



Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Četvrti simpozij o mitotoksinima

Ožegović, Ladislav

1991

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/items/0041bdea-3dd2-4792-aba1-87c90eebdc51>

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/>



AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI
BOSNE I HERCEGOVINE

SPECIJALNA IZDANJA
VOL. CIII

Odjeljenje medicinskih nauka
Vol. 17

ČETVRTI SIMPOZIJUM O MIKOTOKSINIMA

(Sarajevo, 14 Juni 1991)

Redakcioni odbor

Seid Huković, Ladislav Ožegović, Džemal Rezaković

Glavni urednik

Ladislav Ožegović

Redovni član Akademije nauka i umjetnosti
Bosne i Hercegovine

SARAJEVO 1996



ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

SPECIAL PUBLICATIONS
VOL. CIII

Department of Medical Sciences
Vol. 17

FOURTH SYMPOSIUM ON MYCOTOXINS

(Sarajevo, June 14th 1991)

Editorial Board

Seid Huković, Ladislav Ožegović, Džemal Rezaković

Editor

Ladislav Ožegović

Member of the Academy of Sciences and Arts
of Bosnia and Herzegovina

SARAJEVO 1996

U ustaljenoj izdavačkoj djelatnosti ANUBIH ova publikacija se trebala pojaviti u 1992. godini; svi radovi i prilozi su predani na vrijeme i prve otiske pripremljene za objavljivanje imali smo već u rano proljeće 1992. Nažalost, rat u BiH odrazio se i na aktivnosti kod izdavanja, kad su pojedini radovi dijelom ili u cjelini bili izgubljeni. Zahvaljujući saradnji s autorima uspjeli smo kompletirati sadržaj simpozijuma, s izuzetkom jednog priloga, te ih prezentiramo stručnoj javnosti na ocjenu. Na taj način Medicinsko Odjeljenje ANUBIH nastavlja kontinuitet svoje aktivnosti na istraživanjima mikotoksikoza.

Izdavački odbor
Sarajevo 1996.

SADRŽAJ

UVODNO IZLAGANJE (Seid Huković)	5
<i>Zoran Mašić, Mihajlo Mrden, Sava Pavkov, Željko Mihaljev, Milić Arsenijević</i>	
Rezultati pregleda stočnih hraniva iz uvoza na prisustvo aflatoksina, ohratoksina A, zearalenona i trihotecenskih mikotoksina / The Results of Examinations of Imported Feed on the Presence of Aflatoxin, Ochratoxin A, Zearalenone and Trichothecene Mycotoxins	9
<i>Aleksandra Bočarov-Stančić, Marija Škrinjar, Tihomir Stojsavljević, Đula Nađ, Tereza Odadžić</i>	
Kontaminacija zrna kukuruza (rod 1990) toksikogenim plesnima i mikotoksinima (aflatoksinom B ₁ , ohratoksinom A i zearalenonom) / Contamination of Corn Kernels (1990 Crop) with Toxicogenic Molds and Mycotoxins (Aflatoxin B ₁ , Ochratoxin A and Zearalenone)	13
<i>Predrag Radošević, N. Dogović</i>	
Određivanje T-2 toksina i njegovih hidrolitičkih metabolita u serumu metodom gasne hromatografije – masene spektrometrije / Determination of T-2 Toxin and Its Hydrolitic Metabolites in Serum by Gas Chromatography – Mass Spectrometry	23
<i>Zvonka Kabaj-Tomšić, Anton Vengušt, Janko Žust, Uroš Pestevšek</i>	
Simultana detekcija DON, DAS, T-2 toksina i njihovih metabolita u kukuruzu / Simultaneous Detection of DON, DAS and T-2 Toxin and Their Metabolites in Maize	31
<i>Zdenka Cvetnić i Stjepan Pepelnjak</i>	
Učestalost i toksikogenost sojeva <i>Aspergillus versicolor</i> na području Republike Hrvatske / Frequency and Toxicogenicity of <i>Aspergillus versicolor</i> Strains on the Area of Republic Croatia	41
<i>Marija Šutić i Milena Nikolić</i>	
Pojava znatnih količina aflatoksina M ₁ u hloroformskom ekstraktu KES supstrata nakon kultivacije plesni <i>Aspergillus flavus</i> MP ₁ / Production of Significant Quantities of Aflatoxin M ₁ in Chloroform Extracts in Yeasts Substrate by <i>Asp. flavus</i> MP ₁ Strain Cultivation	53
<i>Sonja Duletić</i>	
Neki efekti T-2 toksina na <i>rec</i> mutante <i>Escherichia coli</i> / Some T-2 Toxin Effects on <i>rec</i> Mutants of <i>Escherichia coli</i>	59

Šandor Š. Tobiaš, Isidor Rajić

- Uticaj T-2 toksina na zdravlje kokošaka, nosivost i inkubaciju jaja / The Effect of T-2 Toxin on Health, Egg Production And Egg Incubation in Laying Hens 69

S. Topolko, M. Žurić, Miroslava Munk i Vera Auslender-Ujević

- Eksperimentalna intoksikacija kunića mikotoksinom T-2 / Experimental Rabbits Intoxication with T-2 Mycotoxin 77

Aleksandra Bočarov-Stančić, P. Radošević i J. Božo

- Upoređivanje dva različita postupka ekstrakcije T-2 toksina iz tečne fermentacione podloge upotrebljene za kultivaciju toksikogenih fusaria / Comparison of Two Different Extraction Methods for T-2 Toxin from Liquid Fermentation Medium Used for Toxicogenic Fusaria Cultivation 87

Zoran Mašić, Isidor Rajić, Sava Pavkov, Mihajlo Mrđen

- Rezultati pregleda mokraće i fecesa svinja na prisustvo ohratoksina A / The Results of Pigs Urine and Faeces Examinations on the Presence of Ochratoxin A 93

Seid Huković i Nedim Huković

- Djelovanje zearalenona na humanom izoliranom ureteru / The Effect of Zearalenone on the Isolated Human Ureter 97

Nedim Huković

- Uticaj zearalenona na glatkomišićne organe genito-urinarnog trakta in vitro / The Effect of Zearalenone on the Smooth Muscle of the Organs of Genito-Urinary System in Vitro 101

Ljerka Babić, Jojin Ivetić, Ladislav Ožegović, Neja Bajramović

- Djelovanje zearalenona na adren štakora – histološke promjene / Effects of Zearalenone on the Adren in Rat – Histological Changes 107

Isidor Rajić, Dragan Trajković

- Uticaj zeolita dodanog u hranu kontaminiranu zearalenonom i ohratoksinom A na rezultate prašenja krmača / Effect of Zeolyte Added to Feed Contaminated with Ochratoxin A and Zearalenone on the Results of Sows Farrowing 117

Ladislav Ožegović, Stjepan Feldhofer, Dragan Hlubna

- Fungicidni i detoksikacioni efekat UBEA 70 na zearalenon i plijesni u kukuruzu / Fungicidal and Detoxificative Effects of UBEA 70 on the Molds and Zearalenone in Contaminated Corn 123

UVODNO IZLAGANJE

Želim vam uspješan rad i boravak u ANUBiH. Ovo je Četvrti simpozij koji se organizira u našoj ANU, a glavni je organizator naš uvaženi akademik Ladislav Ožegović. Kolegi Ožegoviću upućujemo zahvalnost za veliko angažovanje u organizaciji ovih simpozija, koji se uspješno završavaju korisnim zbornicima radova.

Svima vama je poznato da mikotoksini zauzimaju sve veći značaj u nauci, privredi i zdravstvenoj zaštiti. Danas postoje dva stava u vezi sa važnošću mikotoksina. Jedan je da se minimizira značaj mikotoksina, dok je drugi mnogo ozbiljniji - da se mikotoksinima mora posvetiti daleko veća pažnja. Treba se složiti sa Hesseltingom (1986) da postoje tri glavna područja interesa kada se govori o mikotoksinima.

Prvo područje je kontekst sa hranom. Gubici hrane su znatni, uzevši globalno, a postoje područja gdje su gubici zabrinjavajući. Drugo područje interesa za mikotoksine je njihov uticaj na imuni sistem životinja i ljudi. Radi se o supresiji imunog sistema. Treći aspekt je zabrinutost zbog djelovanja mikotoksina na ljudsko zdravlje. Medicinari još nisu dovoljno svjesni njihovog patološkog djelovanja. Veliki broj kroničnih oboljenja se može dovesti u vezu sa mikotoksinima.

Za razliku od bakterijskih toksina, koji djeluju brzo, mikotoksini obično djeluju sa latencijom. Zabilježene su epidemije, osim onih poznatih kao što je ergotizam, poput dermatitoza uzrokovanih psoralenom, alimentarnih toksičnih aleukija, akutnih aflatoksinskih trovanja u Indiji, Akakabibyo bolesti, zatim se povezuju sa mikotoksinima bolesti kao što je naša nefropatija, Reyov sindrom, Kašin-Back u Sibiru, poliurija u Indiji, beri-beri u Japanu i niz drugih oboljenja.

Postoji više područja koja treba naučnoistraživački obrađivati, a to su: mikologija i taksonomija plijesni, ekologija, tj. uzajamno djelovanje funga i okoline, esej za ispitivanje djelovanja mikotoksina, analitički metod, toksikologija, mikotoksikoze kod životinja, detoksifikacija, biohemizam i ekonomija. Razgovarajući sa akademikom Ožegovićem, mi smo se složili da predložimo da se naša akademija, zapravo njen biomedicinski centar, posveti istraživanju mikotoksina.

Ponovo vam želim uspješan rad i boravak na ovom našem četvrtom sastanku o mikotoksinima.

Seid HUKOVIĆ

PRILOZI

REZULTATI PREGLEDA STOČNIH HRANIVA IZ UVOZA NA PRISUSTVO AFLATOKSINA, OHROTOKSINA A, ZEARALENONA I TRIHOTECENSKIH MIKOTOKSINA

ZORAN MAŠIĆ, MIHAJLO MRĐEN, SAVA PAVKOV, ŽELJKO MIHALJEV,
MILIĆ ARSENIJEVIĆ

Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad

Apstrakt. Prikazani su rezultati ispitivanja prisustva mikotoksina u stočnim hranivima uveženim u R. Srbiju. Ukupno je ispitano ribljeg brašna 207 uzoraka, kukuruza u zrnu 26, stočnog ječma 9, premiksa za svinje 15, mleka u prahu 2 i gotove hrane za pse 7 uzoraka. Bakteriološka neispravnost, zbog povećane kontaminacije plesnima, utvrđena je u 14 uzoraka, što čini 5,26% od ukupno ispitanih uzoraka. Aflatoksin B₁ i G₁ utvrđeni su u 3 uzorka, ohrotoksin A u 7 uzoraka, zearalenon u 5 i trihotecenski mikotoksini u 2 uzorka.

Prisustvo mikotoksina, sekundarnih metabolita plesni u stočnim hranivima i kompletnim krmnim smešama opisano je u mnogim radovima naših i stranih autora.

Cilj ovog rada je prikaz polugodišnjih ispitivanja na prisustvo mikotoksina, raznih stočnih hraniva uveženih u R. Srbiju. Ispitivanja su izvršena u skladu sa Uredbom o zdravstvenoj ispravnosti stočnih hraniva iz uvoza, a prema Pravilniku o maksimalnim količinama štetnih materija i sastojaka u stočnoj hrani.

MATERIJAL I METOD RADA

Uzorkovanje ispitivanih hraniva vršile su nadležne veterinarske inspekcije na graničnim prelazima ili kod krajnjih korisnika. Određivanje mikotoksina izvršeno je metodom po Balzeru i sar. (2), a određivanje trihotecenskih mikotoksina izvršeno je kožnim testom na kunićima i zamorcima.

Tabela 1. PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA STOČNIH HRANIVA NA PRISUSTVO AFLATOKSINA B₁, B₂, G₁, G₂, OH-RATOKSINA A, ZEARELENONA I TRIHOTECENSKIH MIKOTOKSINA

Naziv hraniva	Broj uzoraka	aflatoksini						ohratoksin A		zearalenon		trihoteceni	
		B ₁		B ₂		G ₁		G ₂		mg/kg		mg/kg	
		n-+/%	conc.	n-+/%	conc.	n-+/%	conc.	n-+/%	conc.	n-+/%	conc.	n-+/%	conc.
Riblje brašno	207	1-0,48	0,040	-	1-0,48	0,020	0,035	4-1,93	0,035	-	-	-	-
Kukuruz u znu	26	1-3,85	0,025	-	1-3,85	0,035	0,048	2-7,69	0,048	3-11,54	0,32	2-7,69	0,32
Stočni ječam	9	-	-	-	-	-	0,080	1-11,10	0,080	1-11,10	0,45	-	-
Premiks za svinje	15	-	-	-	-	-	-	-	-	1-6,67	0,25	-	-
Mleko u prahu	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompletna hrana za pse	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 1.

Stočna hraniva su poticala iz Južne Amerike (riblje brašno), SAD (kukuruz), Austrije (ječam i premiks za svinje), Rumunije (ječam), Švajcarske (mleko u prahu) i Francuske (hrana za pse).

Svi uzorci stočnih hraniva pregledani su bakteriološki i mikološki. Mikološka neispravnost utvrđena je kod 8 uzoraka ribljeg brašna, 4 uzorka kukuruza, 1 uzorka stočnog ječma i 1 uzorka premiksa za svinje. Mikološku floru činile su plesni iz roda *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* i *Rhizopus*.

Iz prikazane tabele se uočava da su aflatoksini B₁ i G₁ utvrđeni u 2 uzorka ribljeg brašna i 1 uzorku kukuruza u zrnu, ochratoxin A utvrđen je u uzorcima ribljeg brašna (4), kukuruza u zrnu (2) i stočnog ječma (1). Zearalenon je utvrđen u uzorcima kukuruza (3), stočnog ječma (1) i u jednom uzorku premiksa za svinje, trihotecenski mikotoksini utvrđeni su u 2 uzorka kukuruza u zrnu. Od ukupno ispitanih 266 uzoraka stočne hrane, mikotoksini su utvrđeni u 17 uzoraka, što čini 6,39%. Utvrđene koncentracije mikotoksina su ispod dozvoljenih granica utvrđenih Pravilnikom o maksimalnim količinama štetnih materija i sastojaka u stočnoj hrani.

ZAKLJUČAK

Uvežena stočna hrana u R. Srbiji u periodu novembar 1990-april 1991. godine bila je mikotoksikološki ispravna. Neupotrebljivim za ishranu životinja, zbog povećane kontaminacije plesnima, proglašeno je 160 tona ribljeg brašna (8 pozitivnih uzoraka), 120 tona kukuruza u zrnu (4 uzorka pozitivna) i 30 tona ječma i 5 tona premiksa za svinje (po 1 uzorak pozitivan). Stočna hraniva kontaminirana plesnima osposobljena su za ishranu životinja termičkim tretiranjem ili tretiranjem mikostatičkim sredstvima.

THE RESULTS OF EXAMINATIONS OF IMPORTED FEED ON THE PRESENCE OF AFLATOXIN, OCHRATOXIN A, ZEARELENONE AND TRICHOHECENE MYCOTOXINS

S u m m a r y

There were examined in all 207 samples of fish meal, 26 of corn grains, 9 of barley, 15 of swine premixes, 2 of milk-powder and 7 ready to use dog feed. Bacteriological unfitness, in due course of moldy contamination was determined in 14 samples (5,26% of examined samples). Aflatoxin B₁ and aflatoxin G₁ were determined in 3 samples, ochratoxin A in 7 samples, zearalenone in 5 samples and trichothecene mycotoxins in 2 samples.

L I T E R A T U R A

- (1) Balzer I., Bogdanić Č., Mužić S. (1976): *Natural contamination of corn with mycotoxins in Yugoslavia*. III IUPAC, Paris, Abstract 2.
- (2) Balzer I., Bogdanić Č., Pepeljnjak S. (1978): *Rapid thin layer chromatographic method for determining aflatoxin, ochratoxin A and zearalenone in corn*. J. Ass. off Anal. chem. 61, (3), 584-585.
- (3) Hlubna D., Ožegović L. (1986): *Rezultati istraživanja mikotoksina (aflatoksina B₁, ochratoxina A i zearalenona) u Bosni i Hercegovini*, Simpozijum o mikotoksinima, ANU-BiH, Posebna izd., knjiga LXXX, Odjeljenje med.nauka, knjiga 12, 65-69.
- (4) Kordić B., Panin M., Kandić S., Lončarević A., Muntañola-Cvetković (1986): *Rezultati višegodišnjeg mikrobiološkog i mikotoksikološkog istraživanja stočne hrane u SR Srbiji*. Simpozijum o mikotoksinima, ANUBiH, Posebna izd., knjiga LXXX, Odjeljenje med. nauka, knjiga 12, 17-28.
- (5) Klemenc N., Žust J., Vengušt A., Vospernik P. (1986): *Etiologija mikotoksi-koza kod domaćih životinja u Sloveniji*. Simpozijum o mikotoksinima, ANUBiH, Posebna izd., knjiga LXXX, Odjeljenje med. nauka, knjiga 12, 43-50.
- (6) Mašić Z., Mrđen M., Pavkov S. (1988): *Prikaz rezultata pregleda biljnih i animalnih hraniva koja se koriste za ishranu ljudi i životinja, na prisustvo aflatoksina B₁, ochratoxina A i zearalenona*. Zbornik radova XXX naučnog sastanka mikrobiologa, epidemiologa i infektologa Jugoslavije, Pula, 6-11. 06.1988, 50-51.
- (7) Pepeljnjak S., Cvetnić Z. (1986): *Mikološka i mikotoksikološka kontaminacija žitarica na širem anefropatičnom području SR Hrvatske*. Simpozijum o mikotoksinima ANUBiH, Posebna izd., knjiga LXXX, Odjeljenje med.nauka, knjiga 12, 29-41.
- (8) Škrinjar M., Vujičić I., Stubblefield R., Jurić V., Mašić Z. (1989): *Zastupljenost aflatoksina B₁ u stočnoj hrani u Vojvodini*. Simpozijum o mikotoksinima. Posebna izd., knjiga LXXXIX, Odjeljenje med. nauka, knjiga 14, 119-129.
- (9) Škrinjar M., Vujičić I., Stubblefield R., Jurić V., Stojanović E., Mašić Z. (1989): *Kontaminacija hraniva ochratoxinom A u Vojvodini*. Simpozijum o mikotoksinima, Posebna izd., knjiga LXXXIX, Odjeljenje med. nauka, knjiga 14, 171-179.

KONTAMINACIJA ZRNA KUKURUZA (ROD 1990) TOKSIKOGENIM
PLESNIMA I MIKOTOKSINIMA
(AFLATOKSINOM B₁, OHRATOKSINOM A I ZEARELENONOM)

ALEKSANDRA BOČAROV-STANČIĆ, Marija ŠKRINJAR,
TIHOMIR STOJSAVLJEVIĆ, ĐULA NAĐ, TEREZA ODADŽIĆ

*Tehnološki institut, "Servo Mihalj", Zrenjanin
Tehnološki fakultet, Novi Sad*

Apstrakt. Mikološka i mikotoksikološka istraživanja su izvršena kod 27 uzoraka zrna kukuruza (rod 1990). S izuzetkom dva uvezena iz Afrike i Amerike, svi ostali uzorci su bili poreklom iz Bačke i Banata (SAP Vojvodina). Determinacija mikotoksina (aflatoksina B₁, ohratoksina A i zearalenona) je izvršena multimikotoksinskom metodom Balzera i sar. (1978). Mikološka istraživanja su pokazala dominaciju predstavnika roda *Fusarium* (50-100% kontaminiranih uzoraka), s *F. moniliforme* var. *subglutinans* kao najčešćom vrstom. *Penicillium* spp. (8 determinisanih predstavnika) bio je uočen kod 10-100% kontaminiranih uzoraka; *P. verrucosum* var. *cyclopium* je bio najzastupljenija vrsta. Nešto niža je bila zagađenost zrna kukuruza aspergillima (20-50%). Mikotoksikološka istraživanja su pokazala odsustvo kontaminacije ohratoksinom A. Kod 10% ispitanih uzoraka iz Vojvodine utvrđeno je prisustvo aflatoksina B₁ (0,0125 mg/kg) i, nešto češće, zearalenona (20% uzoraka; 1,5-10 mg/kg).

UVOD

Tokom više godina bilo je uobičajeno verovanje da je proizvodnja mikotoksina sporadična pojava i da nije blisko povezana s gljivičnim toksinima (Frivad, 1988). Dato verovanje je bilo bazirano na sledećim problemima: a) određeni mikotoksin ne proizvode svi izolati iste vrste; b) taksonomski veoma udaljene vrste mogu da biosintetišu isti mikotoksin; c) mnoge korelacije između gljivičnog taksona i mikotoksina su bile bazirane na pogrešnoj identifikaciji plesni i mikotoksina. Prvi slučaj je pre izuzetak nego pravilo, jer, prema genetičkim istraživanjima nekih autora (Bennett i Deutsch, 1986), sojevi *Aspergillus flavus* neproducenti aflatoksina B₁ ipak sadrže odgovarajuće gene za dati mikotoksin. S druge strane, proizvodnja istog mikotoksina nije uvek indikacija taksonomske povezanosti, jer

biosintetski putevi istog sekundarnog metabolita mogu biti fundamentalno različiti (Harborne, 1980).

Skoro sve plesni koje su prisutne na hrani i hranivima su potencijalni producenti mikotoksina u čistoj kulturi na laboratorijskim podlogama. Jer, sekundarni metaboliti plesni su od velikog značaja s obzirom da štite njihov genom od drugih mikroba, insekata i ostalih životinja (Janzen, 1977). Na sreću, prisustvo određene plesni ne znači samo po sebi i prisustvo specifičnog mikotoksina i obrnuto: moguće je utvrditi kontaminaciju određenim mikotoksinom, ali ne i plesni producentom.

Shodno tome, cilj ovog istraživanja je bila determinacija ne samo prisustva mikotoksina (aflatoksina B₁, ohratoksina A i zearalenona) nego i najvažnijih rodova plesni potencijalnih producenata mikotoksina.

MATERIJAL I METODE

Uzorci. Ispitivanjem je bilo obuhvaćeno 27 uzoraka zrna kukuruza otkupljenih za potrebe Industrije prerađevina od kukuruza "IPOK", Zrenjanin. Od toga analizirano je: a) 5 čistih hibrida (NSSC-410, 607 i ZPSC-449, 539, 667) vlažnosti zrna od 35,5-41%; b) 10 prosečnih uzoraka prirodno sušenog kukuruza primljenog u IPOK, vlažnosti zrna od 25-29,5%; c) 10 prosečnih uzoraka veštački sušenog kukuruza datog na preradu u IPOK, vlažnosti zrna od 14-15,5%, i d) 2 uzorka uvezena iz Afrike i Amerike. Sa izuzetkom poslednje kategorije, svi ostali uzorci su bili poreklom iz regiona Banata i Bačke (SAP Vojvodina).

Mikološke analize. Određivanje ukupnog broja plesni je završeno po *Sl. listu SFRJ* (1980) zasejavanjem odgovarajućih razređenja na Sabouraud agar i inkubiranjem na 28°C. Prilikom identifikacije plesni iz rodova *Aspergillus* i *Penicillium* korišćen je i Czapek agar, odnosno krompir-saharozni agar u slučaju fusaria. Determinacija gljivičnih izolata je izvršena na osnovu njihovih makroskopskih i mikroskopskih karakteristika (preparati pravljani laktofenolom ili vodom), i to prema sledećim autorima: Raper i Fennell (1965), Samson (1979) za *Aspergillus*; Booth (1971) za *Fusarium*; Raper i Thom (1949), Samson i sar. (1976) za *Penicillium*; i Samson i van Reenen-Hoekstra (1988) za sve ostale rodove plesni.

Mikotoksikološke analize. BGYF-test (Bright greenish-yellow fluorescens = jasno zelenkasto-žuta fluorescencija) pomoću U.V. zraka (366 nm) prema Shottwell i sar. (1974) je upotrebljen kao preliminarno ispitivanje. Hemijska determinacija mikotoksina je izvršena po multitoksinskoj metodi (Balzer i sar., 1978).

REZULTATI I DISKUSIJA

Mikološke analize

Zrno kukuruza (rod 1990) bilo je inficirano sa deset rodova plesni (tabela 1).

Tabela 1. KONTAMINACIJA ZRNA KUKURUZA (rod 1990)

Br.	Rod plesni	ČISTI HIBRIDNI		PRIRODNO SUŠEN		VEŠTAČKI SUŠEN		IZ UVOZA	
		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Acremonium	60	3	70	3	60	4	-	-
2	Alternaria	20	1	20	1	30	1	-	-
3	Aspergillus	40	1	50	1	20	4	50	1
4	Cladosporium	60	2	60	3	40	4	-	-
5	Epicoccum	20	1	20	1	10	1	-	9
6	Fusarium	100	4	80	5	50	5	100	9
7	Mucor	40	10	50	5	20	2	-	-
8	Penicillium	100	3	10	5	60	4	100	1
9	Rhizopus	20	10	-	-	-	-	-	-
10	Ulocladium	-	-	-	-	10	1	-	-
Ukupan broj plesni po 1 g ($\bar{X}$)		280.000		220.000		110.000		150.000	

A = procenat kontaminiranih uzoraka

B = intenzitet kontaminacije (1-10)

Ako se uporede identifikovane vrste izolovane sa zrna kukuruza tokom našeg istraživanja sa rezultatima drugih autora (Kordić i sar., 1979; Muntić - Cvetković i Borisavljević 1979; Kordić i sar., 1986; Pepeljnjak i Cvetnić, 1986), uočava se u ovom slučaju dominantnost predstavnika *Fusarium*. U zavisnosti od kategorije uzoraka procenat kontaminacije ovim rodom plesni se kretao od 50-100% (tabela 1). Od šest identifikovanih vrsta (tabela 2), najčešće je utvrđena *F. moniliforme* var. *subglutinans* Wollenw. i *Reinking* kod sva tri tipa uzoraka iz regiona Vojvodine. Dobijeni rezultat je u delimičnoj saglasnosti sa istraživanjima Marića i Panin (1963) o učestalosti fusaria u Vojvodini. Druga, po njima, najzastupljenija vrsta *F. moniliforme* Sheldon nije detektovana, osim kod dva uvezena uzorka zrna kukuruza. Istaknuto mjesto je zauzeo i *F. oxysporum* Schlecht, posebno kod veštački sušenog kukuruza (30% kontaminiranih uzoraka) (tabela 2). Ostale identifikovane vrste: *F. avenaceum* (Corda ex Fr.) Sacc., *F. graminearum* Schwabe i *F. sporotrichioides* Sherb. takođe su do sada citirane u Jugoslaviji (Muntić - Cvetković i sar., 1982). One su bile sporadično zastupljene i sa manjim intenzitetom kontaminacije zrna (tabela 2).

Sve navedene vrste fusaria su potencijalni producenti različitih mikotoksina i drugih sekundarnih metabolita (npr. fusarične kiseline, etianina, moniliformina, trihotecena, zearalenona) (Marasas i sar., 1984).

Tabela 2. KONTAMINACIJA ZRNA KUKURUZA (rod 1990) VRSTAMA PLESNI
IZ RODOVA *Aspergillus*, i *Fusarium*

Br.	Vrsta plesni	ČISTI HIBRIDNI		PRIRODNO SUŠEN		VEŠTAČKI SUŠEN		IZ UVOZA	
		A	B	A	B	A	B	A	B
1	<i>A. fumigatus</i>	-	-	-	-	-	-	50	1
2	<i>A. giganteus</i>	-	-	-	-	10	6	-	-
3	<i>A. niger</i>	-	-	10	1	-	-	-	-
4	<i>A. versicolor</i>	-	-	20	1	10	-	-	-
5	<i>Aspergillus spp.</i>	40	1	20	1	-	-	-	-
6	<i>F. avenaceum</i>	-	-	-	-	10	1	-	-
7	<i>F. graminearum</i>	-	-	10	1	-	-	-	-
8	<i>F. moniliforme</i>	-	-	-	-	-	-	100	8
9	<i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>	60	2	40	4	20	4	-	-
10	<i>F. oxysporum</i>	20	1	10	4	30	-	-	-
11	<i>F. sporotrichioides</i>	-	-	-	-	20	2	-	-
12	<i>Fusarium spp.</i>	40	6	-	-	-	-	-	-

Tabela 3. KONTAMINACIJA ZRNA KUKURUZA (rod 1990) VRSTAMA PLESNI
IZ RODA *Penicillium*

Br.	Vrsta plesni	ČISTI HIBRIDNI		PRIRODNO SUŠEN		VEŠTAČKI SUŠEN		IZ UVOZA	
		A	B	A	B	A	B	A	B
1	<i>P. canescens</i>	20	1	-	-	-	-	-	-
2	<i>P. capsulatum</i>	-	-	-	-	10	2	-	-
3	<i>P. chrysogenum</i>	-	-	-	-	10	2	-	-
4	<i>P. godlewskii</i>	40	1	-	-	-	-	-	-
5	<i>P. raistrichii</i>	-	-	-	-	10	1	-	-
6	<i>P. rugulosum</i>	-	-	-	-	-	-	50	1
7	<i>P. variable</i>	-	-	10	2	10	1	-	-
8	<i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>	20	2	-	-	40	4	50	1
9	<i>Penicillium spp.</i>	60	3	-	-	20	3	-	-

Posle fusaria najzastupljeniji su bili predstavnici roda *Penicillium*. Od osam identifikovanih vrsta i nekoliko izolata na čijoj determinaciji još radimo, najčešće je konstatovan *P. verrucosum* var. *cyclopium* (Westling) Samson i sar. (i do 50% kontaminiranih uzoraka) (tabela 2). Od ostalih penicillia, izolovana su dva predstavnika sekcije Biverticillata-Symmetrica: *P. rugulosum* Thom i *P. variable* Sopp. Zbog prisustva nekih sličnih karakteristika u aspektu kolonija i mikroskopskih struktura, bilo je relativno teško tačno ih identifikovati. Ostale vrste: *P. canescens* Sopp, *P. capsulatum* Raper i Fennell, *P. chrysogenum* Thom, *P. godlewskii* Zaleski i *P. raistrichii* G. Smith su detektovani mnogo ređe (10-20% kontaminiranih uzoraka) (tabela 3). U principu, različitim predstavnicima roda *Penicillium* mnogo više su bili inficirani uzorci vještački sušenog kukuruza (14-15,5% vlage). Većina ovih penicillia su potencijalni proizvođači mikotoksina (tabela 4).

Tabela 4. NAJZNAČAJNIJI MIKOTOKSINI KOJE MOGU PROIZVODITI *Penicillium* spp., IZOLOVANE SA ZRNA KUKURUZA (rod 1990)

V r s t a	Mikotoksin	Referenca
<i>P. canescens</i>	citrinin	(a)
	griseofulvin	(b)
<i>P. chrysogenum</i>	ohratoksin A	(a)
	patulin	(a)
	penicilinska kiselina	(a)
<i>P. raistrichii</i>	griseofulvin	(b)
<i>P. rugulosum</i>	patulin	(a)
	rugulosin	(c)
<i>P. variable</i>	ohratoksin A	(a)
	rugulosin	(c)
<i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>	ciklopiazonična kiselina	(a)
	ohratoksin A	(a)
	patulin	(a)
	penicilinska kiselina	(a)

Legenda: (a) Smith i Hacking (1983)
 (b) El-Bana i Pitt (1987)
 (c) Samson i van Reenen-Hoekstra (1988)

Kontaminacija zrna kukuruza aspergillima se kretala od 20-50% (tabela 1). Od četiri identifikovana predstavnika (tabela 2), najčešći je bio *A. versicolor* (Vuill.) Tiraboschi potencijalni producent sterigmatocistina (Samson i van Reenen-Hoekstra, 1988). Ostale vrste su bile znatno manje zastupljene, međutim i one su značajne s obzirom da mogu sintetisati toksične metabolite: *A. giganteus* Wehmer-patulin (Smith i Hacking, 1983) *A. niger* van Tieghem-aflatoksin B₁ (Škrinjar, 1990) i *A. fumigatus* Fresenius-fumitremorgen B (Smith i Hacking, 1983).

Od ostalih mikromiceta detektovanih na ispitanim uzorcima (tabela 1), *Acromonium strictum* W. Gams je dominirao (60-70% kontaminacije).

Dematiaceae su bile zastupljene sa tri roda; *Cladosporium* sp. je najčešće uočen, dok su *Alternaria* sp. i *Ulocladium* sp. sporadično zapaženi, i to sa malim intenzitetom kontaminacije (tabela 1).

Plesni koje se prve pojavljuju pri kultivaciji na Sabouraud agaru i koje zahtevaju veće vrednosti aktivne vode, tj. *Mucor* sp. i *Rhizopus* sp. uglavnom su konstantovane kod nesusušenih i prirodno sušenih uzoraka zrna kukuruza (tabela 1).

Mikotoksikološke analize

Rezultati ispitivanja kontaminacije 27 uzoraka kukuruza mikotoksinima su prikazani u tabeli 5.

Tabela 5. KONTAMINACIJA ZRNA KUKURUZA (rod 1990) MIKOTOKSINIMA

Br.	Mikotoksin	ČISTI HIBRID I		PRIRODNO SUŠEN		VEŠTAČKI SUŠEN		IZ UVOZA	
		A	C	A	C	A	C	A	C
1	Aflatoksin B ₁	-	-	10	0,0125	-	-	50	0,2
2	Ohratoksin A	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Zearalenon	-	-	20	1,5-10	-	-	-	-
4	BGYF-test	-	-	20	-	-	-	50	-

A = procenat kontaminiranih uzoraka

C = koncentracija mikotoksinima (mg/kg)

Aflatoksinom B₁ je bilo kontaminirano 10% uzoraka prirodno sušenog zrna kukuruza i jedan uzorak uvezen iz Afrike. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima Š u t i ć i sar. (1982), koji su detektovali sličan nivo zagađenosti ove žitarice gajene na teritoriji Srbije, i K l e m e n c a i sar. (1986), koji su kod uzoraka kukuruza iz Slovenije našli ovaj mikotoksin kod 9,4% uzoraka. Za razliku od naših rezultata, H l u b n a i O ž e g o v i ć (1986) nisu utvrdili prisustvo aflatoksina B₁ u kukuruzu iz Bosne i Hercegovine, a K o r d i ć i sar. (1986) samo kod 2% slučajeva prirodno sušenog zrna. Prisustvo aflatoksina B₁, i to u većoj koncentraciji (0,2 mg/kg) u uzorku uvezenom iz Afrike lako je objasniti s obzirom na klimatske uslove koji tamo vladaju; visoka temperatura i vlažnost pogoduju biosintezi ovog mikotoksina. Međutim, nalaz aflatoksina B₁ u jednom uzorku prirodno sušenog kukuruza iz regiona Bačke ostaje za sada nerazjašnjen, mada se može pretpostaviti da je kod njega bila povećana vlažnost zrna neposredno posle žetve, što je omogućilo ne samo rast plesni producenta, nego i biosintezu samog mikotoksina. Determinisana koncentracija ovog mikotoksina (0,0125 mg/kg), mada je veća od one koju propisuje kao dozvoljenu (Sl. list SFRJ (1990), mogla bi biti smanjena u

tehnološkom procesu obrade zrna kukuruza u skrobarskoj industriji. Dejstvom kompleksa faktora u samom procesu moglo bi da dođe do potpune ili delimične degradacije toksina i samim tim do smanjenja njegove koncentracije u proizvodima (skrobu i glutenu). Istraživanje kontaminacije proizvoda skrobarske industrije će biti cilj naših sledećih istraživanja.

BGYF-test koji indicira prisustvo plesni producenata aflatoksina na osnovu karakteristične fluorescencije koju daje jedan drugi njihov sekundarni metabolit (kojična kiselina) bio je pozitivan samo u slučaju 3 od 27 ispitanih uzoraka (tabela 5). Od toga, u dva slučaja je konstatovana pozitivna korelacija između nalaza aflatoksina B₁ i rezultata testa.

Mada prisustvo ohratoksina A nije retka pojava u zrnu kukuruza u nekim područjima Jugoslavije: u Hrvatskoj *Pepeljnjak i Balzer* (1982) su ga utvrdili kod 56% uzoraka, odnosno 64% (*Pepeljnjak i Cvetnić*, 1986); u Bosni i Hercegovini *Hlubić i Ožegović* (1986) su ga detektovali kod 4,8% uzoraka, a u Sloveniji *Klemenc i sar.* (1986) kod 9,4% uzoraka, u našem istraživanju nije konstatovano prisustvo ovog mikotoksina. Odsustvo ohratoksina kod prirodno i veštački sušenog zrna kukuruza iz regiona Srbije našli su *Kordić i sar.* (1986).

Zearalenon je mikotoksin koji je obično najčešće prisutan u uzorcima žitarica i raznih hraniva u Jugoslaviji i predstavlja znatan problem u našim ekološkim uslovima. U godinama koje su bile izuzetno kišovite u periodu sazrevanja i žetve kukuruza, kao npr. 1978. g., zrno je imalo povećan sadržaj vlage, što je favorizovalo rast fusaria, pa je čak 46,5% uzoraka sadržalo ovaj mikotoksin (*Pepeljnjak i Balzer*, 1982). Veliku kontaminaciju zrna kukuruza zearalenonom našli su *Klemenc i sar.* (1986) - 45,3%, a još više *Šutić i sar.* (1982) - 83,3% kod prirodno sušenog kukuruza, odnosno 62,8% kod veštački sušenog. Rezultati našeg mikotoksikološkog istraživanja (tabela 5) pokazuju mnogo manji nalaz zearalenona (kod 20% zrna kukuruza vlažnosti do 29,5%). Dobijeni nalaz bi se mogao objasniti odsustvom (osim u jednom slučaju) plesni *F. graminearum*, koja je najpoznatiji producent ovog mikotoksina. Mada i druga fusaria mogu biosintetisati zearalenon (npr. *F. oxysporum*), verovatno izolovani sojevi nisu bili toksikogeni u datim uslovima.

Nije bilo moguće ustanoviti prisustvo korelacije između ukupnog broja plesni u 1 g kukuruza (tabela 1) i prisustva mikotoksina (tabela 5). Uzorci čistih hibrida koji su bili najviše kontaminirani plesnima (280.000 /g) nisu uopšte sadržali mikotoksine.

ZAKLJUČCI

Deset rodova plesni, predstavljeno sa 25 vrsta je identifikovano na zrnu kukuruza (rod 1990) iz Vojvodine.

Najzastupljeniji je bio *Fusarium* spp. (50-100% inficiranih uzoraka) sa 6 determinisanih vrsta, od kojih je najčešća bila *F. moniliforme* var. *subglutinans*.

Penicillium spp. je bio detektovan kod 10-100% ispitanih uzoraka zrna kukuruza. Od 8 identifikovanih vrsta, najučestalija je bila *P. verrucosum* var. *cyclopium*.

Nešto niža je bila kontaminacija uzoraka s aspergillima (20-50%); *Aspergillus versicolor* je bio najzastupljenija vrsta.

Mikotoksikološka istraživanja zrna kukuruza su pokazala odsustvo kontaminacije ohratoksinom A, i dosta malo zagađenje aflatoksinom B₁ (10% uzoraka prirodno sušenog zrna). Zearalenon je bio najčešće detektovan mikotoksin (20% uzoraka; 1,5-10 mg/kg).

CONTAMINATION OF CORN KERNELS (1990 CROP) WITH TOXIGENIC MOLDS AND MYCOTOXINS (AFLATOXIN B₁, OCHRATOXIN A AND ZEARELENONE)

S u m m a r y

Twenty seven samples of corn kernels (1990 crop) were mycologically and mycotoxicologically investigated. All samples came from the regions of Bačka and Banat (Vojvodina) with the exception of two imported from Africa and America. Mycotoxins (aflatoxin B₁, ochratoxin A and zearalenone) were determined according to Balzer et al. (1978).

Ten fungal genera were identified on corn kernels. *Fusarium* spp. was the dominant one (50-100% contaminated samples). Among six determined species *F. moniliforme* var. *subglutinans* was the most frequent. *Penicillium* spp. was detected on 10-100% of investigated samples. *P. verrucosum* var. *cyclopium* was dominant among eight identified penicillia species. It was the contamination of corn kernels with *Aspergillus* spp. that was a little bit lower while *A. versicolor* was the most frequent.

Mycotoxicological investigations revealed the absence of ochratoxin A. Aflatoxin B₁ was determined only in 10% of the samples from Vojvodina (0.0125 mg/kg). Hyperestrogenic factor - zearalenone was found in 20% of samples with concentration from 1,5 to 10 mg/kg.

L I T E R A T U R A

- Balzer, I., Bogdanić, Č., Pepeljnjak, S. (1978): *Rapid thin layer chromatographic method for determining aflatoxin, ochratoxin A and zearalenone*. J.Ass. Off. Anal. Chem., 61,3.
- Bennett, J.W., Deutsch, E. (1986): *Genetics of mycotoxin biosynthesis*. U: Mycotoxins and phycotoxins (Steyn, P.S., Vleggar, R., eds.). Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York and Tokyo, str. 51-64.
- Booth, C. (1971): *The genus Fusarium*. Commonwealth mycological institute, Kew, Surrey, England.
- El-Banna, A. A., Pitt, J. I., Leistner, L. (1987): *Production of mycotoxins by Penicillium species*. System. Appl. Microbiol., 10, 42-46.
- Frisvad, J. C. (1988): *Fungal species and their specific production of mycotoxins*. U: Introduction to food-borne fungi (Samson, R. A., van Reenen-Hoekstra, E. S.). 3rd ed., Centraalbureau voor schimmelcultures, Baarn, Holandija, str. 239-249.

