

## ORIGINALNI RAD – ORIGINAL PAPER

UDK 636.4.09:544.723.2:561.28

**EFIKASNOST MINERALNOG I ORGANSKOG ADSORBENTA  
U UBLAŽAVANJU ŠTETNIH EFEKATA ZEARALENONA NA  
STATUS PROTEINA KRVNOG SERUMA PRASADI\******EFFICACY OF MINERAL AND ORGANIC ADSORBENT IN  
ALLEVIATING HARMFUL EFFECTS OF ZEARALENONE ON PIG  
BLOOD SERUM PROTEIN STATUS***Ksenija Nešić, Jelka Stevanović, Z. Sinovec\*\*

*Uticaj zearalenona na status proteina krvnog seruma prasadi i mogućnost upotrebe modifikovanog klinoptilolita i esterifikovanog glukomanana za ublažavanje njegovih štetnih efekata ispitan je kroz dva ogleđa, u trajanju od 31 i 29 dana, izvedena na ukupno 64 prasadi (32 u svakom ogleđu), 60 dana starih, podeljenih u 4 grupe, po 8 jedinki. Kontrolne grupe (K) u oba ogleđa hranjene su smešom bez zearalenona, dok su eksperimentalne grupe dobijale hranu koja je sadržavala 3,84 mg/kg u prvom, odnosno, 5,12 mg/kg zearalenona u drugom ogleđu. Prasad prve eksperimentalne grupe oba ogleđa dobijala je hranu samo sa toksinom. Istovremeno, modifikovani klinoptilolit u količini 0,2% dodat je u hranu za prasad obe druge eksperimentalne grupe (O-II), dok je u smeši obe treće eksperimentalne grupe (O-III) bio prisutan esterifikovani glukomanan u količini od 0,1%.*

*Upotrebom kontaminirane hrane uočen je opadajući trend A/G odnosa: smanjenje sadržaja albumina i povećanje sadržaja globulina na račun  $\alpha$  globulinske frakcije. Istovremeno je otkriveno smanjenje koncentracije ukupnih proteina i relativne zastupljenosti  $\gamma$  globulinske frakcije. Primena adsorbenata uspešno je ublažila štetne efekte F-2 toksina na poremećene biohemijske parametre krvnog seruma.*

*Ključne reči: proteini, krv, zearalenon, prasad, adsorbenti*

\* Rad primljen za štampu 15. 09. 2008. godine

\*\* Mr sci. med. vet. Ksenija Nešić, istraživač saradnik, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd; dr sci. med. vet. Jelka Stevanović, redovni profesor, dr sci. med. vet. Zlatan Sinovec, redovni profesor, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

## Uvod / Introduction

S obzirom na njegovu toksičnost i učestalost pojavljivanja u hrani za životinje, zearalenon (F-2 toksin) je jedan od najvažnijih toksina *Fusarium* plesni, koje su veoma rasprostranjene u prirodi (Bottalico i Perrone, 2002; Logrieco i sar., 2002). Najčešće je zahvaćen kukuruz, naročito hibridne sorte sa dugom vegetacijom i dosta vlage u momentu branja, ali se rast plesni i sinteza toksina nastavlja i tokom skladištenja.

Biološka aktivnost ovog mikotoksina može da se objasni kompeticijom sa 17- $\beta$ -estradiolom za specifična mesta vezivanja na estrogenim receptorima i kao interferencija sa enzimima koji su uključeni u metabolizam steroida (Mitterbauer, 2003). F-2 toksin ispoljava efekte u svim metaboličkim procesima na koje utiču estrogeni hormoni, a najčešće na polnim organima i u procesu reprodukcije. U kliničkoj slici dominantnu pojavu predstavlja estrogeni sindrom, a vrsta i intenzitet simptoma zavise od vrste životinja, starosti i pola (JEFCA, 2000). U dozama znatno većim od koncentracija koje imaju hormonalne manifestacije mogu da ispoljavaju genotoksične i karcinogene efekte (A National Toxicology Program, 2002). Prasadi su senzitivnija (Gaumy, 2001) nego druge životinjske vrste, a primarno ispoljavaju hiperestrogenizmom kod ženki. Međutim, takođe su zabeležene i gastrointestinalne smetnje, oštećenja jetre i poremećaji biohemijskih parametara krvnog seruma prasadi (D'Mello i sar., 1999; Döll i sar., 2003; Döll i sar., 2005).

