

Efikasnost klinoptilolita posle višekratne alimentarne kontaminacije fazana ^{137}Cs **

M. VIĆENTIJEVIĆ^{1*}, R. MITROVIĆ¹, VITOROVIĆ GORDANA²

¹ Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Novi Beograd, Srbija i Crna Gora; ² Fakultet Veterinarske Medicine, Beograd;

*Corresponding author: labrah@infoskaj.net

** Original scientific paper – Originalni naučni rad

Dobijanje radijaciono higijenski ispravnih proizvoda predstavlja ozbiljan problem u slučaju nuklearnog akcidenta većih razmera. Efikasan način rešavanja ovog problema, a samim tim i sprečavanja kontaminacije ljudi preko lanca ishrane, može se postići upotrebom efikasnih radioprotektora. Naš krajnji cilj bio je da se istraže radioprotektorske mogućnosti prirodnog minerala - klinoptilolita. Dosadašnjim istraživanjima su uglavnom bile obuhvaćene domaće životinje, pa smo za eksperimentalne životinje koristili fazane iz reda *Phasianus colchicus*. Svi fazani dobijali su istovremeno vodeni rastvor sa ^{137}Cs i radioprotektor klinoptilolit svakodnevno u toku višekratne sedmodnevne kontaminacije. Nivo kontaminacije određen je gama spektrometrijskom metodom u svetlom mesu, tamnom mesu, jetri i mišićnom želudcu. Najbolji efekat zaštite postignut je (78-84%) u tamnom, svetlom mesu i jetri a kod mišićnog želudca (22-37%).

Ključne reči: radiocezijum; klinoptilolit; zaštita; fazani; meso; unutrašnji organi

Uvod i pregled literature

U svetu se čine brojni naponi kako bi se smanjili negativni efekti jonizujućih zračenja i istovremeno iskoristile neke njihove nezamenljive osobine u savremenoj dijagnostici i terapiji oboljenja kod ljudi i životinja. Zbog toga su one i predmet istraživanja u oblasti radiobiologije, nuklearne medicine, kao i zaštite od zračenja u celini. Jonizujuće zračenje u fizikalnom

smislu predstavlja tokove čestica ili kvanata energije, a jedinstveni efekat svih tipova zračenja je jonizacija materije kroz koju oni prolaze. Biološki efekti zavise od tipa zračenja i razlikuju se kvantitativno *Blylock i sar. (1996)*, i ostvaruju se na dva načina: direktna i indirektna. Direktni efekat zračenja je posledica cepanja hemijskih veza između bioloških makromolekula, energijom zračenja. Indirektni efekat zračenja je rezultat produkcije slobodnih radikala, visokoreaktivnih hemijskih jedinjenja nastalih radiolizom vode u ćeliji *IAEA (1992)*. Informacije o odgovoru na zračenje i o faktorima koji utiču na radiosenzitivnost pružaju mogućnost da se indentifikuje potencijalni rizik od akcidentalnih ili planiranih oslobađanja radioaktivnog zračenja za organizme u ekosistemu ili primene izvora zračenja za dijagnostičke i terapijske svrhe.

Zaštita organizma od jonizujućih zračenja nakon apsorpcije energije zračenja uglavnom ne postoji a u dosadašnjim istraživanjima nije dobijen lek koji bi mogao adekvatno biti primenjen u terapiji protiv radijacione bolesti. U toku akcidentalne situacije i akutnog ozračivanja visokim dozama jonizujućih zračenja za sada je moguće sprovesti samo konzervativnu i simptomatsku terapiju sa vrlo malim izgledima na povoljan ishod lečenja.