- Harborne, J. B. (1980): *New experimental approaches to plant chemosystematics*. U: Chemosystematics: principles and practice (Bisby, F.A., Vaughan, J.G., Wright, A.C., eds.). The systematics association, Special volume 16, Academic press, London and New York, str. 39-70.
- Hlubna, D., Ožegović, L. (1986): *Rezultati istraživanja mikotoksina (aflatoksina B₁, ohratoksina A i zearalenona) u Bosni i Hercegovini*. Poseb. izd., ANUBiH, LXXX, Odelj. med. nauka 12, 65-69.
- Janzen, D. H. (1977): *Why fruits rot, mold and meat spoils*. Amer. nat., 111, 691-713.
- Klemenc, N., Žust, J., Vengušt, A., Vospernik, P. (1986): *Etiologija mikotoksikoza kod domaćih životinja u Sloveniji*. Poseb. izd. ANUBiH, LXXX, Odelj. med. nauka, 12, 43-50.
- Kordić, B., Muntañola-Cvetković, M., Panin, M. (1979): *Field and laboratory studies of swine mycotoxicosis in the S. R. of Serbia (Yugoslavia)*. Zbl. Vet. Med., B, 26, 540-550.
- Kordić, B., Panin, M., Kandić, S., Lončarević, A., Muntañola-Cvetković, M. (1986): *Rezultati višegodišnjeg mikrobiološkog i mikotoksikološkog istraživanja stočne hrane u SR Srbiji*. Poseb. izd. ANUBiH, LXXX, Odelj. med. nauka, 12, 17-41.
- Marasas, W. F. O., Nelson, P. E., Toussoun, T. A. (1984): *Toxicogenic Fusarium species. Identity and mycotoxicology*. The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
- Marić, A., Panin, M. (1963): *Fuzariozna plesnivost klipa kukuruza u našoj zemlji*. Savremena poljoprivreda 9, 628-636.
- Muntañola-Cvetković, M., Borisavljević, J. (1979): *Mycopopulations in non-dried and dried corn grains*. Biosistematika 5, 1-21.
- Muntañola-Cvetković, M., Borisavljević, J., Kordić, B. (1982): *Vrste Fusarium kod kukuruza i njegovih prerađevina u Jugoslaviji*. Poseb. izd. ANUBiH, LX, Odelj. med. nauka, 10, 29-45.
- Pepeljnjak, S., Balzer, I. (1982): *Pregled mikoloških i mikotoksikoloških istraživanja sa nefropatičnog i anefropatičnog područja Hrvatske*. Poseb. izd. ANUBiH, LX, Odelj. med. nauka 10, 75-80.
- Pepeljnjak, S., Cvetnić, Z. (1986): *Mikološka i mikotoksikološka kontaminacija žitarica na širem anefropatičnom području SR Hrvatske*. Pos. izd. ANUBiH, LXXX, Odelj. med. nauka 12, 29-41.
- Raper, K. B., Fennell, D. I. (1965): *The genus Aspergillus*. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Raper, K. B., Thom, D. I. (1949): *A manual of the Penicillia*. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Samson, R. A. (1979): *A compilation of the Aspergilli described since 1965*. Studies in mycology 18, CBS, Baarn.
- Samson, R. A., Stolk, A. C., Hadlok, R. (1976): *Revision of the subsection Fasciculata of Penicillium and some allied species*. Studies in mycology 11, CBS, Baarn.
- Samson, R. A., van Reenen-Hoekstra, E. S. (1988): *Introduction to food-borne fungi*. 3rd ed., Centraal-bureau voor schimmelcultures, Baarn.

- Shotwell, O. L., Goulden, M. L., Hesseltine, C. W. (1974): *Aflatoxin: distribution in contaminated corn*. Cereal chemistry 51, 492-499.
- Sl.list SFRJ (1980): *Pravilnik o metodama vršenja mikrobioloških analiza i superanaliza životnih namirnica*. 25, 853-867.
- Sl. list SFRJ (1990): *Pravilnik o maksimalnim količinama štetnih materija i sastojaka u stočnoj hrani*. 2, 27-31.
- Smith, J. E., Hacking, A. (1983): *Fungal toxicity*. U: The filamentous fungi (Smith, J. E., Berry, D. R., Kristiansen, B., eds.), Vol. IV, Fungal technology, str. 238-265.
- Škrinjar, M. (1990): *Stvaranje aflatoksina B₁ pomoću plesni iz grupe Aspergillus flavus-oryzae i A. niger*. Prehrambeno-tehnol. biotehnol. rev., 28, 29-31.
- Šutić, M., Pantović, D., Kordić, B., Matić, S., Lješević, O., Svilar, N. (1982): *Aflatoksini u hrani i hranivima*. Poseb. izd. ANUBiH, LX, Odelj. med. nauka 10, 63-74.

ODREĐIVANJE T-2 TOKSINA I NJEGOVIH HIDROLITIČKIH METABOLITA U SERUMU METODOM GASNE HROMATOGRAFIJE – MASENE SPEKTROMETRIJE

PREDRAG RADOŠEVIĆ, N. DOGOVIĆ

*Vojnomedicinska akademija, Beograd
Vojnotehnički institut, Beograd*

Apstrakt. T-2 toksin, HT-2 toksin i T-2 triol su ekstrahovani na čvrstoj fazi C-18 iz razblaženog uzorka seruma u visokom prinosu (preko 80%), za razliku od T-2 tetraola (oko 10%). Derivatizacija je vršena pomoću anhidrida trifluorsirćetne kiseline, a derivatizovani toksini razdvojeni na kapilarnoj koloni HP-1 i detektovani masenom spektrometrijom uz praćenje karakterističnih jona. Detekcione granice metode su: T-2 toksin 15 $\mu\text{g/l}$, HT-2 toksin 5 $\mu\text{g/l}$, T-2 triol 3 $\mu\text{g/l}$ i T-2 tetraol 40 $\mu\text{g/l}$. Preciznost metode je zadovoljavajuća, sem za vrlo niske koncentracije T-2 toksina.

UVOD

T-2 toksin je, pored makrocikličnih trihotecena, svakako jedan od najtoksičnijih *Fusarium* toksina (Ueno, 1983). Mada se, na sreću, u prirodi retko sreće (Gilbert, 1989), mikotoksikoze izazvane ovim toksinom vrlo su teške i sa ozbiljnim posledicama. Simptomi trovanja su nespecifični (Ueno i sar., 1984), a jedina pouzdana dijagnoza trovanja je detekcija i identifikacija toksina u biološkom materijalu. Međutim, T-2 toksin podleže vrlo brzom i kompleksnoj razgradnji (Sintov i sar., 1988), što ukazuje na značaj određivanja i metabolita pored nepromenjenog toksina u biološkom materijalu. Metabolička razgradnja T-2 toksina u organizmu se odvija pod uticajem nekoliko enzimskih sistema, od kojih je najznačajniji hidrolitički (Pfeiffer i sar., 1988; Corley i sar., 1986). Karboksilesteraze kao nosioci hidrolitičkog metaboličkog puta razgrađuju ovaj toksin na više metabolita od kojih su najvažniji HT-2 toksin i T-2 tetraol kao krajnji hidrolitički metabolit.

Koncentracije T-2 toksina i njegovih metabolita u biološkom materijalu, čak i u uslovima teških akutnih trovanja, vrlo su male, tako da se za njihovo određi-

vanje zahteva izuzetno osjetljiva metoda. Kapilarna gasna hromatografija, uz prethodnu derivatizaciju ekstrakta uzorka sa fluoriranim acilirajućim agensima i detekciju na elektronapsorpcionom detektoru (Black i sar., 1987), ili masenoselektivnom detektoru (Begley i sar.; D'Agostino i sar., 1986), predstavlja metodu izbora.

Cilj ovog rada je bio razvijanje brze i jednostavne, a u isto vreme dovoljno osjetljive metode za određivanje T-2 i HT-2 toksina, T-2 tiola i T-2 tetraola u plazmi u slučaju akutnih trovanja T-2 toksinom.

MATERIJAL I METODE

Hemikalije

Pojedinačni osnovni standardni rastvori T-2 toksina, HT-2 toksina i T-2 triola (SIGMA) napravljeni su rastvaranjem u etilacetatu, tako da je krajnja koncentracija bila 0,1 mg/ml. T-2 tetraol (SIGMA) rastvoren je pomoću metanola u istoj koncentraciji. Mešoviti standardni rastvor mikotoksina za kontaminaciju serumu napravljen je razblaživanjem sledećih zapremina osnovnih rastvora: 50 μ l T-2 tetraola, 50 μ l T-2 triola, 100 μ l HT-2 toksina i 200 μ l T-2 toksina u normalnom sudu od 10 ml sa etilacetatom.

Metoksihlor (PolyScience Corp.) je rastvoren pomoću benzola u koncentraciji od 1 mg/l i predstavlja interni standard za hromatografska određivanja.

Metanol, etilacetat, benzol i anhidrid trifluorsirćetne kiseline (TFAA) proizvođačke Merck su p.a. hemikalije.

Aparatura

Određivanja su vršena na gasnohromatografskom-masenospektroskopskom sistemu Hewlett Packard 5970 B uz injiciranje bez splitovanja, temperaturu injektora od 250°C i temperaturu detektora 300°C. Za hromatografiranje je upotrebljena kapilarna kolona HP-1 dimenzija 12 m/0,2 mm i temperaturni program zagrevanja kolone od 150°C do 280°C uz brzinu zagrevanja od 10°C/min. Jonizacija TFA derivata toksina postignuta je strujom elektrona od 70 eV na masenom spektrometru, a praćeni su samo karakteristični joni navedeni u tabeli br.1.

Tabela 1. ODABRANI KARAKTERISTIČNI JONI IZ MASENIH SPEKTARA ZA PRAĆENJE POJEDINIH JEDINJENJA

Toksin	m/e
T-2 tetraol	217,271,327,330,455,569
T-2 triol	121,234,455,569
HT-2 toksin	121,205,455,472,532
T-2 toksin	121,180,327,401,478
METOKSIHLOR	227

Kontaminacija i obrada uzorka

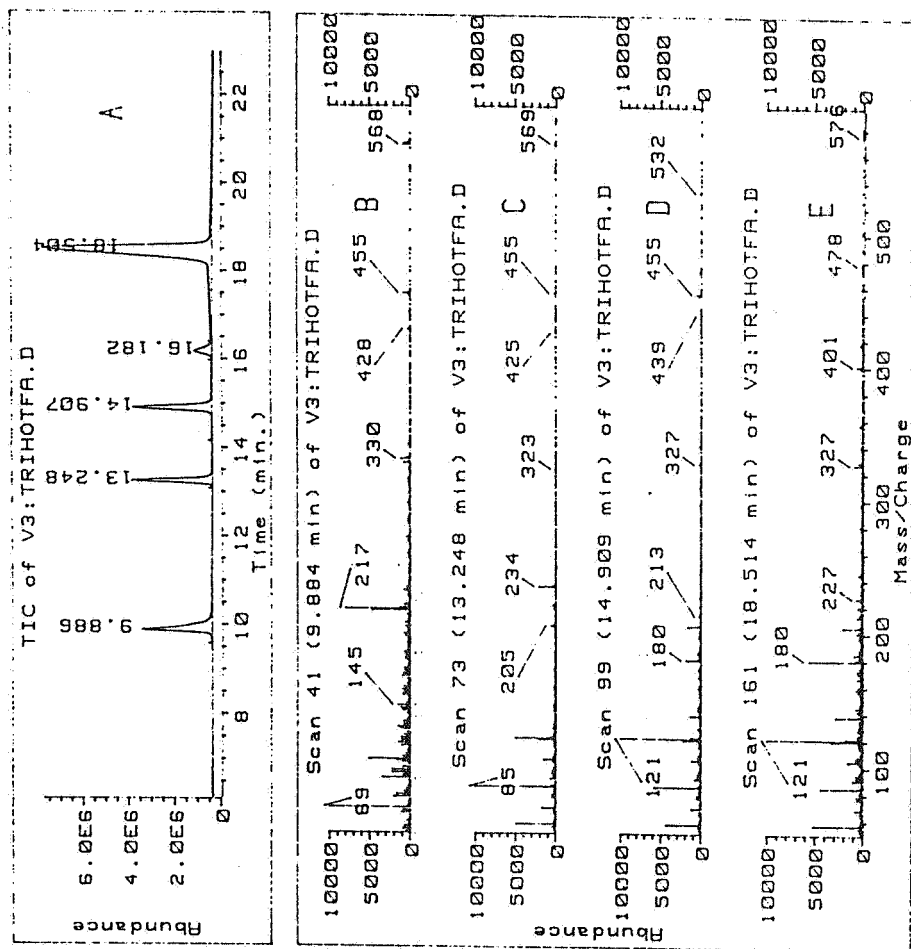
Za ispitivanje prinosa ekstrakcije i konstrukciju baždarnih dijagrama upotrebljen je "srednji uzorak" dobijen od velikog broja pojedinačnih uzoraka seruma zdravih ljudi. Uzorci seruma su kontaminirani sa različitim zapreminama mješovitog standardnog rastvora: 50, 100, 200 i 300 μ l je pipetirano u suve epruvete, organski rastvarač je uparen strujom vazduha, a na ostatak je dodato po 10 μ l metanola i po 2 ml seruma. Uzorci su razblaženi sa po 4 ml demineralizovane vode i dobro izmešani na "Vortex" mešalici. Toksini iz ovako pripremljenih uzoraka su ekstrahovani na čvrstoj fazi C-18 (SEP PAK-C18 minikolonice Waters) prethodno kondicioniranoj metanolom i demineralizovanom vodom. Posle nanošenja uzorka, kolona je isprana vodom, a toksini eluirani sa 2 ml metanola (brzina protoka je bila 3 ml/min.). Pre derivatizacije metanol je uparen strujom suvog vazduha. Derivatizacija je vršena sa po 100 μ l TFAA, zagrevanjem 20 minuta na temperaturi od 60°C. Nakon hlađenja na sobnu temperaturu i uklanjanja viška anhidrida uparavanjem, derivatizovani ekstrakti su rastvoreni u 50 μ l benzolskog rastvora internog standarda i po 1 μ l injiciran u gasni hromograf.

REZULTATI I DISKUSIJA

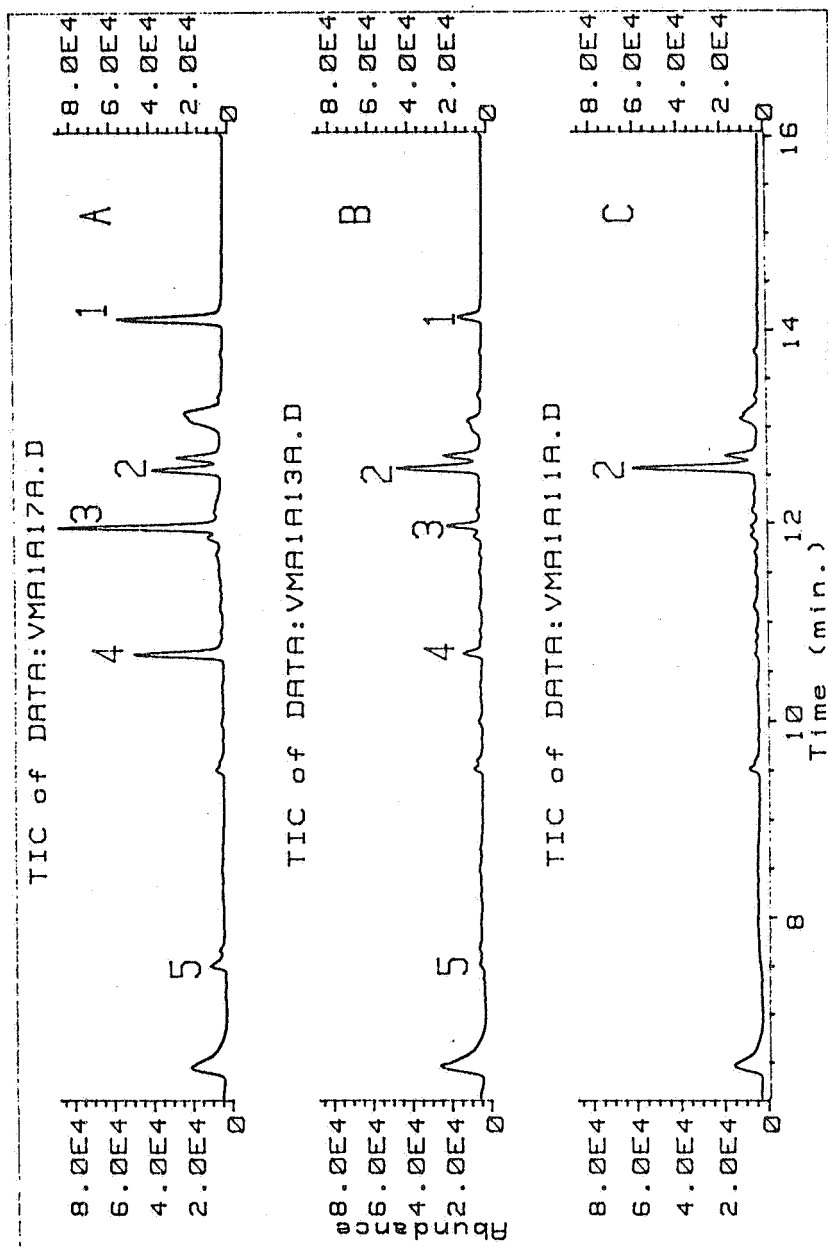
T-2 toksin i njegovi metaboliti su slabo do umereno polarna organska jedinjenja, tako da se ne mogu direktno analizirati na uobičajenim hromatografskim kolonama bez modifikacije strukture. Za derivatizaciju alkoholnih grupa obično se koriste silirajući ili fluorirani acilirajući agensi. U literaturi se navodi da su TFA stabilniji od trimetilsilil derivata trihotecena (Kienz i Verweij, 1986). U preliminarnim istraživanjima to se i kod nas pokazalo, pa smo se u daljem radu opredelili za TFAA kao derivatizacioni reagens.

Međutim, analizirajući TFA derivate trihotecena masenom spektrometrijom uz elektronsku jonizaciju, uočljivo je da se ne dobijaju fragmenti jačeg intenziteta na većim masama (slika br.1). Prateći jone na niskim masama, pogoršava se odnos signal/šum, što direktno utiče na donju granicu određivanja. Značajno poboljšanje osjetljivosti postiglo bi se primjenom blaže forme jonizacije kao što je na primjer hemijska jonizacija, gdje se stimuliše fragmentacija na visokim masama, a molekularni jon je često i osnovni jon u masenom spektru (D'Agostino i sar., 1986).

Na slici br.2 prikazani su hromatogrami seruma sa i bez dodatka toksina. Prinos ekstrakcije na čvrstoj fazi C-18 za T-2, HT-2 i T-2 triol veći je od 80%, dok je za T-2 tetraol ispod 10% što je i za očekivati s obzirom na veliku polarnost ovog jedinjenja. Primjenom smole XAD-2 za ekstrakciju povećao bi se prinos za T-2 tetraol (Heyndrickx A. i sar., 1984), ali bi se značajno produžilo vrijeme ekstrakcije i povećala potrošnja hemikalija.

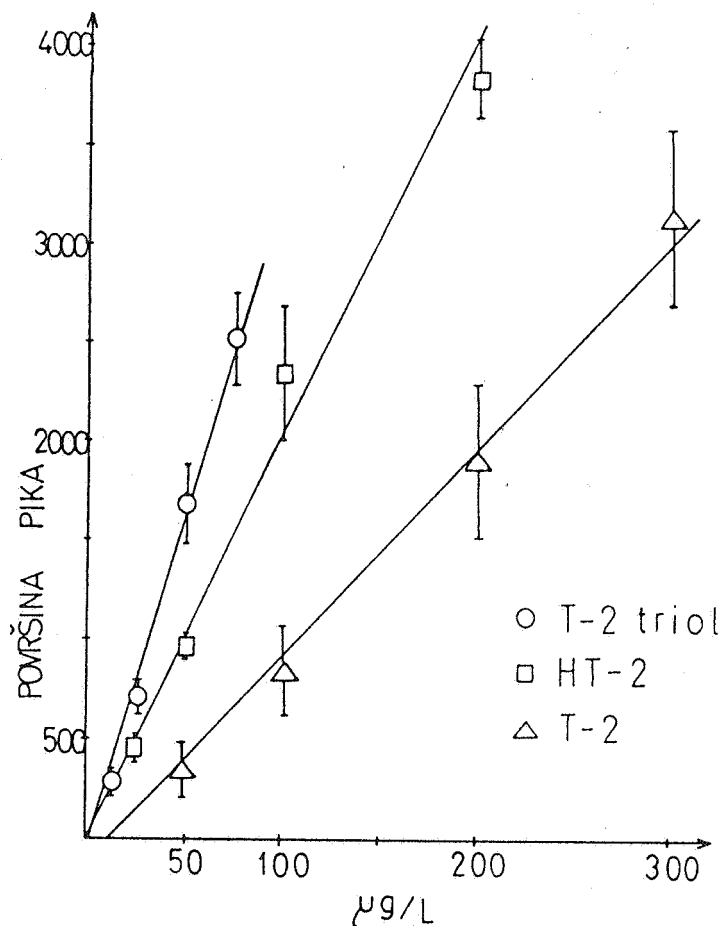


Sl. 1. Hromatogram i maseni spektri TFA derivata trihotecena: A - ukupan jonski hromatogram; maseni spektri: B-200 ng T-2 tetraola, C-100 ng T-2 triola, D-200 ng HT-2 toksina, E-200 ng T-2 toksina. Pik na 16,182 min. je interni standard



Sl. 2. Hromatogrami obrađenih uzoraka seruma. 1 T-2 toksin, 2 interni standard, 3 HT-2 toksin, 4 T-2 triol, 5 T-2 tetraol. A-serum sa: 200 $\mu\text{g/l}$ T-2 toksina, 100 $\mu\text{g/l}$ HT-2 toksina, 50 $\mu\text{g/l}$ T-2 triola i 50 $\mu\text{g/l}$ T-2 tetraola, B-serum sa: 50 $\mu\text{g/l}$ T-2 toksina, 25 $\mu\text{g/l}$ HT-2 toksina, 12,5 $\mu\text{g/l}$ T-2 triola, C-serum bez dodatka toksina.

Baždarne krive za ispitivane toksine (osim za T-2 tetraol, gdje su dobijeni niski prinosi ekstrakcija) su prikazane na slici br. 3. Svaka tačka predstavlja srednju vrednost od 5 određivanja. Preciznost je najlošija za niske koncentracije T-2 toksina i iznosi oko 30%, dok je za veće koncentracije ispod 20%. Postignute su sledeće detekcione granice: T-2 toksin 15 $\mu\text{g/l}$, HT-2 toksin 5 $\mu\text{g/l}$, T-2 triol 3 $\mu\text{g/l}$ i T-2 tetraol 40 $\mu\text{g/l}$.



Sl. 3. Baždarni dijagrami za određivanje T-2 toksina, HT-2 toksina i T-2 triola u serumu. Rasponi označavaju standardnu devijaciju. Korelacioni koeficijenti: $\circ r=0,9880$, $\square r=0,9925$, $\triangle r=0,9579$

Snimajući u masenoj spektrometriji samo pojedine jone iz spektra postoji opasnost gubitka specifičnosti analize. Da bi se ispitala "čistoća" pikova, upoređeni su odnosi intenziteta pojedinih jona iz masenog spektra u smeši standarda sa odnosom istih jona iz realnog uzorka. Razlike u odnosima ni u jednom slučaju nisu veće od 20%, što se smatra prihvatljivim i potvrđuje visoku specifičnost detekcionog sistema.

DETERMINATION OF T-2 TOXIN AND ITS HYDROLITIC METABOLITES IN SERUM BY
GAS CHROMATOGRAPHY – MASS SPECTROMETRY

S u m m a r y

Simple and sensitive method for determination of T-2 toxin and its hydrolitic metabolites (HT-2 toxin, T-2 triol and T-2 tetraol) in serum is developed. The method is based on solid phase extraction by SEP PAK C-18 cartridges and derivatisation of extracts by trifluoroacetic anhydride. Derivatives are separated on HP-1 capillary column. Detection mode on mass selective detector was select ion monitoring. Detection limits for T-2 toxin, HT-2 toxin, T-2 triol and T-2 tetraol are 15, 5, 3, and 40 µg/l respectively. Precision is acceptable except for very small concentration of T-2 toxin.

L I T E R A T U R A

- Begley, P., Foulger, B., Jeffery, P., Black, R. (1986): *Detection of trace levels of trichothecenes in human blood using capillary gas chromatography-electron capture negative ion chemical ionisation mass spectrometry*. J. of Chromatogr., 367, 87-101.
- Black, R., Clarke, R., Read, R. (1987): *Detection of trace levels of trichothecene mycotoxins in environmental residues and foodstuffs using gas chromatography with mass spectrometric or electroncapture detection*. J. of Chromatogr., 388, 365-378.
- Corley, R., Swanson, S., Gullo, G., Johnson, L., Beasley, V., and Buck, W. (1986): *Disposition of T-2 Toxin, a Trichothecene Mycotoxin, in Intravascularly Dosed Swine*. J.Agric.Food. Chem., 34, 868-875.
- D'Agostino, P., Provost, L., Drover, D. (1986): *Analysis of trichothecene mycotoxins in human blood by capillary column gas chromatography-ammonia chemical ionization mass spectrometry*. J. of Chromatogr., 367, 77-86.
- Gilbert, J. (1989): *Current views on the occurrence and significance of Fusarium toxins*. J. of Appl. Bacteriol.-Symposium Suppl., 89-98.
- Heyndrickx, A., Sookvanichsilp, N., and van Den Heede, M. (1984): *Gas chromatography and toxicological determination of trichothecenes in biological and environmental samples associates with "Yellow Rain"*. First World Congress of New Compounds in Biological and Chemical Warfare: Toxicological Evaluation. Ghent, 110-131.
- Kientz, C. and Verweij, A. (1986): *Trimethylsilylation and trifluoroacetylation of a number of trichothecenes followed by gas chromatographic analysis on fused-silica capillary columns*. J. of Chromatogr., 355, 229-240.
- Pffeifer, R., Swanson, S., Buck, W. (1988): *Metabolism of T-2 Toxin in Rats: Effects of Dose, Route and Time*. J.Agric.Food. Chem., 36, 1227-1232.
- Sintov, A., Bialer, M. and Yagen, B. (1988): *Pharmacokinetics and protein binding of trichothecene mycotoxins, T-2 toxin and HT-2 toxin, in dogs*. Toxicon, 26, 153-160.
- Ueno, Y. (1983): *Toxicology*. U: Trichothecenes-Chemical, Biological and Toxicological Aspects (Yoshio Ueno ed.), 135-137. Kodansha l.t.d., Tokyo and Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Oxford and New York.

Ueno, Y., Muto, A., and Kobayashi, J. (1989): *Toxicological properties of T-2 toxin and related trichothecenes*. First World Congress of New Compounds in Biological and Chemical Warfare: Toxicological Evaluation, 160-172, Ghent.

SIMULTANA DETEKCIJA DON, DAS, T-2 TOKSINA I NJIHOVIH METABOLITA U KUKURUZU

ZVONKA KABAJ-TOMŠIČ, ANTON VENGUŠT, JANKO ŽUST, UROŠ PESTEVŠEK

Institut za higijeno in patologijo prehrane domačih živali, VTOZD za veterinarstvo, Ljubljana

Apstrakt. Opisana je problematika kontaminacije stočne hrane mikotoksinima iz grupe trihotecena. Posebna pažnja je bila posvećena hemijskom određenju tih toksina. Poslije hidrolize, pomoću koje smo pretvorili diacetoksiscirpenol, T-2 toksin i njihove metabolite te metabolite deoksinivalenola u scirpentriol (STR), T-2 tetraol (TOL) i deoksinivalenol (DON), toksine smo odredili simultano plinskom kromatografijom EC detektorom. Kvalitativno utvrđivanje smo obavili masenom spektroskopijom.

UVOD

Trihotecene proizvode gljivice iz roda *Fusarium*, *Myrothecium*, *Stachybotris*, *Cephalosporium* i *Trichoderma*. Najvažniji proizvođači tih toksina su *Fusarium tricinctum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Fusarium poae* i *Stachybotris atra*. Vrsta i količina toksina zavisi od supstrata, temperature, vlage i drugih činitelja. Velika količina trihotecena pronađena je samo u kulturama gljivica. Među toksinima izoliranim iz prirodnih supstrata, najvažniji su T-2 toksin, diacetoksiscirpenol (DAS), deoksinivalenol (DON) i nivalenol (NIV), koji mogu pojedinačno ili u kombinaciji s drugim toksinima prouzrokovati zdravstvene smetnje kod ljudi i životinja (2, 3, 4).

Trihoteceni su seskviterpeni (15 C atoma), čija osnova je trihotecensko jezgro 12,13-epoksitrihotec-9-en. Delimo ih na 4 veće grupe: A, B, C i D. Razlikuju se po supstituentima na C3, C4, C7, C8 i C15 mestu. Grupe A, B i D zahvaćaju jednostavne estere i alkohole trihotecena, dok grupa C zahvata makrocikličke toksine. Najvažniji i najčešći su toksini iz grupe A (T-2 toksin, HT-2 toksin, T-2 tetraol, neosolaniol, acetil T-2 toksin, diacetoksiscirpenol, 15-monoacetoksiscirpenol, scirpentriol) i grupe B (deoksinivalenol, diacetilnivalenol, fusarenon X, nivalenol, diacetildeoksinivalenol). Zbog velikog broja do danas poznatih trihotecena

i vrlo različitih osobina supstrata u kojima se nalaze, njihova simultana detekcija za zakonske, medicinske i veterinarske potrebe još uvijek nije standardizirana.

Cilj našeg rada bio je razvijanje metode za hemijsko utvrđivanje trihotecena, koja bi zahvatila što više tih materija, prisutnih u prirodnim supstratima. Prvo smo preveli pomoću hidrolize različite trihotecene iz grupe A i B u njihove odgovarajuće alkohole (scirpentriol, deoksinivalenol i T-2 tetraol), a zatim smo ih separirali i identificirali pomoću plinske kromatografije EC detektorom i masnom spektrometrijom.

MATERIJAL I METODE

Pretražili smo 25 uzoraka više ili manje plesnivog kukuruza iz različitih delova Jugoslavije. Mikološke pretrage izvršili smo po metodama Schmita, Michustina i Trisvijatskoga (13) i metodi koja je opisana u *International Rules for Seed Test ISTA, Vol. 3* (14). Takođe smo izolirali i determinirali toksogene sojeve gljivica. Mikotoksikološke pretrage o prisustvu aflatoksina B₁, B₂, G₂, ohratoksina A i F-2 toksina izvršili smo metodom tankoslojne kromatografije (14). Kožni test na kunićima obavili smo modificiranim metodom (14) po Eppleyu (15). Kloroformski ekstrakt plesnivog kukuruza otparili smo do suvoga, a uljni ostatak naneli na obrijanu kožu belog kunića. Reakciju smo posmatrali vizuelno posle 24, 48 i 72 sata. Za ocenu jakosti reakcije upotreбили smo sledeće kriterije:

- 0 - bez reakcije;
- 1 - crvenilo;
- 2 - jako crvenilo;
- 3 - jako crvenilo i otok;
- 4 - vrlo jaka reakcija s edemom i nekrozom.

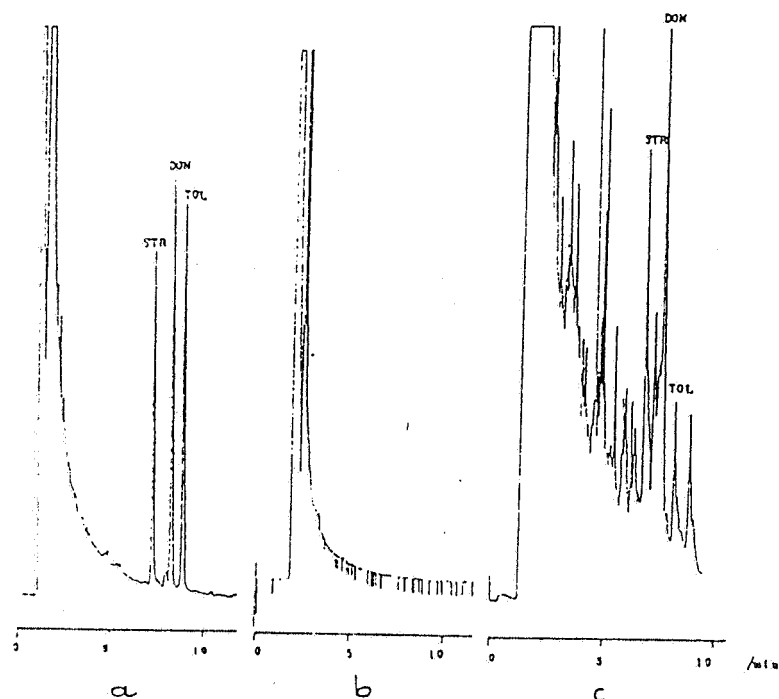
Za simultano hemijsko određivanje trihotecena u kukuruzu upotreabili smo metodu plinske kromatografije. Uzorke smo prvo ekstrahirali mešavinom acetonitrila i vode (84:16), a zatim smo ih očistili na koloni napunjenoj aktivnim ugljem, neutralnim Al₂O₃ i aktivnom zemljom (1:1:1), te na koloni napunjenoj neutralnim Florisilom. Aktivni ugalj uklanja većinu smetajućih materija, kao što su npr. drugi mikotoksini (aflatoksini, F-2 toksin, ohratoksini), a neutralni Al₂O₃ uklanja pojedine pigmente. Zatim smo pomoću NaOH sve estere trihotecena hidrolizirali u njima srodne alkohole.

Tom metodom smo T-2 toksin i njegove metabolite pretvorili u T-2 tetraol (TOL), diacetoksiscirpenol i njegove metabolite u scirpentriol (STR), dok je deoksinivalenol (DON) ostao nepromenjen. Uslovi hidrolize su bili izabrani tako da su omogućili maksimalnu pretvorbu spomenutih toksina u TOL i STR te minimalno uticali na raspad DON. Za derivatizaciju smo upotreabili trifluorocetnu kiselinu, koja je na EC detektoru dala bolje rezultate od heptafluorbutilimidazola (17, 19, 20, 21). Separacija se odvijala na 30 m dugačkoj kapilarnoj koloni DB-5 (0,25 μm), nosivi plin bio je dušik s pretokom 1,9 ml/min, temperatura injektora bila je 220°C,

Tabela 1. HIDROLIZA TRIHOTECENA

acetil T-2		
T-2		
HT-2		
T-2 triol		
T-2 tetraol	OH –	T - 2 tetraol - TOL
neosolaniol		
4-diacetilneosolaniol		
8-acetilneosolaniol		
triacetoksiscirpenol		
diacetoksiscirpenol		
15-monoacetoksiscirpenol	OH –	scirpentriol - STR
scirpentriol		
deoksinivalenol		
3-acetildeoksinivalenol	OH –	deoksinivalenol - DON
15-acetildeoksinivalenol		

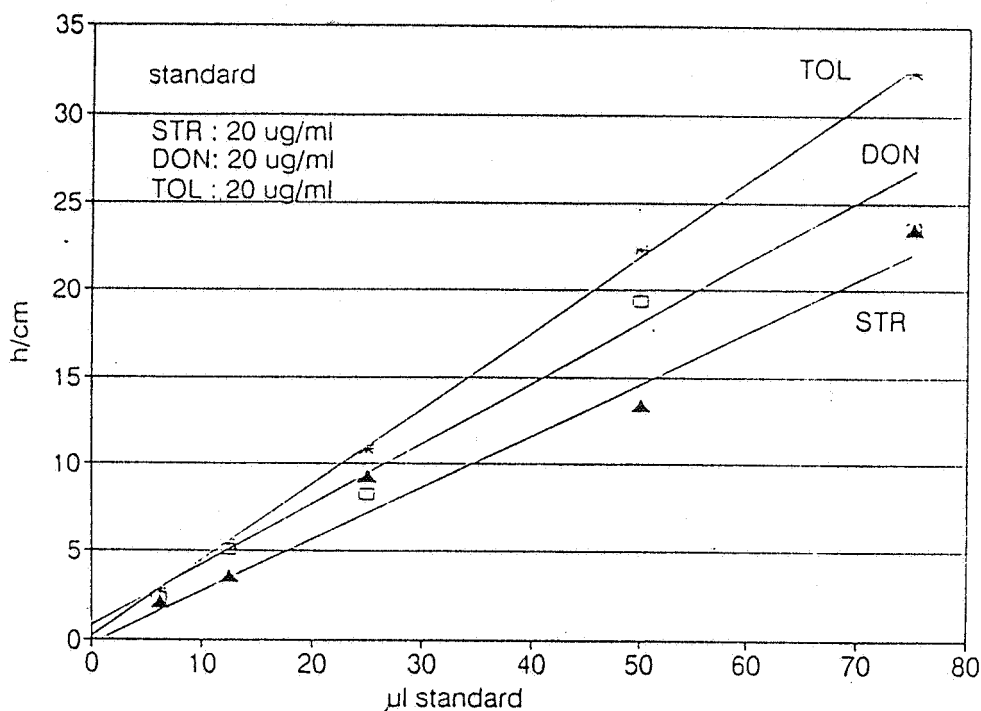
temperatura detektora 250°C, a temperatura kolone 180°C (slika 1). Dobivene rezultate smo potvrdili na plinskom kromatografu s maseno selektivnim detektorom (MSD) s elektronskom i hemijskom ionizacijom (22, 23, 24).



Slika 1. Kromatogrami a) standarda STR, DON i TOL b) zdravog kukuruza c) plesnivog kukuruza

REZULTATI I DISKUSIJA

SLIKA 2: Kalibraciona krivulja standarda STR, DON i TOL



Slika 2. Kalibraciona krivulja standarda STR, DON i TOL

Kalibraciona krivulja standarda STR, DON i TOL prikazana je na slici 2. Kod izrade krivulja upotreбили smo metodu najmanjih kvadrata. Korelacijski koeficijenti i jednadžbe pravca za upotrebene standarde prikazani su u tabeli 2. Iz nje je vidno da je korelacijski koeficijent bio najniži kod DON-a, što bi mogla biti posledica nepotpune derivatizacije. Relativna standardna devijacija za STR bila je 13,7, za DON 10,2 i za TOL 11,8.

Tabela 2. KORELACIJSKI KOEFICIJENTI I JEDNADŽBE PRAVCA

Toksin	r	Jednadžba pravca
STR	0,9959	$y = 0,3034 x - 0,2166$
DON	0,9901	$y = 0,3271 x + 0,5657$
TOL	0,9998	$y = 0,4351 x + 0,0548$

Rezultati mikoloških i mikotoksikoloških pretraga kukuruza koji je prouzrokovao različitu jačinu reakcije na koži kunića (0 do 4) prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. REZULTATI MIKOLOŠKIH I MIKOTOKSIKOLOŠKIH ISPITIVANJA PLESNIVOG KUKURUZA

Uzorak	Broj spora gljivica u 1000/g	STR ng/g	TOL ng/g	DON ng/g	F-2 ng/g	Aflatoksin B ₁ ng/g
1	269	0	0	350		
2	233	0	0	470		
3	62	170	0	0		
4	42	0	0	90		
5	44	0	0	0		
6	336	0	0	0		
7	116	0	0	100		
8	311	10	20	620		
9	241	0	0	380	1200	0
10	405	140	0	80	6000	20000
11	183	0	30	0	0	0
12	260	0	0	90	0	0
13	300	920	0	160000	12000	3600
14	880	0	810	0	10400	0
15	775	0	0	730	0	0
16	1554	220	80	630	0	0
17	525	660	0	12900	12100	
18	57	0	4300	120	0	0
19	494	0	560	3120	1800	30000
20	425	0	0	490	12000	0
21	290	0	1800	27400	0	0
22	505	230	150	0	6000	0
23	123	560	430	0	6000	0
24	98	1000	360	1260	3800	
25	786	620	360	28290		

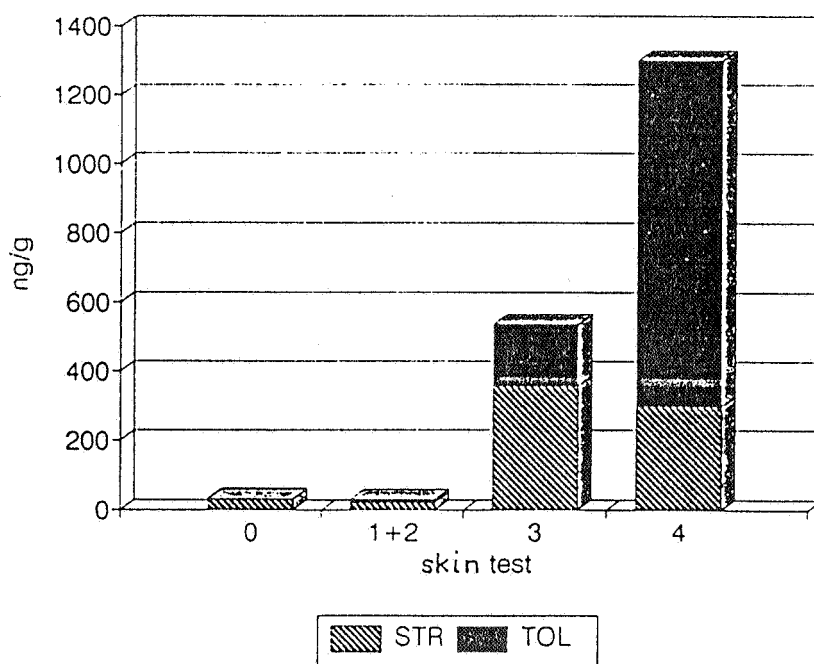
U 1 g uzorka pronašli smo od 42.000 do 1.545.000 spora gljivica. Broj gljivica nije bio proporcionalan prisustvu toksina u kukuruzu. To se podudara s podacima iz literature (3, 5), u kojoj se navodi da gljivice mogu odumreti, dok njihovi toksički metaboliti, zbog svoje stabilnosti, ostaju nepromenjeni. Od gljivica koje proizvode trihotecene, izolirali smo 6 sojeva *Fusarium oxysporum*, 5 sojeva *Fusarium graminearum*, 5 sojeva *Fusarium moniliforme* Sheldon, po jedan soj *Fusarium sporotrichioides*, *Fusarium rigidiusculum* i *Fusarium poae*, 3 soja *Trichoderma harzianum* Rifai, 3 soja *Trichoderma roseum* i jedan soj *Epicoccum species*.

