

# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.  
Београд, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Београд  
06-08. октобар 2021.**

**Београд  
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# **PROCEEDINGS**

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM  
Belgrade  
6<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October 2021**

**Belgrade  
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац  
Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International  
License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.



## UTICAJ GAMA ZRAČENJA NA STABILNOST AFLATOKSINA U MLEKU

Vojislav STANIĆ<sup>1</sup>, Srđan STEFANOVIĆ<sup>2</sup>, Srboľjub STANKOVIĆ<sup>1</sup>,  
 Slađana TANASKOVIĆ<sup>3</sup>, Branislav NASTASIJEVIĆ<sup>1</sup>,  
 Dragoljub JOVANOVIĆ<sup>4</sup> i Vukosava ŽIVKOVIĆ<sup>5</sup>

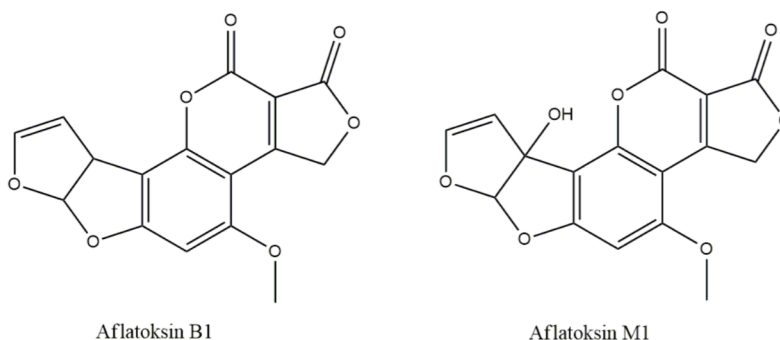
- 1) Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd, Srbija  
[vojo@vinca.rs](mailto:vojo@vinca.rs), [srbas@vinca.rs](mailto:srbas@vinca.rs), [branislav@vin.bg.ac.rs](mailto:branislav@vin.bg.ac.rs)
- 2) Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd, Srbija, [stefanovic@inmes.rs](mailto:stefanovic@inmes.rs)
- 3) Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, Srbija,  
[sladjana.tanaskovic@pharmacy.bg.ac.rs](mailto:sladjana.tanaskovic@pharmacy.bg.ac.rs)
- 4) Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet, Beograd, Srbija,  
[djovanovic@vet.bg.ac.rs](mailto:djovanovic@vet.bg.ac.rs)
- 5) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Beograd, Srbija, [vuka@chem.bg.ac.rs](mailto:vuka@chem.bg.ac.rs)

## SADRŽAJ

Aflatoksini su značajan problem u oblasti bezbednosti hrane i rizika po zdravlje ljudi. Gama zračenje uništava opasne zagađivače u hrani kao što su bakterije, virusi, gljivice, pesticidi i toksini. U ovoj studiji je korišćeno gama zračenje da bi se smanjila količina aflatoksina u mleku. Rezultati su pokazali smanjenje aflatoksina u mleku za 9 % - 35,26 % u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Smanjenje koncentracija aflatoksina u mleku nije proporcionalno primenjenoj dozi grama zračenja usled zgrušavanja mleka.

## 1. Uvod

Kontaminacija prehrambenih proizvoda mikotoksinima su često neizbežna i predstavljaju problem po zdravlje ljudi i životinja širom sveta. Mikotoksini su toksični metaboliti proizvedeni od brojnih gljivica, uglavnom od *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium* rodova. Aflatoksini su nastali kao sekundarni metaboliti gljivica iz roda *Aspergillus*, naročito *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Postoji oko 20 različitih vrsta aflatoksina, od kojih su najznačajniji aflatoksini B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1), G2 (AFG2), M1 (AFM1) i M2 (AFM2). Aflatoksini M1, M2 su hidroksilirani derivati aflatoksina B1 i B2 nastali u mlečnim žlezdama sisara hranjenih biljnim hranjivima koja su sadržavala navedene B aflatoksine [1]. Na Slici 1. prikazane su hemijske strukturne formule aflatoksina: B1 i M1.



Slika 1. Hemijske strukturne formule aflatoksina: B1 i M1.

Količina aflatoksina u mleku zavisi od njegove količine u hranivima, od uzrasta, vrste i rase životinje, perioda laktacije, zdravstvenog stanja životinje, godišnjeg doba, i raznih drugih faktora [2]. Aflatoksin je termostabilan, konjugovan je sa proteinima u mleku koji ga štite od vanjskih uticaja, pa se u procesu prerade mleka ne menja, i može se naći u svim proizvodima (sir, jogurt, kefir) bez vidljivog prisustva gljivica. Bolesti koje uzrokuju aflatoksini nazivaju se aflatoksikoze, a one mogu biti akutne ili hronične. Ciljni organ djelovanja aflatoksina je jetra gde se kao posledica akutnog trovanja primarno razvija nekroza, dok usled dugotrajne izloženosti dolazi do pojave hepatitisa i ciroze. Aflatoksini nisu toksični samo za jetru nego imaju i druga neželjena dejstva: imunosupresivnost, mutagenost, teratogenost i karcinogenost [3-5]. Kako bi se smanjio rizik po zdravlje ljudi u svetu su uspostavljene najveće dozvoljene količine AFM1 u mleku i mlečnim proizvodima. Maksimalno dozvoljena koncentracija AFM1 u mleku u Republici Srbiji utvrđene su važećim pravilnikom („Službeni glasnik RS“ 37/2014 i 72/2014) i iznosi 0,25 µg/kg. Razne fizičke, hemijske i biološke metode su razvijene za uklanjanje aflatoksina iz mleka [6]. Cilj ovog rada je bio da se u laboratorijskim uslovima ispita efikasnost gama zračenja na razgradnju AFM1 u mleku.