Od velikog broja zagađivača biosfere, *Holm, (1982)* radioaktivne materije predstavljaju značajnu komponentu, jer kumulacija prirodnih i proizvedenih radionuklida u pojedinim ekosistemima može da dovede do poremećaja biološke ravnoteže, sa značajnim radijaciono-biološkim posledicama. Sve ovo je veoma značajno, ako uzmemo u obzir činjenicu da se radioaktivne materije brzo uključuju u metaboličke procese u flori i fauni, i preko domaćih životinja i lovne divljači, lancem ishrane brzo dospevaju do krajnjeg konzumenta – čoveka *Pantelić i Brnović (1991)*, *Petrović i Đurić (1984)*, *Petrović i Mitrović (1991)*.

Zbog toga su aktivnosti mnogih istraživača bile usmerene u pravcu pronalaženja efikasnog radioprotektivnog sredstva kojim bi se uspešno prevenirao razvoj radijacionog sindroma. U tu svrhu do danas je testirano nekoliko stotina hiljada različitih jedinjenja. Od tog broja oko 50.000 je pokazalo manji ili veći radioprotektivni efekat, a samo nekoliko desetina je pokazalo takve osobine da bi se mogli koristiti u zaštiti ljudi. Među ispitanim jedinjenjima jedan broj je, pod određenim uslovima pokazao značajan efekat kod eksperimentalnih životinja *Jovanović i sar. (1982)*, *Kljajić i sar. (1987)*, *(1994)*, *Milošević i sar. (1990)*, *Yuhās i Philips (1982)*, *Yuhās (1982)*.

Dobijanje radijaciono-higijenski ispravnih proizvoda predstavlja ozbiljan problem u slučaju akcidenata širokih razmera. Efikasan način rešenja ovog problema je upotreba radioprotekcionih sredstava. Do sada je ispitan veliki broj radioprotektora sa ciljem da u slučaju alimentarne

kontaminacije domaćih životinja ^{137}Cs , dobijemo animalne proizvode koji se bez radijacionog rizika mogu koristiti za ishranu ljudi.

Prve zapažene rezultate zaštite domaćih životinja od alimentarne radiokontaminacije ^{137}Cs posle Černobiljskog akcidenta postigla je grupa istraživača *Bailer (1988)*, *Giese (1989)*, *Hove (1993)*, *Hove i Hansen (1993)*, *Margenthal (1988)*, *Mladenović i sar. (1997)*, *Mladenović i Vuković (2000)*, *Obradović i Dimitrijević (1987)*, *Poshl i Balas (1999)*, *Ratnikov i sar. (1998)*, *Slavata (2003)*, *Vitorović (1992)*, *Vitorović i sar. (2002)*, *Vićentijević i sar. (2003)* upotrebom prirodnog minerala klinoptilolita. Međutim ova istraživanja nisu rađena kod divljih životinja. Da bi se potvrdila njegova efikasnost neophodno je uraditi ova ispitivanja i kod divljih životinja. Za razliku od domaćih, divlje životinje su mnogo mnogo više izložene dejstvu radioaktivnog zračenja, jer ceo životni vek provode slobodno u prirodi. Zbog toga divljač predstavlja bioindikatore zagađenosti životne sredine *Holm (1982)*, *Mitrović i sar. (1988)*.

Materijal i metod rada

Planom eksperimenta obuhvaćeni su fazani, roda Phasianus a vrste Phasianus colchicus, stari 2 meseca koje su uzeti iz fazanerije kod Padinske Skele "Široka greda". Po preuzimanju iz fazanerije životinje su smeštene u kaveze. Fazani su bili obuhvaćeni ogledom u trajanju od 7 dana. Ishrana i napajanje životinja bila je po volji. Za ishranu je korišćena potpuna krmna smeša sa 20% proteina.

Višekratni eksperiment se sastojao iz 3 faze. Dnevno su fazanke putem sonde dobijale (2500 Bq/ml), u toku višekratne 7 dnevne kontaminacije. Ukupna peroralna kontaminacija ^{137}Cs po životinji je 17,5 KBq i konstantna je u svim fazama. Životinje su u ove tri faze na različit način dobijale radioprotektor klinoptilolit (2g), p/os(vodeni rastvor) i u hrani (pelete), svakodnevno u toku 7-dnevne višekratne kontaminacije. Sve životinje su žrtvovane 8. dana od početka eksperimenta. Ukupan broj životinja u sve 3 faze je 15, u svakoj fazi po 5 fazana. Svi uzorci su usitnjeni i homogenizovani. Uzorci tamnog i belog mesa bili su prosečne težine od 100-200g, a unutrašnjih organa jetra i mišićnog želuca 10-30g.