Od mikotoksina su bili u kukuruzu najčešće prisutni DON i njegovi metaboliti (72%), u prosječnoj koncentraciji 9.485 ng/g (80 do 160.000 ng/g). DAS i njegovi metaboliti su bili utvrđeni u 40% pretraženih uzoraka, u prosječnoj količini 180 ng/g (10 do 1.000 ng/g), a T-2 toksin i njegovi metaboliti u 44% uzoraka, u prosječnoj količini 356 ng/g (20 do 4.300 ng/g). Uz trihotecene je 50% uzoraka sadržavalo F-2 toksin, u količini od 500 do 12.100 ng/g, aflatoksin B₁ je bio utvrđen u 3 uzorka (3,6 do 30 ng/g) a ohratoksin A u jednom uzorku (34 ng/g).

Spomenuti rezultati samo se delimično slažu s rezultatima naših prethodnih istraživanja, u kojima smo metodom TLC pronašli manju kontaminaciju stočne hrane T-2 toksinom, DAS i DON (14, 25). Smatramo da su razlike nastale zbog veće osjetljivosti GC-ECD metode, koja omogućava detekciju i do 100 puta manjih količina tih toksina (26). Opisanom metodom smo, pored toksina T-2, DAS i DON, obuhvatili i većinu njihovih metabolita.

Prema podacima iz literature, kontaminacija kukuruza i stočne hrane trihotecenima predstavlja ozbiljan problem u svetu. U SAD je Versonder (27) pronašao DON u 46% pregledanih uzoraka kukuruza (1,5 do 10 mg/kg). Cotte i sar. (28) izveštavaju o 72% kontaminaciji kukuruza DON u koncentracijama od 0,1 do 41,6 mg/kg. U osporljivoj pšenici je Hadler (29) otkrio 94% kontaminaciju DON. U Engleskoj (30) je kontaminacija tim toksinom bila u koncentracijama od 0,02 do 0,4 mg/kg, utvrđena samo u 16% pretraženih uzoraka. Mnogi autori izveštavaju o kontaminaciji stočne hrane trihotecenima i u drugim državama (31, 32). Nivalenol su pronašli u pojedinim državama Evrope i Azije, dok su se T-2 toksin i DAS javljali samo povremeno (33).

Jugoslavenski istraživači su utvrdili relativno mali broj uzoraka stočne hrane kontaminirane dermatoksičkim trihotecenima. Balzer (34) je otkrio T-2 toksin u 8,3% (0,5 do 5,0 mg/kg), a Pepeljnjak (35) u 7,5% pretraženih uzoraka kukuruza (0,16 do 0,46 mg/kg). Isti autor je T-2 toksin pronašao i u 20% pretraženih uzoraka ječma (prosječno 0,16 mg/kg) te u 15,7% pretraženih uzoraka hrane za goveda (0,2 do 0,8 mg/kg).



Slika 3. Rezultati kožnog testa i hemijske pretrage uzoraka

Upoređenje jačine kožne reakcije (slika 3) i prisustva dermatoksičkih trihotecena (izraženih kao scirpentriol i T-2 tetraol) je pokazalo signifikantnu korelaciju $r = 0,6$, $P < 0,005$. Uzorci broj 15 i 20 su prouzrokovali jaku kožnu reakciju, ali nisu sadržavali spomenute toksine. Verovatno su bili prisutni drugi dermatoksički agensi koje upotrebjenom metodom određivanja nismo obuhvatili. Nijednom od uzoraka bez ili sa slabom kožnom reakcijom nismo ustanovili veće količine STR i TOL.

ZAKLJUČAK

Izvršene su pretrage kontaminacije kukuruza mikotoksinima iz grupe trihotecena. Veliki broj trihotecenskih metabolita smo pretvorili u odgovarajuće alkohole: scirpentriol (STR), deoksinivalenol (DON) i T-2 tetraol (TOL) s namerom da se poveća analitička osetljivost i omogući simultana detekcija većine trihotecena iz grupe A i B. Utvrdili smo da je najniža detekcijska granica za zdrav kukuruz 10 ng/g, a za jako plesniv kukuruz 100 ng/g.

Separaciju trihotecena pomoću kapilarne plinske kromatografije s EC detektorom smo potvrdili masenom spektrometrijom. U 25 uzoraka plesnivog kukuruza najčešće je bio prisutan DON i njegovi metaboliti (72%), u prosečnoj koncentraciji 9.485 ng/g (80 do 160.000 ng/g). DAS i njegovi metaboliti su bili utvrđeni u 40% primera, u prosečnoj količini 181 mg/g (10 do 1.000 ng/g), a T-2 toksin i njegovi metaboliti u 44% primera, u prosečnoj količini 356 ng/g (20 do 4.300 ng/g). Pored trihotecena, bio je u 50% uzoraka pronađen toksin F-2 u koncentraciji od 500 do 12.100 ng/g, u 3 uzorka aflatoksin B₁ (3,6 do 30 ng/g) a u jednom uzorku ohratoksina A (24 ng/g). Upoređenje jačine kožne reakcije i prisustva dermatoksičkih trihotecena u uzorcima je pokazala signifikantnu korelaciju ($r = 0,6$, $P < 0,005$). Ni u jednom od uzoraka bez ili sa slabom kožnom reakcijom nisu bile hemijski utvrđene veće količine dermatoksičkih toksina.

SIMULTANEOUS DETECTION OF DON, DAS AND T-2 TOXIN AND THEIR METABOLITES IN MAIZE

S u m m a r y

The contamination of corn with mycotoxins from trichothecene group was studied. A great number of metabolites of trichothecene toxins were converted to their corresponding alcohols scirpentriol (STR), deoxynivalenol (DON) and T-2 tetraol (TOL), in order to increase analytical sensitivity and to detect simultaneously the majority of trichothecene from group A and B. Detection limit from 10 ng/g for normal corn to 100 ng/g for very mouldy corn were estimated. Separation of trichothecenes by capillary gas chromatography with electron capture detector was confirmed by mass spectrometry. In 25 samples of mouldy corn DON and its metabolites were the most frequent (72%) in average concentration of 9485 ng/g (from 80 to 160000 ng/g). DAS and its metabolites were stated in 40% of cases in average of 181 ng/g

(from 10 to 1000 ng/g) and T-2 toxin and its metabolites in 44% of cases in average 356 ng/g (from 20 to 4300 ng/g). Besides trichothecenes in 50% of samples F-2 toxin in concentration from 500 to 12100 ng/g, aflatoxin B1 in three samples (3.6 to 30 ng/g) and ochratoxin in one sample (24 ng/g) were also found. Comparison between intensity of skin reaction and dermatotoxic trichothecenes content showed correlation $r = 0.6$, which is significant for $P < 0.005$. In no sample without or with weak dermatotoxic effect greater quantities of dermatotoxic toxins were chemically proved.

L I T E R A T U R A

- (1) *Mycotoxins: economic and health risks*. Task force report (Council for agricultural science and technology), No. 116, November 1989, Ames, Iowa, USA.
- (2) Wyllie T. D., L. G. Morehouse (1977): *Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses*. Vol. 1. Mycotoxic Fungi and Chemistry of Mycotoxins. New York; Basel: Dekker
- (3) Lacey J. (1985): *Trichothecenes and other Mycotoxins*. Chichester; New York; Brisbane; Toronto; Singapore: J. Wiley & Sons.
- (4) Shepherd M. J., J. Gilbert (1986): *Fusarium mycotoxins in cereals and other stored products*. International Biodeterioration Supp., 2; 61-69.
- (5) Smith J. E., Moss M. O. (1985): *Mycotoxins. Formation, Analysis and Significance*. Chichester; New York; Brisbane; Toronto; Singapore: J. Wiley & Sons.
- (6) Eppley R. M., W. Bailey (1973): *12, 13-epoxy trichothecenes as the probable mycotoxins responsible for stahybotryotoxicosis*. Science, 181; 758-760.
- (7) Burmeister H. R., J. J. Ellis, S. G. Yates (1971): *Correlation of biological to chromatographic data for two mycotoxins elaborated by Fusarium*. Appl. Microbiol., 21; 673-675.
- (8) Mirocha C. J. (1979): *Trichothecene toxins produced by Fusarium*. Conference on mycotoxins in animal feeds and grain related to animal health. Food and drug administration, Rockville, 288-373.
- (9) Ueno Y. (1984): *Toxicological features of T-2 toxin and related trichothecenes*. Fundam. Appl. Toxicol., 4; 124-132.
- (10) Mirocha C. J., S. Pathre (1973): *Identification of the toxic principle in a sample of poaeufusarin*. Appl. Microbiol., 266; 719-724.
- (11) Kubena L. F. et al. (1987): *Effect of feeding mature white leghorn hens diets that contain DON*. Poultry Sci., 66.
- (12) Snyder A. P. (1984): *Qualitative, quantitative and technological aspects of the trichothecene*, 579, 583.
- (13) Misustin E. N., L. A. Trisvjatskij (1963): *Mikrobi i zerno*, Moskva.
- (14) Vengušt A. (1985): *Etiologija mikotoksikoz pri domačih živalih v Sloveniji*. Doktorska disertacija, Ljubljana.
- (15) Epply R. M. (1968): *Screening method for zearalenon, aflatoxin and ochratoxin*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 51; 1, 74-78.

- (16) Romer T. R. (1986): *Use of small charcoal/alumina cleanup columns in determination of trichothecene mycotoxins in foods and feeds*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 69; 4, 699-703.
- (17) Rood H. D., S. P. Swanson, W. B. Buck (1986): *Rapid screening procedure for the detection of trichothecenes in plasma and urine*. J. Chromatogr., 378: 375-383.
- (18) Trucksess M. W., S. Nesheim, R. M. Eppley (1984): *Thin layer chromatographic determination of deoxynivalenol*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 67; 1, 40-45.
- (19) Rood H. D., W. B. Buck, S. P. Swanson (1988): *Gas chromatographic screening method for T-2 toxin, DAS DON, and related trichothecenes in feeds*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 71; 3, 493-498.
- (20) Rood H. D., W. B. Buck, S. P. Swanson (1988): *Diagnostic screening method for the determination of trichothecene exposure in animals*. J. Agric. Food Chem., 36: 74-79.
- (21) Kientz C. E., A. Verweij (1986): *TMS and TFA of a number of trichothecenes followed by gas chromatographic analysis on fused silica capillary columns*. J. Chromatogr., 355: 229-240.
- (22) Krishnamurthy T., E. W. Sarver (1986): *Mass spectral investigations on trichothecenes mycotoxins. III. Synthesis, characterization and application of pentafluoropropionyl and trifluoroacetyl esters of simple trichothecenes*. J. Chromatogr., 355: 253-264.
- (23) Mirocha C. J., R. A. Pawlosky, K. Chatterjee, S. Watson, W. Hayes (1983): *Analysis for Fusarium toxins in various samples implicated in biological warfare in Southeast Asia*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 66; 6, 1485-1499.
- (24) Gareis M., J. Bauer und Brigitte Gedeck (1985): *Fusariotoxine in Futtermitteln. Nachweis und Vorkommen von trichothecene*. Tierärztl. Praxis., 1; 8-19.
- (25) Žust J., A. Vengušt, U. Pestevšek, N. Klemenc, Zvonka Kabaj, (1989): *Kontaminacija stočne hrane mikroorganizmima*. Krmiva, 31; 5-6, 93-103.
- (26) Kabaj-Tomšič, Z. (1991): *Analiza trihotecenov v koruzi*. Magistersko delo, Ljubljana.
- (27) Vesonder R. F., A. Ciegler, A. H. Jensen (1973): *Isolation of the emetic principle from Fusarium-infected corn*. Appl. Microbiol., 26; 6, 1008-1010.
- (28) Cote L. M., J. D. Reynolds, R. F. Vesonder, W. B. Buck, S. P. Swanson, R. T. Coffei, D. C. Brown (1984): *Survey of vomitoxin - contaminated feed grains in midwestern United States and associated health problems in swine*. J. Am. Vet. Med. Assoc., 184; 2, 139-192.
- (29) Hagler W. M., K. Ticzowska, P. B. Hamilton (1984): *Simultaneous occurrence of deoxynivalenol, zearalenone and aflatoxin in 1982 scabby wheat from the midwestern United States*. Appl. Environ. Microbiol., 47; 1, 151-154.
- (30) Jelinek C. F., A. E. Pohland, and G. E. Wood (1989): *Worldwide occurrence of mycotoxins in food and feeds - An update*. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 72; 2, 223-230.
- (31) Bauer J. (1982): *Mycotoxinen in der tierischen Produktion Bedeutung und Diagnose*. Berl. Munch. Tierärztl. Wschr. 95; 301-307.
- (32) Hamid A. M., A. Hamid (1983): *Occurrence of vomitoxin in Egyptian foods and feeds*. Int. mycotoxin. conf. Food and drug administration, Cairo.
- (33) Lacey J., ed. (1985): *Trichothecenes and other mycotoxins*. Chichester; J. Wiley & Sons.

- (34) Balzer I., C. Bogdanić, S. Pepeljnjak (1978): *Rapid thin layer chromatographic method for determining aflatoxin B₁, ochratoxin A and zearalenone in corn.* J. Assoc. Offic. Anal. Chem., 61; 584-584.
- (35) Pepeljnjak S., Z. Cvetinić (1981): *Ohratoksogenost sojeva Aspergillus ochraceus vrste s područja endemske nefropatije.* Vet. arh., 51; 101-103.

UČESTALOST I TOKSIKOGENOST SOJEVA *Aspergillus versicolor* NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE

ZDENKA CVETNIĆ I STJEPAN PEPELJNIAK

*Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za mikrobiologiju, Zagreb*

Apstrakt. U toku osmogodišnjih mikoloških ispitivanja distribucije spora plijesni u zraku, u tlu, na bilju u vegetaciji te uzorcima uskladištenih žitarica i suhomesnatih proizvoda skupljenih iz skladišta i smočnica individualnih domaćinstava na području R. Hrvatske pretraženo je 1295 uzoraka i utvrđeno je 5.7-46.3% uzoraka kontaminiranih plijesnima roda *Aspergillus*.

Vrsta *A. versicolor* u pretraženim uzorcima tla nije dokazana, dok se na bilju u vegetaciji javila u 0.3% (1/260), odnosno u 6.6 % (1/15) od ukupno utvrđenih *Aspergillus* vrsta. U zraku je ova vrsta bila prisutna u 4.9% (15/305), odnosno u 27.7% (15/54), u skladištima u 0.7% (2/285), odnosno 1.6% (2/124) i smočnicama u 3.8% (15/395), odnosno 8.2% (15/183) uzoraka. Intenzitet kontaminacije uzoraka sa *A. versicolor* bio je od 1-5 (maksim.5).

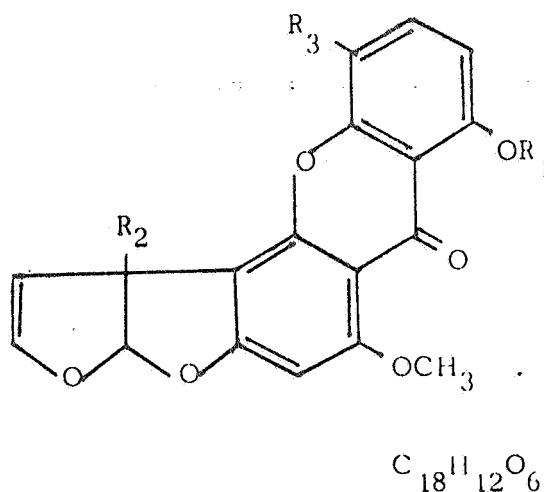
Biosintezom na vlažnoj pšeničnoj prekrupi ispitana je toksikogena sposobnost tvorbe sterigmatocistina (ST) i aflatoksina (AF) 25 sojeva *A. versicolor*.

Multitoksinskom TLC metodom utvrđeno je 32% (8/25) producenata sterigmatocistina u koncentracijama 4.0-480.0 mg ST/kg. Najtoksikogeniji soj izoliran je iz zraka. Nijedan ispitani soj nije tvorio aflatoksine.

UVOD

Među mnogobrojnim plijesnima koje svojim toksičnim metabolitima (mikotoksinima) mogu štetno djelovati na zdravlje ljudi i životinja vrsta *Aspergillus versicolor* iz roda *Aspergillus* posebno je zanimljiva zbog mogućnosti tvorbe sterigmatocistina (ST) i aflatoksina (AF).

Molekula sterigmatocistina sastoji se od ksantonske jezgre (dibenzopiran) na koju su vezana dva furanska prstena (slika 1) (1).



Slika 1. Kemijska struktura sterigmatocistina

Postoji sličnost u kemijskoj građi molekula sterigmatocistina i aflatoksina B₁, a visoka reaktivna bifuranska struktura odgovorna je za mnoga farmakološka svojstva obaju toksina.

Sterigmatocistin je toksična supstancija sa karcinogenim i mutagenim svojstvima, koja su dokazana na brojnim pokusnim životinjama (2, 3). Njegova toksikogenost slična je učincima koje izazivaju aflatoksini, samo manje izražena. Prema navodima autora Schroeder i Kelton (4), srednja letalna doza (LD₅₀) intraperitonealno sterigmatocistina za štakore iznosila je 60 mg/kg tjelesne težine, a LD₅₀ aflatoksina B₁ bila je 6 mg/kg tjelesne težine. U pokusima na pačicama aflatoxin B₁ se pokazao više od 100 puta djelotvorniji od sterigmatocistina u nastajanju hiperplazije žučnih kanalića (1, 4). Međutim, tvorba sterigmatocistina u odnosu na tvorbu aflatoksina je znatno kvantitativno veća, pa se u literaturi navode podaci o prinosu sterigmatocistina i do 12 g/kg supstrata (5, 6).

Sposobnost tvorbe sterigmatocistina, uz *A. versicolor* vrstu, imaju brojne druge vrste unutar rodova *Aspergillus* (*A. glaucus* gr., *A. flavus* i *A. parasiticus*, *A. nidulans*), *Penicillium* (*P. luteum*) i *Bipolaris* (*B. sorokiniana*) (4, 6).

Polazeći od saznanja mogućeg toksikogenog učinka sterigmatocistina, cilj našeg istraživanja je bio utvrditi učestalost *A. versicolor* vrste u uzorcima zemlje, zraka, bilja u vegetaciji, uskladištenih žitarica i suhomesnatih proizvoda, te utvrditi toksikogenost sojeva ove vrste u postupku biosinteze in vitro.

MATERIJAL I METODE

Tokom mikoloških ispitivanja distribucije spora plijesni na širem području Republike Hrvatske pretraženo je ukupno 1295 uzoraka. Ispitano je 50 uzoraka različitih vrsta tla sakupljenih sa livada, polja, vrtova i dvorišta. Na geografski različitim lokacijama sakupljeno je i mikološki pretraženo 305 uzoraka zraka.

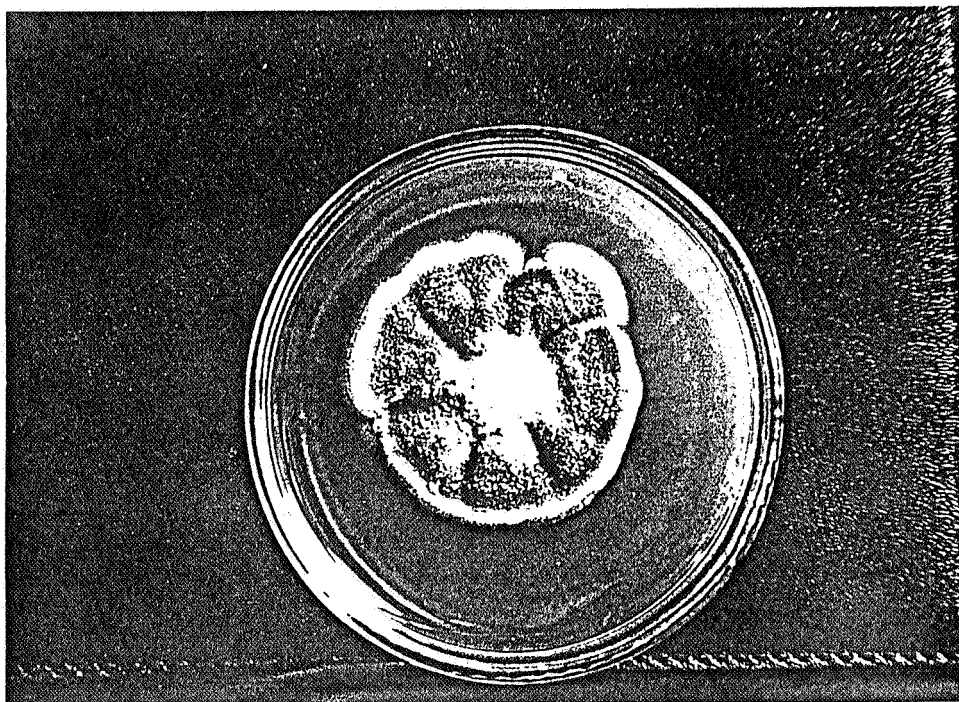
U razdoblju ljetnih mjeseci za mikološka ispitivanja bilja u vegetaciji sabrano je sa njiva 260 uzoraka klasja žitarica prije žetve, listova kukuruza, djeteline, raznog povrća, okolnog bilja i trava na kojima nije bilo vidljivih znakova kvarenja.

Biosintezom na vlažnoj pšeničnoj prekrupi (25 g, 40 % vlage u 250 ml Erlenmayer bocama) ispitana je sposobnost tvorbe sterigmatocistina (ST) i aflatoksina (AF) 25 sojeva *A. versicolor*. Sterilna pšenična prekrupa (121°C/1 sat) inokulirana je sa 1 ml suspenzije oko 10^6 spora.

Kvalitativna i polukvantitativna determinacija sterigmatocistina provedena je metodom tankoslojne kromatografije (TLC) prema Stack i Rodricks (9).

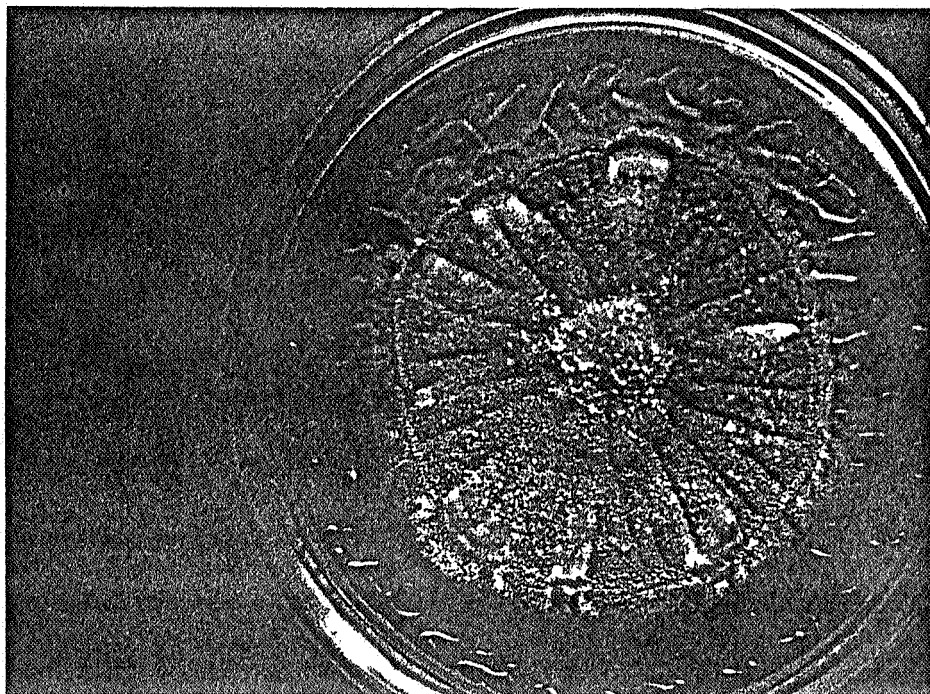
Kao test kultura plijesni uzet je soj *A. versicolor* T-37 dobiven od dr. P. Lepom (Acad. of Agricul. Sci. of Germany).

Ekstrakcija toksina iz biomase vršena je pomoću acetonitrila i otopine kalijeva klorida (9+1) te vode sa kloroformom. Kloroformski ekstrakti uzoraka upareni su do suha i resuspendirani u 0,2 ml kloroforma te nanešeni na silika gel H kromatografske ploče u količini 1 μ l, 5 μ l i 10 μ l, te su uspoređivane Rf vrijednosti i svojstva fluorescencije sa standardnom sterigmatocistina (ST Carol ROTH-D 75) u koncentraciji 50 μ g/ml.



Sl. 1 – Kolonija *A. versicolor* producent sterigmatocistima (10 dana rasta na cropek podlozi na 27°C)

Sl. 2 – Karakterističan oblik kolonije *A. versicolor*: nepravilno, radijalna izbrazdana kolonija sa pahuljičastim centrom i baršunastim rubovima, nakon 20 dana na cropek podlozi



Biosinteza na vlažnoj pšeničnoj prekrupi (25 g, 40% vlage u 250 ml Erlenmayer bocama) ispitana je sposobnost tvorbe sterigmatocistina (ST) i aflatoksina (AF) 25 sojeva *A. versicolor*. Sterilna pšenična prekrupa (121°C/1 sat) inokulirana je sa 1 ml suspenzije oko 10^6 spora.

Kvalitativna i pokukvantitativna determinacija sterigmatocistina provedena je metodom tankoslojne kromatografije (TLC) prema Stack i Rodricks (9).

Kao test kultura plijesni uzet je soj *A. versicolor* T-37, dobiven od dr. P. Lepom (Acad. of Agricul. Sci. of Germany).

Ekstrakcija toksina iz biomase vršena je pomoću acetonitrila i otopine kalijeva klorida (9+1) te vode sa kloroformom. Kloroformski ekstrakti uzoraka upareni su do suha i resuspendirani u 0,2 ml kloroforma, te nanešeni na silika gel H kromatografske ploče u količini 1 μ l, 5 μ l i 10 μ l. Zatim su uspoređivane Rf vrijednosti i svojstva fluorescencije sa standardom sterigmatocistina (ST Carol ROTH-D 75) u koncentraciji 50 μ g/ml.

Kao razvijatelj upotrebljen je sistem otapala kloroform : aceton : heksan (85+15+20).

Promatranjem kromatograma pod UV svjetlom valne dužine 365 nm, sterigmatocistin se pojavljuje kao cigla crvena fluorescentna točka kod Rf cca 0.6. Potvrđni test proveden je prskanjem kromatograma 20% etanolnom otopinom $AlCl_3$ i žarenjem ploče 10 min. na 100°C. Ponovnim promatranjem pod UV svjetlom sterigmatocistin daje svijetložutu fluorescenciju. Za svaki pozitivni nalaz uz ovaj test proveden je i postupak dvodimenzionalne kromatografije (10).

REZULTATI I DISKUSIJA

Utvrđivanjem distribucije spora plijesni roda *Aspergillus* s posebnim osvrtom na vrstu *A. versicolor* mikološkim pretragama većeg broja različitih uzoraka utvrđene su aspergile u 29.6% (384/1295) uzoraka. Od ukupnog broja izoliranih aspergila, *A. versicolor* vrsta činila je 8.5% (33/384), odnosno 2.5% (33/1295) u odnosu na broj pretraženih uzoraka.

U pretraženim uzorcima tla, iako su aspergile dokazane u 16.0% (8/50), vrsta *A. versicolor* nije utvrđena (tablica 1).

Aspergile nisu bile česte ni na uzorcima bilja u vegetaciji i javile su se u 5.7% (15/260) uzoraka, a *A. versicolor* vrsta u 6.6% (1/15), odnosno u 0.3% (1/260) od ukupno mikološki pretraženih uzoraka.

Spore aspergila u zraku činile su 17.7% (54/305) i zauzimale su peto mjesto po učestalosti iza rodova *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* i *Absidia*. *A. versicolor* vrsta relativno je često izolirana iz zraka u 27.7% (15/54) odnosno u 4.9% (15/305) ukupnog broja uzoraka, a slijedila je plijesan *A. glaucus* (11/3%).

Tablica 1. NALAZ ASPERGILA U OKOLIŠU, SKLADIŠTIMA, SMOČNICAMA

Uzorci	Broj ispitanih uzoraka	Rod <i>Aspergillus</i>		Vrsta			
		n	%	<i>Aspergillus</i>		<i>versicolor</i>	
				n	% ¹	% ²	IK
Tlo	50	8	16.0	-	-	-	-
Bilje u veget.	260	15	5.7	1	6.6	0.3	1
Zrak	305	54	17.7	15	27.7	4.9	1
Skladišta:							
Grah	65	40	61.5	2	5.0	3.0	1
Kukuruz	65	13	20.0	-	-	-	-
Pšenica, zob	85	33	38.8	-	-	-	-
Krmne smjese	35	14	40.0	-	-	-	-
Kikiriki	25	16	64.0	-	-	-	-
Soja	20	8	40.0	-	-	-	-
Ukupno:	285	124	43.5	2	1.6	0.7	1
Smočnice:							
Šlanina	160	56	35.0	8	14.2	5.0	1-4
Šunka	130	72	55.3	5	6.9	3.8	1-5
Kobasice	80	37	46.2	2	5.4	2.5	1
Pršut	25	18	72.0	-	-	-	-
Ukupno	395	183	46.3	15	8.2	3.8	1-5
Ukupno svih uzoraka:	1295	384	29.6	33	8.5	2.5	1-5

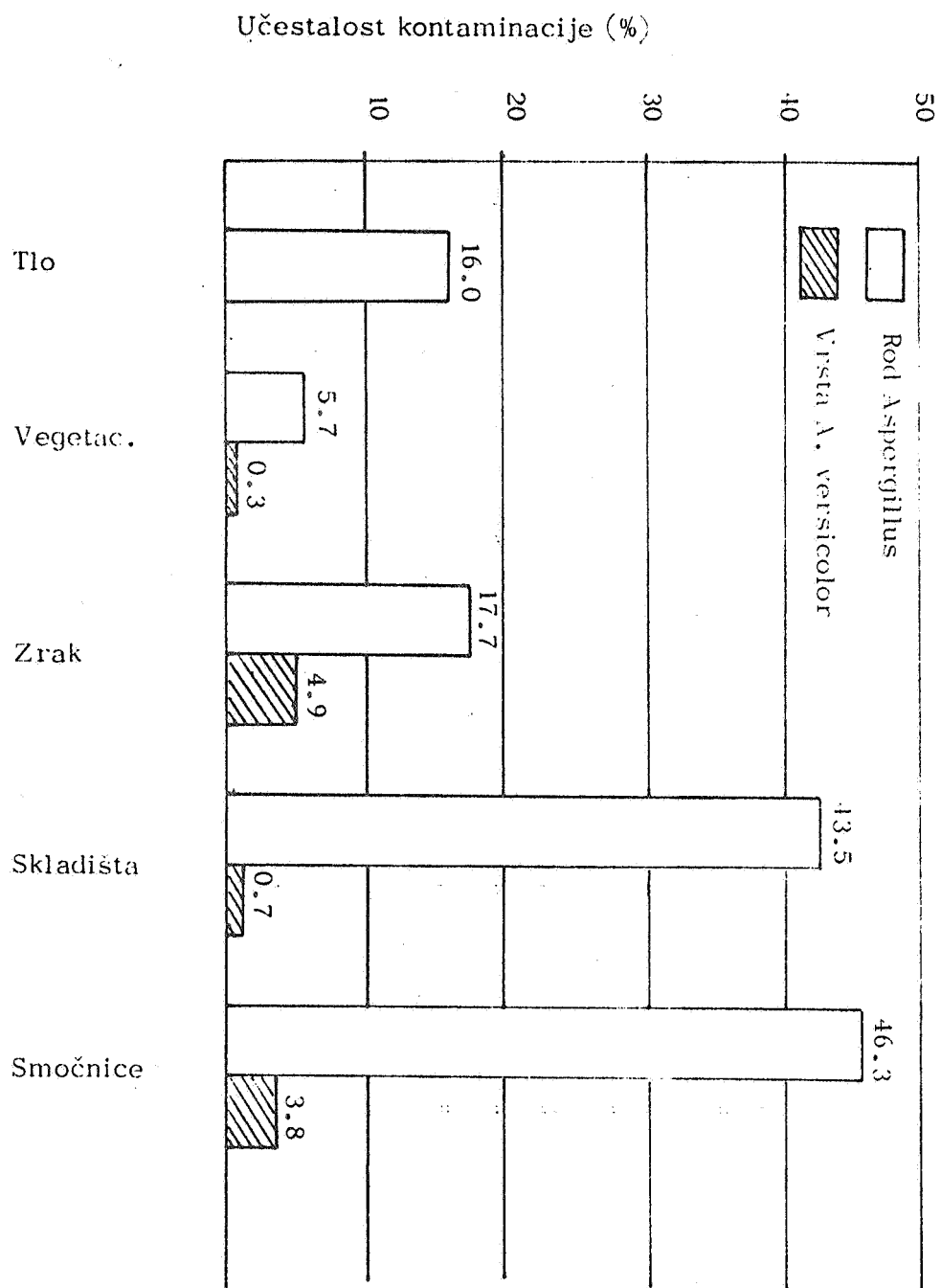
Učestalost pojavljivanja plijesni iz roda *Aspergillus* u skladištima iznosila je 43.5% (124/285) a najveća je bila na uzorcima graha 61.5% (40/65) i uzorcima kikirikija 64.0% (16/25) od sveg uskladištenog zrnevlja. Vrsta *A. versicolor* dokazana je samo na grahu u 5.0% (2/40), odnosno u 3.0% (2/65) od ukupno pretraženog uskladištenog graha.

Na uzorcima suhomesnatih preradevina iz smočnica učestalost aspergila iznosila je 46.3% (183/395), a na uzorcima šunke 55.3% (72/130) i uzorcima pršuta 72.0% (18/25) aspergile su dominirale, međutim sa pršuta nije izoliran nijedan soj *A. versicolor* vrste. Na drugim uzorcima ova plijesan javila se u 8.2% (15/183) odnosno 3.8% (15/395).

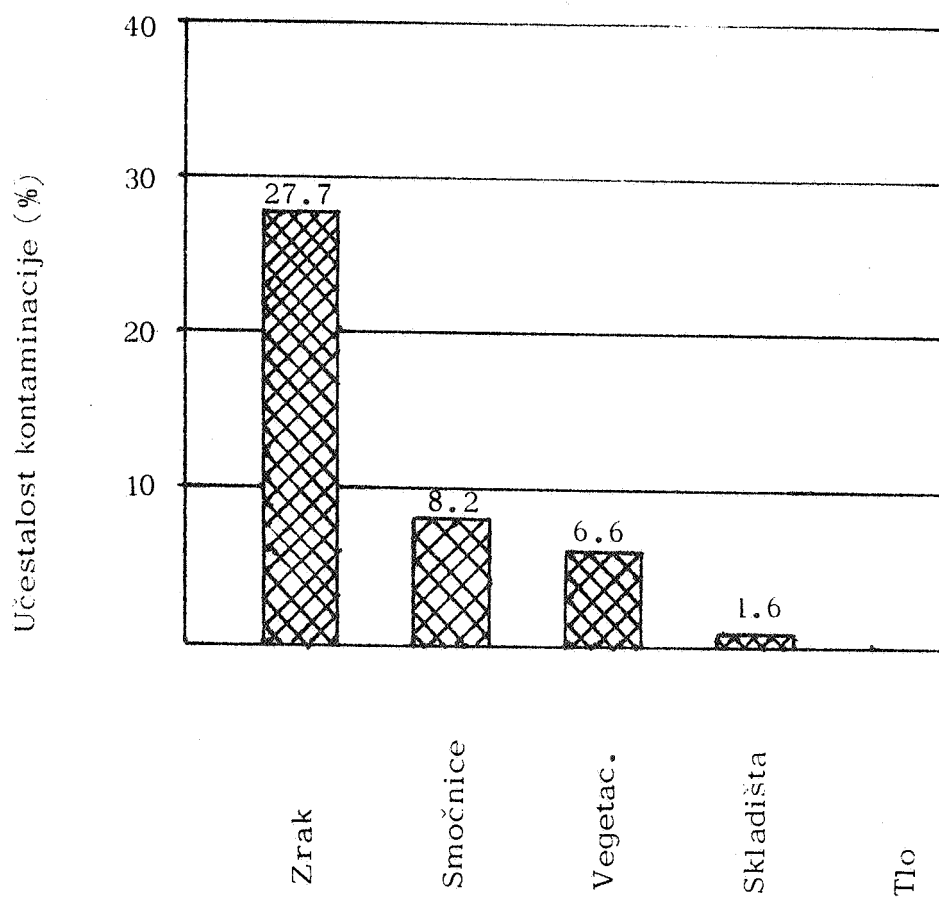
Na graf. 1 prikazan je nalaz plijesni roda *Aspergillus* i vrste *A. versicolor* u odnosu na broj pretraženih uzoraka. Plijesni roda *Aspergillus* dominirale su u skladištima i smočnicama, a vrsta *A. versicolor* u zraku (graf. 1).

Učestalost *A. versicolor* vrste u odnosu na ukupan broj utvrđenih aspergila prikazana je na graf. 2.

Vrsta *A. versicolor* dominirala je u zraku (27.7%), a najniža učestalost dokazana je u skladištima (1.6%), dok iz uzoraka tla nije izolirana.



Graf.1. Učestalost plijesni roda *Aspergillus* i vrste *A. versicolor* u odnosu na broj ispitanih uzoraka



Graf.2. Učestalost *A. versicolor* vrste u odnosu na ukupan broj izoliranih aspergila

Toksikogena sposobnost tvorbe sterigmatocistina i aflatoksina B₁ B₂ G₁ i G₂ provedena je na petnaest sojeva *A. versicolor* izoliranih iz zraka i deset sojeva izoliranih iz uzoraka slanine, šunke i kobasica. Sposobnost tvorbe sterigmatocistina (sterigmatocistinogenost) imalo je 32.0% (8/25) sojeva u rasponu koncentracije 4.0-480.0 mg ST/kg. Nijedan ispitani soj nije tvorio aflatoksine (tablica 2).

Tablica 2. STERIGMATOCISTOGENOST SOJEVA *Aspergillus versicolor*

Porijeklo sojeva	Broj ispitanih sojeva	Produkcija toksina		Broj i % toksikogenih sojeva		Sterigmatocistin mg/kg
		ST	AF			
Zrak	15	+	-	6	40.0	4.0-480.0
Slanina	5	+	-	1	20.0	16.0
Šunka	3	-	-	-	-	-
Kobasica	2	+	-	1	50.0	120.0
T-37	/	+	-	/	/	420.0
Ukupno	25	(+)	-	8	32.0	4.0-480.0

T-37 referentni soj

Rezultati mikoloških pretraga uzoraka tla sa različitih i geografski udaljenih područja širom svijeta ukazuju na varijabilnost učestalosti plijesni u tlu.

U našim nalazima vrste rodova *Rhizopus*, *Absidia*, *Mucor* i *Fusarium* su najčešće izolirane plijesni. Najučestalije vrste roda *Aspergillus* su *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. nidulans* i *A. terreus*.

Na bilju u vegetaciji i raznim vrstama usjeva prije žetve dominiraju uglavnom "plijesni polja" sa rodovima *Fusarium*, *Alternaria* i *Cladosporium*.

Slične rezultate dobili smo u našim ranijim istraživanjima, gdje su ove plijesni bile zastupljene u uzorcima od 20.0-100.0% (5, 9). *Aspergillus* vrste u 5.7% i *A. versicolor* u 0.3% pokazuju da su one rijetko prisutne na bilju u vegetaciji, dok su učestalije u skladištima i smočnicama kao tzv. "skladišne plijesni".

Plijesni roda *Aspergillus* često su prisutne u zraku širom svijeta i mogu se smatrati tzv. "univerzalno dominantnim" vrstama uz vrste iz rodova *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium* i neke druge (11). Literaturni podaci ukazuju na relativno česti nalaz aspergila u zraku, od 2.8% u zraku Barcelone (12) do 79.0% u zraku Kartuma (Sudan) (13). Zanimljiv je nalaz učestalosti aspergila u 95.0% uzoraka zračne prašine u Taifu (Saud. Arabija), gdje je dokazano 13 vrsta, među kojima su dominirale *A. niger*, *A. flavus*, *A. sydowi* i *A. versicolor* (14).

Pojavljivanje spora plijesni u zraku ima sezonski karakter, pa je tako varijacija učestalosti nalaza aspergila češća u zimskom razdoblju (12, 15).

Naši nalazi aspergila u 17.7% ukazuju na osrednju učestalost spora ovih plijesni u zraku, a vrsta *A. versicolor* u 4.9% uzoraka zauzima prvo mjesto po učestalosti u odnosu na izolate sa bilja u vegetaciji, (0.3%) uskladištenih žitarica (0.7%) i uzoraka iz smočnica (3.8%).