## 2. Eksperimentalni deo

### 2.1. ELISA test

Za ova ispitivanja uzorak mleka dobijen je od individualnog poljoprivrednog gazdinstva iz okoline Valjeva. Mleko prilikom ispitivanja je bilo delimično usireno. ELISA metoda korišćena za određivanje sadržaja aflatoksina M1 u mleku predstavlja sendvič tip ELISA testa [7]. Mikrotitarski bunarčići su impregnirani sa anti-aflatoksin M1 antitelima i tokom prve inkubacije aflatoksin M1 iz uzoraka se vezuje za antitela. Nakon ispiranja nevezanog materijala, u bunarčiće se dodaje tačno određena količina HRP enzimom konjugovanog aflatoksina M1. Konjugat se vezuje za slobodna mesta na impregniranim antitelima. Nakon ispiranja viška materijala, u bunarčiće se dodaje TMB supstrat, koji reaguje sa enzimom i nastaje obojeni proizvod. Nakon dodavanja 0,1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i zaustavljanja reakcije, boja se očitava na spektrofotometru (λ), na talasnoj dužini od 450 nm. Za internu kontrolu korišćeni su slepa proba (blanko uzorak), i tri obogaćene slepe probe u koncentracijama od 0,010; 0,020; 0,050 i 0,075 µg/kg AFM1.

### 2.2. Eksperimenti gama zračenje

Eksperimenti ozračivanja uzoraka u polju gama zračenja su sprovedeni u Metrološkoj Dozimetrijskoj Laboratoriji koja je deo Laboratorije „Zaštita“ iz Instituta za nuklearne nauke (Beograd). Polje gama zračenja je bilo ostvareno korišćenjem uređaja IRPIK-B koji je generator gama zračenja iz radioaktivnog izvora Co-60, nominalne aktivnosti 238 TBq na dan 1.09.1999.godine. Vrednost jačine apsorbovane doze gama zračenja u vazduhu na poziciji referentne tačke za ozračivanje uzoraka je bila 23,43 Gy/h. Nakon svake pojedinačne kampanje zračenja, povećavala se vrednost ukupne apsorbovane doze gama zračenja u uzorcima. Pri tome, na poziciji na kojima su ozračivani uzorci, vrednosti ukupne apsorbovane doze gama zračenja u vazduhu (D) su iznosile 4 Gy, 8 Gy, 40 Gy, 80 Gy, 400 Gy i 800 Gy u zavisnosti od vremena ozračivanja uzoraka.

## 3. Rezultati i diskusija

Gama zračenje je visoko-energetsko elektromagnetno zračenje koje emituju radioaktivna jezgra, najčešće se kao izvor zračenja koristi <sup>60</sup>Co. Izlaganje supstanci jonizujućem zračenju može doći do cepanja hemijskih veza, odnosno razgradnje molekula, koje zavisi od apsorbovane doze. Danas se γ-zračenje sve više koristi u prehrambenoj industriji za uništavanje patogenih i kvarećih mikroorganizama bez

ugrožavanja bezbednosti nutritivnih i senzornih svojstava hrane. Gama zračenjem se može u velikoj meri smanjiti količina aflatoksina u raznim prehrambenim namirnicama [9, 10]. U Tablici 1 prikazani su rezultati ozračivanja uzorka mleka. Pre  $\gamma$ -zračenja, koncentracija AFM1 u testiranom mleku iznosila je 0,190  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (uzorak 0). U svim uzorcima je usled dejstva zračenja došlo do smanjenja koncentracije aflatoksina. Smanjenje ne zavisi od primenjene doze što se može objasniti da je testirano mleko bilo usireno i nehomogeno. Hassanpour, i saradnici su pokazali da se primenom niskih doza  $\gamma$ -zračenja dolazi do smanjenja koncentracije aflatoksina za 51,5 % u mleku [9].

**Tablica 1. Sadržaj aflatoksina u mleku u zavisnosti od adsorbovane doze gama zračenja**

Redni broj uzorka	Apsorbovana doza D(Gy)	Izmerena koncentracija aflatoksina ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
1	0	0,190
2	4	0,150
3	8	0,154
4	40	0,123
5	80	0,171
6	400	0,123
7	800	0,144

#### 4. Zaključak

U ovoj studiji je primenjeno gama zračenje da bi se ispitala njegova efikasnost na razgradnju aflatoksina (AFM1) u mleku. Rezultati su pokazali smanjenje aflatoksina u mleku za 9 % - 35,26 % u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Smanjenje koncentracija aflatoksina u mleku nije proporcionalno primenjenoj dozi grama zračenja usled zgrušavanja mleka.