Za merenje gama zračenja korišćen je vertikalni čist germanijumski detektor (HPGe - *high purity germanium*). Efikasnost detektora je 22–30 %, i omogućava detekciju svih radionuklida od interesa iznad propisane donje granice detekcije. Nivo specifične aktivnosti ^{137}Cs određen je gamaspektrometrijskom metodom u: *tamnom i svetlom mesu* i unutrašnjim organima - *jetri i mišićnom želucu*.

Rezultati istraživanja i diskusija

Višekratna kontaminacija ^{137}Cs predstavlja vid kontaminacije koji je najčešći u prirodi tako da životinje svakodnevno unose ovaj biološki značajan radionuklid koji se deponuje u mišiće i unutrašnje organe. Da bi se smanjilo prisustvo ^{137}Cs u lancu ishrane, a posebno u animalnoj proizvodnji, nastoji se poslednjih decenija pronaći odgovarajući sistem zaštite domaćih i divljih životinja. Prioritet u ovim istraživanjima usmeren je ka zaštiti životinja od alimentarne radiokontaminacije ^{137}Cs , primenom različitih protekcionih sredstava. Korišćenjem literaturnih podataka do kojih se došlo, kao i na osnovu sopstvenog iskustva, prevencija fazanske divljači od alimentarne kontaminacije usmerena je ka ispitivanju prirodne forme minerala klinoptilolita. Literaturni podaci ukazuju na visok stepen zaštite kod domaćih životinja, u slučaju alimentarne kontaminacije ^{137}Cs *Bailer (1988), Giese (1989), Hove (1993), Mladenović i sar (1997), Slavata (2003) i Vićentijević i sar. (2003)*.

Rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u mesu i jestivim unutrašnjim organima fazana do kojih se došlo u višekratnom eksperimentu prikazani su u tabeli 1, a % zaštite u odnosu na kontrolnu grupu prikazani su u tabeli 2.

Tabela 1. Aktivnost ^{137}Cs u mesu i jestivim unutrašnjim organima fazana posle višekratne (sedmodnevne) alimentarne kontaminacije i protekcije sa klinoptilolitom (Bg/kg)

Table 1. Activity of ^{137}Cs in meat and eatable internal organs of pheasants after multiple (7-days) alimentary contamination and protection with clinoptilolite (Bq/kg)

Redni broj	Grupa	Tamno meso	Svetlo meso	Jetra	Mišićni želudac
1	Samo ^{137}Cs (kontrola)	13620,0 ± 2012,88	9800,0 ± 1051,19	9364,0 ± 1487,17	11133,2 ± 1349,69
2	^{137}Cs + klinoptilolit (sonda)	2146,0 ± 155,07	1657,8 ± 160,38	2019,0 ± 218,53	4113,2 ± 308,75
3	^{137}Cs + klinoptilolit (hrana)	9900,0 ± 331,66	7600,0 ± 412,31	7933,2 ± 593,01	8733,2 ± 1838,93

Srednje vrednosti ± Standardna devijacija/ Mean values ± Standard deviation

Najveća aktivnost ^{137}Cs izmerena je u tamnom mesu kontrolne grupe fazana (13.620 Bq/kg), dok je najmanja aktivnost bila u jetri (9.364 Bq/kg). Kod druge eksperimentalne grupe (klinoptilolit - sonda), najniža aktivnost ^{137}Cs (1657,8 Bq/kg) bila je u svetlom mesu, a najveća aktivnost ^{137}Cs u mišićnom želudcu (4113,2 Bq/kg). U tamnom mesu treće grupe (klinoptilolit - hrana) aktivnost je iznosila (9.9 KBq/kg) što je bila i najveće izmerena vrednost za razliku od svetlog mesa gde je aktivnost iznosila (7,6 KBq/kg).