Mikološka ispitivanja uzoraka uskladištenih žitarica, krmnih smjesa za tov, zrna kikirikija i soje pokazuju visoku učestalost kontaminacije uzoraka tzv. "skladišnim plijesnima", prije svega vrstama roda *Penicillium* (78.0%) i *Aspergillus* (43.5%). Nalaz *A. versicolor* u 0.7% uzoraka ukazuje na relativno nisku učestalost

ove plijesni u skladištima. Od ukupno 285 raznih uskladištenih uzoraka, ova vrsta dokazana je u dva uzorka graha. Kontaminacija uzoraka iz skladišta češća je vrstama *A. flavus* (15.0%) i *A. ochraceus* (10.8%) (16).

Sličnu dominantnu mikrofloru "skladišnih plijesni" *Penicillium* (86.0%) i *Aspergillus* (70.0%) pokazala su naša ranija istraživanja mikološke kontaminacije uzoraka iz smočnica (17). Niža učestalost *Aspergillus* vrsta (46.3%) u ovom istraživanju ukazuje samo na varijabilnost pojavljivanja onih plijesni u smočnicama, a nalaz *A. versicolor* vrste u 3.8% uzoraka suhog mesa u odnosu na učestalost u skladištu (0.7%) ili na bilju u vegetaciji (0.3%) ukazuju da su suhomesnati proizvodi češće kontaminirani ovom vrstom plijesni, a što može biti od značaja s obzirom na moguću toksikogenost.

U literaturi nalazimo podatke o relativno visokom postotku toksikogenih sojeva. Lepom i Kloss (18) su izolirali sa uzoraka sijena i slame tokom zime *A. versicolor* u 14.5% uzoraka. Testiranjem 19 sojeva, svi su tvorili sterigmatocistin u koncentracijama većim od 500 mg/kg. Također Orth (19) nalazi 60.0% proizvedena sterigmatocistina od 90 ispitanih sojeva *A. versicolor* izoliranih iz stočne hrane.

Naši rezultati 32.0% toksikogenih sojeva ukazuju na široki raspon u stupnju toksikogenosti. Prema količinama stvorenog toksina možemo sojeve *A. versicolor* svrstati u slabe (4.0 mg ST/kg) i dobre (480.0 mg ST/kg) proizvođače sterigmatocistina.

Izveštaje o visokotoksikogenim sojevima i prinosu sterigmatocina od 5-12 g/kg supstrata iznose Steyn i Rabie (5) te Rabie i sur. (6). Postignuti prinos dobiven je biosintezom na cijelom zrnu kukuruza na 27°C kroz 22 dana.

Vlažna pšenična prekrupa kao kruti substrat u biosintezi sterigmatocistina također se u literaturi navodi kao vrlo pogodan substrat na kojem je dobiven prinos od 6267.0 µg ST/g substrata. U odnosu na kukuruzno brašno, ječam, rižu i neke tekuće kemijski definirane hranjive podloge, veći prinos (9600.0 µg ST/g) postignut je na krušnim mrvicama (20). Svi dobiveni rezultati postignuti su u optimalnim laboratorijskim uvjetima.

S obzirom na moguću kontaminaciju hrane (ljudi i životinja) sa *A. versicolor* plijesni i poznatu patogenost sterigmatocistina, ovaj toksin spada u mogući rizični faktor za zdravlje ljudi i životinja.

ZAKLJUČAK

- Na osnovu provedenih mikoloških analiza 1295 uzoraka tla, bilja u vegetaciji, zraka, uskladištenih žitarica i suhomesnatih proizvoda, plijesni roda *Aspergillus* javile su se u rasponu 5.7-46.3%, a dominirale su na uzorcima iz skladišta (43.5%) i smočnica (46.3%).

- Vrsta *A. versicolor* sa 4.9% bila je najčešća u zraku, a nije izolirana ni iz jednog uzorka tla.

- Provedenom biosintezom utvrđeno je 32.0% (8/25) *A. versicolor* sojeva proizvođača sterigmatocistina. Sposobnost tvorbe ovog toksina različita je u pojedinim sojevima i kreće se od 4.0 mg-480.0 mg ST/kg pšenične prekrupe.

- Najbolji proizvođač sterigmatocistina izoliran je iz zraka i proizveo je 480.0 mg ST/kg, dok su sojevi iz suhomesnatih proizvoda tvorili između 16.0 i 120.0 mg ST/kg.

Nijedan soj *A. versicolor* nije dokazan kao producent aflatoksina.

FREQUENCY AND TOXICOGENICITY OF *Aspergillus versicolor* STRAINS ON THE AREA OF REPUBLIC CROATIA

S u m m a r y

Mycological analyses of 1295 samples of soil, plants in vegetation, air, stored grains and dried meat collected in R. Croatia showed 5.7-46.3% of samples to be contaminated by moulds of genus *Aspergillus*. The most frequently occurrence of *Aspergillus* spp were in the samples of stored grains (43.5%) and the samples of dried meat products (46.3%). *Aspergillus versicolor* species was predominant in the samples of air (4.9%) with contamination intensity of 1-5 (max.5).

A biosynthetic procedure on sterile moist crushed wheat was provided on 25 *A. versicolor* strains. The strains tested for sterigmatocystin and aflatoxin production were isolated from the air, bacon, smoked ham and sausages.

The identity and quantity of sterigmatocystin in the extracts were determined by thin-layer-chromatography (TLC).

Out of 25 *A. versicolor* strains 8/25 (32.0%) produced sterigmatocystin (conc.. ST 4.0-480.0 mg/kg). The strongest producer was isolated from the air.

Out of all examined strains no one produced aflatoxins.

L I T E R A T U R A

- (1) Hamasaki, T., Yuichi, H. (1977): *Sterigmatocystin and related compounds*. In: Rodricks, J.V. et al. (eds). *Mycotoxins in human and animal health*, Pathotox Publishers, INC, Illinois, pp 597-607.
- (2) Purchase, I.F.H., Van der Watt, J.J. (1970): *Carcinogenicity of sterigmatocystin*. *Food Cosmetol. Toxicol.*, 8, 289-295.
- (3) Van der Watt, J.J. (1974): *Sterigmatocystin*. In I.F.H. Purchase (ed), *Mycotoxins*, Elsevier, Amsterdam, p. 369-382.

- (4) Schroeder, H. W., Kelton, W. H. (1975): *Production of sterigmatocystin by some species of the genus Aspergillus and its toxicity to chicken embryos*. Appl. Microbiol., 30, 589-591.
- (5) Steyn, M., Rabie, C. J. (1975): *Production of sterigmatocystin*. J. of the AOAC, 58, 622-623.
- (6) Rabie, C. J., Lübben, A., Steyn, M. (1976): *Production of sterigmatocystin by Aspergillus versicolor and Bipolaris sorokiniana on semisynthetic liquid and solid media*. Appl. Environ. Microbiol., 32, 206-208.
- (7) Pepeljnjak, S., Cvetnić, Z. (1985): *Plijesni bilja u vegetaciji na nefropatičnom i anefropatičnim područjima SR Hrvatske*. Acta Biologica Iugoslavica, Ser. B, Mikrobiologija, 22, 51-57.
- (8) Raper, K. B., Fennell, D. J. (1965): *The Genus Aspergillus*. The Will. and Wilk. Co., Baltimore.
- (9) Stack, M., Rodricks, J. V. (1971): *Method for analysis and chemical confirmation of sterigmatocystin*. J. of the AOAC, 54, 86-90.
- (10) Van Egmond, H. P., Paulsch, W. E., Deijl, E., Schuller, P. L. (1980): *Thin layer chromatographic method for analysis and chemical confirmation of sterigmatocystin in cheese*. J. of the AOAC, 63, 110-114.
- (11) Al-Doory, Y., Domson, J. P., Howard, W. A., Sly, R. M. (1980): *Air borne fungi and pollens of the Washington, D.C., metropolitan area*. Ann. Allerg., 45, 360-367.
- (12) Calvo, M. A., Guarro, J., Suarez, G., Ramirez, C. (1980): *Air borne fungi in Barcelona city (Spain)*. III. The genus Aspergillus Link. Mycopathol., 71, 41-43.
- (13) Abdalla, M. H. (1988): *Prevalence of airborne Aspergillus flavus in Kartoum (Sudan). Air spora with reference to dusty weather and inoculum survival in simulated summer conditions*. Mycopathol., 104, 137-141.
- (14) Abdel-Hafez, S. I. I. (1985): *Survey of airborne fungus spores of Taif, Saudi Arabia*. Mycopathol., 88, 39-44.
- (15) Larsen, L. S. (1981): *A three-year-survey of microfungi in the air of Copenhagen 1977-79*. Allerg., 36, 15-22.
- (16) Cvetnić, Z. (1987): *Raširenost i toksogenost Aspergillus flavus i Aspergillus ochraceus vrsta na području SR Hrvatske*. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu. Prirodoslovno-matematički fakultet.
- (17) Cvetnić, Z., Pepeljnjak, S. (1986): *Distribucija i nalaz toksogenih vrsta plijesni na suhomesnatim proizvodima*. Vet. arhiv, 56, 75-82.
- (18) Lepom, P., Kloss, H. (1988): *Production of sterigmatocystin by Aspergillus versicolor isolated from roughage*. Mycopathol., 101, 25-29.
- (19) Orth, R. (1977): *Occurrence and estimation of sterigmatocystin producing strains of Aspergillus versicolor in foodstuffs*. Zesz. Probl. Postepow. Nauk Roln., 189, 25-33.
- (20) Bennett, J. W., Henderberg, A., Grossman, K. (1989): *Sterigmatocystin production on complex and defined substrates*. Mycopathol., 105, 35-38.

POJAVA ZNATNIH KOLIČINA AFLATOKSINA M₁ U
HLOOROFORMSKOM EKSTRAKTU KES SUPSTRATA NAKON
KULTIVACIJE PLESNI *Aspergillus flavus* MP₁

MARIJA ŠUTIĆ I MILENA NIKOLIĆ

*Poljoprivredni fakultet, Zemun
Institut bezbjednosti Beograd*

Apstrakt. *Asp. flavus* MP₁ u tekućoj podlozi sa dodatkom kvašćeva ekstrakta pokazao je najveću biomasu pri temperaturi od 30°C i pH 3,5. Najbolji uslovi za stvaranje aflatoksina B₁, G₁, B₂ i G₂ bili su pri temperaturi od 25°C i pH 5,5. Najbolji uslovi za stvaranje AFM₁ utvrđeni su pri temperaturi od 30°C i pH 3,5.

Aflatoksini predstavljaju porodicu visokotoksičnih kancerogenih mikotoksina proizvedenih sekundarnim metaboličkim dejstvom plesni *Aspergillus flavus* ili *Aspergillus parasiticus*. Kao što je poznato, aflatoksin B₁ je među njima najtoksičniji, a plesni ga proizvode kod većine sojeva u najvećoj količini. Prema većini autora, mali broj plesni proizvođača aflatoksina ima sposobnost za stvaranjem većih količina aflatoksina M₁. Aflatoksin M₁ otkriven je kod sisara koji su za ishranu koristili hranu u kojoj se nalaze ovi toksini i predstavljaju njihov metabolički produkt, koji se može identifikovati u mleku, urinu i mišićnom tkivu. U ovom radu izneti su neki ekološki faktori koji imaju uticaja na stvaranje povećanih količina aflatoksina M₁.

MATERIJAL I METOD RADA

Organizam: *Aspergillus flavus* MP₁ iz kolekcije Marije Šutić (1), Institut za mikrobiologiju, Poljoprivredni fakultet, Zemun.

Inokulum proizvedenog organizma formiran je na sladnom agaru inkubacijom na 25°C u trajanju od 6 dana radi dobrog formiranja spora. Suspenzija spora u fiziološkom rastvoru dobijena je tehnikom brisa.

Za rad je upotrebljena tečna podloga, koja se kod prethodnih ispitivanja pokazala najbolja sa stanovišta produkcije aflatoksina i biomase (3), ali sa duplo većom količinom kvašćevog ekstrakta. Sastav podloge je: 4% kvašćevog ekstrakta i 20% saharoze.

Po 20 ml podloge razliveno je u 21 erlenmajer i sterilisano na 115°C u vremenu od 15 minuta; pH-vrednost podloge podešena je dodavanjem sterilne 10% HCl. Količina kiseline, zbog nemogućnosti sterilnog merenja, određena je u "slepom" uzorku, a zatim je u aseptičnim uslovima obavljeno dodavanje utvrđenih količina kiseline radi regulisanja željenih pH-vrijednosti. U svih 18 erlenmajera dodat je po 1 ml suspenzije spora.

Uslovi kultivacije

Kultivacija je obavljena na temperaturi od 20, 25 i 30°C u trajanju od 10 dana. Nakon isteka tog vremena izvršeno je biološko inaktiviranje spora toplotom.

Ekstrakcija toksina

Ekstrakcija se obavlja tako što se u ohlađeni supstrat doda 100 ml hloroforma, posle čega se obavlja mešanje u trajanju od 1 minuta. Ovaj supstrat se filtrira kroz fiter-papir tipa Carl Schleicher S Schül No. 388. Filtrat se tretira još dva puta sa po 100 ml hloroforma. Sakupljeni hloroformski ekstrakt se uparava do suva i rastvara u 5 ml mešavine benzolacetonitrila (98+2) i kao takav se koristi za analizu. Micelija se suši na temperaturi od 85°C u trajanju od 6 sati do konstantne težine (3).

Analiza

Za analizu je primenjena tankoslojna hromatografija. U radu su korišćene kvantitativne Al-ploče DC-Karten SI 20x20 cm. Reidel De-Haen Aktiengesellschaft, Seelze-Hannover. Radi pouzdanije detekcije aflatoksina M₁ korišćena je dvodimenzionalna TLC. Na obeleženu ploču 20x20 cm (sl. 1) nanese se 20 µl uzorka i 2,4,6 µl standarda ili odgovarajuća količina standarda. Ploča se razvija u rastvoru I: voda-metanol-etar (1+4+95) u "prvom" pravcu. Nakon razvijanja, ploča se suši a zatim razvija u "drugom" pravcu u rastvaraču 2-propanol-aceton-hloroform (3+10+87). Količina aflatoksina M₁ određuje se vizuelnom procenom koncentracije (4). Postignuti efekti razdvajanja su prikazani na sl. 1 i 2.

Aflatoxini B₁, B₂, G₁ i G₂ detektovani su pomoću TLC-metode jednodimenzionalnom hromatografijom (sl. 1.).

DISKUSIJA

Dobijeni rezultati ukazuju na odnos između aflatoksina B₁ i aflatoksina M₁. Tamo gde su uslovi za sintezu AT B₁ nepovoljni stvaraju se veće količine AT M₁. Takođe se na osnovu dobijenih rezultata uočava da količina stvorenih AT B₁ i B₂ nije upravo proporcionalna količini stvorene biomase, što naročito dolazi do izražaja na temperaturi od 30°C.

REZULTATI

Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1.

Temperatura °C	20			25			30		
pH	5,5	4,5	3,5	5,5	4,5	3,5	5,5	4,5	3,5
Biomasa g/100ml	1,0	2,0	2,3	2,5	2,7	2,8	2,6	2,7	3,0
ATM ₁ g/100ml	0,03	0,03	0,03	0,03	0,12	0,17	0,03	0,17	0,28
ATB ₁ g/100ml	3,0	2,5	0,5	4,0	2,5	0,1	2,5	1,5	0,5
ATG ₁ g/100ml	t	t		t	t		t	t	
ATB ₂ g/100ml	4,2	2,0	0,5	5,0	2,5	0,1	4,0	2,0	0,5
ATG ₁ g/100ml	0,50	0,25	0,01	0,50	0,25	tt	0,50	0,25	0,10

ZAKLJUČAK

Kod ispitivanja soja *Aspergillus flavus* MP₁ utvrđeno je da su najbolji uslovi stvaranje biomase na temperaturi od 30°C pri pH 3,5. Najbolji uslovi za stvaranje aflatoksina B₁, G₁, B₂ i G₂ su na temperaturi od 25°C pri pH 5,5. najbolji uslovi za stvaranje AT M₁ su na temperaturi od 30°C pri pH-vrednosti 3,5.

PRODUCTION OF SIGNIFICANT QUANTITIES OF AFLATOXIN M₁ IN CHLOROFORM EXTRACTS IN YEASTS SUBSTRATE BY *Asp. flavus* MP₁ STRAIN CULTIVATION

Summary

The authors investigated optimal growth conditions for *Asp. flavus* (strain MP₁, from the Institute collection) and determined that the best medium was yeast extract. The greatest biomass was produced at the temperature of 30°C and pH value of 3,5. The best conditions for production of AFB₁, G₁, B₂ and G₂ were at the temperature of 25°C and pH 5,5. The most favorable conditions for AFM₁ were determined at the temperature of 30 °C and the pH value of 3,5.

LITERATURA

- (1) M. F. Dutton, K. Erlich and J. W. Bannett (1985): *Biosynthetic Relationship among Aflatoxins B₁, B₂ and M₂*. Applied and Environmental Microbiology, Vol. 49, No. 6: 1392-1395.
- (2) Vladimir Betina (1984): *Mycotoxins*, Elsevier.
- (3) Šutić, Marija, Ayers, J. C. Koehler, P. E. (1972): *Identification and aflatoxin production of molds isolated from country cured hams*. Appl. Micr., 23(3): 656-658.

- (4) M. Nikolić (1991): *Uticaj ekoloških faktora na stvaranje biomase i biosintezu aflatoksina*. Nauka i bezbjednost, III savjetovanje, Beograd.
- (5) Arun Sharma, S. R. Padwal-Desai and G. B. Nadkarni (1985): *Applied and Env. Microb.*, 49(1): 79-82.
- (6) Second Worksop on Mycotoxin Analysis (1985): National Research Center, Cairo.

NEKI EFEKTI T-2 TOKSINA NA *rec* MUTANTE *Escherichia coli*

SONJA DULETIĆ

Institut za botaniku Biološkog fakulteta PMF, Beograd

Apstrakt. Efekat T-2 toksina na DNK bakterija je ispitivan korišćenjem divljeg tipa *E. coli* i različitih mutanata defektnih u rekombinaciji i postreplikativnoj reparaciji (*rec* sojevi). Toksičnost T-2 toksina je testirana delovanjem različitih doza na preživljavanje bakterija. Osim toga, pošto je poznato da agensi koji oštećuju DNK dovode do SOS odgovora, ispitivan je i potencijal T-2 toksina za indukciju SOS funkcija kod *rec*⁺ i *recF* sojeva, što je praćeno preko jedne od SOS funkcija - ćelijske filamentacije.

Prema dobijenim rezultatima se može zapaziti da T-2 toksin u ispitivanim koncentracijama dovodi do malog broja prekida u DNK ili da se oni brzo repariraju.

1. U V O D

Zbog sve većeg zagađivanja životne sredine hemijskim i fizičkim agensima, među kojima su i mikotoksini značajni prirodni polutanti, (a za neke od njih je saopšteno da su mutageni i kancerogeni), razvijeni su brojni testovi za brzu detekciju mutagenih agenasa. U ovim testovima često se primenjuju različiti mikroorganizmi koji su zbog svojih osobina – malih dimenzija, brzog rasta, haploidnog genoma, veoma pogodni za proveru mutagenosti i potencijalne kancerogenosti hemijskih jedinjenja. Testovi se zasnivaju na promenama genotipa i otkrivanju mutanata koji nastaju posle delovanja hemijskih agenasa, pri čemu su bakterijski sojevi kojima nedostaju mehanizmi reparacije DNK mnogo osetljiviji od normalnih sojeva.

U literaturi se mogu naći podaci da su za detekciju aktivnosti mikotoksina (među njima i T-2 toksina), osim kultura sisarskih ćelija i sisarskih organizama (Bamburg i Strong, 1971; Schoental i Joffe 1974; Ueno, 1984; Anderson i sar., 1989), korišćeni i neki mikroorganizmi - *S. typhimurium* (Ueno i sar., 1978); *B. subtilis* (Ueno i Kubota, 1976) i druge bakterije (Burmeister i Hesseltine, 1970). Tako je, npr., među brzim testovima za odre-

divanje toksičnosti i mutagenosti različitih agenasa, korišćen Rec test sa *B. subtilis* za detekciju mikotoksina (Ueno i Kubota, 1976).

Tokom ovog rada vršena su ispitivanja dejstva T-2 toksina na preživljavanje odabranih *rec* mutanata *E. coli* i njegov potencijal za indukciju SOS funkcija, što je praćeno preko ćelijske filamentacije.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. BAKTERIJSKI SOJEVI

U eksperimentalnom radu su korišćeni sojevi bakterije *Escherichia coli* K12 navedeni u Tabeli 1.

Tabela 1. BAKTERIJSKI SOJEVI

Soj	Genotip	Poreklo
AB1157	F ⁺ <i>thi-1 his-4 proA2 argE3 thr-1 leuB6 ara-14 lacY1 galK2 xyl-5 mil-1 rpsL31 supE44 tsx-33</i>	K. B. Low
AB2470	kao AB1157 ali <i>recB21</i>	K. B. Low
DL130	kao AB1157 ali <i>recC22</i>	A. Taylor
DL131	kao AB1157 ali <i>recF143</i>	A. Taylor
DL 132	kao AB1157 ali <i>recB21recF143</i>	A. Taylor
SP254	kao AB1157 ali <i>recN262</i>	M. Radman
AB2463	kao AB1157 ali <i>recA13</i>	K. B. Low

2.2. HRANLJIVE PODLOGE

2.2.1. Medijum za održavanje bakterija

Za održavanje bakterijskih sojeva korišćen je: LA-Luria agar, koji na 1000 ml destilovane vode sadrži: 5 g NaCl, 5 g ekstrakta kvasca, 10 g kazein hidrolizata i 15 g agara.

2.2.2. Medijumi za testiranje dejstva T-2 toksina na bakterijske sojeve

Za rast bakterija korišćen je:

- *LB-Luria broth*, bogati medijum koji na 1000 ml destilovane vode sadrži: 5 g NaCl, 5 g ekstrakta kvasca i 10 g kazein hidrolizata i
- *LA-Luria agar*.

Za određivanje titra bakterija razblaženja su pravljena u MgSO_4 10^{-2}M .

2.3. BOJENJE BAKTERIJSKIH PREPARATA

Za bojenje preparata je korišćena bazna boja metilensko plavo. Priprema: 0,3 g metilenskog plavog se rastvora u 30 ml etanola i rastvoru se dodaje 100 ml destilovane vode.

2.4. STANDARD T-2 TOKSINA

U toku ovih istraživanja dejstva T-2 toksina na bakterije korišćen je standard T-2 toksina iz *Fusarium* sp., čija je anhidrovana molekulska težina 466,5 (SIGMA I SERVA), pri čemu su razblaženja pravljena u apsolutnom etanolu.

2.5. ISPITIVANJE DEJSTVA T-2 TOKSINA NA BAKTERIJSKE SOJEVE

2.5.1. Tretiranje T-2 toksinom za određivanje preživljavanja

Prekonoćne kulture bakterija su razblažene i inkubirane na 37°C uz aeraciju (180 o/min). U logaritamske kulture bakterija ($O.D.610=0,2-0,25$) dodavan je T-2 toksin finalne koncentracije 0, 25, 50, 100 i 200 $\mu\text{g/ml}$. Inkubacija je vršena 10 odnosno 40 minuta na 37°C uz aeraciju, posle čega je odredivan titar bakterija pravljjenjem razblaženja u $\text{MgSO}_4 \cdot 10^{-2}\text{M}$ i zasejavano na LA podlogu po 0,1 ml odgovarajućih razblaženja. Zatim su bakterije inkubirane preko noći na 37°C. Potom je izvršeno prebrojavanje izraslih kolonija i titar bakterija odredivan:

$$\frac{\text{srednja vrijednost} \times 10}{\text{razblaženje}}$$

2.5.2. Merenje filamentoznog rasta

Poslje dodavanja određenih koncentracija T-2 toksina u logaritamske kulture, bakterije su inkubirane na 37°C uz aeraciju (180 o/min). U određenim vremenskim intervalima su uzimani uzorci, prenošeni na mikroskopske pločice, fiksirani i bojeni metilenskim plavim. Posmatranje i merenje bakterijskih ćelija (najmanje 100 ćelija u uzorku) je vršeno pomoću "Amplival" optičkog mikroskopa pri uvećanju od 400x.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Iz literature je poznato da T-2 toksin oštećuje DNK (Ueno, 1977; Agrelo i Schoental, 1980; Lafarge-Frayssinet, 1981; Kiessling 1986), pa smo korišćenjem divljeg tipa *E. coli* K12 i različitih mutanata defektnih u rekombinaciji i postreplikativnoj reparaciji (*rec* sojevi) pokušali da detaljnije ispitamo efekat ovog mikotoksina na DNK. Testirali smo toksičnost T-2 toksina ispiti-

vanjem delovanja različitih doza na preživljavanje bakterija, kao i tip oštećenja na DNK molekulu. Ukoliko bi T-2 toksin dovodio do prekida u molekulu DNK, očekivali bismo da rekombinacija bude uključena u reparaciju nakon delovanja toksina. Poređenjem preživljavanja mutanata sa različitim defektima u rekombinacionoj reparaciji jednolančanih ili dvolančanih prekida pokušali smo da bliže odredimo da li T-2 toksin prvenstveno dovodi do jedno - ili dvolančanih prekida DNK. Osim toga, pošto je poznato da agensi koji oštećuju DNK dovode do SOS odgovora (Walker, 1985) ispitivali smo i potencijal T-2 toksina za indukciju jedne od SOS funkcija - ćelijske filamentacije, koju smo koristili kao meru nivoa SOS indukcije.

Na osnovu studija konjugacione rekombinacije kod *E. coli*, nađeno je da postoje tri alternativna puta rekombinacije i postreplikativne reparacije: RecBC(D)-zavisan, RecF-zavisan i RecE-zavisan put (Clark, 1974; Wang i Smith, 1984), pri čemu sva tri puta zahtevaju prisustvo funkcionalnog RecA proteina, koji je produkt *recA* gena. Ovaj protein je neophodan za homolognu rekombinaciju kod *E. coli*, a uz to reguliše i indukciju SOS odgovora (Armengod, 1982; Walker, 1985). RecBC(D) put je konstitutivan i kod divljeg soja se 99% rekombinacije odvija RecBC(D) putem (Clark, 1973). *recB*, *recC* i *recD* geni kodiraju subjediniće enzima egzonukleaze V (RecBCD enzima).

RecB i *recC* mutanti su nevarijabilni, defektni u rekombinaciji i osetljivi na agense koji oštećuju DNK (Clark, 1973).

U odsustvu Exo V (kod *recB*, *recC* mutanata) dodatne mutacije u *sbcb* i *sbca* genima mogu dovesti do uspostavljanja rekombinacije aktiviranjem RecF, odn. RecE puteva rekombinacije (Clark, 1974; Walker, 1985). Za funkcionisanje RecF puta su, osim produkta *recA* gena, neophodni i produkti *recF*, *recN*, *recJ*, *ruv*, *recO*, *recQ*, i *uvrD* (*recL*) gena (Walker, 1984; Smith, 1988). Pojedinačne mutacije u genima RecF puta imaju malog efekta na konjugacionu rekombinaciju u *recBC*⁺ sojevima, ali mutanti pokazuju različitu osetljivost na agense koji oštećuju DNK. Tako su npr. *recF* mutanti osetljivi na agense koji oštećuju DNK i defektni u rekombinaciji plazmida i λ fag-profag rekombinaciji (Armengod, 1981). RecN mutanti su osetljivi na mitomicin C i jonizujuće zračenje, dok je osetljivost na UV-zračenje neznatno povećana u odnosu na divlji soj (Pickslley i sar., 1984). Različita osetljivost mutanata u genima koji pripadaju RecF putu je posledica njihovog različitog udela u reparaciji pojedinih tipova lezija na DNK. Prema tome, pretpostavlja se da je glavna uloga RecF puta u reparaciji DNK. Većina gena ovog puta je pod SOS regulacijom, pa se put aktivira pri oštećenjima DNK, u toku indukcije SOS odgovora. Studiranjem efekata UV-zračenja na različite *rec* mutante *E. coli* nađeno je da je RecBC put potreban u reparaciji dvolančanih prekida na DNK (koji nastaju od nerepariranih jednolančanih prekida), a da je RecF put uglavnom odgovoran za popunjavanje jednolančanih prekida u novosintetisanoj DNK.

3.1. EFEKAT T-2 TOKSINA NA PREŽIVLJAVANJE *rec* MUTANATA

U toku ovog rada je ispitivan efekat T-2 toksina (koncentracija 0-100 μ g/ml) na preživljavanje izogenih sojeva *E. coli* koji poseduju mutacije u različitim *rec*

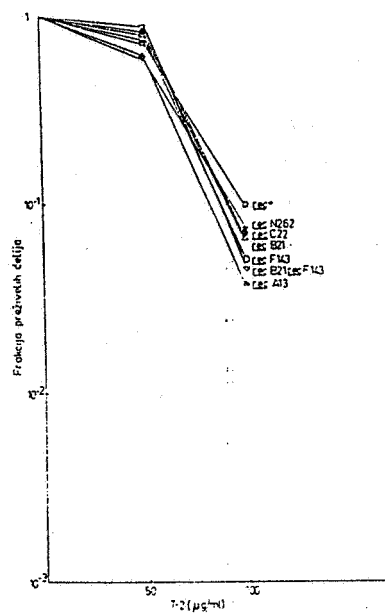
genima i pokazuju različitu efikasnost reombinacionih puteva u reparaciji indukovanih DNK oštećenja.

Rezultati dobijeni ispitivanjem preživljavanja *rec* mutanata posle tretiranja rastućim koncentracijama T-2 toksina u trajanju od deset minuta su prikazani na sl. 1. Zapaža se da se sa povećanjem koncentracije T-2 toksina smanjuje preživljavanje svih ispitivanih bakterijskih sojeva. Svi *rec* sojevi pokazuju nešto slabije preživljavanje od *rec*⁺ soja. *RecA* mutant, defektan u homologoj rekombinaciji, post-replikativnoj i SOS-inducibilnoj reparaciji pokazuje povećanu osetljivost u odnosu na sve ispitivane sojeve, mada se ne zapaža velika razlika u preživljavanju između *recA* soja i divljeg soja, dok ostali *rec* mutanti pokazuju intermedijerno preživljavanje u odnosu na njih. Koncentracija T-2 toksina od 50 µg/ml nema značajniji toksični efekat na ispitivane bakterijske sojeve, već se tek sa koncentracijom od 100 µg/ml smanjuje njihovo preživljavanje. Ovakva priroda krive, gde se zapaža manja osetljivost bakterijskih ćelija do koncentracije od 50 µg/ml, može ukazivati na to da su oštećene druge komponente u ćeliji koje pri tretiranju većim dozama T-2 toksina povećavaju osetljivost ćelija.

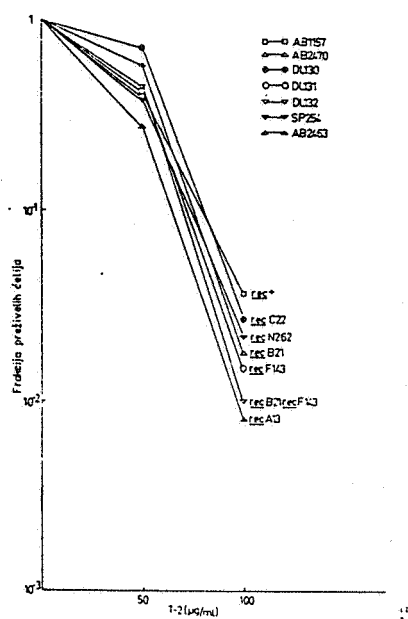
Da bi se bolje ispoljio efekat T-2 toksina, uzimani su uzorci nakon tretiranja u trajanju od 40 min, a rezultati su prikazani na sl. 2. Posle produženog delovanja T-2 toksina, preživljavanje svih ispitivanih sojeva se smanjuje, a najveću osetljivost pokazuju *recA* i *recBrecF* sojevi, defektni u homologoj rekombinaciji i postreplikativnoj reparaciji. Kod svih sojeva se zapaža, kao i kod 10-minutnog tretiranja, blago opadanje preživljavanja do koncentracije od 50 µg/ml i naglo opadanje do koncentracije od 100 µg/ml.

Preživljavanje *rec* mutanata posle delovanja T-2 toksina koncentracije od 100 µg/ml je sumirano na sl. 3. Među sojevima koji pokazuju intermedijernu osetljivost na T-2 toksin najosjetljiviji je *recF* mutant, koji je defektan u reparaciji DSG (daughter strand gaps). Nešto manje osetljivi od *recF* soja su *recB* i *recC* sojevi, koji su defektni u konstitutivnoj reparaciji dvolančanih prekida DNK i veoma osetljivi na bleomicin i UV-zračenje (Simić i sar., 1990), kao i *recN* soj, defektan u SOS inducibilnoj reparaciji dvolančanih prekida. Pošto u literaturi postoje podaci da T-2 toksin izaziva jednolančane prekide DNK (Laffarge-Frassinet i sar., 1981), možda se nešto povećana osetljivost sojeva koji nose *recF* mutaciju može objasniti njihovim defektom u reparaciji jednolančanih prekida. U eksperimentima sa eukariotskim organizmima dobijena su ozbiljna oštećenja DNK (jednolančani prekidi) limfoidnih organa pacova, i to posle kratkog izlaganja dejstvu T-2 toksina, dok na hepatičnoj DNK nisu konstatovana oštećenja (Laffarge-Frassinet i sar., 1981). Schoental i Joffe (1974) su takode, pri indukovanju lezija kod Rodentia, dobili najveća oštećenja DNK u limfoidnim tkivima, kao i u plućima i digestivnom traktu.

Prema preživljavanju ispitivanih sojeva, vjerovatno da rekombinacija nije značajna kao mehanizam reparacije nakon delovanja T-2 toksina. Može se pretpostaviti da formiranje prekida u molekulu DNK nije primarni mehanizam delovanja ovog toksina ili da se oni posle formiranja brzo repariraju, pa nisu mogli da se



Sl. 1. Kriva preživljavanja *rec* sojeva tretiranih T-2 toksinom u trajanju od 10 min



Sl. 2. Kriva preživljavanja *rec* sojeva tretiranih T-2 toksinom u trajanju od 40 min

zapaze kroz smanjenje preživljavanja. Moguće je da se prekidi brzo repariraju na neki drugi način (reparativnom resintezom), pa se ne indukuje reparacije rekombinacijom. Moguće je da T-2 toksin nema direktno dejstvo na molekul DNK, ili da inhibicijom sinteze proteina inhibira i sintezu enzima koji učestvuju u reparaciji, pa oštećenja ne mogu da se repariraju, pri čemu bi trebalo ispitati molekularni mehanizam njegovog dejstva.

3.2. ČELIJSKA FILAMENTACIJA INDUKOVANA T-2 TOKSINOM U *rec* SOJEVIMA

U našim eksperimentima smo određivali potencijal T-2 toksina za indukciju SOS funkcija kod *rec*⁺ i *recF* sojeva, što je praćeno preko jedne od SOS funkcija - čelijske filamentacije.

Fiziološki odgovori koji se javljaju u ćeliji posle delovanja različitih agenasa koji oštećuju DNK ili zaustavljaju replikaciju DNK, formiranjem SOS signala dovode do indukcije SOS funkcija, među kojima je i čelijska filamentacija.

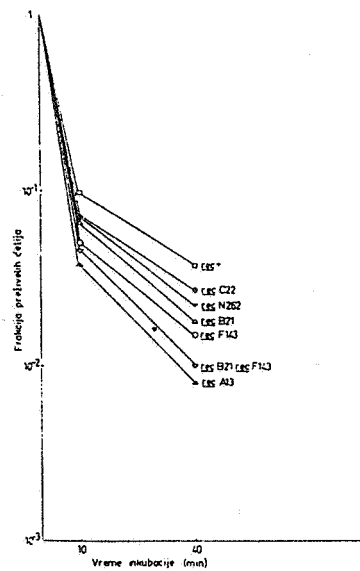
SOS regulacioni sistem je kontrolisan produktima *recA* i *lexA* gena, i u neindukovanoj ćeliji LexA protein djeluje kao represor velikog broja gena, uključujući i sopstveni i *recA* gen. LexA protein u neindukovanoj ćeliji održava sintezu RecA proteina na niskom nivou. Kada dođe do oštećenja DNK, formira se SOS indukujući signal koji aktivira bazalnu količinu RecA proteina. Aktivirani RecA protein razlaže LexA represor, što dovodi do povećane sinteze RecA proteina i drugih genskih produkata (Walker, 1985). Posle reparacije oštećenja na DNK, nestaje SOS indukujući signal i nagomilava se LexA represor koji se vezuje za SOS gene, čime se ćelija vraća u neindukovano stanje (Walker, 1985).

Jedan od gena koji je pod kontrolom LexA represora je *sfiA* (*sulA*) gen, čiji je produkt odgovoran za inhibiciju čelijske deobe pri čemu se kao posljedica javlja filamentozni rast bakterijskih ćelija (Huisman i D'Ari, 1983).

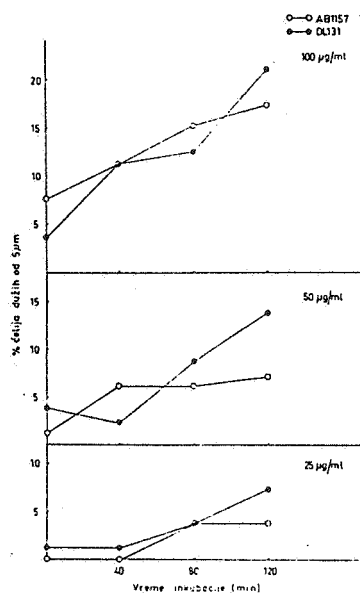
Na slici 4 su prikazani rezultati ovih eksperimenata. Zapaža se veće izduživanje ćelija kod *recF* soja u odnosu na divlji tip na svim koncentracijama, mada je procenat filamenata mali u poređenju sa procentom izduživanja ćelija pri delovanju nekih potentnih SOS-indukujućih agenasa, kao što je npr. bleomicin (Knežević-Vukčević i sar., 1987). Sa povećanjem koncentracije T-2 toksina konstatovan je porast dužine filamenata kod oba soja, tako da je najveći procenat filamenata nađen na koncentraciji T-2 toksina od 100 µg/ml. Auffray i Boutibonnes (1986) su tokom ispitivanja genotoksičnosti nekih mikotoksina koristeći *E. coli* u SOS spot testu našli da je T-2 toksin negativan kao SOS-indukujući agens i da je jedini detektovani efekat bio toksični, što se manifestovalo odsustvom rasta oko filtera sa T-2 toksinom.

Ueno i sar. (1978) su u Ames-ovom testu sa *S. typhimurium* konstatovali da T-2 toksin ne pokazuje mutagenost.

SOS-indukcija dobijena u našim eksperimentima nije značajna, što ponovo navodi na pretpostavku da T-2 toksin nije izazvao brojna oštećenja u DNK ili da su se ta oštećenja brzo reparirala, pa nisu indukovala SOS-odgovor.



Sl. 3. Kriva preživljavanja *rec* sojeva tretiranih T-2 toksinom koncentracije 100 µg/ml



Sl. 4. Čelijska filamentacija indukovana T-2 toksinom

4. ZAKLJUČAK

Testiranjem efekta T-2 toksina na preživljavanje *rec* mutanata i ispitivanjem njegove sposobnosti da indukuje SOS-odgovor dobijene su indikacije da T-2 toksin u ispitivanim koncentracijama dovodi do malog broja prekida u DNK ili da se oni brzo repariraju i da je slab SOS-induktor.

SOME T-2 TOXIN EFFECTS ON *rec* MUTANTS OF *Escherichia coli*

S u m m a r y

T-2 toxin effects on bacterial DN were investigated by using bacterial strains, derivatives of *E. coli* K12.

Since T-2 toxin is known to induce DNA damages in eucaryotic cells, the effect of different concentrations (50 and 100 $\mu\text{g/ml}$) of T-2 toxin on bacterial survival was tested.

Exposure of *E. coli* to agents that damage DNA or interfere with DNA replication results in the induction of a diverse set of physiological responses termed SOS functions. These responses include, among others, inhibition of cell division which leads to filamentation. Various T-2 toxin concentrations (25, 50 and 100 $\mu\text{g/ml}$) for inducing SOS functions in *rec*⁺ and *recF* strains were studied.

The results obtained indicate that T-2 toxin in the used concentrations leads to a small number of DNA breaks which are relatively rapidly repaired.

L I T E R A T U R A

- Agrelo, C. E., Schoental, R. (1980): *Synthesis of DNA in human fibroblasts treated with T-2 toxin and HT-2 toxin (The trichothecene metabolites of Fusarium species) and the effects of hydroxyurea*. Toxicol. Lett., 5, 155-160.
- Anderson, D. W., Black, R. M., Lee, C. G., Pottage, C., Rickard, R. L., Sandford, M. S., Webber, T. D., Williams, N. E. (1989): *Structure-activity studies of trichothecenes: cytotoxicity of analogues and reaction products derived from T-2 toxin and neosolaniol*. Journal of Medicinal Chemistry, 32, 555-562.
- Armengod, M. E. (1981): *Role of the recF gene of Escherichia coli K12 in recombination*. Mol. Gen. Genet., 181, 497-504.
- Armengod, M. E. (1982): *RecF-dependent recombination as a SOS function*. Biochimie, 64, 629-632.

Zahvalnica: Eksperimentalni deo rada je urađen na Katedri za mikrobiologiju Instituta za botaniku Biološkog fakulteta PMF-a Univerziteta u Beogradu, Veoma sam zahvalna prof. dr Dragi Simić i dr Jeleni Knežević-Vukčević za pažnju, stručnu pomoć i korisne sugestije u toku rada i konačne obrade rezultata.