Upotreba adsorbentata je najčešći način ublažavanja i/ili preveniranja štetnih efekata mikotoksina. Adsorbenti su supstance koje se ne resorbuju iz digestivnog trakta i imaju sposobnost da fizički vezuju neke hemijske materije, čime blokiraju njihovu resorpciju. Sve veći broj adsorbentata dostupan je na tržištu, a njihova efikasnost prema različitim vrstama mikotoksina testirana je u *in vitro* i *in vivo*. U većini ispitivanja korišćeni su aluminosilikati, kao što je modifikovani klinoptilolit (Tomašević-Čanović i sar., 2003; Döll i sar., 2004; Döll i sar., 2005), dok je mogućnost upotrebe organskih adsorbentata tema novijih istraživanja. Među njima sve je poznatiji esterifikovani glukomanan (Devegowda i sar., 1998; Swamy, 2002), koji je izolovan iz unutrašnjeg sloja ćelijskog zida kvasca i koji poseduje veliku sposobnost adsorpcije mikotoksina.

Uzimajući u obzir rizik po zdravlje koji nosi zearalenon i podatke da ovaj toksin uzrokuje estrogenizaciju i pseudograviditet kod žena, a da se kod muškaraca dovodi u vezu sa karcinomom prostate, neophodno je istražiti sve njegove toksične efekte. Samo nekolicina autora ispitala je uticaj F-2 toksina na koncentraciju proteina krvnog seruma i njihovih frakcija, s namerom pouzdanijeg dijagnostikovanja F-2 toksikoze. Pupavac i sar. (2000) uočili su značajno smanjenje sadržaja ukupnih proteina krvnog seruma, sa promenom A/G odnosa kao posledicom rasta albumina na račun globulina kod prasadi koja je uzimala hranu kontaminiranu zearalenonom. Takođe je zabeleženo, u izveštaju Evropske komisije naučnog komiteta o hrani (2000), da je nekoliko poremećaja imunoloških parametara evidentirano u slučaju visokih koncentracija zearalenona *in vitro* (inhi-

bicija mitogeno stimulirane limfocitne proliferacije, povećana produkcija IL-2 i IL-5). S druge strane, Swamy (2002) tvrdi da upotreba hrane prirodno kontaminirane *Fusarium* mikotoksinima povećava koncentraciju IgM i IgA u krvnom serumu prasadi, bez promene koncentracije IgG. Dodatak od 0,05% ili 0,1% glukomanan polimera značajno je prevenirao povećanje koncentracije IgA u serumu, dok je samo 0,1% glukomanana bilo efikasno u preveniranju podizanja koncentracije serumskih IgM. Döll i sar. (2003) ukazali su na to da je tretman sa kukuruzom kontaminiranim *Fusarium*-om u hrani za žensku odbijenu prasad smanjio vrednosti ukupnih proteina krvnog seruma, ali nije uticao na koncentraciju imunoglobulina. Takođe, Döll i sar. (2005) su pokazali da je ishrana obrocima koji su sadržavali kukuruz kontaminiran *Fusarium* toksinima redukovala prosečnu koncentraciju albumina u serumu ženske odbijene prasadi, dok je dodatak aluminosilikata u hranu povećao ovaj parametar.

Primarni cilj ovog istraživanja nije bio samo da se ispituju promene statusa proteina krvnog seruma prasadi tretirane različitim količinama F-2 toksina u hrani, već i da se utvrdi mogućnost upotrebe modifikovanog klinoptilolita (MC) i esterifikovanog glukomanana (EGM) namenjenih ublažavanju i/ili preveniranju njegovih štetnih efekata.

#### **Materijal i metode rada / *Materials and methods***

*In vivo* ispitivanja su izvedena u dva oglada, u trajanju od 31 i 29 dana, na ukupno 64 praseta u porastu (32 po ogledu), podeljenih u 4 grupe sa 8 jedinki. Korišćeni su melezi švedskog i holandskog landrasa, oba pola, prosečne telesne mase 14,40 kg i 16,30 kg, starosti 60 dana, u podnom načinu uzgoja. Zoohigijenski i mikroklimatski uslovi su u potpunosti odgovarali tehnološkim normativima za ovu kategoriju prasadi.