Efikasnost protektora na smanjenje deponovanja ^{137}Cs u tamno meso (izražena % u odnosu na kontrolnu grupu) bila je najizraženija (Tab. 2), kod druge grupe (klinoptilolit/sonda). Najveću efikasnost (84 %), dala je primena radioprotektora putem sonde i to u tamnom mesu, nešto manja u svetlom mesu (83 %) i jetri (78 %), a najmanja u mišićnom želudcu (37 %). Skoro iste rezultate dobili su autori *Poshl i Balas (1999)* i *Vitorović i sar. (2002)*.

Tabela 2. Efikasnost klinoptilolita u smanjenju deponovanja ^{137}Cs u mesu i jestivim unutrašnjim organima fazana posle višekratne alimentarne kontaminacije i zaštite, (%) (100% od % aktivnosti ^{137}Cs u odnosu na kontrolnu grupu bez protektora)

Table 2. Efficiency of clinoptilolite in lowering the deposition of ^{137}Cs in meat and eatable internal organs pheasants after multiple (7-days) alimentary contamination and protection (% of 100% activity of ^{137}Cs compared to the control group without protector).

Grupa	Tamno meso	Svetlo meso	Jetra	Mišićni želudac
^{137}Cs + klinoptilolit (sonda)	84,0	83,0	78,0	37,0
^{137}Cs + klinoptilolit (hrana)	27,0	22,0	15,0	22,0

Najveći stepen zaštite kod treće grupe (27 %), kada je radioprotektor davan umešan u hrani dobijen je za tamno meso, dok je za svetlo meso (22 %), jetru (15 %) i mišićni želudac (22 %) bio nešto niži.

Višekratnom aplikacijom ^{137}Cs i klinoptilolita – sondom efekat zaštite bio je od (78 – 84 %) za tamno, svetlo meso i jetru što je u saglasnosti sa rezultatima autora *Pethes i sar. (1988)* i *Rachubik (2001)*. Jedino su dobijene vrednosti za mišićni želudac u ovoj grupi daleko niže od ostalih (37 %). Istovremenim davanjem ^{137}Cs i klinoptilolita umešanog u hrani, koji je inače bio dostupan životinjama posle aplikacije, postignuti rezultati za meso i organe bili su mnogo niži nego u drugoj grupi (15 – 27 %) što je približno rezultatima koje je dobila *Slavata (2003)*. Ovako niži rezultati u trećoj grupi, gde su životinje po volji uzimale hranu u kojoj je bio umešan radioprotektor, verovatno su posledica manipulacije (peroralno davan ^{137}Cs), koje su vrlo stresne za ovu kategoriju životinja, tako da nisu konzumirale u normalnim količinama hranu sa radioprotektorima a to je onda dovelo do slabijih rezultata i manje efikasnosti radioprotektora dat na ovaj način.

Zaključak

U višekratnom eksperimentu dobijeni rezultati opravdavaju visok zaštitni efekat minerala gline-klinoptilolita. To se odnosi prvenstveno u slučaju istovremene aplikacije ovog protektora sa radiokontaminantom ^{137}Cs i to peroralnim putem (preko 80 % efikasnost). U slučaju davanja protektora u hrani dobijeni su slabiji rezultati (ispod 30 %), što se opravdava činjenicom da su fazani usled jedne stresne situacije manje konzumirali hranu sa radioprotektorom.

Zaštita životinja radioprotektivnim sredstvima prilikom alimentarne kontaminacije nesumnjivo je moguća. To se za sada može konstatovati samo ako se protektor upotrebi pre ili za vreme alimentarne kontaminacije. Vrlo je bitno da se radioprotektor nađe istovremeno sa radioaktivnim kontaminantom kako bi njegova efikasnost biti najizraženija a efekat protekcije veći.