- Auffray, Y., Boutibonnes, P. (1986): *Evaluation of the genotoxic activity of some mycotoxins using Escherichia coli in the SOS spot test*. Mutation Res., 171, 79-82.
- Bamburg, J. R., Strong, F. M. (1971): *12,13-Epoxytrichothecenes*. U: Microbial toxins (S. Kadis, A. Ciegler and S. J. Ajl eds.) VII, 207-292, Academic Press, New York.
- Burmeister, H. R., Hesseltine, C. W. (1970): *Biological assays for two mycotoxins produced by Fusarium tricinctum*. Appl. Microbiol., 20, 437-440.
- Clark, A. J. (1973): *Recombination deficient mutants of E. coli and other bacteria*. Annu. Rev. Genet., 7, 67-86.
- Clark, A. J. (1974): *Progress toward a metabolic interpretation of genetic recombination of Escherichia coli and bacteriophage lambda*. Genetics, 78, 259-271.
- Huisman, O., D'Ari, R. (1983): *Effect of suppressors of SOS mediated filamentation on *sfiA* operon expression in Escherichia coli*. J. Bacteriol., 153, 169-175.
- Kiessling, K. H. (1986): *Biochemical mechanism of action of mycotoxins*. Pure & Appl. Chem. 58, 327-338.
- Knežević-Vukčević, J., Vuković, B., Simić, D. (1987): *Role of rec genes in SOS-induced inhibition of cell division in Escherichia coli*. Mutation Res., 192, 247-252.
- Laffarge-Frayssinet, C., Decloitre F., Mousset, S., Martin, M., Fraysinet (1981): *Induction of DNA single-strand breaks by T-2 toxin, a trichothecene metabolite of Fusarium. Effect on lymphoid organs and liver*. Mutation Res., 88, 115-123.
- Picksley, S. M., Attfield, P. V., Lloyd, R. G. (1984): *Repair of DNA double-strand breaks in Escherichia coli K-12 requires a functional recN product*. Mol. Gen. Genet., 195, 267-274.
- Schoental, R., Joffe, A. Z. (1974): *Lesions induced in rodents by extracts from cultures of Fusarium poae and F. sporotrichioides*. J. Pathol. 112, 37-42.
- Smith, G. R. (1988): *Homologous recombination in procaryotes*. Microbiol. Rev., 52, 1-28.
- Simić, D., Vuković-Gačić, B., Knežević-Vukčević, J. (1990): *Participation of rec genes of Escherichia coli K-12 in W-reactivation of UV-irradiated phage Lambda*. Mutation Res., 243, 159-164.
- Ueno, Y., Kubota, K. (1967): *DNA-attacking ability of carcinogenic mycotoxins in recombination-deficient mutant cells of Bacillus subtilis*. Cancer Res., 36, 445-451.
- Ueno, Y., (1977): *Mode of action of trichothecenes*. Pure & Appl. Chem., 49, 1737-1745.
- Ueno, Y., Kubota, K., Ito, T., Nakamura, Y. (1978): *Mutagenicity of carcinogenic mycotoxins in Salmonella typhimurium*. Cancer Res., 38, 536-542.
- Ueno, Y. (1984): *Toxicological features of T-2 toxin and related trichothecenes*. Fund. Appl. Toxicol., 4, 124-132.
- Walker, G. C. (1984): *Mutagenesis and inducible responses to deoxyribonucleic acid damage in Escherichia coli*. Microbiol. Rev., 48, 60-93.
- Walker, G. C. (1985): *Inducible DNA repair systems*. Ann. Rev. Biochem., 54, 425-457.
- Wang, T. V., Smith, K. C. (1984): *RecF-dependent and recFrecB-independent DNA gap-filling repair processes transfer dimer-containing parental strands to daughter strands in Escherichia coli K-12 uvrB*. J. Bacteriol., 158, 727-729.

UTICAJ T-2 TOKSINA NA ZDRAVLJE KOKOŠAKA, NOSIVOST I INKUBACIJU JAJA

ŠANDOR Š. TOBIAŠ, ISIDOR RAJIĆ

*Veterinarski zavod "Subotica", Subotica
Veterinarski fakultet, Beograd*

Apstrakt. U eksperimentu autori su ispitivali uticaj na proizvodnju i zdravstveno stanje kokošaka T-2 toksina dodatog u krmne smeše za nosilje u količini 1 mg, 5 mg i 10 mg u kg.

Na osnovu dobijenih rezultata izvedenog oglada utvrđeno je da je T-2 toksin u svim upotrebljenim koncentracijama doveo do pada proizvodnje i do stvaranja nekrotičnih promena na jeziku i na sluzokoži usne duplje. Upotreba većih količina T-2 toksina u hrani (5 mg i 10 mg/kg) prouzrokovala je jednu klinički manifestnu intoksikaciju, a na patoanatomskoj obdukciji kod tih kokoši ustanovljena je atrofija jetre i atrofija genitalnih organa.

U V O D

Prisustvo mikotoksina u hrani za živinu ima veliki naučni, medicinski i ekonomski značaj. Mikotoksini povećavaju mortalitet, smanjuju proizvodnju jaja i mesa i povećavaju konverziju hrane.

Procenjuje se da postoji oko 100.000 vrsta gljivica plesni, od kojih preko 220 vrsta ima sposobnost produkcije toksina i toksičnih metabolita. Sposobnost stvaranja mikotoksina neke plesni zavisi od njene genetske predispozicije, ali, s druge strane, i od spoljašnjih faktora.

Prema izveštajima nekih autora, plesni u svom prvom razvojnem stadijumu obavljaju primarni metabolizam s naglašenim anaboličkim procesima, sintetizirajući za svoj rast i razvoj potrebna organska jedinjenja (proteine, aminokiseline, ugljenohidrate, masti). Ovi primarni metaboliti nisu toksični. Kod plesni koje se približavaju kraju svog razvoja pojavljuju se vegetativne ćelije koje obrazuju koni-

dijume, umesto anaboličnih preovladavaju katabolički procesi, a posledica toga je stvaranje sekundarnih metabolita. Mikotoksini su uglavnom ovakvi sekundarni metaboliti sastavljeni od jednostavnih jedinjenja koja obično sadrže C, H, O, a samo neki N i Cl. To su etilalkohol, kumarini, pireni, trihoteceni, makrolidi, peptidi i drugi. Upravo zbog hemijske razlike, mikotoksini ispoljavaju selektivno dejstvo na pojedina tkiva, odnosno nervno, kožno, bubrežno, krvno i polne organe.

Mikotoksini su srodni antibioticima, koje proizvode neke gljivice plesni baš kao i mikotoksine. Međutim, dok su antibiotici korisni u humanoj i veterinarskoj medicini, mikotoksini su opasni i štetni. Oni deluju na organizam direktno oštećujući organe i organske sisteme, ili indirektno poremećujući sintezu belančevina, a time dovode do smanjenja otpornosti organizma.

Dejstvo mikotoksina se ispoljava u akutnom, subakutnom i hroničnom obliku. Klinička slika mikotoksikoza živine zavisi od vrste mikotoksina, vrste i kategorije živine, količine mikotoksina u hrani i dužine ishrane kontaminiranom hranom.

Za naše geografsko i klimatsko područje izuzetno veliki ekonomski i medicinski značaj imaju fuzario-toksini. Svi toksični metaboliti *Fusarium* plesni mogu se podeliti na fuzario-toksine sa estrogenim dejstvom (F-2, alfa-zearalenol, beta-zearalenol itd.) i na trihotecene (T-2, toksin, DAS, DON, nivalenol, HT-2 itd.).

Trihoteceni pripadaju velikoj grupi hemijskih jedinjenja, koja obuhvataju do 70 mikotoksina.

Invadiranost hraniva i krmnih smeša ovako brojnim fuzario-toksinima je vrlo velika. Kukuruz i krmne smeše za živinu mogu da budu invadirani i preko 60% uzoraka, zavisno od godine i geografskog područja.

Cilj ovoga rada je da поближе izuči uticaj T-2 toksina dodatog u krmne smeše na zdravstveno stanje i proizvodnju kokošaka nosilja.

MATERIJAL I METODE RADA

Ogled je izveden po grupno kontrolnom sistemu. Sto nosilja hibridne linije SSL i deset petlova podeljeno je u 10 grupa. U toku ogleda, u trajanju od 28 dana, kokoške su hranjene krmnim smešama istog sastava, s tim što je smješa za K grupu bila bez mikotoksina, a u krmne smješe za ogledne grupe dodat je T-2 toksin i to 1 mg u kg kod I, II i III grupe, 5 mg u kg kod IV, V i VI grupe i 10 mg u kg kod VII, VIII i IX grupe.

Ogledni uzorak potrebnog T-2 toksina proizveden je u laboratoriji Instituta za unapređenje poljoprivrede u Budimpešti.

Soj *Fusarium sporotrichioides* biotip 216 izolovan je iz krmne smeše za živinu. Nakon prethodnog umnožavanja na selektivnoj hranljivoj podlozi, *Fusarium* soj inokulisan je u sterilisanu podlogu sačinjenu od pirinča uz dodatak glukoze i inkubiran tri nedelje. U toku prve i treće sedmice inkubiranja je vršeno na

20-22°C, dok je u drugoj nedelji podloga držana na temperaturi 5-8°C. Nakon završenog inkubiranja i umnožavanja, substrat je osušen na temperaturi od 60°C i samleven. Metodom gasne hromatografije određena je koncentracija T-2 toksina.

Radi praćenja telesnog prirasta, kokoške su merene pojedinačno na početku ogleda i na kraju svakog sedmodnevnog perioda. Prilikom merenja registrovan je i utrošak hrane za svaku grupu. Prikupljanje i registrovanje snesenih jaja vršeno je svakodnevno. Sva proizvedena jaja koja su po obliku, veličini i kvalitetu odgovarala za nasad uložena su u inkubator. Lampiranje jaja izvršeno je 8. dana inkubiranja. U toku lampiranja neoplođena jaja su izdvojena i registrovan je njihov broj. Jaja u inkubatoru su ostala do 18. dana, a tada su premeštana u ležionik. Posle izležanja, 21. dana inkubiranja, izvršeno je brojanje zdravih, vitalnih pilića, a isto vreme evidentiran je i broj uginulih embriona kao i broj avitalnih pilića.

Na kraju ogleda kokoške su žrtvovane. Izvršena je patoanatomska sekcija. Registrovane su patomorfološke promene, a istovremeno uzeti i uzorci tkiva promenjenih organa za histološko ispitivanje.

DOBIJENI REZULTATI SA DISKUSIJOM

Dobijeni rezultati izvedenog ogleda jasno ukazuju da je unošenje 1 mg, 5 mg i 10 mg T-2 toksina u kg krmne smeše dovelo do opadanja TM kokošaka, do smanjenja utroška hrane po hranidbenom danu i do jakog pada nosivosti (tabela 1). Statističke analize su pokazale da se smanjenje tih proizvodnih pokazatelja nalazi u negativnoj i visoko signifikantnoj korelativnoj zavisnosti od količine T-2 toksina u krmnim smešama.

Opadanje dnevne konzumacije hrane u toku T-2 toksikoze, u stručnoj literaturi opisano je od strane nekih autora (Kovács, 1980; Bitay i sar., 1981; Pálfi i Kupai, 1986; Tuttle, 1986). Ovi autori ističu da T-2 toksin, isto kao i drugi fuzario-toksini iz grupe trihotecena, poseduje jedan faktor (refusal of feed factor, faktor odbijanja), koji kod domaćih životinja dovodi do odbijanja hrane. Mehanizam dejstva refusal factora nije još razjašnjen, ali zahvaljujući postojanju tog faktora mortalitet je kod T-2 toksikoze mnogo manji.

U toku T-2 toksikoze do smanjenja TM nosilja i do pada nosivosti dolazi verovatno zbog smanjene dnevne konzumacije hrane, što povlači za sobom i smanjenje količine dnevno konzumiranih proteina i drugih hranljivih materija koje su neophodne za podmirenje uzdržnih i produktivnih potreba nosilja. U novije vreme takođe je dokazano da T-2 toksin u ćelijama inhibira sintezu proteina i dezoksiribonukleinskih kiselina (Kovács, 1980, Gedeck, 1980). Ako se tome dodaju teške atrofične promene na polnim organima kokoši, koje se javljaju u toku T-2 toksikoze, onda etiologiju pada nosivosti uopšte nije teško protumačiti.

Tabela 1. PROIZVODNI REZULTATI KOKOŠAKA

Grupe kokošaka	K	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Dodato T-2 toksina, mg/kg	-	1	1	1	5	5	5	10	10	10
Broj kokoši										
Na početku ogleda	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Na kraju ogleda	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Prosečna TM, kg										
Na početku ogleda	1,91	1,94	1,89	1,88	1,94	1,93	1,92	1,92	1,92	1,91
Index	100	101,57	98,95	98,43	101,57	101,05	100,52	100,52	100,52	100
Na kraju ogleda	2,01	1,88	1,84	1,96	1,69	1,76	1,75	1,55	1,65	1,57
Index	100	93,53	91,54	97,51	84,08	87,56	87,06	77,11	82,09	78,11
Utrošak hrane po hranidbenom danu 1-28. dana										
Utrošak hrane, kg	0,139	0,110	0,125	0,124	0,064	0,083	0,083	0,041	0,052	0,039
Index	100	79,14	89,93	89,21	46,04	59,71	59,71	29,50	37,41	28,06
Broj snesenih jaja i intenzitet nosivosti 1-28. dana										
Broj jaja	256	208	223	224	78	102	82	52	61	54
Nosivost, %	91,43	74,29	79,64	80,00	27,87	36,43	29,29	18,57	21,79	19,29
Indeks	100	81,25	87,10	87,50	30,48	39,84	32,04	20,31	23,83	21,10

Tabela 2. PROCENAT NEOPLOĐENIH JAJA

Grupa kokošaka	Periodi ogleda, dana				Index
	I 1-7.	II 8-14.	III 15-28.	Prosečno 1-28.	
K	5,0	2,5	7,5	5,0	100
I	7,5	6,7	50,0	22,7	454,6
II	5,0	13,3	45,0	21,8	436,4
III	17,5	23,3	55,0	32,7	654,6
IV	2,5	33,3	80,0	18,2	363,6
V	2,5	13,8	60,9	20,7	413,0
VI	15,0	23,8	80,0	26,8	535,2
VII	15,0	10,0	100,0	17,3	346,2
VIII	10,0	22,02	100,0	18,9	377,4
IX	17,5	33,3	100,0	20,5	409,0

Tabela 3. PROCENAT IZLEŽENJA

Grupa kokošaka	Periodi ogleda, dana				Index
	I 1-7.	II 8-14.	III 15-28.	Prosečno 1-28.	
K	87,5	92,5	80,0	86,6	100
I	87,5	86,6	40,0	70,0	80,8
II	87,5	80,0	52,0	66,4	76,7
III	77,5	53,3	35,0	55,5	64,1
IV	90,0	52,4	0	71,2	82,2
V	92,5	82,8	26,0	72,8	84,1
VI	77,5	66,7	10,0	64,8	74,8
VII	80,0	80,0	0	76,9	88,8
VIII	82,5	55,5	0	71,7	82,8
IX	72,5	33,3	0	45,5	52,5

T-2 toksin, u uslovima ovih istraživanja, imao je negativan uticaj i na oplođenost jaja (tabela 2). Depresivan efekat T-2 toksina naročito je jako ispoljen u periodu od 15-28. dana, gde je povećanje broja neoplođenih jaja bilo statistički visoko značajno ($P < 0,01$) i nalazilo se u pozitivnoj, visoko signifikantnoj korelativ-

Tabela 4. ZAVISNOST PROCENATA IZLEŽENJA OD NIVOVA T-2 TOKSINA U HRANI

Pokazatelji	Periodi ogleda, dana			
	I 1-7.	II 8-14.	III 15-28.	Prosečno 1-28.
Prosječna izvodljivost, %	83,50	68,31	24,35	68,14
Stand. greška regres.	5,50	15,45	13,42	10,45
Koefic. korelacije	-0,45	-0,52	-0,86	-0,23
Koefic. determinacije, %	19,97	27,04	73,61	5,18
F-test kod regresije	2,48 NS	2,39 NS	12,13 **	0,44 NS
a	86,90	80,07	52,33	71,17
b	-0,71	-2,45	-5,83	-0,64
t-test za b	1,29 NS	1,02 NS	4,74 **	0,67 NS

** visoko signifikantno ($P < 0,01$)

NS nije signifikantno ($P > 0,05$)

noj zavisnosti sa količinom T-2 toksina u hrani. U ostalim periodima, kao i u proseku za ceo eksperiment, ovo povećanje je manje i bez statističke značajnosti ($P > 0,05$).

Iz podataka tabele 3 se vidi da je broj izloženih pilića bio najveći u K grupi kokošaka, dok je u oglednim grupama prisustvo T-2 toksina u hrani dovelo do smanjenja procenta izleženja.

Između količine T-2 toksina u hrani i procenata izleženja postajala je negativna korelativna zavisnost (tabela 4). Koeficijent korelacije je iznosio -0,45 u prvom periodu, -0,52 u drugom, -0,86 u trećem i -0,23 u prosjeku za ceo eksperiment, a koeficijent determinacije istim redosledom 19,97%, 27,04%, 73,61% i 5,18%. Utvrđeni F-test kod regresije kao i t-test za koeficijent b pokazali su da je ova korelativna zavisnost statistički visoko značajna u trećem periodu ($P < 0,01$), a u ostalim periodima, kao i u proseku za ceo ogled, ona je statistički nesignifikantna ($P > 0,05$).

Činjenica da je T-2 toksin svoje najjače depresivno dejstvo na sposobnost izleženja i na oplodjenost jaja ispoljio u periodu od 15-28. dana je dokaz kumulativne sposobnosti tog mikotoksina u organizmu. Na ovu sposobnost T-2 toksina ukazuje S a r k i s o v (1971) kao i P á l f y i K u p a i (1986).

Mada u toku ogleda nijedna kokoš nije uginula, ipak su kokoške koje su u hranu primale 5 i 10 mg/kg T-2 toksina već u drugoj nedelji ogleda počele pokazivati znakove trovanja. Klinički simptomi konstatovani u ovom eksperimentu bili su: anoreksija, somnolencija, nakostrešenost perja, mršavost, cijanoza krste i podbradnjaka, bolnost u ustima. Ovi znaci navode se u radovima nekih istraživača (M e s t e r h á z y i s a r., 1972; B i t a y i s a r., 1981; K r a l j i s a r., 1987).

Međutim, u ovim radovima opisani su i simptomi, kao povećana žeđ, povećano uginuće i potkožni edemi na prednjem delu tela, koji u našim ispitivanjima nisu primećeni.

Na patoanatomskoj sekciji u kokoši svih oglednih grupa zapažena je nekroza vrha jezika i nekrotične lezije sluznice usne duplje. Povećana, drobljiva, masno infiltrirana jetra ustanovljena je u kokoši I, II i III grupe. Međutim, kod kokošaka koje su hranom primale 5 i 10 mg/kg T-2 toksina jetra je bila atrofična. Histološkom analizom ustanovljena je masna distrofija njenih ćelija. Testesi kod petlova bili su izrazito smanjeni, atrofični, a mikroskopski je evidentirana atrofija epitela semenih kanalića. Jajnici kod nosilja takođe su bili atrofični, a histološki nalaz je ukazao na atrofiju ovarijalnih folikula.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu dobijenih rezultata izvedenog ogleda mogu se izvući sledeći zaključci:

1) T-2 toksin u svim upotrebljenim koncentracijama (1 mg, 5 mg i 10 mg u kg hrane) doveo je u kokoši nosilja do pada proizvodnje. Smanjenje proizvodnih

pokazatelja nalazilo se u statistički visoko signifikantnoj korelativnoj zavisnosti od količine T-2 toksina u hrani;

2) T-2 toksin kod kokoši svih oglednih grupa doveo je do nekroze vrha jezika i do stvaranja nekrotičnih lezija na sluzokoži usne duplje. Intenzitet nekrotičnih promena bio je srazmeran količini T-2 toksina u hrani;

3) Veće količine T-2 toksina (5 i 10 mg u kg hrane) prouzrokovale su jednu klinički manifestnu intoksikaciju sa znacima anoreksije, somnolencije, cijanoze kreste i podbradnjaka i bolnosti sluzokože usne duplje;

4) Pod dejstvom 5 i 10 mg T-2 toksina u kg hrane došlo je do atrofije jetre sa masnom distrofijom hepatocita i do atrofije genitalnih organa.

THE EFFECT OF T-2 TOXIN ON HEALTH, EGG PRODUCTION AND EGG INCUBATION IN LAYING HENS

S u m m a r y

The authors tested in experiments the effect of T-2 toxin, added to layer diet in the amount of 1 mg, 5 mg and 10 mg/kg respectively, on production and health status of laying hens.

The results of the trial showed that T-2 toxin in all concentrations it was used depressed the production and caused necrotic changes on tongue and mucosa in oral cavity. Higher concentrations (5 mg and 10 mg/kg, respectively) of T-2 toxin caused clinical intoxication and the postmortal pathoanatomical examination revealed in those hens atrophy of liver and of genital organs.

L I T E R A T U R A

- Bitay, Z., Glávits, R., Sándor, Gabriella, Balázs, K. (1981): *Pecsenyecsirkék T-2 mikotokikózisának gyakorlati előfordulása*. Magyar Állatorvosok Lapja, 36; 491-495.
- Gedek Brigitte (1980): *Kompendium der medizinischen Mykologie*. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- Kovács F. (1980): *Állathigiénia*. Mez. Kiadó, Budapest.
- Kralj, M., Danica Marjanović, Dubravka Beker, Ankica Nemanic, Blanka Mitrović, Branka Mršić, Bubić, A., Čuljak, K. (1987): *Epizootska pojava otrovanja mikotoksinima iz hrane u hibrida lakih pasmina nesilica jaja za konzum*. VI Kongres veterinarara i veterinarskih tehničara Jugoslavije. Zagreb, 353-367.
- Mesterházy, A., Palyusik, M., Rotko, Cecilia (1972): *A takarmányok gombás fertőzőségének és a fertőzött takarmányok etetésének következményei*. Mez. Kiadó, Budapest, 91-98.
- Pálfi, Katalin, Kupai, J. (1986): *Egészséges takarmányt za üzembe*. Mez. Kiadó, Budapest, 25-44.

Sarkisov, A. Ch. (1971): *Mycotoxikozisok*. Magyar Állatorvosok Lapja, 26: 317-323.

Tuttle, W. L. (1986): *Mold problems in animals production*. Savjetovanje "Župa '86", 4-20.

EKSPERIMENTALNA INTOKSIKACIJA KUNIĆA MIKOTOKSINOM T-2

S. TOPOLKO, M. ŽURIĆ, MIROSLAVA MUNK I VERA AUSLENDER-UJEVIĆ

Veterinarski institut, Zagreb

Apstrakt. Kunići su tijekom 21 dana hranjeni ječmom koji je sadržavao T-2 toksin u koncentraciji 0,7 mg/kg (2. grupa) i 1,4 mg/kg (3. grupa). Kod manjeg broja kunića 3. grupe, već 5. dan od početka hranjenja zapažena je pojava proljeva, sa izrazitim znacima žeđi. Hematološkim pretragama u kunića 3. grupe ustanovljen je pad broja eritrocita za 28% u odnosu na kontrolne životinje. Izrazita leukopenija ustanovljena je u kunića 2. i 3. grupe u kojih je broj leukocita bio smanjen za 50%, odnosno 54%. Ukupne bjelancevine seruma kao i bilirubin, značajno su povišeni u kunića 3. grupe. Aktivnost aminotransferaze (ALT i AST) nije se značajnije promijenila u obje grupe u odnosu na kontrolu. Aktivnost alkalne fosfataze (AP) u kunića 2. grupe bila je za 92%, a u 3. grupe za 45% povišena u odnosu na kontrolnu grupu.

Patoloanatomskim i patohistološkim pretragama crijeva u žrtvovanim kunićima 3. grupe, ustanovljena je kataralno hemoragična upala tankog crijeva. U svega tri životinje 2. grupe takve promjene ustanovljene su u znatno blažem stupnju. Umjerena difuzna degeneracija hepatocita u obliku mutnog bubrenja kao i degenerativne promjene u tipu vakuolarne degeneracije stanica proksimalnih tubula bubrega, ustanovljene su u kunića 3. grupe. Takve promjene izostale su u kunića 2. grupe.

U V O D

T-2 toksin pripada skupini trihotecenskih mikotoksina, koji posjeduju epoksidni prsten, pa su označeni kao 12,13 epoxytrichotheceni. Najčešće ih produciraju pripadnici slijedećih rodova plijesni: *Fusarium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma* i *Trichothecium* (Ueno, 1975). Danas je poznato preko 40 trihotecenskih mikotoksina koji nastaju na poljoprivrednim kulturama tijekom vegetacije, žetve i uskladištenja (Mirocha i sur., 1976). Sposobnost laboratorijske biosinteze T-2 toksina podložna je velikim varijabilnostima ovisno o starosti sojeva, sastavu hranjive podloge, vlazi, toplini i različitim dodacima koji stimuliraju biosintezu (Ueno, 1975; Aleksandra Bočarov-Stančić i sur., 1986; Topolko i Miroslava

Munk, 1988). Premda je T-2 toksin kemijski stabilan u kunićjem organizmu, pod utjecajem alkalne sredine dolazi do hidrolitičke transformacije u HT-2 toksin, T-2 triol i T-2 tetraol, koji se u najvećoj mjeri izlučuju putem fecesa (Vanyi i sur., 1988).

T-2 toksin pokazuje izrazitu citotoksičnost prema brzo dijelećim stanicama sluznice želuca i crijeva kao i prema limfoidnom i hematopoetskom tkivu (Saito i sur., 1974). Taj mikotoksin djeluje imunosupresivno, posredstvom toksičnog djelovanja na imunokompetentni sustav (Wiskott, 1978; Ankica Nemanich i sur., 1989). T-2 toksin umanjuje sposobnost migracije neutrofila, a time i učinkovitost fagocitoze makrofaga. (Büttner i Bauer, 1988; Niyo i sur., 1988). Sinteza staničnog proteina u prisutnosti T-2 toksina može biti znatno poremećena, budući se vezuje uz DNA i RNA staničnih membrana, koje ponekad može i lizirati (Gyongyossy-Issa, Khachatourians, 1984; 1985).

Eksperimentalnu intoksikaciju pilića T-2 toksinom izazvali su Wyatt i sur., (1972) i Vengušt i sur., (1989), pri čemu su ustanovili zaostajanje u rastu i smanjeni prirast u tovu. Razudbom su ustanovili opsežna krvarenja i nekroze na unutarnjim organima.

Wyatt i sur. (1975) izvještavaju o pojavi intoksikacije T-2 toksinom u nesilica, u kojih je došlo do znatnog pada nosivosti i pojave jaja s tankom ljuskom. Eksperimentalnu T-2 mikotoksikozu u svinja istražio je Pang (1987). Intravenoznom aplikacijom toksina, izazvao je degenerativne i nekrotične promjene na unutarnjim organima. Peroralnom aplikacijom filtrata kultura *F. poae* i *F. sporotrichioides* u zamorčadi i kunića izazvana je leukopenija i krvarenje na sluznici crijeva i u drugim organima (Joffe, 1974). U štakora koji su jeli kukuruz kontaminiran T-2 toksinom ustanovljene su hemoragične i nekrotične promjene u crijevima, jetri i bubrezima (Kosuri i sur., 1971). Značajna biokemijska aktivnost T-2 toksina u štakora i kunića, nakon i/v aplikacije manifestirala se padom aktivnosti AP kao posljedica hepatotoksičkog djelovanja toksina (Chan i Gentry, 1984).

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su izvršena na kunićima pasmine Hyla, prosječne težine 2,5 kg. Kunići su podijeljeni u tri grupe; u prvoj (kontrola) bila su 3 kunića, a u drugoj i trećoj bilo je po 10 kunića. Kunići su tijekom 21 dana hranjeni kontaminiranim ječmom, grupa II 0,7 ppm a grupa III sa 1,4 ppm T-2 toksina, dok je kontrolna grupa hranjena nekontaminiranim ječmom. U prekrupljeni ječam sve tri grupe životinja dodan je vitaminsko mineralni dodatak. Mikotoksin T-2 dobiven je biosintezom dvaju sojeva *Fusarium sporotrichioides*, koji su uzgajani 8 dana na 27°C a nakon toga 20 dana na 7-8°C, na grubo prekrupljenom ječmu s 50% vlage. Identifikacija T-2 toksina vršena je TLC metodom, a kvantifikacija je izvršena direktno s tankog sloja denzitometrijskim mjerenjem "Camag" scannerom. Tijekom pokusa provedene su kliničke i hematološke pretrage kao i biokemijske analize krvnog

seruma. Na žrtvovanim kunićima na kraju pokusa izvršene su patoanatomske i patohistološke pretrage.

Za hematološke i enzimološke pretrage krv je uzimana punkcijom srca 1, 14. i 21. dan. Hemoglobin je određivan metodom po Sahliju; eritrociti i leukociti brojeni su u Ncu Baucrovoj komorici. Alkalna fosfataza te transaminaze (ALT i AST) radene su prema metodama koje preporučuje Komitet za enzimologiju Internacionalne federacije kliničkih kemičara. Bilirubin je rađen po metodi Jendrasik-Gross, a ukupni proteini biuretskom reakcijom.

REZULTATI I RAZMATRANJE

Klinički nalaz

U tri kunića 3. grupe zapažen je proljev već peti dan od početka pokusa. Izmetine su bile kašastog izgleda i mazive konzistencije, a dlake oko analnog otvora bile su uprljane i slijepljene. Do kraja pokusa intenzitet proljeva bivao je čas jači čas slabiji, s povremenom prisutnošću sluzi u izmetu. U tri kunića iste grupe zapaženi su samo povremeno znaci laganog proljeva, dok u četiri kunića nisu zapaženi nikakvi znaci proljeva tijekom pokusa. Uzorci izmetina testirani su u tri navrata na prisutnost tragova krvi, pa je pozitivan nalaz potvrđen u tri kunića s jačim znacima proljeva. Kunići 2. grupe, kao i kontrolni, imali su normalno formirane izmetine, a nisu uočene nikakve druge poremetnje zdravlja.

Potrebno je posebno istaknuti izrazite znakove žeđi u životinja 3. grupe, pa su te životinje popile tri puta veću količinu vode u odnosu na kontrolne. Životinje 2. grupe, utrošile su samo neznatno više vode od kontrolnih. Utrošak hrane u životinja 3. grupe u prosjeku je iznosio 164 g/dan/kunić, a tjelesna težina na početku pokusa bila je u prosjeku 2480 g, odnosno 2260 g na završetku pokusa.

Očividno je da su kunići 3. grupe tijekom pokusa prosječno oslabili za 220 g. Kunići 2. grupe imali su prosječni dnevni utrošak hrane 143 g/dan, a početna prosječna težina kunića iznosila je 2560 g, a na kraju pokusa bili su u prosjeku teški 2520 g, što je neznatni gubitak tjelesne težine od 40 g/kunić. Kontrolni kunići ostvarili su u prosjeku prirast od 40 g/kunić, a utrošak hrane iznosio je 150 g/kunić/dan.

Rezultati hematoloških pretraga

Eritrociti u životinja 2. grupe, 14. dan pokusa bili su povećani za 7%, dok su 21. dan pokusa pokazivali smanjeni broj za oko 13% u odnosu na kontrolnu grupu. U životinja 3. grupe tendencija smanjenja broja eritrocita za 2% ustanovljena je već 14. dan a 21. dan taj pad iznosi 28% u odnosu na kontrolnu grupu. Razlike između srednjih vrijednosti nisu statistički značajne.

Smanjenje broja leukocita za 12% ustanovljeno je u životinja 2. grupe već 14. dan, s daljom tendencijom pada za 50%, 21. dan pokusa u usporedbi s životinjama kontrolne grupe. U treće grupe životinja leukopenija je bila još izraženija,

pa je 14. dan iznosila 15% a 21. dan broj leukocita u usporedbi s kontrolnom grupom životinja bio je smanjen za 54%. Razlika srednjih vrijednosti leukocita kontrolne grupe i treće grupe 21. dan eksperimenta, je statistički značajna ($P < 0,005$).

Koncentracija hemoglobina u životinja 2. grupe bila je 14. dan 4% veća, a 21. dan za 6% manja od srednje vrijednosti kontrolne grupe. U životinja 3. grupe srednja vrijednost konc. hemoglobina 14. dan bila je nepromijenjena u odnosu na kontrolnu, dok je 21. dan za 7% bila manja od kontrolnih životinja. Razlike između srednjih vrijednosti nisu statistički značajne.

Tablica 1. HEMOGRAM KUNIĆA TRETIRANIH MIKOTOKSINOM T-2

	Hemoglobin g/l - dan			Eritrociti $10^{12}/l$ - dan			Leukociti $10^9/l$ - dan		
	1.	14.	21.	1.	14.	21.	1.	14.	21.
I. Kontrolna grupa	n	3		3			3		
	Min.	91		2,69			7,85		
	Max.	141		5,94			15,20		
	M.	123		4,47			11,00		
	S.D.	15,99		1,03			2,96		
	mm	6,06		0,39			1,12		
	K.V.	13		167,8			26,91		
II. Grupa životinja 0,7 mg/kg T-2	n	3	3	3	3		3	3	
	Min.	112	109	3,93	2,87		7,0	4,30	
	Max.	142	119	5,54	5,09		14,10	6,10	
	M.	128	115	4,77	3,90		9,70	5,50	
	S.D.	12,40	4,51	0,66	0,91		1,80	0,83	
	mm	7,17	2,61	0,75	0,53		1,04	0,48	
	K.V.	9,69	3,92	27,25	23,33		18,56	15,09	
III. Grupa životinja 1,4 mg/kg T-2	n	3	3	3	3		3	3	
	Min.	111	91	3,32	2,55		7,90	3,70	
	Max.	133	128	5,40	4,10		11,90	6,50	
	M.	124	114	4,36	3,23		9,40	5,00	
	S.D.	9,42	16,39	0,86	0,64		1,80	1,16	
	mm	5,44	9,47	0,50	0,37		1,04	0,67	
	K.V.	7,60	14,38	19,72	19,81		19,15	23,20	

Rezultati biokemijskih analiza seruma

Aktivnost alanin aminotransferaze (ALT) u serumu kontrolne grupe kunića bila je $23,4 \pm 8,1$ IU/l. U 2. grupi kunića aktivnost ALT 14. dan bila je 22,6% a 21. dan 15,4% iznad srednje vrijednosti aktivnosti ALT kontrolne grupe. Aktivnost ALT u životinja 3. grupe bila je 14. dan 27,3% niža, a 21. dan 11,1% viša od srednje vrijednosti aktivnosti ALT kontrolne grupe. Razlike između srednjih vrijednosti statistički nisu značajne.

Aktivnost aspartat aminotransferaze (AST) kontrolne grupe životinja bila je $17 \pm 7,8$ IU/l. U 2. grupi životinja aktivnost AST 14. dan bila je 57% viša, a 21. dan

11,8% niža od srednje vrijednosti aktivnosti AST kontrolne grupe. Aktivnost AST u životinja 3. grupe bila je 14. dan 17,6% a 21. dan 5,3% niža od srednje vrijednosti AST kontrolne grupe. Razlike aktivnosti između srednjih vrijednosti, nisu statistički značajne.

Aktivnost alkalne fosfataze (AP) u serumu životinja kontrolne grupe bila je $42,6 \pm 13,4$ IU/l. U životinja 2. grupe aktivnost AP 14. dan bila je 25,0%, a 21. dan 92,0% iznad aktivnosti AP kontrolne grupe. Razlika aktivnosti AP srednje vrijednosti kontrolne grupe i 2. grupe 21. dan eksperimenta, bila je statistički značajna ($P < 0,005$). Aktivnost AP u životinja 3. grupe 14. dan eksperimenta bila je 13,8% niža, a 21. dan 45,0% viša od srednje vrijednosti aktivnosti kontrolne grupe. Razlike između srednjih vrijednosti statistički nisu značajne.

Koncentracija ukupnih bjelančevina u krvnom serumu životinja kontrolne grupe bila je $43,2 \pm 15,1$ g/l. U životinja 2. grupe koncentracija ukupnih bjelančevina 14. dan eksperimenta bila je 14%, a 21. dan 26,6% iznad srednje vrijednosti bjelančevina kontrolne grupe. Razlika između srednje vrijednosti nije statistički značajna. U životinja 3. grupe koncentracija bjelančevina 14. dan pokusa bila je 46,0% a 21. dan 45,0% iznad srednje vrijednosti kontrolne grupe. Razlika između srednjih vrijednosti koncentracije bjelančevina kontrolne grupe i 3. grupe 21. dan pokusa, bila je statistički značajna ($P < 0,005$).

Koncentracija ukupnog bilirubina kontrolne grupe životinja bila je $4,5 \pm 1,96$ $\mu\text{mol/l}$. U životinja 2. grupe 14. dan pokusa bilirubin je bio 4%, a 21. dan 62,0% iznad srednje vrijednosti koncentracije kontrolne grupe. Razlike srednje vrijednosti, statistički nisu značajne. U životinja 3. grupe koncentracija bilirubina 14. dan pokusa bila je skoro 38%, dok je 21. dan bila čak 53% iznad srednje vrijednosti kontrolne grupe. Razlika između srednjih vrijednosti koncentracije bilirubina kontrolne i 3. grupe 21. dan pokusa bila je statistički značajna ($P < 0,01$).

Patoanatomski i patohistološki nalaz

Razudbom kunića III grupe u 9 od 10 pokusnih životinja, ustanovljen je katar želuca i kataralno hemoragična upala tankog crijeva. U sadržini tankih crijeva nekih životinja bili su prisutni tragovi krvi. U kunića II grupe ustanovljen je katar želuca i crijeva, u svega tri životinje bila je prisutna hemoragična upala crijeva lakšeg stupnja.

Patohistološkim pretragama organa kunića III grupe, uočena je lagana do umjerena difuzna degeneracija hepatocita u smislu mutnog bubrenja. U pojedinačnim epitelnim stanicama proksimalnih tubula bubrega nađene su degenerativne promjene u tipu mutnog bubrenja pa do vakuolarne degeneracije stanica. U limfnim folikulima slezene ustanovljen je veoma mali broj limfocita, dok u nekim folikulima potpuno nedostaju. Sluznica želuca ponešto je stanjena, a u donjoj trećini uočene su lagane degenerativne promjene stanica. U sluznici tankog crijeva svih životinja II grupe ustanovljena je lagana do umjerena hemoragična upala s prisutnošću eritrocita na površini sluznice kao i u lumenu crijeva.

Tablica 2. STATISTIČKA PROCJENA REZULTATA BIOKEMIJSKIH ANALIZA
U SERUMIMA KUNIĆA

		Uzorci krvnog seruma - dan eksperimenta		
		1.	14.	21.
		A L T (IU/l)		
1. grupa kunića (kontrola)	n	10		
	Min.	9		
	Max.	37		
	M.	23,4		
	S.D.	8,1		
	mm	2,7		
2. grupa kunića 1,4 mg/kg T-2	K.V.	34,6		
	n		10	10
	Min.		23	23
	Max.		35	31
	M.		28,7	27
	S.D.		4,9	4
3. grupa kunića 1,4 mg/kg T-2	mm		2,9	2,8
	K.V.		17,2	14,8
	n		10	10
	Min.		10	17
	Max.		24	34
	M.		17	26
	S.D.		7	5,5
	mm		5	1,7
	K.V.		41,2	21,1
		A S T (IU/l)		
1. grupa kunića (kontrola)	n	10		
	Min.	7		
	Max.	31		
	M.	17		
	S.D.	7,8		
	mm	2,4		
2. grupa kunića 0,7 mg/kg T-2	K.V.	45,9		
	n		10	10
	Min.		22	14
	Max.		33	16
	M.		26,7	15
	S.D.		4,6	1
3. grupa kunića 1,4 mg/kg T-2	mm		2,7	0,7
	K.V.		17,2	6,7
	n		10	10
	Min.		13	9
	Max.		15	25
	M.		14	16,1
	S.D.		1	4,6
	mm		0,7	1,4
	K.V.		7,1	28,6

(Tablica 2 – nastavak)

		Uzorci krvnog seruma - dan eksperimenta		
		1.	14.	21.
		A P (IU/l)		
1. grupa kunića (kontrola)	n	10		
	Min.	24		
	Max.	61		
	M.	42,6		
	S.D.	13,4		
	mM	4,2		
	K.V.	31,4		
2. grupa kunića 0,7 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		41	74
	Max.		52	92
	M.		53,3	81,7
	S.D.		9,8	7,6
	mM		5,8	4,5
	K.V.		18,4	9,3
3. grupa kunića 1,4 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		24	37
	Max.		52	96
	M.		36,7	61,8
	S.D.		11,6	32,4
	mM		6,8	10,1
	K.V.		31,6	52,4
		Ukupne bjelančevine seruma g/l		
1. grupa kunića (kontrola)	n	10		
	Min.	22		
	Max.	70		
	M.	43,2		
	S.D.	15,1		
	mM	4,7		
	K.V.	34,9		
2. grupa kunića 0,7 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		38	35
	Max.		64	68
	M.		49,3	54,7
	S.D.		10,9	14,2
	mM		6,4	8,3
	K.V.		22,1	25,9
3. grupa kunića 1,4 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		61	54
	Max.		65	70
	M.		63	62,5
	S.D.		2	4
	mM		1,4	1,2
	K.V.		3,2	6,4

(Tablica 2 – nastavak)

		Uzorci krvnog seruma - dan eksperimenta		
		1.	14.	21.
		Bilirubin $\mu\text{mol/l}$		
1. grupa kunića (kontrola)	n	10		
	Min.	2,7		
	Max.	8,4		
	M.	4,5		
	S.D.	1,9		
	mM	0,6		
	K.V.	43,5		
2. grupa kunića hranjena s 0,7 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		4,2	6,5
	Max.		5,2	8,8
	M.		4,7	7,3
	S.D.		0,4	1,1
	mM		0,1	0,3
	K.V.		8,5	15,1
3. grupa kunića hranjena s 1,4 mg/kg T-2	n		10	10
	Min.		4,8	6,5
	Max.		7,7	8,4
	M.		6,2	6,9
	S.D.		1,4	0,9
	mM		0,4	0,3
	K.V.		23,4	13,0

Patohistološke promjene u životinja II grupe, po tipu procesa, identične su s promjenama na organima životinja III grupe, ali znatno slabijeg intenziteta, a u nekih životinja potpuno su izostale. Posebno treba istaknuti da su patohistološke promjene na bubrezima životinja II grupe potpuno izostale za razliku od nalaza u životinja III grupe.