Prasad je hranjena potpunom smešom za porast od 15 do 25 kg, standardnog sirovinskog sastava. Za ishranu oglednih grupa korišćen je kukuruz prirodno kontaminiran zearalenonom (12,8 mg/kg) u količini od 30% u prvom ogledu (kontaminacija smeše zearalenonom 3,84 mg/kg), odnosno 40% u drugom ogledu (kontaminacija smeše 5,12 mg/kg). Za ishranu prasadi kontrolnih grupa upotrebljavan je kukuruz bez zearalenona, dok su ogledne grupe (O-I, O-II i O-III) oba oglada dobijale kontaminirane smeše. Istovremeno, modifikovani klinoptilolit (Minazel Plus®) u količini 0,2% dodat je u hranu za prasad obe druge eksperimentalne grupe (O-II), dok je u smeši obe treće eksperimentalne grupe (O-III) bio prisutan esterifikovani glukomanan (Mycosorb®) u količini od 0,1%.

Uzorci krvi su uzimani odmah po završetku oglada, venepunkcijom od po 6 prasadi iz svake grupe u oba oglada. Nakon koagulacije i odvajanja krvnog seruma, koncentracija ukupnih proteina određivana je kolorimetrijskom metodom, a relativna zastupljenost njihovih frakcija klasičnom papirnom elektroforezom (Majkić-Singh i Spasić, 1982).

Svi podaci su statistički obrađeni (Snedecor i Cochran, 1971) i prikazani numerički u vidu tabela.

## Rezultati i diskusija / Results and discussion

Mada se u literaturi nalazi malo podataka o uticaju zearalenona na status proteinskog sistema krvi prasadi, u izvedenim ogledima utvrđene su izvesne pravilnosti. Rezultati ispitivanja koncentracije ukupnih proteina, kao i koncentracije albumina i globulina prikazani su u tabeli 1, a relativne koncentracije serum albumina i globulina sa A/G odnosom u tabeli 2.

Tabela 1. Apsolutna koncentracija\* ukupnih proteina, albumina i globulina, [g/L]  
Table 1. Blood serum concentration\* of total protein, albumin and globulin, [g/L]

Ogled / Experiment	Grupa / Group			
	K	O-I	O-II	O-III
Proteini / Proteins				
I	56,95 ± 7,17	53,70 ± 5,68	55,13 ± 8,25	55,02 ± 10,58
II	54,65 ± 8,17	50,57 ± 5,72	53,43 ± 9,10	53,07 ± 8,78
Albumuni / Albumins				
I	24,69 ± 7,31	20,96 ± 4,63	24,03 ± 6,34	23,02 ± 10,92
II	22,33 ± 8,13	18,15 ± 5,93	20,59 ± 8,29	20,89 ± 10,90
Globulini / Globulins				
I	32,26 ± 3,78	32,74 ± 2,16	31,10 ± 3,05	31,99 ± 3,66
II	32,32 ± 0,38	32,42 ± 0,85	32,85 ± 3,85	32,18 ± 3,46

\*Vrednosti izražene kao  $\bar{x} \pm Sd$  / Values expressed as  $\bar{x} \pm Sd$

Sadržaj ukupnih proteina u kontrolnim grupama odgovarao je referentnim vrednostima za tu kategoriju prasadi prema navodima Dubreuil i Lapierre (1997). Rezultati oba eksperimenta pokazuju smanjenje koncentracije ukupnih proteina u serumu prasadi hranjenih kontaminiranom hranom, što je u saglasnosti sa nalazima Pupavac i sar. (2000) u ogledu sa 3,8 mg/kg F-2 toksina u hrani i sa rezultatima Döll i sar. (2003) koji su ispitivanja vršili koristeći kukuruz kontaminiran sa 1,2 mg/kg zearalenona u količini od 50% u obroku, kao i Lončarević i sar. (1982) koji su isti efekat uočili kod novorođene prasadi krmača hranjenih smešama kontaminiranim sa 3,6 mg/kg ovog toksina 15 dana pred partus.

I pored postojanja numeričkih razlika, statistički značajne razlike u koncentraciji proteina krvnog seruma prasadi nisu utvrđene ( $p > 0.05$ ). Dodavanje modifikovanog klinoptilolita i esterifikovanog glukomanana u kontaminiranu hra-

nu ublažilo je negativne efekte F-2 toksina na koncentraciju ukupnih proteina u krvnom serumu prasadi i to bez razlike u odnosu na vrstu upotrebljenog adsorbenta. Pupavac i sar. (2000) takođe konstatuju pozitivan uticaj adsorbenata, ali sa prednošću organskog u odnosu na neorgansko. Ustanovljeni pad koncentracije ukupnih proteina može da bude posledica smanjenja kapaciteta jetre za sintezu proteina, s obzirom na opterećenje detoksikacijom i preusmeravanjem na sintezu proteina odbrane.