Efficiency of clinoptilolite in case of multiple alimentary contamination of the pheasants with ^{137}Cs

M. VIĆENTIJEVIĆ, R. MITROVIĆ, GORDANA VITOROVIĆ

Summary

Obtaining the radiation-hygiene safe products in the case of a large-scale nuclear accident, is a serious problem. The efficient way to solve this problem, and also to prevent human contamination through the food chain, is using efficient radioprotectors. Having in mind that so far research work concerned alimentary Cs-contamination of domestic animals, our aim was to investigate the radioprotector possibilities of klinoptilolit. As experimental animals we used pheasants from the species pheasant colchicus. Every animal was simultaneously given water solution of ^{137}Cs and radioprotector Klinoptilolit. The level of contamination was determined by gamma - spectrometry in light meat, dark meat, liver and gizzard. The best effect of protection was achieved (78 - 84%) for dark, light meat and liver, than for gizzard (22 - 37%).

Key words: radiocesium; protection; clinoptilolite; pheasants; meat; internal organs

Literatura

- BAILER B.**, (1988): Zur beschleunigten Ausscheidung von Radiocasium bei Schafen durch Zufütterung von Amonium-Eisen-Hexacyanoferrat. Inagural Dissertation-Hannover.
- BLYLOCK B.G., THEODORAKIS C.V., SHUGART L.R.**, (1996): Biological effects of ionizing radiation. Proceedings of international Symposium on Ionising Radiation "Protection of the Natural Environment", Stockholm, Sweden, Vol. I, pp 39-50.
- PETROVIĆ B., MITROVIĆ R.**, (1991): Radijaciona higijena u biotehnologiji, naučna knjiga-Beograd, 62-68.
- GIESE W.**, (1989): Countermeasures for reducing of radiocesium to animal derived food. The Sci. Of the total Envir. No85, 317-327.
- HOLM J.**, (1982): Erkennung regionales Schadmetallbelastungen uber Bioindikatoren am Beispiel von Rindern, Wild und Fischen, Fleischwirtschaft, 62 (3), 364-368.
- HOVE K., HANSEN H.S.**, (1993): Reduction of radiocesium transfer to animal products using sustained release boli with ammoniumiron(III)hexacyanoferate(II). Acta Vet. Scand. 34(3):287-297.
- HOVE K.** (1993): Chemical methods for reduction of the transfer of radionuclides to farm animals in semi-natural environments. Sci. Total Environ. 137:235-248.
- IAEA**, (1992): Effects of Ionizing Radiation on Plants and animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards. technical report Series No. 332, international Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- JOVANOVIĆ M., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ E., HASANBAŠIĆ D.** (1982): Dejstva jonizujućih zračenja i zaštita ljudi i životinja hemijskim materijama. univerzitetska knjiga, IRO Veselin Masleša, Sarajevo.
- KLJAJIĆ R., MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ E., OŽEGOVIĆ T.** (1987): Uticaj gamafosa na klinički tok ukutnog radijacionog sindroma ozračenih koza. Veterinaria, 36, 31-35.
- KLJAJIĆ R., ŽUNIĆ Z., BOGDANOVIĆ G.** (1994): Primena hemijskih radioprotektora u zaštiti od jonizujućih zračenja. Onkološki arhiv, 2, (4), 209-213.
- MERGENTHAL ANGELIKA**, (1988): Fütterungsversuch zur erprobung von ammonium-eisen-hexacyanoferrat für die dekontamination von radiocasium bei moorschnucken. Inagural Dissertation-Hannover.
- MILOŠEVIĆ Z., KLJAJIĆ R., HERCEG Z.** (1990): Efficiency of the phosphortioate compound, WR-2721, as a radioprotective agent in lethally irradiated swine. YRPA, Proceedings of the 3-rd Italian-Yugoslav Symposium on Radiation Protection, 36-43, Plitvice, Yugoslavia, 1990.