ZAKLJUČAK

Krmiva kontaminirana relativno niskim koncentracijama T-2 toksina (0,7-1,4 mg/kg), nakon 21 dan hranjenja, mogu u kunića izazvati kataralno hemoragičnu upalu tankog crijeva. Suptoksične koncentracije T-2 toksina izazvale su u kunića kliničke i hematološke poremetnje zdravlja.

U eksperimentalnih kunića obiju grupa, hematološkim pretragama ustanovljena je izrazita leukopenija.

Patohistološkim pretragama kunića 3. grupe ustanovljene su lagane degenerativne promjene u jetri i u stanicama proksimalnih tubula bubrega, kao i znatno smanjenje limfocita u limfnim folikulima slezene. Početna tjelesna težina kunića 3. grupe smanjena je za 8,87%, a u 2. grupe za 1,56%, dok su kunići kontrolne grupe ostvarili prirast od oko 40 g/kunić, na kraju pokusa.

EXPERIMENTAL RABBITS INTOXICATION WITH T-2 MYCOTOXIN

Summary

Rabbits were in the course of 21 days fed with barley contaminated with T-2 toxin in concentration of 0,7 mg/kg (group 2) and 1,4 mg/kg (group 3); group 1 was the control one. In smaller number of rabbits in group 3 already on 5th day from the beginning of feeding was noted diarrhoea, with pronounced symptoms of thirst. By haematological examinations in the rabbits of group 3 it was determined a fall in number of erythrocytes (28% in relation to group 1). Expressive leucopenia was found in the groups 2 and 3, where the number of leucocytes was lessened by 50% and 54%, respectively. Total serum proteins and bilirubin were significantly elevated in the rabbits of the group 3. The activity of transaminases (ALT and AST) was not significantly altered in both groups in relation to the control group. Activity of alkaline phosphatase (AP) in the rabbits of the group 2 was higher for 92%, and in group 3 for 45% in relation to the control group.

Pathological anatomic and histological examinations of intestines of sacrificed animals in the group 3 determined catarrhal haemorrhagic inflammation in the small intestine. In 3 animals only in the group 2 there were determined alike changes but in milder degree. Mild diffuse degeneration of hepatocytes (as opaque intumescence), as well degenerative changes (as vacuolar degeneration) of the cells of proximal tubules in kidneys were determined in the rabbits of the group 3. Such changes could not be found in the rabbits of the group 2.

LITERATURA

- Bočarov-Stančić, Aleksandra, Đ. Jovanović, Maria Muntañola-Cvetković (1986): *Biosinteza DAS i T-2 toksina kod izolata roda Fusarium sa poljoprivrednih kultura iz Jugoslavije*. II simpozium o mikotoksinima Sarajevo 1986, ANUBiH, Odjeljenje medicinskih nauka, Knjiga 12, 129-145.
- Büttner, M., J. Bauer (1988): *The effects of dietary T-2 toxin on the NK-Cell activity and on the reactivation of pseudorabies virus in NNRI mice*. J. Vet. Med., B 35, 421-430.
- Chan, P. K. C. and P. A. Gentry (1984): *LD 50 values and serum biochemical changes induced by T-2 toxin in rats and rabbits*. Toxicology and applied pharmacology, 73, 402-410.
- Gyongyossy-Issa, Mic, G. G. Khachatourians (1985): *Interaction of T-2 toxin and murine lymphocytes and the demonstration of a threshold effect on macromolecular synthesis*. Biochem. Biophys. Acta, 844, 167-173.
- Gyongyossy-Issa, Mic, G. G. Khachatourians (1984): *Interaction of T-2 toxin with murine lymphocytes*. Biochem. Biophys. Acta. 803, 197-202.
- Joffe, A. Z. (1974): *Toxicity of Fusarium poae and F. sporotrichioides and its relation to alimentary toxic aleukia*. Mycotoxins (I F H Purchase Ed.), Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 263-281.
- Kosuri, N. R., E. B. Smalley, R. E. Nichols (1971): *Toxicologic studies of Fusarium tricinum (Corda) Snyder et Hansen from moldy corn*. Am. J. Vet. Res., 32, 1843-1850.

- Mirocha, C. J., S. V. Pathre, B. Schauerhamer, C. M. Christensen (1976): *Natural occurrence of Fusarium toxins in feedstuff*. Appl. Environ. Microbiol., 32, 553-556.
- Nemanič, Ankica, H. Mazija, Z. Bidin (1989): *Imunosupresivno djelovanje suptoksične količine T-2 toksina*. III simpozium o mikotoksinima Sarajevo 1989, ANUBiH, Odjeljenje medicinskih nauka, Knjiga 14, 31-37.
- Niyo, K. A., J. L. Richard, Y. Niyo, L. H. Tiffany (1988): *Effect of T-2 mycotoxin ingestion on phagocytosis of Aspergillus fumigatus conidia by rabbit alveolar macrophages and on hematologic, serum biochemical and pathologic changes in rabbits*. Am. J. Vet. Res., 49, 1766-1773.
- Pang, F. V. (1987): *T-2 mycotoxicosis in swine following topical application intravascular administration and inhalation exposure*. Dissertation Abst. International, cit. Vet. Bulletin, 57, 4288.
- Saito, M., and K. Ohtsubo (1974): *Trichothecene toxins of Fusarium species*. Mycotoxins (IFH Purchase Ed.) Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 263-281.
- Topolko, S., Miroslava Munk (1989): *Utjecaj vitaminsko mineralnih dodataka na biosintezu T-2 toksina*. III simpozium o mikotoksinima, Sarajevo, 1989, ANUBiH, Odjeljenje medicinskih nauka, Knjiga 14, 31-35.
- Ueno, Y., M. Sawano, K. Ishii (1975): *Production of trichothecene mycotoxins by Fusarium species in shake culture*. Appl. Microbiol., 30, 4-9.
- Vanyi, A., A. Bata, S. Fekete, J. Tamas (1988): *Study of the metabolism and excretion of T-2 toxin, a trichothecene fusariotoxin in rabbits*. Acta Vet. Hungarica, 36, 213-220.
- Vengušt, A., J. Žust, Z. Kabaj, P. Vospernik, U. Pestevšek (1989): *Ispitivanje toksičnosti T-2 toksina na brojerskim pilićima*. III simpozium o mikotoksinima, Sarajevo 1989, ANUBiH, Odjeljenje medicinskih nauka, Knjiga 14, 23-29.
- Wiskott, U. (1978): *Untersuchungen über die immunsuppressive Wirksamkeit von Fusarientoxinen*. Diss. Med. Vet. Universität München, cit. J. Vet. Med., B 35, 421-430.
- Wyatt, R. D., B. A. Weeks, P. B. Hamilton, H. R. Burmeister (1972): *Severe oral lesions on chickens caused by ingestion of dietary fusariotoxin T-2*. Appl. Microbiol., 24, 251-257.
- Wyatt, R. D., J. A. Doerr, P. B. Hamilton, H. R. Burmeister (1975): *Egg production shell thickness and other physiological parameters of laying hens affected by T-2 toxin*. Appl. Microbiol., 29, 641-645.

UPOREĐIVANJE DVA RAZLIČITA POSTUPKA EKSTRAKCIJE T-2 TOKSINA IZ TEČNE FERMENTACIONE PODLOGE UPOTREBLJENE ZA KULTIVACIJU TOKSIKOGENIH FUSARIA

ALEKSANDRA BOČAROV-STANČIĆ, P. RADOŠEVIĆ I J. BOŽO

*Tehnološki institut "Servo Mihalj", Zrenjanin
Vojnomedicinska akademija, Beograd*

Apstrakt. Pet toksinogenih sojeva *Fus. sporotrichioides* uzgajano je na polusintetskoj tekućoj podlozi APYA (50 g/l saharoze, 1 g/l peptona, 1 g/l autolizata kvasca tri dana na temperaturi od 28°C, na rotirajućoj mučkalici (220 obrtaja/minut). T-2 toksin je ekstrahiran iz fermentativne podloge na dva načina: (1) pomoću etilacetata i (2) pomoću uglja. U ovom slučaju ugalj u prahu je stalno mešan sa filtratom kulture, filtriran, ispran dejoniziranom vodom i tada potopljen u etanolu.

U svim slučajevima dobivene su veće količine T-2 toksina istim sojem plesni upotrebom organskog otapala (etilacetata), ali je ekstrakcija sa ugljem u prahu davala čistije pripreme T-2 toksina.

U V O D

U naučnoj literaturi je opisan veći broj postupaka za proizvodnju T-2 toksina u čistoj kulturi. Jedan od najčešće korišćenih je kultivacija toksikogenih izolata *Fusarium spp.* na vlažnom sterilisanom zrnju žitarica. Mada se na ovaj način mogu postići visoki prinosi T-2 toksina, proces je dugotrajan (4-6 nedelja), zahteva nisku temperaturu (8-12°C) (Smalley i Strong, 1974; Joffe i Yagen, 1977) i prečišćavanje toksina je dosta komplikovano usled prisustva većeg broja interferirajućih supstanci. Fermentacija u sintetičkim ili polusintetičkim podlogama (Gregory i sar., 1952; Ueno i sar., 1973) ima veći broj prednosti: kraću kultivaciju (do 5 dana), višu temperaturu (25-28°C), prisustvo pratećih materija u mnogo manjem obimu i mogućnost preciznijeg definisanja faktora koji mogu uticati na prinos ovog trihotecena (aeracija npr.).

Međutim, čistoća preparata T-2 toksina ne zavisi samo od uslova kultivacije mikroorganizma producenta već u velikoj meri i od primenjenog postupka ekstrakcije.

Shodno tome, cilj ovog rada je bio poređenje dve metode ekstrakcije T-2 toksina iz prefermentisane proizvodne podloge: 1) organskim rastvaračem, tj. etil-acetatom i 2) aktivnim ugljem kao specifičnim adsorbensom.

MATERIJAL I METODE

Mikroorganizmi

U ovom istraživanju je upotrebljeno 5 izolata *Fusarium sporotrichioides*: ITM-391 (leg. A. Bottalico), ITM-496 (leg. A. Bottalico), M-1-1 (leg. Y. Ueno), KF-38/1 (leg. Y. Chelkowski) i R-2301 (leg. Y. Bauer), dobijenih ljubaznošću prof. dr M. Muntañola-Cvetković. Kod ovih kultura je već prethodno bilo dokazano da posjeduju sposobnost biosinteze T-2 toksina pri kultivaciji na čvrstim prirodnim podlogama (Bočarov-Stančić i sar., 1986, a i Bočarov-Stančić i Muntañola-Cvetković, 1988), kao i pri submerznoj kultivaciji (Ueno i sar., 1975; Bočarov-Stančić i Muntañola-Cvetković, 1988). Štok kulture organizama su čuvane na krompir-saharoznom agaru (KSA) na 4°C i sub-kultivisane su na istoj podlozi tokom 7 dana na 28°C.

Podloga

Tečna podloga (SPAK) sa 50 g/l saharoze (Merck), 1 g/l peptona-1 (Torlak) i 1 g/l autolizata kvasca-NAV (Ohly GmbH) (pH 6,0) je korišćena za biosintezu T-2 toksina.

Uslovi kultivacije

Erlenmajer tikvice od 500 ml sa 250 ml podloge su sterilisane tokom 25 minuta na 120°C. Količina inokuluma je iznosila 5% v/v. Kultivacija je obavljena tokom 3 dana na 28°C i rotacionoj mućkalici (220 o/min.). Broj ponavljanja je iznosio tri.

Analize

Biomasa mikroorganizama je odvojena od prefermentisane podloge filtriranjem kroz Filtrak 388 filter papir. Suva težina micelije je determinisana sušenjem do konstantne težine na 105°C i meren je pH. Sirovi toksin je izolovan: 1) ekstrakcijom iz 100 ml filtrata pomoću etilacetata (3 x 50 ml) u levkovima za odvajanje i 2) ekstrakcijom iz 100 ml filtrata pomoću 1 g aktivnog uglja (Merck) (Ueno i sar., 1975). U poslednjem slučaju, nakon jednog sata mućkanja na 28°C i 220 o/min., ugalj je odvojen filtriranjem na vakuumu kroz Filtrak 388 i ispran sa 20 ml destilovane vode. Aktivni ugalj sa adsorbovanim T-2 toksinom je zatim potopljen

tokom noći u 20 ml metanola, profiltriran i još jednom ispran sa 10 ml metanola tokom jednog sata uz stalno mešanje, pa su obe metanolske frakcije na kraju objedinjene. Sirovi T-2 toksin je uparen do suva, rastvoren u 1000 μ l hloroforma i količina mu je određena tankoslojnom hromatografijom na pločama (Kiselgel G; 0,25 mm) razvijanim u smeši hloroform-metanol (95+5 v/v). Razvijene ploče su prskane 25% sumpornom kiselinom i zagrevane 10 minuta na 130°C. Kvantifikacija toksina je izvršena vizuelnim poređenjem pod UV-svetlom sa poznatim količinama standarda T-2 toksina. Naknadno je izvršeno ponovno pranje aktivnog uglja vakuum filtracijom acetonom i metanolom, a T-2 toksin je u filtratu određen na prethodno navedeni način.

Tabela br. 1 PRINOS T-2 TOKSINA KOD IZOLATA *Fusarium sporotrichioides* U ZAVISNOSTI OD PRIMENJENOG POSTUPKA EKSTRAKCIJE

Kultura	Ekstr.	pH	Suvi ostatak (g/100 ml)	Prinos T-2	
				(mg/l)	(%)
ITM-496	1	4,07	0,529	15	100
	2			0	0
ITM-391	1	3,56	0,480	150	100
	2			105	70
M-1-1	1	3,37	0,358	300	100
	2			185	61
KF-38/1	1	3,97	0,549	135	100
	2			95	70
R-2301	1	3,95	0,365	120	100
	2			88	73

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati prikazani u tabeli 1 pokazuju znatan pad pH vrednosti tokom kultivacije u SPAK: od početnih 6,2 do 3,56-4,07, što je izrazitije nego u našim prethodnim istraživanjima (Bočarov-Stančić i Muntaniola-Cvetković, 1988). Uočena pojava je verovatno posledica povećane aeracije primenjene u sadašnjem istraživanju. Naime, umesto uobičajenih 200 o/min, korišćenjem 220 o/min. postignut je ne samo veći pad pH i povećanje biomase mikroorganizama (suva masa micelija od 3,58-5,49 g/l) nego i brži ulazak u stacionarnu fazu kada se po pravilu (Ueno i sar., 1974) naglo povećava biosinteza T-2 toksina. Shodno tome, proces fermentacije je skraćen sa 5 dana, kada je, prema Ueno i sar. (1975) i našim ranijim istraživanjima (Duletić i sar., 1988), produkcija T-2 toksina mak-

simalna za svega tri dana kultivacije. Takođe, upotrebom metode ekstrakcije etil-acetatom postignuti prinosi istog mikotoksina od 15-300 mg/l su u većini slučajeva viši nego kod istih sojeva fusaria kultivisanih u SPK, 28°C, 200 o/min., tokom 5 dana. Npr. *F. sporotrichoides* M-1-1 (poznati producent T-2 toksina) je u uslovima našeg eksperimenta biosintetisao 300 mg/l sirovog T-2, prema Ueno i sar. (1975) 151 mg/l, a prema našem prethodnom ispitivanju, 120 mg/l (Bočarov-Stančić i Muntaniola-Cvetković, 1988).

Dobijeno povećanje prinosa T-2 toksina se, međutim, ne može objasniti isključivo povećanjem aeracije. Naime, izvršena je jedna manja modifikacija originalne podloge (50 g/l saharoze + 1 g/l peptona + 1 g/l ekstrakta kvasca = SPK) koja, prema Ueno i sar. (1975), obezbeđuje sve neophodne elemente za produkciju visokih nivoa trihotecena. Ekstrakt kvasca (iz SPK) je zamenjen autolizatom kvasca s obzirom da je usled odsustva termičkog tretmana poslednji sigurno bogatiji izvor aminokiselina i drugih faktora rasta, što su i dokazala naša prethodna istraživanja (Bočarov-Stančić i sar., 1989 a).

U postupku dobijanja što čistijih preparata T-2 toksina iz prefermentisane produkcione podloge, od velikog je značaja sama ekstrakcija kao korak koji prethodi prečišćavanju. Iz tog razloga upotrebljen je, pored ranije korišćenog postupka sa organskim rastvaračima (Bočarov-Stančić i sar., 1986; Bočarov-Stančić i sar., 1989,) postupak baziran na primeni aktivnog uglja, koji su koristili Ueno i sar. (1975) u slučaju rada sa desetolitarskim količinama tečne podloge. Izvesne modifikacije su izvršene samo u smislu da je produženo vreme adsorpcije i desorpcije toksina, dok su svi ostali parametri ostali nepromenjeni. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1, vidi se da su u svim slučajevima (ekstr. 2) dobijeni niži prinosi T-2 toksina: od 27-39% nego pri upotrebi etilacetata (ekstr. 1). Uočeno sniženje bi se moglo možda izbeći posebnom obradom aktivnog uglja i povećanjem količine metanola kao desorpcionog sredstva, što je i dokazano naknadnim eluiranjem T-2 toksina sa aktivnog uglja kada su dobijeni prinosi 100%.

Submerzna kultivacija producenata T-2 toksina je odabrana s obzirom da se, prema podacima iz literature (Ueno i sar., 1979), čisti T-2 toksin i drugi trihoteceni mogu dobiti jednostepenom kolonskom hromatografijom, dok je pri njihovoj stacionarnoj kultivaciji neophodno prečišćavanje dvostepenom kolonskom hromatografijom.

COMPARISON OF TWO DIFFERENT EXTRACTION METHODS FOR T-2 TOXIN FROM LIQUID FERMENTATION MEDIUM USED FOR TOXICOGENIC FUSARIA CULTIVATION

S u m m a r y

Five toxicogenic strains of *Fusarium sporotrichioides* were cultivated in semi-synthetic liquid medium SPYA (sucrose 50 g/l, peptone-1 g/l; yeast autolysate 1 g/l) for 3 days at 28°C on a rotary shaker (220 rpm).

T-2 toxin was extracted from fermentation medium in two ways: 1) by the mean of ethylacetate, and 2) by the mean of active charcoal. In the latter case powdered charcoal was mixed continuously with culture filtrate, filtrated, washed with deionized water, and than immersed in methanol.

In all cases higher yields of T-2 toxin were obtained in the same fungal strain by the use of organic solvent (ethylacetate), but the extraction method with powdered charcoal yielded cleaner T-2 toxin preparations.

L I T E R A T U R A

- Bočarov-Stančić, A., Duletić, S., Franić-Mihajlović, D. (1989 a): *Uticaj sastava hranjive podloge na biosintezu T-2 toksina kod toksikogenih izolata Fusarium sporotrichioides*. VI kongres mikrob. Jug., Maribor, Zbornik povzetkov, 105.
- Bočarov-Stančić, A., Duletić, S., Muntañola-Cvetković, M. (1989 b): *Uticaj vještačkog održavanja kultura roda Fusarium na njihov toksikogeni potencijal*. Poseb. izd. ANUBiH, LXXX, Odjelj. med. nauka, 14, 37-42.
- Bočarov-Stančić, A., Jovanović, Đ., Muntañola-Cvetković, M. (1986 a): *Biosinteza DAS i T-2 toksina kod izolata roda Fusarium sa poljoprivrednih kultura iz Jugoslavije*. Poseb. izd. ANUBiH, LXXX, Odjelj. med. nauka, 12, 129-145.
- Bočarov-Stančić, A., Muntañola-Cvetković, M. (1988): *Ispitivanje biosinteze T-2 toksina u čistoj kulturi u različitim laboratorijskim uslovima*. Arh. hig. rada toksikol., 39, 227-233.
- Bočarov-Stančić, A., Muntañola-Cvetković, M., Oberan, Lj. (1986 b): *Proizvodnja DAS i T-2 toksina kod izolata roda Fusarium sa pšenice*. Poseb. izd. ANUBiH, LXXX, Odjelj. med. nauka, 12, 147-160.
- Duletić, S., Bočarov-Stančić, A., Muntañola-Cvetković, M. (1988): *Ispitivanje uticaja ekoloških faktora na biosintezu T-2 toksina kod odabranih sojeva Fusarium sporotrichioides*. IV kongr. ekol. Jug., Ohrid, Plen. ref. i saopštenja, 492-493.
- Gregory, K. F., Allen, O. N., Richer, A. J., Peterson, W. T. (1952): *Am. J. Bot.*, 39, 405.
- Joffe, C. J., Yagen, B. (1977): *Comparative study of the yield of T-2 toxin produced by Fusarium poae, F. sporotrichioides, and F. sporotrichioides var. tricinctum from different sources*. Mycopathologia, 60, 93-97.
- Smalley, E. B., Strong, F. M. (1974): *Toxic trichothecenes*. U: *Micotoxins* (I. F. H. Purchase ed.), Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Oxford, New York, 199-228.
- Ueno, Y., Sato, N., Ishii, K., Sakai, K., Tsumada, H., Enomoto, M. (1973). *Biological and chemical detection of trichothecene mycotoxins of Fusarium species*. Appl. Microbiol., 25, 699-704.
- Ueno, Y., Sawano, M., Ishii, K. (1975): *Production of trichothecene mycotoxins by Fusarium species in shake culture*. Appl. Microbiol., 30, 4-9.

REZULTATI PREGLEDA MOKRAĆE I FECESA SVINJA NA PRISUSTVO OHRATOKSINA A

ZORAN MAŠIĆ, ISIDOR RAJIĆ, SAVA PAVKOV, MIHAJLO MRĐEN

*Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad
Veterinarski fakultet, Beograd*

Apstrakt. Ohratoksin A iz organizma svinja izlučuje se u obliku metabolita ili u nepromenjenom stanju mokraćom i fecesom. U radu su prikazani rezultati izlučivanja ohratoksina A mokraćom i fecesom kod svinja nakon peroralnog unošenja ohratoksina A u koncentracijama od 5,97, 3,10 i 1,06 mg/kg hrane. U sva tri eksperimenta je utvrđeno da se ohratoksin A izlučivao većim količinama fecesom 0,059, 0,043, 0,031 mg/kg nego mokraćom (0,045, 0,038, 0,025 mg/l).

Organizam svinja u odnosu na druge životinje ima određenih specifičnosti u pogledu apsorpcije, distribucije i vremena poluraspada ohratoksina A. Smatra se da je kod većine životinja primarno mesto apsorpcije ohratoksina A proksimalni deo tankih creva, duodenum i naročito jejunum, što ukazuju i Kumagai i Aibara (5). Resorbovani deo ohratoksina A vezuje se nespecifično za albumine krvnog seruma. Novija saznanja Stojkovića i sar. (7) ukazuju na serumski protein male molekulske težine koji vezuje ohratoksin A gotovo na receptorskom nivou. Resorbovani ohratoksin A kod svinja ima vreme poluraspada od 88,8 časova, kako to navode Galtier i sar. (4). Fuchs i sar. (2) navode da je kod miševa glavni put eliminacije ohratoksina A iz organizma hepatobilijarni put, a samo delimično se ohratoksin izlučuje preko bubrega urinom. Storen i sar. (6) navode da se kod peroralno unetog ohratoksina A, urinom izluči 27% kao α ohratoksin, 12% ohratoksin A i 1-2% (4R) -4- hidroksiohratoksina A, dok se fecesom izlučuje u obliku α ohratoksina i ohratoksina A.

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanja su izvedena u tri oglada na svinjama prosečne starosti 2,5 meseca. Svinje su u obroku dobijale različite količine ohratoksina A, i to 5,97, 3,10 i 1,06 mg/kg hrane. Eksperimentalno hranjenje je trajalo 28 dana. Feces svinja, u kome je određivan ohratoksin A, uziman je petnaestog dana od početka oglada, a urin

svinja je uzorkovan na kraju oglada, i to direktno iz mokraćne bešike nakon klanja životinja. Određivanje ohratoksina A u mokraći i fecesu izvršeno je modifikovanom TLC metodom po Balzeamu i sar. (1).

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. PROSEČNE KONCENTRACIJE OHRATOKSINA A U MOKRAĆI I FECESU SVINJA

Ogled	n	Količina ohratoks. A mg/kg hra.	Količina ohratoksina A	
			mokraća mg/l	feces mg/kg
prvi	7	5,97	0,045	0,059
drugi	5	3,10	0,038	0,043
treći	7	1,06	0,025	0,031

Galtier i sar. (4) i Galtier i Alvimerie (3) navode da se peroralnim unošenjem ohratoksina A u organizmu svinja apsorbuje oko 65%, a ostatak toksina se pod uticajem intestinalne mikroflore hidrolizuje. Hidrolizacijom nastaje L-fenilalanin i netoksična 7-karboksilin 5-hloro-8-hidroksil 3,4 dihidro-3-metilizo-kumarična kiselina (α ohratoksin). U našim eksperimentima nismo bili u mogućnosti da određujemo α ohratoksin, tako da se izneti podaci odnose na utvrđeni ohratoksin A u mokraći i fecesu. U svim ogledima utvrdili smo nešto veće izlučivanje ohratoksina A iz organizma fecesom nego mokraćom, što nije u saglasnosti sa rezultatima Stora i sar. (6), koji navode da se kod pacova izlučuje veća količina ohratoksina mokraćom nego fecesom.

ZAKLJUČAK

Peroralnim unošenjem različitih koncentracija ohratoksina A u organizam svinja utvrđeno je veće izlučivanje toksina fecesom nego mokraćom.

THE RESULTS OF PIGS URINE AND FAECES EXAMINATIONS ON THE PRESENCE OF OCHRATOXIN A

Summary

Ochratoxin A from the pig organism is excreted through the urine and faeces as the metabolites or unchanged. Authors refer the results of ochratoxin A excretion through the urine and faeces after peroral application of ochratoxin in concentrations of 5,97, 3,10 and 1,06 mg/kg of feed. In all three experiments excretion of ochratoxin A was greater through the faeces (0,059, 0,043 and 0,031 mg/kg) than by urine (0,045, 0,038 and 0,025 mg/l).

L I T E R A T U R A

- (1) Balzer, I., Bogdanić, Č., Pepeljak, S. (1978): *Rapid the Layer chromatographic method for determining aflatoxin B1, ochratoxin A and zearalenon in corn.* J. Assoc. off Anal. Chem., 61, 3, 584-585.
- (2) Galtier, P., Alvinerie, M. (1976): *In vitro transformation of ochratoxin A by animal microbial floras.* Annis Rech. Vet. 7,91.
- (3) Galtier, P., Alvimerie, M. and Charpentreau, J. L. (1981): *The pharmacokinetic profiles of ochratoxin A in pigs, rabbits and chickens.* Fd Cosmet. Toxicol., vol. 19, pp 735, 735-738.
- (4) Fucas, R., Habazin-Novak, V., Radić, B., Peraica, M., Plestina, R. (1986): *Distribucija ohratoksina A u životinjama.* Simpozijum o mikotoksinima ANUBiH, knjiga LXXX, Odelj. med. nauka, knjiga 12, 89-92.
- (5) Kumagai, S., and Aibara (1982): *Intestinal absorption and secretion of ochratoxin A in the Rat.* Toxicol. Appl. Pharmacol., 64, 94-102.
- (6) Storen, O., Helgerud, P., Holm, H., Størmer: *Formation of (4R)-4-hydroxyohratoxin A and ochratoxin from ochratoxin A by rats,* Proceedings V IUPAC-Symposium, Vienna, 321-324.
- (7) Stojković, R., Hult, K., Gamulin, S. and Plestina, R. (1984): *High affinity binding of ochratoxin A to plasma constituents.* Biochemistry international, 9, (1), 33-38.

DJELOVANJE ZEARALENONA NA HUMANOM IZOLIRANOM URETERU

SEID HUKOVIĆ I NEDIM HUKOVIĆ

Institut za farmakologiju i toksikologiju Medicinskog fakulteta, Sarajevo,

Apstrakt. Ispitivan je zearalenon na izolovanom kontrahirajućem humanom ureteru. Utvrđeno je da zearalenon, ovisno od doze, povećava efekt stimulacije unutrašnjih nerava. Zearalenon, osim estrogenog, odgođenog djelovanja, ima i direktni neposredni efekt. Brzi, neposredni efekt proizlazi iz njegovog djelovanja na membranske receptore.

U V O D

Zearalenon je fuzariamikotoksin (F2), koji ima pretežno djelovanje na organe genitourinarnog trakta. Rijetka je prilika da se djelovanje mikotoksina može ispitivati na humanim izoliranim organima iz genitourinarnog trakta. Takva mogućnost postoji ako se dobije komadić humanog uretera zdravog davaoca prilikom transplantacije bubrega. (K a p i ć et al., 1990; H u k o v i ć, 1991). Uticaj mikotoksina, posebno zearalenona, je ispitivan na životinjskim model-sistemima. (H u k o v i ć, 1991).

Zearalenon djeluje estrogeno. Kao mikotoksin ima ekonomsko i medicinsko značenje. Spada među mikotoksine koji stvaraju najviše problema u našoj zemlji (B o č a r o v - S t a n č i ć et al., 1986). Medicinsko mu je značenje toksikološko i farmakoterapijsko. Kao toksin dolazi u obzir u humanoj medicini u vezi sa ishranom, a kao farmakoterapeutik dolazi u obzir njegov sintetski analog zearanol koji je četiri puta djelotvorniji od zearalenona (R e y n o l d s, 1989; *Task Force Report*, 116, 1989). Upotrebljava se kao estrogen, anabolik i kancerostatik kod adenoma prostate.

Izrada ovog rada je omogućena od strane Javnog fonda za nauku BiH preko Društvenog cilja 14.

Cilj ovog rada je pokazati efekt zearalenona na izolovanom humanom ureteru dobivenom od zdravog donora bubrega. Zadatak je stimulirati motorne nerve izolovanog uretera, dodavati zearalenon u raznim koncentracijama i registrovati modificirajući efekt mikotoksina na izazvanim kontrakcijama.

MATERIJAL I METODE

Za vrijeme transplantacije bubrega u Zavodu za transplantaciju organa u Sarajevu potrebno je skratiti ureter većeg davaoca manjem primaocu. Tom prilikom se odreže komad uretera da se smanji opasnost od presavijanja i eventualnog začepljenja. Taj komadić uretera se odbacuje. Umjesto da se taj komadić odbaci, može se dati u laboratorij da posluži za eksperimente na izoliranim humanim organima. Upotreba takvog izoliranog zdravog humanog tkiva nema nikakve etičke zapreke, jer se radi o tkivu koje se inače odbacuje.

U laboratoriji se dobije komadić uretera veličine 1-1,5 cm, koji je jako kontrahiran. Ureter se pažljivo fiksira u posudu za izolirane organe i poveže sa izometrijskim transducerom. Ureter se suspendira u posudu za izolirane organe koja sadrži 20 ml Tyrodeove otopine zagrijane na 32°C i aerirane kisikom. U lumen se uvede platinska elektroda za transmuralnu stimulaciju. Stimulira se svake minute u trajanju od jedne sekunde sa sljedećim električnim parametrima: 10 Hz, 1 mS, 10 mA. Posuda se više puta ispire tokom adaptacije uretera i njegove relaksacije. Relaksaciju treba nekada čekati više sati.

Nakon relaksacije organa, počne se sa električnom stimulacijom i registracijom izometrijskih kontrakcija. Pošto se dobiju kontrolne kontrakcije, injicira se zearalenon. Zearalenon je netopiv u vodi, pa se prvo otapa u propilenglikolu. Injicira se 0,2 ml, a u tom volumenu je tolika koncentracija da u posudi bude 12,5, 25 ili 50 µg/ml. Zearalenon se ostavlja u posudi do 10 min, posuda se ponovo ispire i registruju kontrakcije nakon ispiranja.

Analiza efekta se vrši tako da se upoređuje visina kontrakcija, prije, za vrijeme i poslije zearalenona. Promatra se promjena visine izazvanih kontrakcija i bazalne linije. Ukoliko se mjeri visina kontrakcija od kontrolne bazalne linije do vrha kontrakcije, onda se dobije tzv. apsolutna visina, a ako se mjeri od promijenjene bazalne linije, onda se dobije relativna visina kontrakcija.

REZULTATI

Efekt stimulacije unutrašnjih nerava humanog uretera

Jednakomjerni električni nadražaji u jednominutnim intervalima izazivaju konstantne visine kontrakcija izolovanog humanog uretera. Nakon 100-200 izazvanih kontrakcija počinju ispadati pojedine kontrakcije, mada im visina nije bitno promijenjena. Nakon ispiranja posude, događa se ponekad da se izazove kontrak-

cija koja nije u direktnoj vezi sa stimulusom. Ovakve izazvane reakcije uretera, izometrijske kontrakcije, pogodne su za analizu djelovanja zearalenona.

Efekti zearalenona na izoliranom humanom ureteru

Zearalenon, ovisno od doze, djeluje povećavajući efekt stimulacije nerava. Isto tako djeluje povećavajući efekt dodatnog acetilholina.

Zearalenon u koncentraciji od 12,5 $\mu\text{g/ml}$ sasvim malo povećava efekt stimulacije endogenih nerava. U većim koncentracijama efekt zearalenona je veći. Nakon ispiranja, povećane kontrakcije se sporo vraćaju prema kontrolnim vrijednostima. Davanje vehikuluma u istoj dozi ne mijenja reakcije izolovanog humanog uretera.

D I S K U S I J A

Zearalenon povećava efekt stimulacije endogenih nerava izolovanog humanog uretera. Povećanje je tim veće što je veća doza, tj. postoji odnos između doze i reakcije. Nakon ispiranja zearalenona, kontrakcije se vraćaju na kontrolni nivo, što znači da se radi o efektu zearalenona.

Zearalenon je mikotoksin koji ima estrogeno djelovanje, ali koje se manifestira nakon nekoliko sati. Brzo djelovanje pokazano u ovom radu je vjerovatno posljedica djelovanja na membranske receptore. Zearalenon može doći u organizam čovjeka iz hrane. Prisutnost mikotoksina u hrani životinja i ljudi je dokazana. (Ožegović et al., 1986; Ožegović i Hlubna, 1977; Hlubna i Ožegović, 1986). Pregled o opasnosti zearalenona za ljudsko zdravlje izradila je grupa kanadskih autora (Kuiper-Goodman et al., 1987). Radi se o estrogenom i kancerogenom djelovanju, od čega ovo posljednje može biti rezultat estrogenog djelovanja. Sa druge strane estrogeni, a među njima zearalenol, mogu djelovati u terapiji kao kancerostatici samo kod tumora prostate.

Zearalenon, estrogeni mikotoksin, djeluje odgođeno, posredno, estrogeno, ali ima i direktno, neposredno i brzo djelovanje. Pomenuto brzo djelovanje odnosi se na povećanje efekta stimulacije izolovanog humanog uretera. Spada u mikotoksine za koje se traže nova istraživanja (Hesseltine, 1986). Za sada mu se pripisuju ekonomski značaj, a u budućnosti će imati sve već ekološki i medicinski značaj.

THE EFFECT OF ZEARALENONE ON THE ISOLATED HUMAN URETER

S u m m a r y

Zearalenon was injected in the isolated organ bath containing isolated and transmurally stimulated human ureter. Zearalenon increased the effect of the intrinsic nerve stimulation.

L I T E R A T U R A

- Bocarov-Stančić, A., Muntañola-Cvetković, M. i Oberan, Lj. (1986): *Sposobnost raznih izolata Fuzarium graminearum za biosintezu zearalenona pod određenim laboratorijskim uslovima*. Zbornik radova Drugog simpozija o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 105-119.
- Hesseltine, C. W. (1986): *Global significance of mycotoxins*. Str. 1-8. U: Steyn, P. S. and Vieggaar, R. (ed.): *Mycotoxins and phycotoxins*. Elsevier, Amsterdam.
- Hlubna, D. i Ožegović, L. (1986): *Rezultati istraživanja mikotoksina (Aflatoksin B₁, ohratoksin A i zearalenona) u Bosni i Hercegovini*. Zbornik radova Drugog simpozija o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 65-71.
- Huković, N. (1991): *Uticaj zearalenona na glatkomišićne organe genito-urinarnog trakta in-vitro*. Zbornik radova IV simpozija o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH CIII, Odjeljenje medicinskih nauka, knj. 17, str. 103-108.
- Kapić, E., Mulabegović, N., Raiman, I., Potkonjak, D., Bošković, S. and Huković, S. (1990): *The isolated human ureter as a model-system in pharmacology*. Jugosl. Physiol Pharmacol. Acta, 25, 123-126.
- Kuipper-Goodman, T., Scott, P. M. and Watanabe, H. (1987): *Risk assesment of mycotoxin zearalenon*. Reg. Toxicol. Pharmacol., 7, 253-306.
- Ožegović, L. i Hlubna, D. (1977): *Plijesni i njihovi toksini u hrani ljudi i životinja*. Izolati. Veterinaria XXVI, 2-3, 183-188.
- Ožegović, L., Šola, J. Hadžiabdić, E. (1986): *Mikroflora i broj spora plijesni u gramu hrane u smjesama za perad i ekonomičnost u proizvodnji u peradarstvu*. Zbornik radova Drugog simpozija o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 59-65.
- Reynolds, J. E. E. (1989): *Martindale, The extra pharmacopoea*, 29 izdanje, The pharmaceutical press, London.
- Cast Report, 116 (1989): *Mycotoxins economic and health risks*. Council for agricultural sciences and technology.

UTICAJ ZEARALENONA NA GLATKOMIŠIĆNE ORGANE GENITO-URINARNOG TRAKTA IN VITRO

NEDIM HUKOVIĆ

Institut za farmakologiju i toksikologiju Medicinskog fakulteta, Sarajevo

Apstrakt. Zearalenon mijenja reaktivnost glatkomišićnih organa injiciran in vivo ili apliciran in vitro. Na izoliranom uterusu djeluje smanjujući osjetljivost prema endogenim i egzogenim neurotransmitorima, smanjuju se uz to spontane kontrakcije, njihova frekvencija i veličina. Reakcije duktus deferensa su više pojačane na endogene i egzogene neurotransmitore, dok su reakcije izoliranog mokraćnog mjehura manje pojačane pod uticajem in vivo apliciranog zearalenona. Zearalenon može imati toksikološki i terapijski značaj u humanoj medicini.

U V O D

Fuzariotoksin (F2), zearalenon i njemu slični spojevi spadaju u estrogene supstance čije je estrogeno djelovanje nešto slabije od stilbestrola, ali ipak dovoljno da djeluje u ppm koncentracijama (Kurtz and Mirocha, 1978). Danas se smatra da zearalenon kao mikotoksin izaziva najviše problema u zemlji (Bocarov-Stančić, 1986). Prisutnost mikotoksina u hrani životinja i ljudi je činjenica, te je tako zearalenon dokazan u ispitivanim uzorcima hrane (Ožegović et al., 1986; Ožegović i Hlubna, 1977; Hlubna i Ožegović, 1986).

Zearalenon kao estrogen ima odgođeno, indirektno, posredno djelovanje, što znači treba da prođe izvjesno vrijeme da se utvrdi njegovo estrogeno djelovanje, bar nekoliko sati. Postoje ranije tvrdnje da zearalenon može in vitro djelovati direktno, neposredno i brzo, ali za takve tvrdnje treba više dokaza (Huković, 1982; Huković i Mulabegović, 1982). Utvrđeno je ranije in vitro da penitrem A, citrinin i zearalenon povećavaju efekt stimulacije nerava glatkomišićnih

Izrada ovog rada je omogućena sredstvima Javnog fonda za nauku BiH preko Društvenog cilja 14.

organa, dok aflatoksin i ohratoksin djeluju inhibitorno (Huković i Mulabegović, 1982).

Cilj ovog rada je utvrditi djelovanje zearalenona apliciranog *in vivo* i *in vitro*. Djelovanje treba dokazati na glatkim mišićima organa iz genitourinarnog trakta, na izoliranim organima uzetim sa njima pripadajućim vanjskim motornim nervima, na tzv. izoliranim inerviranim organima (IIO). Zadatak je da se na izoliranom mokraćnom mjehuru, duktus deferensu i uterusu kontrolnih i tretiranih eksperimentalnih životinja utvrdi promjena visine izazvanih kontrakcija pod uticajem izvana dodatog acetilholina i zearalenona.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su vršena na izoliranim organima uzetim od muških i ženskih štakora prosječne težine od 150 grama. Životinje su dobivene iz vivarija u Novom Sadu. Jedan dio životinja je injiciran zearalenonom 24, 36 i 72 sata prije žrtvovanja. Toksin je otopljen u propilenglikolu i injiciran u volumenu od 0,2 ml i u dozi od 5 mg/kg težine životinje. Drugi dio životinja je samo injiciran sa 0,2 ml propilenglikola, koji nije sadržavao zearalenon (kontrole).