Tabela 2. *Relativna koncentracija\* serum albumina i globulina [%] i A/G odnos*  
 Table 2. *Relative blood serum concentration\* of albumins and globulins [%] and A/G ratio*

Ogled / Experiment	Grupa / Group			
	K	O-I	O-II	O-III
Albumuni / Albumins				
I	42,77 ± 8,12	38,70 ± 5,10	43,00 ± 5,87	40,07 ± 5,37
II	39,77 ± 8,81	35,16 ± 8,00	37,46 ± 10,46	37,62 ± 14,07
Globulini / Globulins				
I	57,23 ± 8,12	61,30 ± 5,10	57,00 ± 5,87	59,93 ± 13,14
II	60,23 ± 8,81	64,84 ± 8,00	62,54 ± 10,46	62,38 ± 14,07
A/G odnos / A/G ratio				
I	0,78 ± 0,29	0,64 ± 0,13	0,77 ± 0,18	0,74 ± 0,37
II	0,69 ± 0,25	0,56 ± 0,19	0,63 ± 0,76	0,68 ± 0,41

\*Vrednosti izražene kao  $\bar{x} \pm Sd$  / Values expressed as  $\bar{x} \pm Sd$

Koncentracija albumina u krvnom serumu prasadi kontrolnih grupa slična je referentnim vrednostima prema Dubreuil i Lapierre (1997). Posmatranjem uticaja zearalenona u krvnom serumu prasadi hranjene kontaminiranim smešama uočava se smanjenje koncentracije albumina ( $p > 0.05$ ), što je u suprotnosti sa nalazima Pupavac i sar. (2000) ali u saglasnosti sa navodima Döll i sar. (2005), kao i Lončarević i sar. (1982). Primena adsorbenata uspešno je umanjila štetne efekte u oba ogleada. Pad relativne koncentracije ove frakcije može da se objasni prisustvom edema genitalnih organa koji je formiran izlaskom albumina iz krvnih sudova i povlačenjem vode.

Ispitivanje koncentracije globulina krvnog seruma kod kontrolnih grupa pokazalo je vrednosti koje su uglavnom bile u fiziološkim okvirima (Dubreuil i Lapierre, 1997) i preovladavale su nad koncentracijom albumina. S druge strane, koncentracija serum globulina bila je izjednačena između eksperimentalnih grupa u oba ogleada, bez statistički značajnih razlika među njima ( $p > 0,05$ ). Relativni doprinos ove frakcije bio je povećan ( $p > 0,05$ ). Posmatrani efekti delimično su eliminisani dodavanjem adsorbenata u kontaminiranu hranu.

Opisane razlike u koncentraciji i međusobnom odnosu pojedinih proteinskih frakcija mogu da se sumiraju posmatrajući odnos albumina i globulina (A/G). Uočava se uži A/G odnos u grupama prasadi hranjenih kontaminiranom hranom, bez statistički izraženih razlika ( $p > 0,05$ ), što je rezultat pada učešća albumina ( $p > 0,05$ ), a rasta učešća globulina ( $p > 0,05$ ). Primena adsorbentata velikim delom eliminiše uočene promene.

Daljom analizom odnosa i relativnog učešća globulinskih frakcija u proteinima krvnog seruma prasadi (tabela 3) uočava se da prisustvo F-2 toksina u hrani povećava učešće  $\alpha$  globulinske frakcije, a konstatovane razlike su u I ogledu statistički značajne ( $p < 0,05$ ), dok su u II ogledu statistički vrlo značajne ( $p < 0,01$ ). Učešće  $\beta$  globulinske frakcije je konstantno, dok na  $\gamma$  globulinsku frakciju krvnog seruma prisustvo zearalenona u hrani ima negativan uticaj, koji je u oba oglada statistički vrlo značajno izražen ( $p < 0,01$ ). Lončarević i sar. (1982) takođe konstatuju visoko značajan porast  $\alpha$  globulina, uz pad  $\gamma$  globulina i pojavu međusobnog spajanja  $\beta$  i  $\gamma$  globulinske frakcije kod prasadi obolele od vulvovaginitisa.