#### 5. Zahvalnica

Istraživanje predstavljeno u ovom radu urađeno je uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru finansiranja naučnoistraživačkog rada Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča (Ugovor br. 451-03-9/2021-14/200017).

#### 6. Literatura

- [1] U. Diener, N. Davis. Aflatoxin production by isolates of *Aspergillus flavus*. *Phytopathology* 56, 1996, 390-393.
- [2] H. P. Van Egmond, S. Dragacci. In: *Mycotoxin Protocols*. M. W. Trucksess, A. E. Pohland (Eds.), Liquid chromatographic method for aflatoxin M1 in milk. Humana Press, Totowa, USA 2001, 59-69.

- [3] S. Marchese, A. Polo, A. Ariano, S. Velotto, S. Costantini, L. Severino. Aflatoxin B1 and M1: Biological properties and their involvement in cancer development. *Toxins* 10, 2018, 214.
- [4] O. Adejumo, O. Atanda, A. Raiola, Y. Somorin, R. Bandyopadhyay, A. Ritieni. Correlation between aflatoxin M1 content of breast milk, dietary exposure to aflatoxin B1 and socioeconomic status of lactating mothers in Ogun State, Nigeria. *Food Chem. Toxicol.* 56, 2013, 171-177.
- [5] A. Magnussen, M. A. Parsi. Aflatoxins, hepatocellular carcinoma and public health. *World J Gastroenterol.* 14, 2013, 1508–1512.
- [6] Z. Peng, L. Chen, Y. Zhu, Y. Huang, X. Hu, Q. Wu, A. K. Nüssler, L. Liu, W. Yan. Current major degradation methods for aflatoxins: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 80, 2018, 155-166.
- [7] D. M. Spirić, S. M. Stefanović, T. M. Radičević, J. M. Đinović Stojanović, V. V. Janković, B. M. Velebit, S. D. Janković. Studija o nalazu aflatoksina u hrani za životinje i sirovom mleku u Srbiji tokom 2013. godine. *Hem. Ind.* 69, 2015, 651–656.
- [8] M. J. Adamović, S. T. Jovanović, O. D. Maćej, A. S. Daković, S. S. Stanković. Mogućnost adsorpcije mikotoksina (aflatoksin M1 i M2) u jogurtu adsorbentima na bazi prirodnog i modifikovanog zeolite. *Preh. ind.* 1–2, 2006, 39-42.
- [9] M. Hassanpour, M. R. Rezaie, A. Baghizadeh. Practical analysis of aflatoxin M1 reduction in pasteurized Milk using low dose gamma irradiation. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 17, 2019, 863–872.
- [10] P. P. Akhila, K. V. Sunooj, B. Aaliya, M. Navaf, C. Sudheesh, S. Sabu, A. Sasidharan, S. A. Mir, J. George, A. M. Khaneghah. Application of electromagnetic radiations for decontamination of fungi and mycotoxins in food products: A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 114, 2021, 399–409.

INFLUENCE OF GAMMA RADIATION ON THE STABILITY OF  
AFLATOXIN IN MILK

Vojislav STANIĆ<sup>1</sup>, Srđan STEFANOVIĆ<sup>2</sup>, Srboљub STANKOVIĆ<sup>1</sup>,  
Slađana TANASKOVIĆ<sup>3</sup>, Branislav NASTASIJEVIĆ<sup>1</sup>,  
Dragoљub JOVANOVIĆ<sup>4</sup> and Vukosava ŽIVKOVIĆ<sup>5</sup>

- 1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd, Srbija*  
[vojo@vinca.rs](mailto:vojo@vinca.rs), [srbas@vinca.rs](mailto:srbas@vinca.rs), [branislav@vin.bg.ac.rs](mailto:branislav@vin.bg.ac.rs)
- 2) *Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd, Srbija*, [stefanovic@inmes.rs](mailto:stefanovic@inmes.rs)
- 3) *Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, Srbija*,  
[sladjana.tanaskovic@pharmacy.bg.ac.rs](mailto:sladjana.tanaskovic@pharmacy.bg.ac.rs)
- 4) *Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet, Beograd, Srbija*,  
[djovanovic@vet.bg.ac.rs](mailto:djovanovic@vet.bg.ac.rs)
- 5) *Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Beograd, Srbija*, [vuka@chem.bg.ac.rs](mailto:vuka@chem.bg.ac.rs)

ABSTRACT

Aflatoxins are a significant problem in the field of food safety and risk to human health. Gamma irradiation destroys dangerous contaminants in foods such as bacteria, viruses, fungi, pesticides, and toxins. In this study, we used gamma radiation to reduce the amount of aflatoxins in milk. The results showed a 9 % - 35.26 % reduction of aflatoxin in milk compared to the control sample. Reductions in aflatoxin concentrations in milk are not proportional to the applied dose of grams of radiation due to milk coagulation