Preparirani su sljedeći izolirani organi sa njihovim vanjskim motornim nervima: mokraćni mjehur, duktus deferens i uterus. Mokraćni mjehur je model-sistem za holinergičnu neurotransmisiju, koja je dijelom rezistentna na atropin. Na stimulaciju pripadajućih nerava reagira jakim mikcionim kontrakcijama. Duktus deferens je model-sistem za adrenergičnu neurotransmisiju. Uterus je model sistem da se ustanovi djelovanje zearalenona na ženski genitalni organ. Stimulisani su vanjski i unutrašnji nervi uterusa. Vanjski nervi se uvlače u bipolarnu elektrodu i, skupa sa elektrodom, stavljaju u posudu za izolirane organe. Organi su suspendirani u 20 ml Tyrodeove otopine, koja je zagrijana na 32 stepena C i aerirana kisikom. Organi se vežu za izometrijski transducer.

Motorni nervi se stimuliraju svake minute u trajanju od jedne sekunde sa električnim stimulusima sljedećih parametara: 10 mA, 1mS, 10 Hz. Posuda se prethodno ispire više puta. Nakon dodavanja zearalenona *in vitro*, posuda se ispire više puta. Nakon što se dobiju kontrolne kontrakcije, injicira se zearalenon ili acetilholin (mikromolarna koncentracija). Pošto zearalenon nije topiv u vodi, prvo se rastvori u propilenglikolu, a onda se injicira u volumenu od 0,2 ml, tako da je u posudi 12, 25 ili 50 μ g/ml. Stvori se suspenzija. Nakon određenog vremena posuda se ispire. Druga vrsta eksperimenta je kada se stimuliraju nervi organa životinja koje su prethodno za života tretirane zearalenonom. Tu se ispituje efekt stimulacije nerava i dodavanjem acetilholina ili zearalenona da se ustanovi promjena osjetljivosti na endogeni i egzogeno dodati transmittor, odnosno zearalenon.

Analiza se vrši upoređivanjem rezultata dobivenih na kontrolnim i tretiranim organima. Isto tako se upoređuju rezultati dobiveni prije i poslije dodavanja zearalenona.

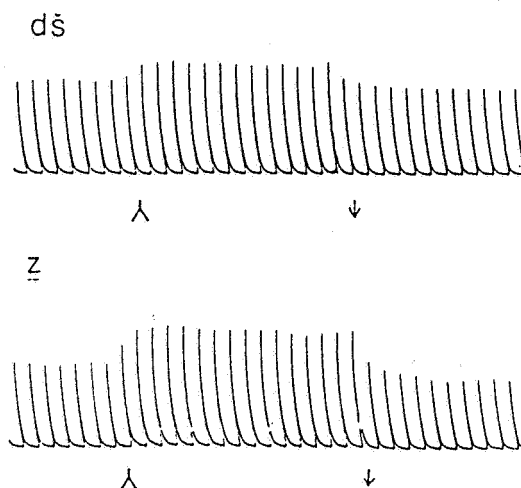
REZULTATI

Djelovanje zearalenona na kontrolnim organima

Efekt stimulacije pelvičkih motornih nerava na mokraćnom mjehuru je mikciona kontrakcija. Kontrakcije se mogu ponavljati svake minute nekoliko sati, a da se visina izazvanih kontrakcija bitno ne promijeni. Dodavanjem zearalenona u posudu za izolirane organe u koncentracijama, 12, 25 ili 50 $\mu\text{g/ml}$ nije signifikantno mijenjan efekat stimulacije pripadajućeg nerva. Dodavanjem vehikuluma u istom volumenu se nije mijenjao oblik ni intenzitet reakcija mokraćnog mjehura. Na duktus deferensu stimulacija hipogastričkih motornih nerava izaziva kontrakcije koje se mogu ponavljati više puta. Dodavanjem zearalenona u posudu za izolirane organe koncentracijama u posudi za izolirane organe, 12, 25 ili 50 $\mu\text{g/ml}$ malo mijenja reakciju na stimulaciju motornog hipogastričkog nerva. Kontrolni uterus koji je također stimuliran preko hipogastričkih vanjskih i unutrašnjih nerava ima spontane kontrakcije. Kontrakcije, ipak, imaju veze sa stimulacijom nerava. Dodavanje zearalenona u gore navedenim dozama je donekle mijenjalo efekte stimulacije nerava. Zearalenon smanjuje efekt stimulacije nerava i smanjuje jačinu i broj spontanih kontrakcija. Svi pomenuti nalazi in vitro nisu signifikantni, jer se ne mogu uvijek ponoviti. Razlog je vjerovatno netopivost zearalenona u vodi i nekonstatna koncentracija na receptoru.

Uticaj prethodno in vivo injiciranog zearalenona

Ukoliko se prethodno životinji još za života injicira zearalenon, pa se ispituje efekt endogeno i egzogeno dodatih transmitora ili zearalenon, može se us-



Slika 1. Kontrakcije izoliranog duktus deferensa štakora izazvane električnom stimulacijom adrenergičkog motornog nerva. Kod znaka λ je dodat acetilholin 10^{-6} g/ml. Kod znaka $\downarrow$ posuda je isprana. Gore kontrolni organ, dole organ uzet od životinje prethodno tretirane zearalenonom

tanoviti da zearalenon mijenja reaktivnost organa. Nakon što se in vivo injicirao zearalenon, na takvim organima se ispituje efekt stimulacije motornih nerava uz ponovno dodavanje zearalenona ili acetilholina in vitro. Ponovno injiciranje zearalenona in vitro će imati vidljiv efekt jedino na uterusu u smislu smanjenja povećanja djelovana električne stimulacije nerava. Smanjene su spontane kontrakcije i efekt stimulacije pripadajućeg motornog nerva.

Kontrakcije izoliranog duktus deferensa štakora izazvane električnom stimulacijom adrenergičkog motornog nerva. Kod znaka je dodat acetilholin 10-6 g/ml. Kod znaka 1 posuda je isprana. Gore kontrolni organ, dole organ uzet od životinje prethodno tretirane zearalenonom.

Na drugim ispitivanim izoliranim organima-mokraćnom mjehuru i duktus deferensu (sl. 1) efekt prethodno injiciranog zearalenona se može registrovati kao povećanje efekta stimulacije pripadajućih nerava i povećanje efekta dodatoga acetilholina. U odnosu na kontrolne efekte acetilholin jače djeluje na prethodno tretiranim organima. Uterus međutim nije senzibilisan prethodno injiciranim zearalenonom na djelovanje acetilholina. Efekt stimulacije nerava je manji i efekt dodatog acetilholina je manji.

D I S K U S I J A

Zearalenon kao mikotoksin sa izrazitim estrogenim djelovanjem mijenja reakciju ispitivanih izoliranih glatkomišićnih organa iz genitourinarnog trakta. Promjena se može registrovati na nekim organima nakon in vitro i nakon in vivo injiciranog zearalenona. Ukoliko su organi uzeti od životinja koje su prethodno in vivo tretirane zearalenonom, onda se može registrovati povećanje reakcije na nervnu stimulaciju i na dodani acetilholin, dakle povećava se osjetljivost na endogene i egzogene neurotransmitore. Uterus je izuzetak, jer na kontrolnim izoliranim uterusima se registruju snažne spontane kontrakcije, mada imaju veze sa električnom stimulacijom. Uterus uzet od životinja koje su prethodno in vivo tretirane zearalenonom je neuporedivo mirniji, vrlo malih i rijetkih spontanijih kontrakcija, ali znatno slabije reagira na efekte stimulacije nerava ili dodatog acetilholina.

Zearalenon kao fuzarijatoksin (F2) spada među ekonomski najvažnije mikotoksine. Mnogo je važniji u toksikološkim negativnom nego u pozitivnom terapijskom smislu. U negativnom smislu je posebno značajan u svinjogojstvu. Kod ženki izaziva hiperestrogenizam, a kod mužjaka feminizaciju. Sa druge terapijske strane zearalenol, koji je reducirana forma zearalenona, ima četiri puta veću estrogenu aktivnost od zearalenona. Komercijalna forma je sintetizirani zearalenol, pod tvorničkim imenima Frideron, Rolon i Ralgro (*Task force Report*, 116, 1989; Hesse l t i n e, 1986). Upotrebljava se kao estrogen i anabolik (R e y n o l d s, 1989).

Zearalenon kao mikotoksin još nije u humanoj medicini zauzeo ono mjesto koje mu po njegovoj toksičnoj moći pripada. Dolazi u obzir za intoksikaciju direktno iz biljne ili indirektno iz životinjske hrane. Pregled o opasnosti od zearalenona

izradila je grupa kanadskih autora (Kuiper-Goodman et al., 1987). Moguća je estrogena i kancerogena aktivnost. Ova posljednja je rezultat estrogenizma. Kanadska grupa ne predlaže za sada zakonsku regulaciju u vezi sa hranom kontaminiranom zearalenonom.

Pokazano je u ovom radu da postoji direktno djelovanje zearalenona na glatkomišićne organe iz genitourinarnog trakta. Ovdje se misli na djelovanje in vitro, in vivo i ex vivo. Djelovanje je slično djelovanju drugih estrogenih supstanci na uterusu, mokraćnom mjehuru i duktus deferensu. Direktno i neposredno djelovanje je rezultat djelovanja na membranske receptore, dok je indirektno djelovanje rezultat uticaja preko plazmatskih receptora.

THE EFFECT OF ZEARELENONE ON THE SMOOTH MUSCLE OF THE ORGANS OF GENITO-URINARY SYSTEM IN VITRO

S u m m a r y

Zearalenon was applied in vivo and in vitro, in order to study the effect on the isolated urinary bladder, ductus deferens and uterus. The isolated organs were contracted by electrical stimulation of their motor nerves. Zearalenon increased the effect of nerve stimulation and acetylcholine on ductus deferens and urinary bladder and decreased on uterus.

L I T E R A T U R A

- Bočarov-Stančić, A., Muntañola-Cvetković, M. i Oberan, Ij. (1986): *Sposobnost raznih izolata Fusarium graminearum za biosintezu zearalenona pod određenim laboratorijskim uslovima*. Zbornik radova o Drugom simpoziju o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 105-119.
- Hesseltine, C. W. (1986): *Global significance of mycotoxins*. str. 1-18. U: Steyn, P. S. and Vlegaar, R. (ed). *Mycotoxins and phycotoxins*. Elsevier, Amsterdam.
- Hlubna, D. i Ožegović, L. (1986): *Rezultati istraživanja mikotoksina (Aflatoksina B₁, ohratoksina A i zearalenona) u Bosni i Hercegovini*. Zbornik radova o Drugom simpoziju o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 65-71.
- Huković, S. (1982): *Neuromišićna transmisija i uticaj mikotoksina*. Zbornik radova o Prvom simpoziju o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 60, 101-108.
- Huković, S. i Mulabegović, N. (1986): *Analiza toksičnih djelovanja mikotoksina na izoliranim inerviranim organima*. Zbornik radova o drugom simpoziju o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 11-15.
- Kuiper-Goodman, T., Scott, P. M. and Watanabe, H. (1987): *Risk assesment of the mycotoxin zearalenone*. Reg. Toxicol.
- Kurtz, H. J. and Mirocha, C. J. (1978): *Zearalenone (F2) induced estrogenic syndrome in*

- swine. Str. 1256-1264. U: Wyllie, T. D. and Morehouse L. G. (ed) *Mycotoxic fungi, mycotoxins and mycotoxicoses*, Marcel Dekker, New York.
- Ožegović, L. i Hlubna, D. (1977): *Plijesni i njihovi toksini u hrani ljudi i životinja*. Izolati XXVI, 3, 183-188.
- Ožegović, L., Sola, J. i Hadžiabdić, E. (1986): *Mikroflora i broj spora plijesni u gramu hrane u smjesama za perad i ekonomičnost u proizvodnji u peradarstvu*. Zbornik radova o Drugom simpoziju o mikotoksinima. Posebna izdanja, ANUBiH, 80, 59-65.
- Reynolds, J. E. F. (1989): *Martindale, The extra pharmacopoea*, 29 izdanje. The pharmaceutical press, London.
- Task Force Report No 116 (1989): *Mycotoxins economic and health risks*. Council for agricultural science and technology.

DJELOVANJE ZEARALENONA NA ADREN ŠTAKORA – HISTOLOŠKE PROMJENE

LJERKA BABIĆ, JOJIN IVETIĆ, LADISLAV OŽEGOVIĆ, NEJRA BAJRAMOVIĆ

Veterinarski fakultet, Sarajevo

Apstrakt. Zearalenon je per os (intabacijom) apliciran mladim štakorima u dozama od 1,3 i 5 mg/kg. Štakori su bili eutanazirani 7, 14, 21. i 28. dana nakon aplikacije zearalenona, adreni fiksirani i histološki pretraženi. Histološke promjene su utvrđene u dane 21 i 28 sa dozom od 3 mg/kg i u dane 7, 14, 21 i 28 sa dozom od 5 mg/kg. Promjene su uočene na krvnim žilama i sinusoidama (ektazije, krvarenja, edemi), a nakon tih i na stanicama (vakuolizacija) pojedinih zona kore i u manjoj mjeri medule adrena. Pretpostavlja se da su ovi efekti na krvnim žilama i sinusoidama poznati iz prirodnog toka estrogenizma - zearalenone toksikoze u svinja i prasadi napose, poseban efekat toksina i da nisu povezani uz njegove estrogene aktivnosti.

Utvrđeni su efekti djelovanja zearalenona, mikotoksina estrogena na reproduktivne organe, kao i količine i trajanje aplikacije toksina koje dovode do poremećaja, od lažnog estrusa do steriliteta (Mirocha i sar. 1977). S obzirom na slično djelovanje estradiola, istaknuta je hipoteza o mogućem kancerogenom djelovanju zearalenona u ljudi koji na određenim područjima uživaju hranu kontaminiranu zearalenonom. Naša istraživanja o djelovanju zearalenona na prostatu i sjemenske kesice (v. seminales) štakora proširila su ta istraživanja o mogućnosti djelovanja zearalenona na ostale organe (Babić i sar. 1989, 1990). Jedini podatak o djelovanju zearalenona na ostale organe iznose Lončarević i sar. (1982) o promjenama u krvi prasadi (sa vulvovaginitisom), koja su dijaplacentarno i putem kolostruma dobijala (transformirani) zearalenon, koji se nalazio u hrani krmača hranjenih kontaminiranim kukuruzom.

Činilo nam se važnim i potrebnim obratiti pažnju o djelovanju zearalenona na ostale organe u štakora trovanih zearalenonom, jer građa i metabolizam ovog toksina upućuju da bi, osim "ciljnih" organa, direktno ili indirektno mogli biti uključeni i drugi organi. Na to posebno upućuju rezultati istraživanja o djelovanju zearalenona na adeno-hipofizno-hipotalamičnom području (Drugociu i sar.,

1977; Bilcea i sar. 1979). U ovom radu se objavljuju rezultati o djelovanju zearalenona na adren štakora.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su vršena na štakorima starim 2 mjeseca, tjelesne mase cca 375 grama. Životinje su hranjene standardnom peletiranom hranom, vodu uzimale ad libitum, a zearalenone⁺ su dobijale intubacijom direktno u želudac. Zearalenon je bio otopljen u suncokretovom ulju, te je za pojedine doze u ispitivanju određena potrebna koncentracija, što se vidi iz tabele 1.

Tabela 1. PRIKAZ SKUPINA ŠTAKORA, DOZA ZEARALENONA I TRAJANJA POKUSA

Skupina	Doza	Trajanje pokusa u danima	n štakora
A	1 mg/kg	7-14-21-28	20
B	3 mg/kg	7-14-21-28	20
C	5 mg/kg	7-14-21-28	20
K	0	7-14-21-28	10

Svakih 7 dana od početka davanja toksina formirane skupne su eutanazirane eterskom anestezijom, zatim obducirane, uzeti su organi i pretraženi histološki metodom hematoksilin-eozin. Od svake skupine je uzeto 5 x 5 rezova adrena, kao i od kontrolnih štakora.

REZULTATI I DISKUSIJA

Mikroskopskim pregledom patohistološke slike preparata adrenalne žlijezde štakora tretiranih zearalenonom, u poređenju sa kontrolnom skupinom, ustanovili smo:

-*SKUPINA A (1 mg/kg tjelesne mase)*: U preparatima uzetim nakon 7, 14, 21. i 28. dana od davanja zearalenona nisu uočene promjene, osim na kapilarima, koje su ektatične i skoro prazne u svim područjima žlijezde:

-*SKUPINA B (3 mg/kg tjelesne mase)*: 7. i 14. dana od davanja zearalenona patohistološka slika ne pokazuje posebne promjene, osim što su periglandularne kapilare ektatične, kao i kapilare medule, gdje se mjestimično uočavaju i ekstravazati.

U preparatima životinja koje su zearalenon primale 21 dan u tkivu kapsule su uočljivi veći hematomi sa hemoliziranim eritrocitima. U prve dvije zone kore

nema uočljivih promjena, dok se u zoni retikularis (na nekim mjestima) pojavljuju krvni ekstravazati, koji se pružaju prema središtu medularnog dijela, čija mikrovaskulatura manifestira fenomene hiperemije.

U preparatima životinja koje su zearalenon dobijale 28 dana stanice zone glomeruloze su svjetlije, a subkapsularno se javljaju slabiji ekstravazati. Kod stanica zone fascikulate počinje jača vakuolizacija citoplazme, pa zona dobija pjenušav izgled. Sinusoidne kapilare svih zona kore su hiperemične. Na prijelazu zone retikularis u medulu često se vide obimniji krvni ekstravazati koji ulaze u periferni dio medule. Eritrociti u tim ekstravazatima su većinom aglutinirani. U meduli, osim jake hiperemije, javlja se i incipijentni intercelularni edem.

SKUPINA C (5 mg/kg tjelesne mase): Kod životinja koje su dobijale zearalenon 7 dana ustanovljena je umjerena hiperemija periglandularnog masnog tkiva i ostalog veziva kapsule. Na pojedinim mjestima počev od kapsule pa sve do medule adrena zapaženi su ekstravazati eritrocita u formi tačaka koje se jasno razabiru. Zona glomeruloza je negdje jače, a negdje slabije razvijena, što smo primijetili kod svih pregledanih preparata, pa i kontrolnih životinja. Redukcija ove zone ponegdje ide do njenog nestanka.

Stanice zone fascikulate su pravilno poredane u nizove. Citoplazma ovih stanica je vakuolizirana, naročito u perifernim područjima zone, što odgovara slici ove zone u kontrolnih životinja ali su vidljive i stanice sa znatnom vakuolizacijom, od čega stanica izgleda kao okrugla i ovoidna svijetla vakuola.

Sinusoidne kapilare ovih dviju zona kore pokazuju diskretnu hiperemiju. Zona retikularis ne pokazuje znatnijih promjena, osim jake kongestije kapilara, i to naročito u području bližem meduli.

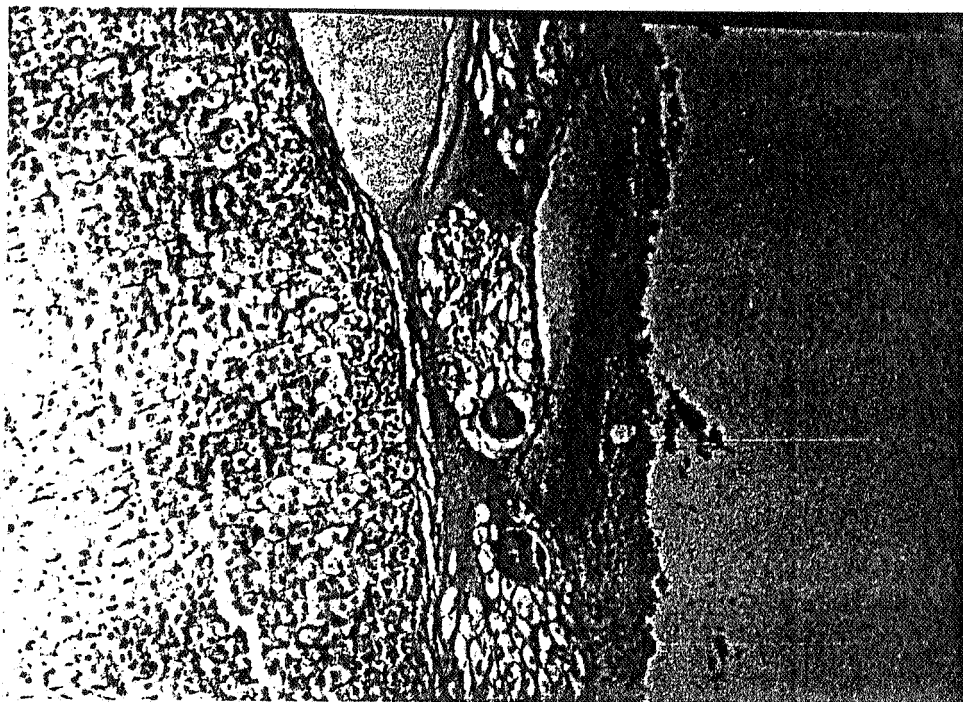
Stanice medule su nepravilno raspoređene i teže se međusobno diferenciraju. Mikrovaskulatura ovog područja je hiperemična, naročito u perifernim zonama prema zoni retikularis.

Nakon 14 dana dobijanja 5 mg/kg krvni sudovi periglandularnog tkiva su ektatični i jako kongestirani. Zona glomeruloza je bez uočljivih promjena, osim već opisane različite razvijenosti.

Spongociti zone fascikulate pokazuju još jaču vakuolizaciju, a u pojedinim sektorima ove zone jezgre stanica se uočavaju kao mutne okrugle sjene. Međusobne granice stanica su nejasne, što sve može ukazivati na paremhimsku distrofiju.

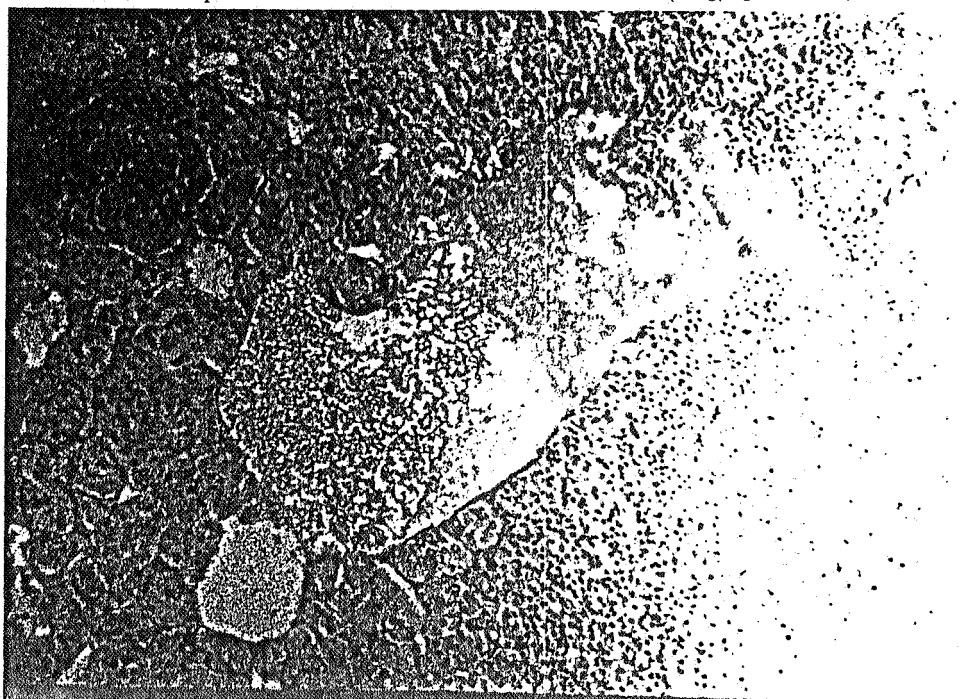
U stanicama zone retikularis zapaža se diskretna vakuolizacija ali mikrovaskularnom slikom dominira jaka hiperemija krvnih žila koja je izraženija u dijelovima bližim meduli.

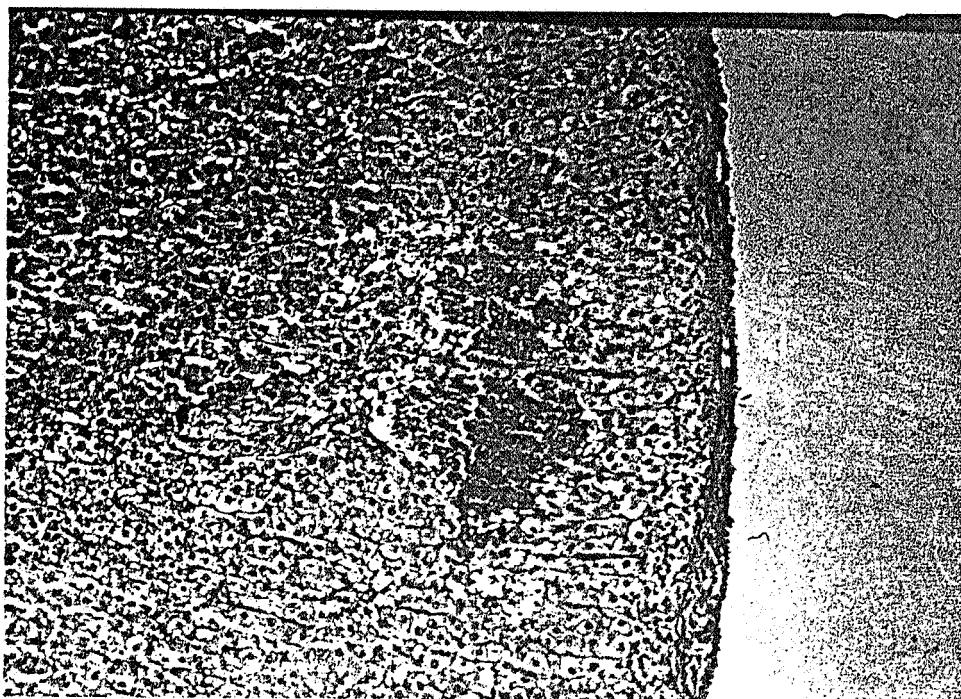
U meduli je mikrovaskulatura napadno ektatična i hiperemična, kako u centralnim, tako i u perifernim dijelovima. Eritrociti u ovako dilatiranim kapilarima se međusobno jasno razabiru.



Slika 1 - Hematom u kapsuli sa hemoliziranim eritrocirima (3 mg/kg, 21 dan)

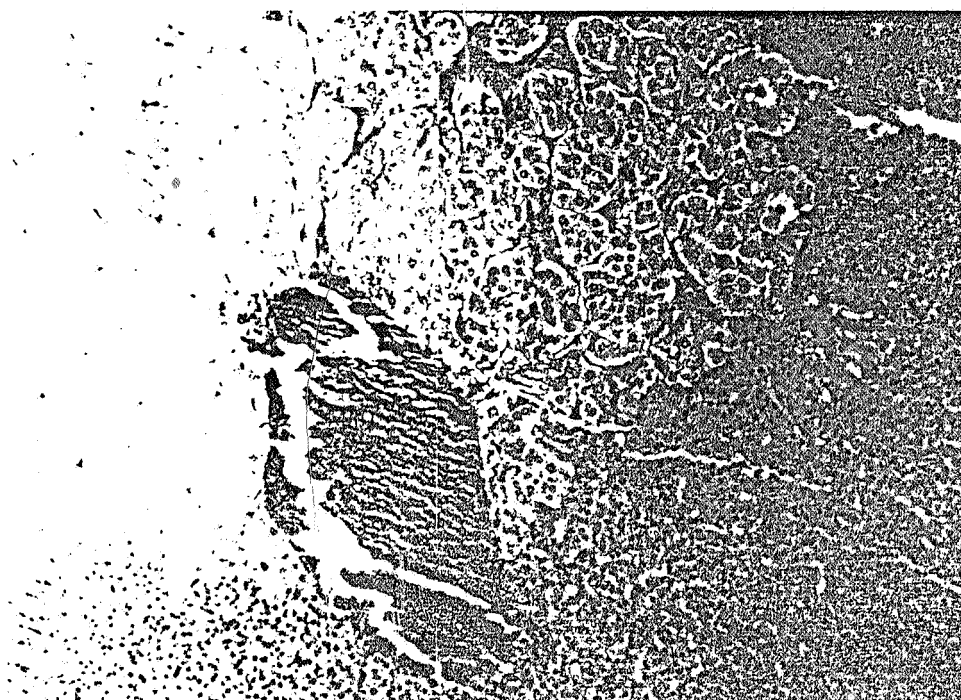
Slika 2 - Opsežni ekstravazat kroz koru i medulu adrena (3mg/kg, 28 dana)

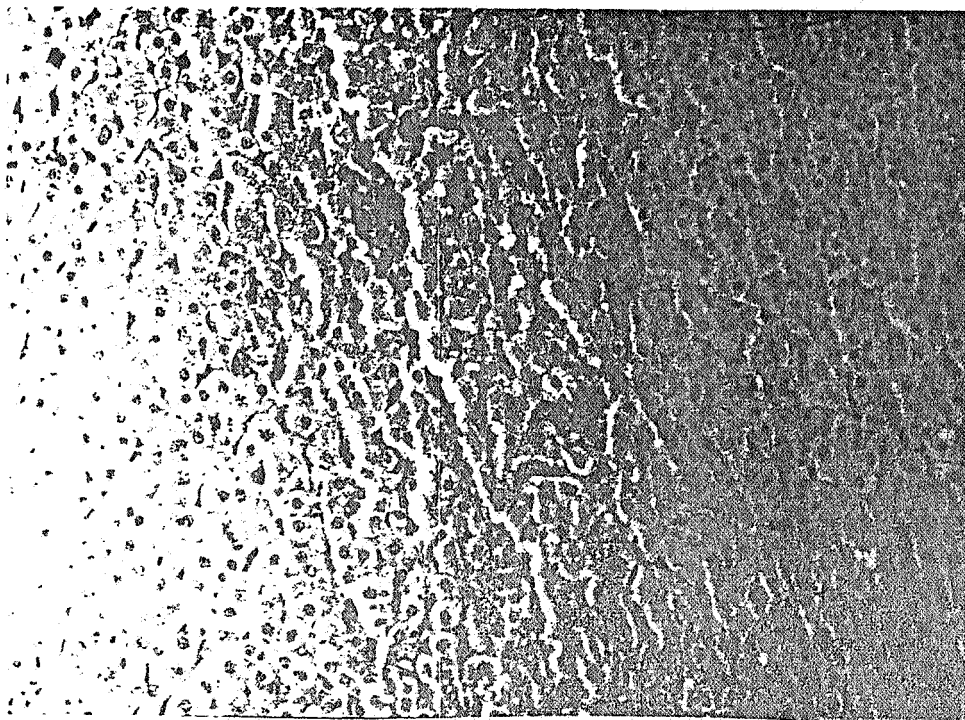




Slika 3 – Opsežan ekstravazat kroz koru adrena (3 mg/kg, 28 dana)

Slika 4 – Krvarenja u meduli adrena i redukcija zone retikularis (5 mg/kg, 7 dana)





Slika 5 – Hiperemija kapilara sa krvarenjem u zoni fascikulati (5 mg/ kg, 14 dana)

Slika 6 – Redukcija zone glomeruloze i vakuolizacija spongiocita (5 mg/kg, 21 dan)

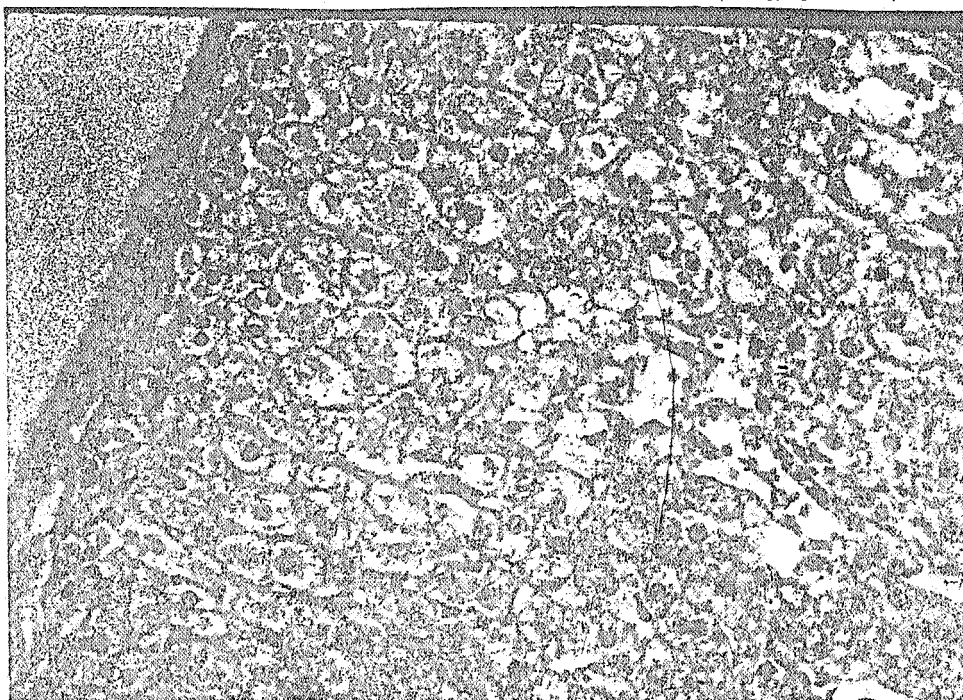


Tabela 1. DJELOVANJE ZEAREALENONA NA ADREN ŠTAKORA – HISTOLOŠKE PROMJENE

Eksperiment	Doza	Broj dana	N		A	L	A	Z
			hiperemija	krvarenje	z. glomerulosa	z. fasciculata	z. reticularis	medulla
A	1 mg/kg	7, 14, 21, 28	kapilare prazne	0	0	0	0	0
		7 i 14	ektatične kapilare	0	0	0	0	ekstravazati
B	3 mg/kg	21	0	hematomi	0	0	ekstravazati	hiperemija
		28	++	ekstravazati	ćelije su svjetlije boje	vakuolizacija citoplazme	ekstravazati	ekstravazati, edem
C	5 mg/kg	7	+	0	jače i slabije razvijena	vakuolizacija citoplazme	kongestije kapilara	hiperemija
		14	++	+	različita razvijenost	vakuolizacija, parenhimska distrofija	vakuolizacija, jaka hiperemija	hiperemija
		21	0	+	redukcija	vakuolizacija	ćelije su svjetlije, hiperemija	ćelije svjetlije, hiperemija
		28	++	++	++	++	++	++

Kod doza od 5 mg/kg kroz 21 dan, u suprakapsularnom tkivu je vidljiva pojava ekstravaziranih eritrocita. Kod ove doze uočljivija je razlika u debljini zone glomeruloze, što bi moglo značiti redukciju ove zone.

Stanice zone fascikulate su nejasnih međusobnih granica i slabo se međusobno diferenciraju skoro u svim područjima ove zone. Citoplazma je blijeda i homogena u središnjim dijelovima zone, a bogato vakuolizirana u perifernim dijelovima. Jezgre ovih stanica se slabo uočavaju kao mutne okrugle sjene ili se uopće ne vide. Sinusoidne kapilare, zbog jake kongestije, izgledaju kao uzdužne, tamnocrvene pruge između nizova spongiocita.

Na stanicama zone retikularis tek 21 dan nakon tretmana ovom dozom zearalenona se uočavaju izvjesne promjene. I one počinju da se slabije međusobno diferenciraju, što je više izraženo u onim dijelovima zone koji su bliži meduli. Citoplazma stanica postaje svjetlija, a jezgre su slabije vidljive zbog slabije obojenosti. Mikrovaskulatura ovog područja je i dalje hiperemična. Stanice srži – medulociti također pokazuju slabiju obojenost, kako citoplazme tako i jezgara. U nekim područjima i ove stanice se teže diferenciraju. Kapilarna mreža je ektatična i hiperemična, a na graničnim dijelovima prema zoni retikularis javljaju se krvni ekstravazati.

Sa dozom od 5 mg/kg tjelesne mase kroz 28 dana patohistološka slika odgovara onoj kod životinja tretiranih istom dozom 21 dan: jedino su promjene vezane uz mikrovaskularizaciju medule još izraženije. Na nekim mjestima eritrociti su stopljeni u homogenu eozinofilnu masu.

Kvalitativni i kvantitativni uvid u djelovanje pojedinih doza i intervala vidi se na priloženoj tabeli i fotografijama.

Kako se iz priloženih materijala vidi, djelovanje zearalenona je očito na krvnim žilama, te je vjerojatno taj efekat neposredan. Kao rezultat tog djelovanja nastaju određene promjene u žlijezdi, kako na samim stanicama, tako i u pojedinim zonama adrena.

U literaturi postoji opis djelovanja estradiola na adren štakora (100 gama/die kroz 9 mjeseci), te se iz opisa slike vidi da je došlo do povećanja cijele kore adrena. Uočljiva je iz tog pokusa jaka hiperemija sa velikom dilatacijom kortikalnih sinusoidea. Zona glomeruloza je nejasna. Sam adren je u tom pokusu bio težak 122 mg, dok je u netretiranog zdravog štakora težina adrena iznosila 44 mg. Težina adrena se mijenja nakon hipofizektomije (15 mg), aplikacije dekokortikosteron acetata (23 mg) i implantacije testosterona (30 mg) (Selye, 1950).

Ovo djelovanje zearalenona, koje po svojim efektima pokazuje linearno sa porastom doza i vremena aplikacije toksina sve veće promjene na krvnim žilama, poznato je iz prirodnih trovanja svinja, posebno mladih (otok i krvarenja u perineumu, prepucijumu, vulvi i rektumu), i ne bi se moglo dovesti u uzročnu vezu s estrogenim djelovanjem toksina na jajnike, uterus i testise. U pokusnim trovanjima utvrđen je pad Ca u ispirku iz uterusa trovanih krmača (Long i sar.), a u tek oprašene prasadi sa vulvovaginitisom utvrđen je poremećen odnos proteina u krvi,

pad koncentracije ukupnih proteina, pad albumina i pad koloido-osmotskog pritiska bjelancevina seruma (Lončarević i sar., 1982). Utvrđene promjene u adrenu tretiranih štakora ukazuju svojim kvantitativnim i kvalitativnim promjenama da su nastale kao posljedica djelovanja većih doza zearalenona u duljem intervalu, ali se ne može iz utvrđenih promjena zaključiti koji bi mehanizam mogao biti za to odgovoran. Iskustva Longa i sar. i Lončarevića i sar. nude neka objašnjenja, koja bi ipak trebalo provjeriti prije nego se mogne ustvrditi, da su za fenomene edema i krvarenja u prirodnim slučajevima i u navedenim pokusnim trovanjima krvi smanjena koncentracija Ca (u serumu ili u tkivu?) i disproteinemija.

ZAKLJUČAK

Iz naših istraživanja slijedi da je u toku trovanja zearalenonom kod većih doza i u duljem intervalu aplikacije došlo do promjena na krvnim žilama, kapilarama i sinusoidima (ektazija, krvarenja, edem) te da su ti ekstravazati (sekundarno?) doveli do promjene u veličini i obojenosti stanica, pretežno u kori adrena. Iz pokusa se ne može zaključiti, da je kora adrena u cjelini povećana na štetu medule, kako je to vidljivo u pokusima Selye kod aplikacije estradiola štakorima.

EFFECTS OF ZEARALENONE ON THE ADREN IN RAT—HISTOLOGICAL CHANGES

Summary

Zearalenone was per os (intubation) applied to juvenile rats in doses of 1, 3 and 5 mg/kg and on days 7, 14, 21 and 28 rats were euthanized and adrens histologically examined. Histological changes were found on the day 21 and 28 with the dose of 3 mg/kg, and on days 7, 14, 21 and 28 with 5 mg/kg only. The changes consisted of ectasias, haemorrhagies and oedema on the capillaries and sinusoids, and thereafter in changes on the cells (esp. vacuolization) in different zones of cortex and less in the medulla of adren. It is presumed, that this effects on blood vessels, very well known in the natural course of oestrogenism in pigs and specially in piglets, is not connected with estrogenic activity of the toxin.

LITERATURA

- Babić, Ljerka, Ožegović, L., Marković, Z., Adilović, S. (1989): *Uticaj zearalenona na histološke promjene u prostati štakora*. ANUBiH, 14, 61-69. LXXXIX
- Babić, Ljerka, Ožegović, L., Bajramović, Nejra (1990): *Histološke promjene sjemenih kesica (v. seminales) pacova tretiranih zearalenonom*. Veterinaria, 39, 3-4, 291-296.
- Bilcea, P., Nafornta, M., Bedrosian, E., Theodorescu, D., Botarel, S., Tomescu, E., Sincai, M. (1979): *Statusul hormonal la scroafele si scrofitele de reproducite, sub influenta agentilor patogeni din genul Fusarium*. Lucrari Stiintifice Agron, Timisoara, Med. Veterinara, 16, 157-159.

- Drugociu, G., Runceanu, L., Cotea, C., Coman, I., Popescu, O., Nicorici, R., Boisteanu, A. (1977): *Cercetari asupra corelatiei dintre fuzari-toxicoza si microstructura hipofizei la scroafe*. Lucrare Stiintifice, Zootehnie-Med. Veterinara 97-8.
- Lončarević, A., Jovanović, M. J., Šamanc, H., Stankov, Zlata (1982): *Uticaj zearalenona (F-2) mikotoksina na proteinemiju, frakcije belančevina, aminokiselinski azot i koloidoosmotski pritisak belančevina krvnog seruma prasadi*. ANUBiH, 10, 87-100 LX.
- Long, G. D., Diekman, M. A., Scheidt, A. B. (1988): *Effect of zearalenone on days 7 to 10 postmating on intrauterine environment and migration of embryos in sows*. J. Anim. Sci. 66 (2), 452-458.
- Selye, H. (1950): *Physiology and pathology of exposure to stress*, Acta Inc. Med. Pub., 330, Montreal.