Tabela 3. Relativna koncentracija\* globulinskih frakcija [%]  
Table 3. Relative blood serum concentration\* of globulin fractions, [%]

Ogled / Experiment	Grupa / Group			
	K	O-I	O-II	O-III
<i><math>\alpha</math>-globulini / <math>\alpha</math>-globulins</i>				
I	34.02 $\pm$ 1.99 <sup>a</sup>	36.57 $\pm$ 1.41 <sup>b</sup>	34.09 $\pm$ 1.55 <sup>a</sup>	34.34 $\pm$ 1.58 <sup>a</sup>
II	33.52 $\pm$ 1.58 <sup>x</sup>	37.38 $\pm$ 1.85 <sup>z</sup>	34.25 $\pm$ 0.88 <sup>x</sup>	34.33 $\pm$ 0.75 <sup>x</sup>
<i><math>\beta</math>-globulini / <math>\beta</math>-globulins</i>				
I	27.33 $\pm$ 1.99	28.18 $\pm$ 1.78	27.31 $\pm$ 2.11	26.99 $\pm$ 1.81
II	26.18 $\pm$ 1.35	28.29 $\pm$ 1.51	27.45 $\pm$ 2.00	26.45 $\pm$ 1.38
<i><math>\gamma</math>-globulini / <math>\gamma</math>-globulins</i>				
I	38.65 $\pm$ 2.21 <sup>x</sup>	35.26 $\pm$ 1.42 <sup>z</sup>	38.60 $\pm$ 2.62 <sup>x</sup>	38.66 $\pm$ 1.94 <sup>x</sup>
II	40.30 $\pm$ 1.84 <sup>x</sup>	34.34 $\pm$ 1.28 <sup>z</sup>	38.30 $\pm$ 2.60 <sup>x</sup>	39.22 $\pm$ 1.31 <sup>x</sup>

\*Vrednosti izražene kao  $\bar{x} \pm Sd$  / Values expressed as  $\bar{x} \pm Sd$     a, b, c, d  $p < 0,05$     x, y, z, w  $p < 0,01$

Ispitujući apsolutno učešće i koncentraciju globulinskih frakcija (tabela 4) u proteinima krvnog seruma prasadi, uočava se da prisustvo zearalenona u hrani ispoljava najintenzivniji negativan uticaj na  $\gamma$  globuline, što je u literaturi (Leeson i sar., 1995) zabeleženo kao imunosupresivni efekat mikotoksina, mada je veoma limitirana količina informacija dostupna u literaturi na temu imunosupresivnih dejstava *Fusarium* mikotoksina. Takođe, moguće je naći i neke potpuno suprotne novije podatke (Swamy, 2002) koji opisuju imunostimulativne rezultate. Porast zastupljenosti  $\alpha$  globulinske frakcije tumači se prisutnim vulvo-

vaginitisom, usled čega je došlo do povećanja količine proteina akutne faze zapaljenja, koji najvećim delom pripadaju ovoj frakciji. Moguće je i da je on posledica vezivanja zearalenona i njegovih metabolita za globuline koji transportuju polne hormone u krvi (Evropska komisija, 2000). Negativni efekti su veoma ublaženi dodavanjem adsorbenata u kontaminiranu hranu.

Tabela 4. *Apsolutna koncentracija\* globulinskih frakcija [g/L]*  
*Table 4. Blood serum concentration\* of globulin fractions [g/L]*

Ogled / <i>Experiment</i>	Grupa / <i>Group</i>			
	K	O-I	O-II	O-III
<i>α-globulini / α-globulins</i>				
I	11,00 ± 1,64	11,95 ± 0,48	10,60 ± 1,21	10,99 ± 1,41
II	10,84 ± 0,61	12,12 ± 0,73	11,23 ± 1,15	11,06 ± 1,31
<i>β-globulini / β-globulins</i>				
I	8,80 ± 1,10	9,24 ± 1,06	8,45 ± 0,43	8,63 ± 1,01
II	8,46 ± 0,48	9,17 ± 0,56	8,97 ± 0,82	8,52 ± 1,11
<i>γ-globulini / γ-globulins</i>				
I	12,46 ± 1,55	11,54 ± 0,92	12,05 ± 1,77	12,38 ± 1,58
II	13,02 ± 0,47	11,13 ± 0,43	12,64 ± 2,12	12,60 ± 1,21