MITROVIĆ R., ILIĆ G., POPOVIĆ S., (1988): Divljač kao biološki indikator radioaktivnosti ekološkog područja Veterinarija-Vol. 37, Br. 4, St. 521-526.

MLADENOVIĆ V., VITOROVIĆ G., VUKČEVIĆ O., (1997): Radioprotekcionni efekat prirodnog zeolita klinoptilolita XIX Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja Zbornik radova, 295-298., Golubac, 18-20. jun

MLADENOVIĆ S., VUKOVIĆ D., (2000): In-vitro ^{137}Cs sorption by natural and monoionic forms of clinoptilolite. Acta Veterinaria (Beograd), Vol.50, No. 2-3., 163-168.

OBRADOVIĆ J., DIMITRIJEVIĆ R., (1987): Clinoptilolitized tuffs from Zlatokop near Vranje, Serbia. Clas de l'Academie serbe des sciences et des arts, N^o 51, 7 – 19.

PANTELIĆ G., BRNOVIĆ R., (1991): Interna kontaminacija cezijumom-137 putem ishrane za stanovništvo Srbije u periodu 1986-1990. godine. XVI Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, 103-105.

PETROVIĆ B., ĐURIĆ G., (1984): Elementi radioekologije u stočarskoj proizvodnji, Skripta za poslediplomske studije, Veterinarski fakultet, Beograd.

POSCHL M., BALAS J., (1999): Reduction of radiocesium transfer to broiler chicken meat by a clinoptilolite modified with hexacyanoferrate. Radiat. Environ. Biophys., 38 (2) 117-24.

RACHUBIK J. (2000): Effectiveness assessment of oral administration of bentonite or alginate in reducing the transfer of radiostrantium to tissues and organs of rats. Bull. Vet. Pulawy 44, 253-258.

RATNIKOV A, VASILIEV AV, KRASNOVA E, PASTERNAK A, HOWARD BJ, HOVE K, STRAND P, (1998), The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocaesium contamination of animal products in Russia, The Science of the Total Environment, 223, 167-176.

SLAVATA B, (2003), Ispitivanje radioprotekcionne sposobnosti amonijum-gvožđe (III) heksacijanoferata (II) i klinoptilolita kod tovnih pilića izloženih alimentarnoj kontaminaciji ^{137}Cs , Magistarska teza, Beograd.

VITOROVIĆ G., (1992): Primena amonijum-gvožđe (III) heksacijanoferata (II) u zaštiti pilećeg mesa od kontaminacije radiocezijumom. Doktorska disertacija., Veterinarski fakultet, Beograd.

VITOROVIĆ G., (1993): The application of ammonium ferric (III) hexacyanoferrate (II) in protection of chicken meat from contamination with radiocesium, Acta vet. 5-6, 351-357.

VITOROVIĆ G., SLAVATA B., STOŠIĆ K., MLADENOVIĆ V., VITOROVIĆ D., (2002): The effect of clinoptilolite on ^{137}Cs binding in

broiler chickens. *Agricultural and foodscience in Finland*. Vol. 11. (2002.), 137-141.

VIĆENTIJEVIĆ M, MITROVIĆ R, VITOROVIĆ G, VUKOVIĆ D, BOGOJEVIĆ S, (2003). Komparativni odnos efikasnosti AFCF i klinoptilolita posle višekratne kontaminacije fazana ^{137}Cs , Zbornik radova V Savetovanja iz kliničke patologije i terapije životinja (sa međunarodnim učešćem), Budva, 238-240.

YUHAS J.M., PHILIPS T.L. (1982): Pharmacokinetics and mechanisms of action of WR-2721 and other protective agents. *Radioprotector and Anticarcinogenesis*. New York: Academic press, 639-653.

YUHAS J.M. (1982): Protective drugs in cancer therapy - optimal clinical testings and future directions. *Int. J. Radiat. oncol. Biol. phys.* 8, 513-517.