UTICAJ ZEOLITA DODANOG U HRANU KONTAMINIRANU ZEARALENONOM I OHRATOKSINOM A NA REZULTATE PRAŠENJA KRMAČA

ISIDOR RAJIĆ, DRAGAN TRAJKOVIĆ

*Veterinarski fakultet, Beograd
Pik "Tamiš", Vladimirovac*

Apstrakt. Izvršeno je 8 ogleda ishrane na ukupno 1.086 suprasnih krmača. U prvom ogledu krmna smeša za kontrolnu nije bila kontaminirana mikotoksinima, a za oglednu grupu sadržavala je 0,080 mg/kg zearalenona i 0,950 mg/kg ohratoksina A. U II, III i IV ogleda krmna smeša za kontrolne i ogledne grupe sadržavala je zearalenona po 5,600 i ohratoksina A po 0,160 mg/kg. U V i VI ogledu krmna smeša za kontrolne i ogledne grupe krmača sadržavala je zearalenona po 3,000 i ohratoksina A po 0,160 mg/kg. U VII i VIII ogledu krmna smeša za kontrolne i ogledne grupe sadržavala je zearalenona po 8,000 i ohratoksina A po 0,160 mg/kg. U krmne smeše za ogledne grupe dodano je zeolita 2% (2 kg/tona). Krmne smeše sa zeolitom davane su u I ogledu 30, II 45, III 60, IV 75, V 90, VI 105, VII 120 i VIII 135 dana pre porođaja.

Dodatak zeolita u količini 0,2% u krmne smeše kontaminirane zearalenonom u količini 0,080, 3,000, 5,600 i 8,000 mg/kg i ohratoksina A u količini 0,950 i 0,160 mg/kg u trajanju od 30 i 45 dana pre prašenja nije uticao na smanjenje broja mrtvorodene i avitalne prasadi, a u trajanju od 60, 75, 90 i 105 dana, kao i 120 (za vreme graviditeta, bukarenja i oplodnje) i 135 dana (za vreme graviditeta, dojenja, bukarenja i oplodnje) visoko signifikantno ($P,001$) i signifikantno ($P,05$) je smanjio broj mrtvorodene i avitalne prasadi, što ukazuje na opravdanost dodavanja zeolita u kontaminirane krmne smeše zearalenonom i ohratoksinom A.

U V O D

U ovom radu ispitan je uticaj zeolita dodanog u hranu kontaminiranu zearalenonom i ohratoksinom A na rezultate prašenja krmače.

MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanje uticaja zeolita dodatog u krmne smeše kontaminirane različitim količinama zearalenona i ohratoksina A na rezultate prašenja krmača izvršeno je ogledima ishrane suprasnih krmača, hemijskim i mikotoksikološkim analizama hrane i krmnih smeša i statističkom obradom i procenom značajnosti razlike broja ukupno rođene prasadi, broja mrtvorodne prasadi i broja avitalne prasadi.

Ogledi ishrane suprasnih krmača smešama koje su sadržavale zearalenon i ohratoksin A u različitim količinama, bez i sa dodatkom zeolita, organizovani su i izvršeni na jednoj svinjarskoj farmi u Vojvodini. Ogledi su izvršeni po sistemu kontrolnih grupa.

Izvršeno je 8 ogleda ishrane na ukupno 1.086 suprasnih krmača. U kontrolnim grupama bilo je 566 a u oglednim 520 krmača. Prvi ogled trajao je 30 dana pre prašenja, drugi 45, treći 60, četvrti 75, peti 90, šesti 105, sedmi 120 i osmi ogled 135 dana. Prema tome, krmače sedmog i osmog ogleda dobijale su kontaminiranu hranu i u fazi pripusta (sedmi ogled) a krmače iz osmog ogleda u prethodnoj fazi laktacije (tabela 1).

Tabela 1. BROJ SUPRASNIH KRMAČA U OGLEDIMA I TRAJANJE OGLEDA

Ogled	Grupa krmača		Ukupno krmača	Trajanje ogleda, dana
	Kontrolna	Ogledna		
I	80	50	130	30
II	65	74	139	45
III	58	67	125	60
IV	74	72	146	75
V	69	70	139	90
VI	71	62	133	105
VII	80	67	147	120
VIII	69	58	127	135
Ukupno:	566	520	1.086	

Suprasne krmače kontrolnih i oglednih grupa u svih osam ogleda hranjene su krmnom smešom sledećem sastava (u %): kukuruz 30, ječam 47, pšenično stočno brašno 5, suncokretova sačma 7, sojin tostirani griz 3, brašno dehidrovane lucerke 5, dikalcijum fosfat 1 i vitaminsko-mineralni dodatak 2.

U krmne smeše za ogledne grupe u svih osam ogleda dodano je 0,2% (2 kg/tona) mikroniziranog belog zeolita.

U prvom ogledu krmna smeša za kontrolnu grupu nije sadržavala zearalenon. U krmnoj smeši za 0 grupu krmača zearalenona je bilo 0,080 i ohratoksina A 0,950 mg/kg.

Tabela 2. KOLIČINA ZEARALENONA I OHRATOKSINA A U KRMNIM SMEŠAMA ZA SUPRASNE KRMAČE KONTROLNIH I OGLEDNIH GRUPA

Ogled	Zearalenon, mg/kg		Ohratoksin A, mg/kg	
	Grupa krmača		Grupa krmača	
	Kontrolna	Ogledna	Kontrolna	Ogledna
I	0,000	0,080	0,000	0,950
II,III,IV	5,600	5,600	0,160	0,160
V, VI	3,000	3,000	0,160	0,160
VII,VIII	8,000	8,000	0,160	0,160

U drugom, trećem i četvrtom ogledu količina zearalenona u krmnoj smeši za kontrolnu i oglednu grupu bila je po 5,600 mg/kg a ohratoksina A po 0,160 mg/kg.

U petom i šestom ogledu količina zearalenona u krmnoj smeši za kontrolnu i oglednu grupu bila je po 3,000 mg/kg a ohratoksina A po 0,160 mg/kg.

U sedmom i osmom ogledu količina zearalenona u krmnoj smeši za kontrolnu i oglednu grupu krmača bila je po 8,000 mg/kg a ohratoksina A po 0,160 mg/kg (Tabela 2).

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Prvi ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 0,080 mg/kg i ohratoksina A 0,950 mg/kg, davanu 30 dana pre porođaja (ogledna grupa - 50 legala), nije uticao na broj mrtvorodne i avitalne prasadi u poređenju sa ishranom suprasnih krmača krmnom smešom bez zearalenona, ohratoksina A i zeolita (kontrolna grupa - 80 legala). Ovakav rezultat tumačimo tako što smatramo da je davanje zeolita u trajanju od 30 dana kratko vrijeme da bi se ispoljilo pozitivno dejstvo na rezultate prašenja.

Drugi ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 5,600 mg/kg i ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 45 dana pre porođaja (ogledna grupa - 74 legala), nije uticao na broj mrtvorodne i avitalne prasadi u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 65 legala). Utvrđene razlike rezultata prašenja krmača koje su dobijale hranu bez i sa zeolitom nisu bile statistički značajne.

Treći ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 5,600 mg/kg i ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 60 dana pre porođaja (ogledna grupa - 67 legala), signifikantno je smanjio broj mrtvorodne i avitalne

prasadi ($P < 0,05$) u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 58 legala). Pozitivno dejstvo zeolita ispoljilo se tek kada je davan hranom u trajanju više od polovine suprasnosti.

Četvrti ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 5,600 mg/kg i ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 75 dana pre porođaja (ogledna grupa - 72 legala), visoko signifikantno je smanjio broj mrtvorodne i avitalne prasadi ($P < 0,001$) u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 74 legala). Rezultati ovog ogleda potvrđuju nalaze dobijene u trećem ogledu.

Peti ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 3,000 mg/kg i ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 90 dana pre porođaja (ogledna grupa - 70 legala), visoko signifikantno je smanjio broj mrtvorodne prasadi ($P < 0,001$) nesignifikantno broj avitalne prasadi, a signifikantno povećao broj živorođene prasadi ($P < 0,05$) u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 69 legala).

Šesti ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 3,000 mg/kg i ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 105 dana pre prašenja (ogledna grupa - 62 legala), visoko signifikantno je smanjio broj mrtvorodne i avitalne prasadi ($P < 0,001$) u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 71 leglo). Dodatak zeolita u kontaminiranu hranu u trajanju od 90 dana ispoljio je pozitivno antitoksično dejstvo.

Sedmi ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 8,000 mg/kg a ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 120 dana, odnosno za vreme trajanja graviditeta i u fazi bukarenja ili oplodnje u trajanju 5-6 dana (ogledna grupa - 67 legala), visoko signifikantno je smanjio broj mrtvorodne i avitalne prasadi ($P < 0,001$) u poređenju sa ishranom suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 80 legala).

Osmi ogled

Dodatak 0,2% zeolita u krmnu smešu za suprasne krmače koja je sadržavala zearalenona 8,000 mg/kg a ohratoksina A 0,160 mg/kg, davanu 135 dana pre porođaja, odnosno za vreme trajanja graviditeta, u fazi bukarenja do oplodnje u trajanju 7-10-20 dana (ogledna grupa - 58 legala), visoko signifikantno je povećao broj živorođene prasadi ($P < 0,001$) i visoko signifikantno smanjio broj mrtvorodne i avitalne prasadi ($P < 0,001$) u odnosu na ishranu suprasnih krmača istom krmnom smešom bez dodatka zeolita (kontrolna grupa - 69 legala). Prema tome, najbolji rezultati dobijeni su dodatkom zeolita za vreme suprasnosti i dojenja prasadi.

Dobijene rezultate nismo mogli da poredimo sa rezultatima drugih autora, jer u nama pristupačnoj literaturi nismo naišli na podatke o upotrebi belog mikroniziranog zeolita ili klinoptilolita kao antimonotoksičkog aditiva krmnim smesama za ishranu suprasnih krmača.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu dobijenih rezultata u ovom radu mogu se donijeti sledeća zaključna razmatranja.

Potpune krmne smeše za ishranu suprasnih i krmača dojara često su kontaminirane sa dva mikotoksina, odnosno zearalenonom i ohratoksinom A. Količina zearalenona je često iznad 2, a ohratoksina A ispod 1 mg/kg hrane.

Dodatak zeolita u količini 0,2% (2 kg/tona) u krmne smeše kontaminirane zearalenonom u količini 0,080, 3,000, 5,600 i 8,000 mg/kg i ohratoksinom A u količini 0,950 i 0,160 mg/kg u trajanju od 30 i 45 dana pre prošenja nije uticao na smanjenje broja mrtvorodne i avitalne prasadi, a u trajanju od 60, 75, 90 i 105 dana, kao i 120 (za vrijeme graviditeta, bukarenja i oplodnje) i 135 dana (za vrijeme graviditeta, dojenja, bukarenja i oplodnje) visoko signifikantno ($P < 0,001$) ili signifikantno ($P < 0,05$) je smanjio broj mrtvorodne i avitalne prasadi.

Rezultati ukazuju na stručnu opravdanost dodavanja 0,2% zeolita u krmne smeše koje sadrže zearalenon i ohratoksin A, a služe za ishranu suprasnih i krmača dojara.

EFFECT OF ZEOLYTE ADDED TO FEED CONTAMINATED WITH OCHRATOXIN A AND ZEARALENONE ON THE RESULTS OF SOWS FARROWING

S u m m a r y

There were 8 experiments with feeding the gravid sows (1.086). In the first experiment feed mixture for control group did not contain any mycotoxin and for experimental group there were 0,080 mg/kg of zearalenone and 0,950 mg/kg of ochratoxin A in the mixture. In the experiments II, III and IV feed mixture for the control and experimental groups contained zearalenone 5.600 and ochratoxin A 0,160 mg/kg. In V and VI experiments feed mixture for control and experimental sows contained zearalenone 3.000 and ochratoxin A 0,160 mg/kg. In VII and VIII experiments feed mixture for the control and experimental groups contained zearalenone 8.000 and ochratoxin A 0,160 mg/kg. In the feed mixtures for experimental groups it was added zeolyte 2% (2 kg/ton). Feed mixtures with zeolyte were offered in experiment I through 30, in experiment II through 45, in experiment III through 60, in experiment IV through 75, in experiment V through 90, in experiment VI through 95, in experiment VII through 120 and in experiment VIII through 130 days before parturition.

Addition of zeolyte in quantity of 0,2% of feed mixture contaminated with zearalenone with 0,080, 3.000, 5.600 and 8,00 mg/kg and ochratoxin A with 0,950 and 0,160 mg/kg during 30 and 45 days before parturition did not influence lessening of the number of stillborn and

non vital piglets, and in application through 60,75,90 and 105 days, as well during 120 days (during the pregnancy, oestrous cycle and fertilization) and 135 days (during the pregnancy, sucking, oestrous cycle and fertilization) high significantly (P lesser than 0,001) and significantly (P lesser than 0,05) diminished the number of stillborn and avital piglets, what justifies addition of zeolyte to contaminated feed mixture with zearalenone and ochratoxin A.

FUNGICIDNI I DETOKSIKACIONI EFEKAT UBEA 70 NA ZEARALENON I PLIJESNI U KUKURUZU

LADISLAV OŽEGOVIĆ, STJEPAN FELDHOFFER, DRAGAN HLUBNA

*Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo
INA - Petrokemija, Kutina
Veterinarski fakultet, Sarajevo*

Apstrakt. Kukuruz roda 1985. kontaminiran plijesnima i zearalenonom (5,6 ppm) tretiran je u anaerobnim uslovima preparatom UBEA 70. Mjesec dana od tretiranja u kukuruza se nije mogao dokazati zearalenon, a broj spora i kontaminacija endosperma kukuruza su se drastično smanjili.

Poznati su uslovi nastanka mikotoksina na žitaricama. Vlažnost supstrata predstavlja limitirajući faktor rasta plijesni, a sastav samog supstrata i temperatura na kojoj plijesni rastu omogućavaju manifestiranje toksigenosti kontaminirajućih plijesni. Rano je razvijena strategija sprečavanja pljesnivosti i stvaranja mikotoksina smanjivanjem vlažnosti supstrata, regulacijom temperature uskladištenja i biranjem onih specija žitarica (ili drugih plodova) koje su rezistentne na kontaminaciju plijesnima. Međutim, uprkos svih poznatih i relevantnih faktora, realnost postojanja mikotoksina i šteta koje nanose svakodnevno nas suočavaju sa pljesnivom hranom i mikotoksinima u njoj. Odatle razni pravci istraživanja o mogućnostima sprečavanja efekata mikotoksina, pri čemu se upotrebljavaju fizikalni, kemijski i biološki agensi i postupci (Müller, 1983).

UBEA 70 je preparat kojeg proizvođač preporuča za konzerviranje vlažnih krmiva: sadrži ureu, sumpor i BENAL. Ovakav sastav preparata, s ureom, iz koje se spontano djelovanjem ureaze formira amonijak, i BENALOM, koji je posebno aktivirana bentonitna glina s veoma aktivnim aluminosilikatom vrste montmorillonita, upućivao je na mogućnost detoksikacije mikotoksina, uz fungicidnu aktivnost i ostale prednosti sastavnih dijelova preparata (Feldhofer i sar. 1987).

U literaturi je poznato djelovanje amonijaka i aluminosilikata (Müller, 1984; Wmitch 1980; Colvini sar. 1989; Rajić i sar. 1990; Harvey i sar. 1989) na detoksikaciju mikotoksina u supstratu prije aplikacije životinjama hrane

kontaminirane mikotoksinima, ili zajedno s apliciranim supstratom. U literaturi postoji izvještaj o komparativnoj efikasnosti raznih vrsta silikata u detoksikaciji aflatoksi na in vitro (P h y l l i p s i sar. 1990).

Zearalenone je, prema istraživanjima B e n n e t t a i sar. (1980) veoma rezistentan na niz postupaka koji u njihovim istraživanjima nisu mogli signifikantno smanjiti koncentraciju zearalenona u kukuruзу. Kako je u našoj zemlji kontaminacija kukuruза zearalenonom česta pojava (1, 3, 10, 12, 14, 15, 20), smatrali smo da je oportuno istražiti djelovanje ovog preparata na zrnu kukuruза koji je bio kontaminiran plijesnima i zearalenonom.

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivani kukuruz bio je roda iz 1985. godine i sadržavao je više od 30% vlažnosti. Metodom istraživanja infestacije endosperma utvrđena je 100% infestacija. Izolirane su slijedeće plijesni: *Asp. ustus*, *Asp. ochraceus*, *Asp. flavus*, *Asp. candidus*, *Penicillium sp.*, kvasnice (nedeterminirane). Broj spora plijesni iznosio je 300.000/g. Količina zearalenona iznosila je 5,6 ppm (metodom po Baleru i sar.).

Kukuruz je izmiješan sa 7% UBEA 70, postupkom koji proizvođač (INA - Petrokemija, Kutina) preporuča za sprečavanje kvarenja i za konzerviranje vlažnog zrnja kukuruза u aerobnim uslovima. Uzorci obrađena kukurза su zatvoreni u plastične posude (od 3 kg). Sva količina ispitivanog kukuruза bila je pohranjena na sobnoj temperaturi (20°C). Period istraživanja trajao je 6 mjeseci, od novembra 1985. do maja 1986.

Pretrage obrađenih tretiranih uzoraka vršene su jednom mjesečno kao i pretrage kontrolnog uzorka na ukupan broj spora u gramu uzorka, postotak infestacije endosperma zrnja i na sadržaj zearalenona.

REZULTATI

Makroskopski izgled netretiranih zrna već na prvi pogled odaje zrna u kvačenju: zrnje je pokriveno bijelim nanosom plijesni i kvasnica, a kako je vrijeme opažanja protjecalo tako je bio uočen sve veći broj slijepljenih zrna, najčešće u manje i veće grudvice. Zrna tretirana sa UBEA 70 su odjelita, na svojoj suhoj površini imaju smeđi nanos karakteristična mirisa, bez tendencije stvaranja gruda. Tretirani kukuruz ostaje takav kroz razdoblje istraživanja (sl. 1-4).

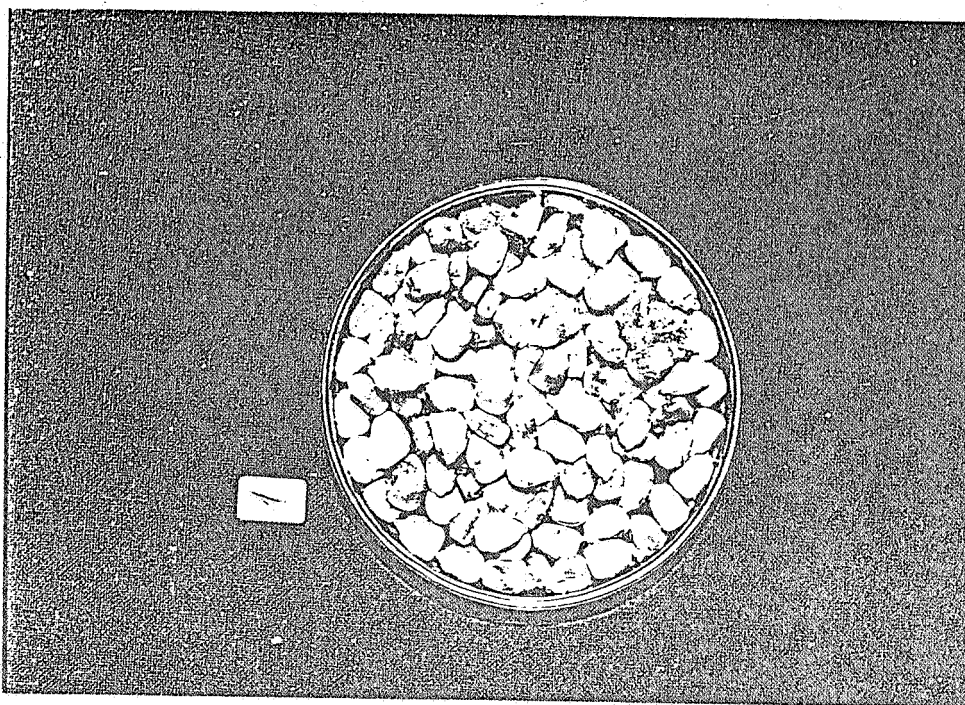
Infestacija zrna tretiranih sa UBEA 70 mijenja se (prema kontrolnim i onim na početku pokusa) i već nakon mjesec dana iznosi 0%. Tako ostaju kroz 6 mjeseci promatranja. Kod netretiranih zrnja infestacija kroz cijeli period istraživanja ostaje 100%, a izolirane su iste plijesni kao i na početku istraživanja.

Broj plijesni u gramu uzorka u početku tretmana ukazivao je na veliku zagađenost. Tokom vremena opažanja kod netretiranih zrna broj plijesni iznosio je više od 1,000.000 spora gram uzorka. U tretiranih zrna nakon 5 mjeseci od tretmana uzorak je još uvijek bio sterilan. Tek nakon 6 mjeseci u jednom uzorku kukuruza tretiranog sa UBEA 70 nalazilo se 170.000 spora/g, a u drugom 50.000 spora G (Tabela 1 i grafikon 1).

Tabela 1 – Rezultati tretiranja pljesnivog kukuruza sa UBEA 70
Table 1 – The results of treatment the contaminated corn with UBEA 70

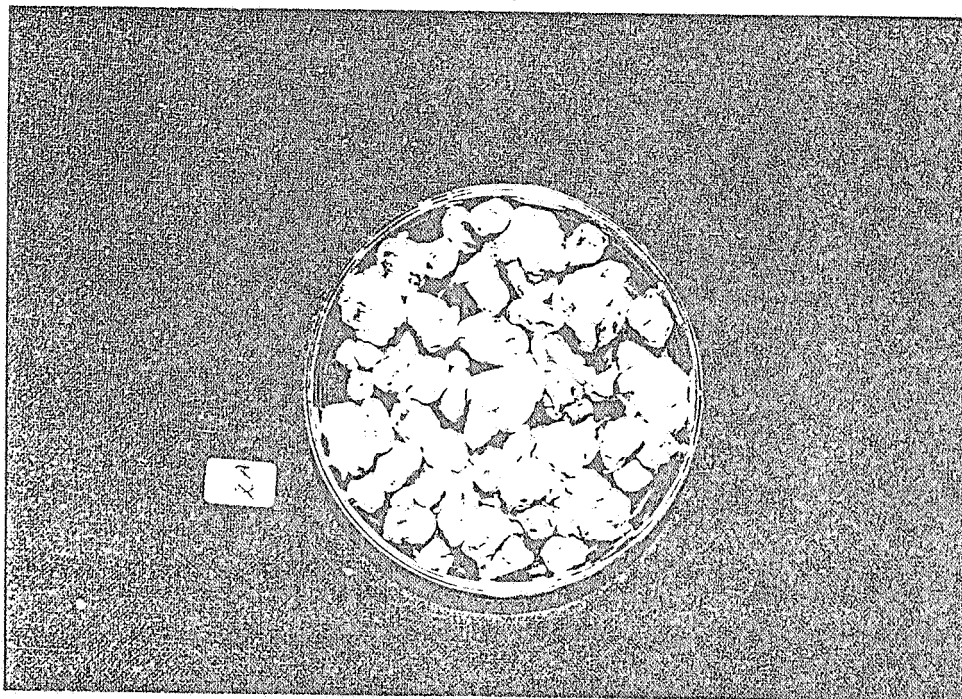
	NETRETIRANI KUKURUZ <i>non-treated corn</i>	TRETIRANI KUKURUZ <i>treated corn</i>
Prije pokusa <i>before treatment</i>		
infestacija zrna	100%	
broj plijesni	300.000/g	
zearalenone	5,6 ppm	
nakon 5 mjeseci 5 month after		
infestacija zrna	100%	0
broj plijesni	1,030.000/g	0
zearalenone	5,6 ppm	0
nakon 8 mjeseci 8 month after		
infestacija zrna	100%	100%
broj spora/g	1,530.000/g	170.000
zearalenone	5,6 ppm	0

Zearalenone se nije mogao dokazati u tretiranom kukuruzu nakon 30 dana od tretmana.

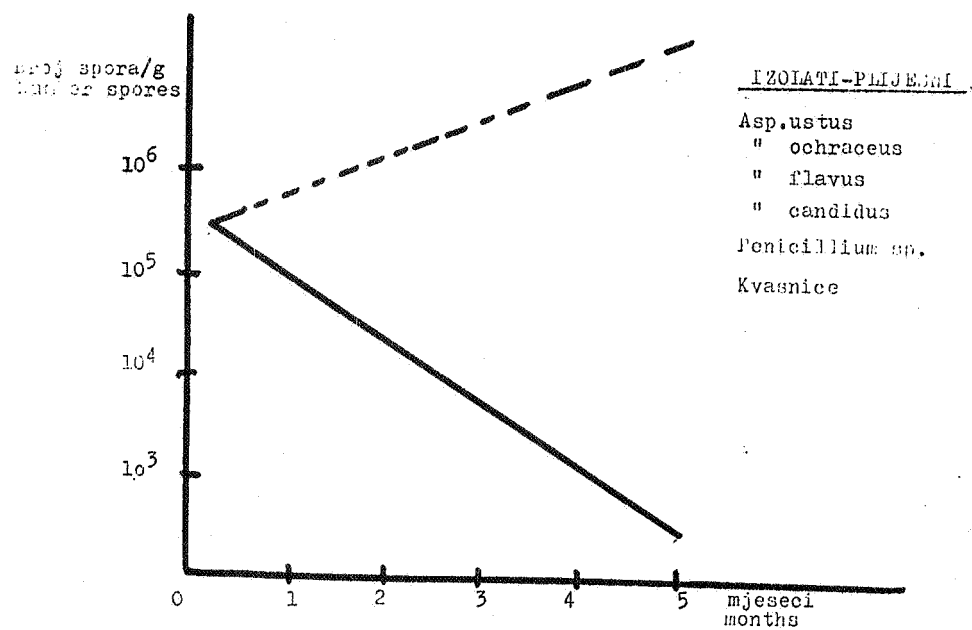
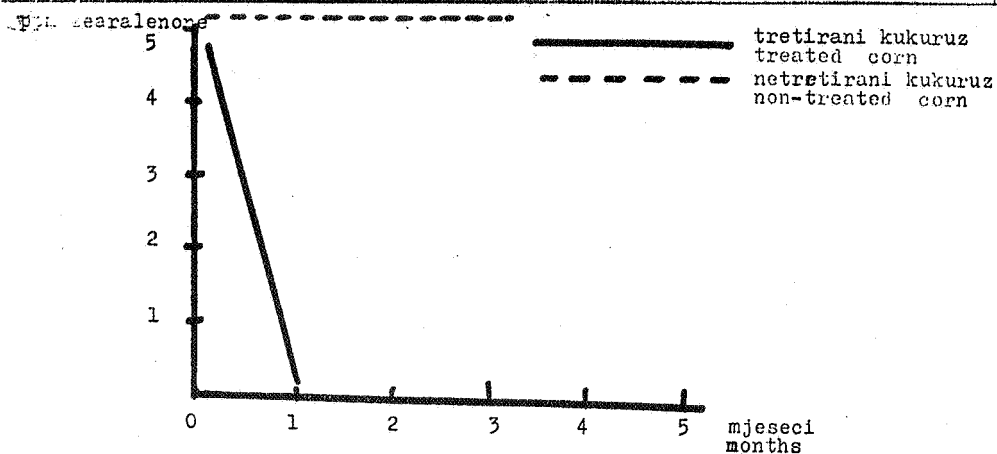


Slika 1 - Kukuruz prije tretmana, novembar 1985.

Slika 2 - Kukuruz tretiran sa UBEA 70, maj 1986.



UBEA 70
(urea, sumpor, benal-bentonitna glina-aluminoasilikati: montmorinolit, montronit...)



Grafikon 1. Djelovanje UBEA 70 na zearalenon i plijesan u vlažnom kukuruzu
Graph 1. Effect of UBEA 70 on zearalenone and the molds in wet corn

DISKUSIJA

Kako je već spomenuto, djelovanje UBEA 70 se može uočiti mikroskopski po smeđoj boji na zrnju već 15-20 dana nakon što je kukuruz tretiran. Brojenjem se opaža manji broj plijesni, smanjivanje broja plijesni i kontaminacije endosperma do sterilnosti (grafikon 1). Nakon otprilike mjesec dana, ustaljeno je djelovanje UBEA 70. Zanimljivi su rezultati istraživanja infestacije endosperma tretiranog kukuruza: nalaz je negativan (endosperm sterilan) od 30 dana do 5 mjeseci, a nakon tog perioda pokazuje se ponovno rast istih vrsta plijesni koje su postojale na zrnju prije tretiranja.

Nameće se pitanje porijekla tih plijesni: da li je djelovanje UBEA 70 bilo privremeno (5 mjeseci) ili, kako izgleda, samo fungistatičko, da bi se nakon tog perioda vratila sposobnost germinacije - infestacije endosperma od preostalih (germinativnih) spora, ili je došlo do novog zagađivanja iz zraka kod manipulacije uzorkom. Vjerojatno je da su pojedine spore kasnije, 5 mjeseci od aplikacije UBEA 70, dospjele na kukuruz i u uslovima visoke vlažnosti počele germinirati. Postoji i mogućnost neujednačenog uzorkovanja kukuruza koji je bio na nekim mjestima bolje obrađen (u kontaktu) sa UBEA 70. U svakom slučaju, makroskopski izgled zrnja i brojčani nalaz plijesni nedvojbeno ukazuju da je djelovanje UBEA 70 bilo uspješno, jer se drastično smanjio broj spora u uzorku kao i infestacija endosperma kroz opažani period. Tako se omogućava korisna upotreba hrane koja bi kao štetna (prema PKA) bila odbačena.

Uspješna detoksikacije zearalenona u kukuruzu s UBEA 70 otvara teoretsko pitanje djelovanja sastavnih dijelova UBEA 70, BENALA - montmorilonita u prvom redu, i same uree u procesu detoksikacije zearalenona. Iskustva Benetta i sar. ukazuju da amonijakalizacija ne može znatno smanjiti količinu zearalenona u kukuruzu, kao ni druge kemikalije, pa ni temperatura od 150°C. Jedino je formaldehid u njihovom pokusu mogao znatnije smanjiti količinu zearalenona. Zato pretpostavljamo da je u našim pokusima zearalenone u kukuruzu bio detoksiciran djelovanjem montmorilonita iz BENALA, vjerojatno i sinergizmu s amonijakom oslobođenim iz uree. Iskustva s upotrebom aluminosilikata u detoksikaciji aflatoksina govore da je koncentracija aluminosilikata od 0,5% bila uspješna u sprečavanju šteta, dok je kod detoksikacije zearalenona ta koncentracija iznosila 5% (Smith 1980; Colvin i sar. 1989; Harvey i sar. 1989). Djelovanje Fixatoxa u pokusima Rajića i Milutinovića (1990) iznosio je 0,05-0,1% aluminosilikata koji se nalaze u preparatu.

ZAKLJUČAK

UBEA 70 je na vlažnom kukuruzu u zatvorenoj posudi uspješno smanjila i eliminirala plijesni (broj u gramu uzorka i postotak infestacije endosperma) kukuruza i u isto vrijeme detoksicirala prisutni zearalenone. Vrijeme od mjesec dana kontakta UBEA 70 sa kukuruzom bilo je dovoljno za eliminiranje plijesni i zeara-

lenona, a kukuruz se sačuvao od kvarenja. Nakon perioda od 5 mjeseci, kod kukuruza su se ponovno javile plijesn, pa bi takav kukuruz trebalo potrošiti u vremenu od 1 mjesec dana do 5 mjeseci nakon tretmana. Kod prisutnosti plijesni i zearalenona, obrada i detoksikacija se može uspješno izvesti u zatvorenim plastičnim posudama - vrećama.

FUNGICIDAL AND DETOXIFICATIVE EFFECTS OF UBEA 70 ON THE MOLDS AND ZEARELENONE IN CONTAMINATED CORN

S u m m a r y

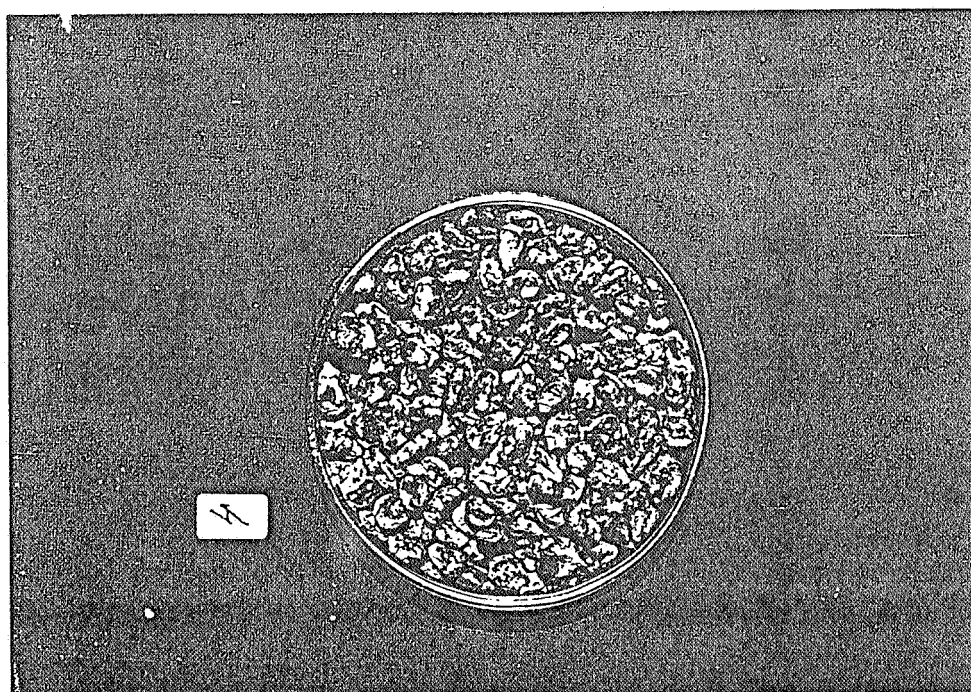
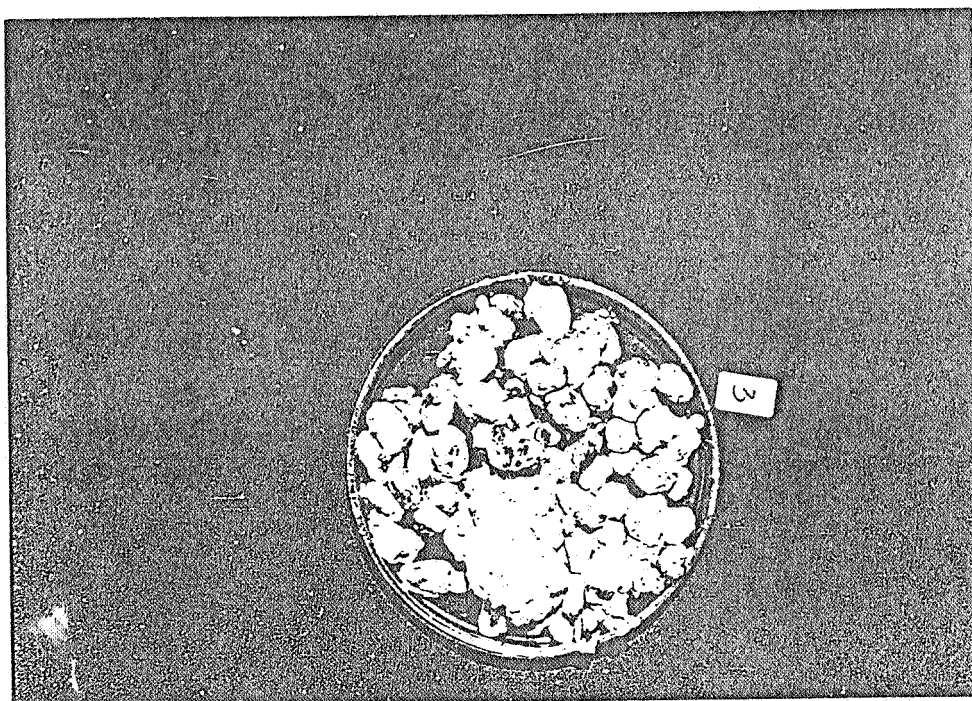
Corn from the 1985 crop, contaminated with molds and zearalenone (5,6 ppm) was treated with UBEA 70, containing urea, sulphur and activated clay with aluminosilicates. Treatment was in closed plastic boxes. One month after the treatment no trace of zearalenone in the corn could be proved, and the number of the spores and percentage of endosperm infestations drastically dropped

LITERATURA

- Balzer, I., Bogdanić, Č., Mužić, S. (1976): *Natural contamination of corn with mycotoxins in Yugoslavia*, III IUPAC, Paris, Abstr.2
- Bennett, G. A., Shotwell, O. L., Hesseltine, C. W. (1980): *Destruction of zearalenone in contaminated corn*. JAOCS, 57, 8, 245-247.
- Brodnik, Tatjana, Klemenc, N., Vospernik, P., Žust, J. (1977): *Kontaminacija kukuruza gljivama i mikotoksinima u Sloveniji*, Krmiva, 19, 2-29.
- Colvin, B. M., Sangster, L. T., Haydon, K. D., Beaver, R. W., Wilson, D. M. (1989): *Effect of a high affinity alumino-silicate sorbent on prevention of aflatoxicosis in growing pigs*. Vet. Hum. Toxicol., 31(1) 46-48.
- Feldhofer, S., Herman, K., Matić, A., Gašpar, Marija, Mundžić, K. (1987): *Konzerviranje svježeg jabučnog koma sa "Ubeom 70"*. Veterinaria, 36, 2, 187-193.
- Feldhofer, S., Marić, V., Horvat, P., Gašpar, Marija (1987): *Neke fizikalno-kemijske i mikrobiološke promjene na vlažnom zrnju kukuruza konzerviranom sa "Ubeom 70"*. Veterinaria, 36, 3-4, 321-334.
- Feldhofer, S., Tkalčec, Emilija, Mitin, V., Svetić, M., Kraljević, P., Gašpar, Marija (1988): *Fizikalno-kemijska svojstva Bentonita i "Benala" značajna za hranidbu stoke, s posebnim osvrtom na resorpciju kalcija i fosfora kod pilića*. Veterinaria, 37, 1, 51-63.
- Harvey, R. B., Kubena, L. F., Phillips, T. D., Huff W. E., Corrier, D. E. (1989): *Prevention of aflatoxicosis by addition of hydrate sodium calcium aluminosilicate to diets of growing barrows*. Am. J. Vet. Res., 50 (3) 416-420.
- Lončarević, A., Penčić, Viktorija, Smiljaković, Hristina, Gotovčević, S. (1972): *Mikotoksikoza svinja prouzrokovana gljivicama roda Fusarium*, Dokumenti J. P. Š., 9-10, 1-7.

- Müller, H. M. (1983): *A survey of methods of decontaminating mycotoxins. I. Physical methods.* Animal Res. and Development, Vol. 19, 70-96.
- Müller, H. M. (1984): *A survey of methods of decontaminating mycotoxins. II. Chemical methods and reaction with components of feedstuffs.* Anim. Res. and Development, Vol. 19, 7-38.
- Phyllips, T. D., Clement, B. A., Kubena, L. F., Harvey, R. B. (1990): *Use of dietary chemisorbent to prevent aflatoxicosis in farm animals. A perspective on aflatoxin in field crops and animal food products in the United States,* A Symposium, USDA, 106-114, ARS-83.
- Prevot, A. (1986): *Commercial detoxification of aflatoxin-contaminated peanut meal.* U: Mycotoxins and Phycotoxins (Ed. Steyn P. S., Vleggaar R.), 341-351.
- Rajić, I., Matić, G. (1986): *Uticaj zearalenona na reproduktivne organe svinja.* ANUBiH, LXXX, 12, 29-42.
- Rajić, I., Milutinović, Desanka (1990): *Uticaj Fixatoxa dodatog u hranu na prirast i konverziju hrane pilića u tovu.* Peradarstvo, XXV, 7-8, 155-161.
- Ramljak, Danica, Matešić, Dubravka, Uremović, Marija (1986): *Trovanje svinja zearalenolom u Jugoslaviji.* ANUBiH, LXXX, 12, 195.
- Smith, T. K. (1980): *Influence of dietary fiber, protein and zeolite on zearalenone toxicosis in rats and swine.* J. Anim. Sci. 50(2), 278-285.
- Smith, T. K. (1990): *The use of trichothecene-contaminated grains in feed.* Can. J. Physiol. 68, 7, 1000-1003.
- Srebočan, V., Pompe-Gotal, Jelena, Srebočan, E., Lopina, Mirjam, Feldhofer, S. (1988): *Reduction of cadmium and chromium deposition in the chicken's tissues by montmorillonite in the diet.* Vet. Ahiv, 58 (4) 189-191.
- Stamatović, S., Lješević, S., Đuričković, S. (1963): *O jednoj fungalnoj alimentarnoj intoksikaciji svinja (vulvovaginitis suum).* Vet. Glasnik, 17, 6, 507-510.

Slika 3 i 4 – Netretiran kukuruz, maj 1986.



IV SIMPOZIJ O MIKROTOKSINIMA

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Biblioteka Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine,
Sarajevo

UDC 615.918-582.282(082.2)
UDC 619:636/639(497.1)

SIMPOZIJUM o mikotoksinima (4. 1991: Sarajevo)

4. (četvrti) Simpozijum o mikotoksinima (Sarajevo, 14. juna 1991) / Redakcioni odbor
Seid Huković, Ladislav Ožegović, Džemal Rezaković : Urednik Ladislav Ožegović. –
– Sarajevo : Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, 1992. – 130 str. :
tabele ; 24 cm. – (Posebna izdanja/Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercego-
vine : knj. 103 ; Odjeljenje medicinskih nauka ; knj. 17)

YU ISBN 86-7123-041-4

PK : Toksilogija – Nauka o otrovima
Sistemska botanika – gljive
Veterina – domaće životinje – Jugoslavija