\*Vrednosti izražene kao  $\bar{x} \pm Sd$  / *Values expressed as  $\bar{x} \pm Sd$*

#### **Zaključak / Conclusion**

Na osnovu analize statusa proteinskog sistema krvnog seruma prasi hranjenih smešama kontaminiranim F-2 toksinom u količinama od 3,84 i 5,12 mg/kg utvrđene su izvesne pravilnosti. Uočava se pad vrednosti ukupnih proteina krvnog seruma koji je proporcionalan sadržaju zearalenona, kao posledica smanjenja kapaciteta jetre za sintezu proteina, zbog značajnog učešća hepatocita u detoksifikaciji. Ova pojava je praćena padom relativne zastupljenosti albumina, s obzirom na njihov izlazak iz krvnih sudova u tkivo, tokom formiranja edema. Takođe, evidentno je povećanje zastupljenosti globulina, i to na račun  $\alpha$  globulinske frakcije a usled prisutne inflamacije i povećanja količine proteina akutne faze, uz istovremeno smanjenje udela  $\gamma$  globulinske frakcije koje je u literaturi opisano kao imunosupresivni efekat mikotoksina. Rezultat posmatranih promena je i opadajući trend A/G odnosa. Upotreba adsorbenata uspešno je ublažila štetne posledice F-2 toksina na izmenjene biohemijske parametre krvnog seruma.



Sumirajući sve navedeno, može se zaključiti da se negativni efekti zearalenona na koncentraciju proteina krvnog seruma i relativnu zastupljenost njihovih frakcija, posebno  $\gamma$  globulinske frakcije, mogu zadovoljavajuće umanjiti upotrebom modifikovanog klinoptilolita i esterifikovanog glukomanana.

#### **Literatura / References**

1. Bottalico A, Perrone G. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur J Plant Pathol* 2002; 108: 611-24.
2. Devegowda G, Raju M, Afzali N, Swamy H. Mycotoxin picture worldwide: Novel solutions for their counteraction. *Biotechnology in the Feed Industry* 1998: 241-55.
3. D'Mello JPF, Placinta CM, Macdonald AMC. *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Anim Feed Sci Technol* 1999; 80: 183-205.
4. Döll S, Dänicke S, Überschar K-H, Valenta H, Schnurrbusch U, Ganter M, Klobasa F, Flachowsky G. Effects of graded levels of *Fusarium* toxin contaminated maize in diets for female weaned piglets. *Arch Anim Nutr* 2003; 57: 311-34.
5. Döll S, Dänicke S, Valenta H, Flachowsky G. In vitro studies on the evaluation of mycotoxin detoxifying agents for their efficacy on deoxynivalenol and zearalenone. *Arch Anim Nutr* 2004; 58: 311-24.
6. Döll S, Gericke S, Dänicke S, Raila J, Überschar K-H, Valenta H, Schnurrbusch U, Schweigert FJ, Flachowsky G. The efficacy of a modified aluminosilicate as a detoxifying agent in *Fusarium* toxin contaminated maize containing diets for piglets. *J Anim Physiol a Anim Nutr* 2005; 89: 342-58.
7. Dubreuil P, Lapiere H. Biochemistry reference values for Quebec lactating dairy cows, nursing sows, growing pigs and calves. *Can J Vet Res* 1997; 61, 235-9.
8. Evropska komisija - European Commission, Health and Consumer Protection Directorate - general 2000: Directorate C - Scientific Opinions. C<sub>3</sub> - Management of scientific committees II; Scientific co-operation and networks. Opinion of the scientific committee on food on *Fusarium* toxins, part 2: zearalenone (ZEA), 2000.
9. Gaumy JL, Bailly JD, Benard G, Guerre G. Zearalenone: origin and effect on farm animals. *Rev. Med. Vet.* 2001; 152: 123-36.
10. JEFCA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 53<sup>rd</sup> Report. Safety evaluation of certain food additives and contaminants, WHO Food Additives Series, No 44. Geneva, Switzerland, 2000.
11. Leeson S, Diaz G, Summers J. Poultry metabolic disorders and mycotoxins. Univ. Books, Guelph, Canada, 1995: 239 p, 271 p.
12. Logrieco A, Mule G, Moretti A, Bottalico A. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *Eur J Plant Pathol* 2002; 108: 597-609.
13. Lončarević A, Jovanović MJ, Šamanc H, Stankov Z. Uticaj zearalenona (F-2) mikotoksina na proteinemiju, frakcije belančevina, aminokiselinski azot i koloidosmotski pritisak belančevina krvnog seruma prasadi. Posebno izdanje Odeljenja medicinskih nauka Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Simpozijum o Mikotoksinima 1982; 86-98.



