i sadržaj kalijuma dati su po kilogramu vazdušno suve materije. Dobijene vrednosti merenja su statistički obrađene, a između ukupne beta aktivnosti i aktivnosti kalijuma-40, urađen je t-test.

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Rezultati merenja dati su u tabeli 1, iz koje je vidljivo postojanje tri grupe čajeva obzirom na statističku značajnost razlika između vrednosti U_{bA} i $A^{40}\text{K}$. Dok kod čajeva: žalfija, hibiskus i kopriva nema statističke značajnosti, u uzorcima čajeva: uva, kantarion i beli slez utvrđena je značajnost za nivo $p < 0,01$, a u uzorcima kukuruzne

svile i kamilice značajnost za nivo $p < 0,05$. Vrednosti ukupne i ostale beta aktivnosti su se kretale od $281,6 \pm 15,9$ Bq/kg (kantaron) do $713,6 \pm 41,6$ Bq/kg (kamilica), odnosno od $3,6$ Bq/kg (žalfija) do $34,1$ Bq/kg (beli slez) respektivno. Aktivnost kalijuma-40 se kretala u intervalu od $249,3 \pm 14,0$ Bq/kg (beli slez) do $693,7 \pm 39,5$ Bq/kg (kamilica). Najveće vrednosti su utvrđene kod čajeva sa najvećim sadržajem kalijuma (hibiskus, kopriva, kukuruzna svila, kamilica) što je u direktnoj vezi i što je očekivano. Doprinos kalijuma-40, u ukupnoj beta aktivnosti je kod svih uzoraka iznad 90% osim kod belog sleza (88%), što je u skladu sa literaturnim podacima [6]. Prosečna vrednost aktivnosti kalijuma-40 u uzorcima čajeva iznosi $486,49 \pm 26,70$ Bq/kg, što je uporedivo sa rezultatima drugih autora.

Tabela 1. Sadržaj kalijuma, aktivnost kalijuma-40, ukupna beta aktivnost i ostala beta aktivnost u uzorcima različitih vrsta čajeva

Vrsta čaja	Sadržaj K [g/kg]	A ⁴⁰ K [Bq/kg]	U _β A [Bq/kg]	ObA [Bq/kg]	Doprinos ⁴⁰ K(%)	Statistička značajnost
Žalfija - Kadulja	14,36 ±0,76	453,2 ±24,0	456,8 ±30,5	3,6	99,2	p > 0,05
Uva	10,66 ±0,60	336,4 ±18,8	362,8 ±28,5	26,4	92,7	**p < 0,01
Hibiskus	21,06 ±1,10	664,7 ±34,6	674,2 ±41,9	9,5	98,6	p > 0,05
Kantaron	8,42 ±0,45	265,7 ±14,1	281,6 ±15,9	15,9	94,4	**p < 0,01
Beli slez	7,90 ±0,44	249,3 ±14,0	283,4 ±18,1	34,1	88,0	**p < 0,01
Kukuruzna svila	17,13 ±0,99	540,6 ±31,4	553,3 ±30,7	12,7	97,7	*p < 0,05
Kopriva	21,81 ±1,18	688,3 ±37,2	694,5 ±56,4	6,2	99,1	p > 0,05
Kamilica	21,98 ±1,25	693,7 ±39,5	713,6 ±41,6	19,9	97,2	*p < 0,05

Tako grupa autora sa Prirodno-matematičkog fakulteta (Departman za fiziku) u toku 2002 godine analizirali su nekoliko vrsta životnih namirnica, među kojima i 6 uzoraka čaja i lekovitog bilja koje su prikupili sa teritorija Novog Sada. Prosečna vrednost aktivnosti ⁴⁰K u uzorcima čajeva i lekovitog bilja je iznosila 591 ± 110 Bq/kg. Najveću vrednost aktivnosti kalijuma-40, detektovali su u čaju od nane [16].

Harb, (2007), meri radioaktivnost nekoliko radionuklida (²³⁸U, ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb, ²²⁸Th, ²³²Th, ²²⁸Ra, ¹³⁷Cs i ⁴⁰K), u 10 uzoraka čaja koji su prisutni na tržištu Egipta. Masena aktivnost radionuklida je merena direktnom gama-spektrometrijom, koristeći HPGe-detektor. Prosečna vrednost za ⁴⁰K u čaju je iznosila 623 ± 25 Bq/kg, a najmanja je iznosila 470 ± 20 Bq/kg, što se dobro slaže sa našim rezultatima merenja iako su korišćene različite metode rada.

Di Gregorio i sar., (2004), merili su aktivnost ¹³⁷Cs i ⁴⁰K, pomoću γ-spektrometrije u više od 50 uzoraka hrane među kojima su se nalazili i uzorci čaja kao i uzorci jedne posebne biljke "yerba mate" od koje se pravi nacionalno piće stanovnika Argentine, Paragvaja, Urugvaja i južnog Brazila i služi kao alternativa kafi. Vrednosti za ⁴⁰K, u svim uzorcima čaja i "yerba mate", su se kretale od 200 do 875 Bq/kg, s tim da su niže vrednosti (208 – 412 Bq/kg) detektovane u biljci "yerba mate", a veće vrednosti su

izmerene u čajevima (od 404 do 877 Bq/kg), a što je uporedivo sa rezultatima našeg merenja.

Đujić, (1995), na osnovu opsežnog ispitivanja uzoraka životnih namirnica iz Srbije na sadržaj ^{40}K i na osnovu dobijenih vrednosti za potrošnju namirnica iz 1991 godine (voće, žitarice, meso, riba i jaja, mlečni proizvodi, povrće i alkoholna pića), iznosi podatak da je ukupan dnevni unos kalijuma-40 preko navedenih namirnica bio 78,1 Bq, što je u tom momentu predstavljalo samo 10% niže od svetskog proseka (85 Bq). U proseku ljudi primaju oko 180 μSv godišnje, efektivne ekvivalentne doze iz kalijuma-40, koji unosimo putem hrane i vode [15].

Zbog utvrđene signifikantnosti između vrednosti U_B i A^{40}K , neophodno je odrediti sadržaj ostalih beta-emitera u čajevima uz pomoć gama-spektrometrije.

ZAKLJUČAK

U pet od osam uzoraka različitih vrsta čajeva utvrđena je statistička značajnost ($p < 0,05$; $p < 0,01$), između ukupne beta aktivnosti i aktivnosti kalijuma-40. Vrednosti ostale beta aktivnosti ukazuju na prisustvo i drugih beta aktivnih radionuklida osim ^{40}K . Dobijeni rezultati treba da posluže kao osnova za dalja gama-spektrometrijska ispitivanja i tako doprinesu radijaciono-higijenskoj kontroli, ovih za čoveka važnih fitoproizvoda i sveukupnoj radijacionoj sigurnosti populacije.

LITERATURA

1. Ćupić Ž., Mihaljev Ž., Kljajić R., Živkov-Baloš M., Ivančev A.: *Ukupna beta aktivnost, aktivnost kalijuma-40, i ostala beta aktivnost u uzorcima lucerke sa područja Vojvodine*. XI-Međunarodni simpozijum tehnologije hrane za životinje – Obezbeđenje kvaliteta. Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju hrane za životinje. Zbornik radova, 245-248, Vrnjačka Banja, 2005.
2. Draganić G. I., Draganić D. Z., Adlof Ž. P.: *Radijacije i Radioaktivnost na Zemlji i u Vasioni*. Dečje novine, Gornji Milanovac, "Slobodan Jović", Beograd, 1991.
3. Di Gregorio D. E., Huck H., Aristegui R., De Lazzari G., Jech A.: ^{137}Cs contamination in tea and yerba mate in South America. *Journal of Environmental Radioactivity*, 76, 273-281, 2004.
4. Đujić S. I.: *Prirodni radionuklidi u hrani*. Monografija, Jonizujuća zračenja iz prirode. Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja, Beograd, 373-385, 1995.
5. Đurić G., Petrović B.: *Praktikum iz radijacione higijene za studente veterinarskog fakulteta*. Naučna knjiga, Beograd, 1976.
6. Eisenbud M.: *Environmental Radioactivity*. Academic Press, New York, 1973.
7. Harb S.: *Measurement of the radioactivity of ^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{228}Th , ^{232}Th , ^{228}Ra , ^{137}Cs and ^{40}K in tea using gamma-spectrometry*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 274, No. 1, (63-66), 2007.

8. <http://www.srbatom.gov.rs>, 2011
9. International Atomic Energy Agency: *Measurement of Radionuclides in Food and the Environment*. Vienna, 1989.
10. Jovanović M.: *Jonizujuće zračenje i životna sredina*. Vojno izdavački zavod, Beograd, 1983.
11. Kovačević N.: *Osnovi farmakognozije*. Srpska školska knjiga, Beograd, Farmaceutski fakultet, 2002.
12. Mitrović R., Petrović B., Kordić B., Popović S.: *Značajne radijacione veličine u izučavanju radioaktivne kontaminacije životne sredine severoistočnog dela SR Srbije bez SAP*. Vet. glasnik , 44 (6), 473-478, Beograd, 1990.
13. Tucakov J.: *Liječenje čajevima ljekovitog bilja*. August Cesarec, Zagreb, II-dopunjeno izdanje, 1978.
14. Tucakov J.: *Lečenje biljem – Fitoterapija*. Rad, Beograd, 1997.
15. UNSCEAR (Naučni komitet Ujedinjenih nacija za efekte atomske radijacije) Publ.: *RADIATION – Doses, Effects, Risks*. (RADIJACIJA – doze, posledice, rizici / prevod: Ema Časar), Nolit, Beograd, 1986.
16. Varga E., Bikit I., Slivka J., Todorović N., Vesković M., Čurčić S., Mrđa D.: *Radioaktivnost životnih namirnica u Novom Sadu*. Međunarodna eko-konferencija, Novi Sad, 24-27 sept., 343-348, 2003.