14. Majkić-Singh N, Spasić N. Praktikum iz medicinske biohemije. Naučna knjiga, Beograd 1982.
15. Mitterbauer R, Weindorfer H, Safaie N, Krska R, Lemmens M, Ruckebauer K.K.G.A.P. A Sensitive and Inexpensive Yeast Bioassay for the Mycotoxin Zearalenone and Other Compounds with Estrogenic Activity. *Applied and Environmental Microbiology* 2003; 69, 2: 805-11.
16. National Toxicology Program 2002: National Toxicology Program carcinogenesis bioassay of zearalenone in F344/N rats and F6C3F1 mice. National Toxicology Program Technical Report Series, vol. 235. [Online]. Department of Health and Human Services, Research Triangle Park, N.C.
17. Pupavac S, Sinovec Z, Nešić S, Hudina V, Stevanović J. Uticaj korišćenja različitih adsorbentata mikotoksina u ishrani prasadi. *J. Sci. Agric. Research* 2000; 61, 213: 193-203.
18. Snedecor WG, Cochran GW. *Statistical Methods*. The Iowa State Univ Press, 1971.
19. Swamy HVLN, Smith TK, MacDonald EJ, Boermans HJ, Squires EJ. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on swine performance, brain regional neurochemistry, and serum chemistry and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J Anim Sci* 2002; 80: 3257-67.
20. Tomašević-Čanović M., Daković A., Rottinghaus G., Matijašević S., Đuričić M. Surfactant modified zeolites – new efficient adsorbents for mycotoxins. *Micropor Mesopor Mat* 2003; 61: 173-80.

**ENGLISH**

**EFFICACY OF MINERAL AND ORGANIC ADSORBENT IN ALLEVIATING HARMFUL EFFECTS OF ZEARELENONE ON PIG BLOOD SERUM PROTEIN STATUS**

**Ksenija Nešić, Jelka Stevanović, Z. Sinovec**

The influence of zearalenone on blood serum protein status and the feasibility of utilizing a modified clinoptilolite and esterified glucomannan to alleviate its harmful effects was examined in two trials, 31 and 29 days long, conducted on a total of 64 pigs (32 each) 60 days old, divided into four groups, each containing 8 pigs. Control groups (K) received noncontaminated feed, while experimental groups received feed supplemented with 3.84 mg/kg in the first trial and 5.12 mg/kg of zearalenone in the second trial. Pigs in the first experimental groups (O-I) were given feed with toxin only. Modified clinoptilolite in the amount of 0.2% and esterified glucomannan in the amount of 0.1% were introduced in contaminated feed of the second (O-II) and the third experimental groups (O-III) of both trials.

With the use of contaminated feed, a declining trend of the A/G ratio was observed: decrease of albumin content and increase of globulin content on account of the  $\alpha$  globulin fraction. A decrease of the  $\gamma$  globulin fraction was detected at the same time. Total protein concentration was also lower. The application of adsorbents successfully alleviated harmful effects of the F-2 toxin on the affected biochemical parameters in blood serum.

Key words: proteins, blood, zearalenone, pigs, adsorbents

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО И ОРГАНИЧЕСКОГО АДсорбЕНТА В  
ОСЛАБЛЕНИИ ВРЕДНЫХ ЭФФЕКТОВ ЗЕАРЛЕНОНА НА СТАТУС ПРОТЕИНОВ  
КРОВЯНОГО СЕРУМА ПОРОСЯТ**

**Ксения Нешич, Елка Стеванович, З. Синовец**

Влияние зearленона на статус протеинов кровяного серума поросят и возможность употребления модифицированного клиноптилолита и эстерифицированного глюкомана для ослабления эго вредных эффеkтов испытан через два опыта, в продолжительности от 31 и 29 дней, выполнена на совокупно 64 поросят (32 в каждом опыте), 60 дней старых, разделенных в по 4 группы с по 8 единичных животных. Контрольные группы (К) в оба опыта, кормленные смесей без зearаленона, пока экспериментальные группы получали корм, который содержал 3,84 мг/кг в первом, то есть 5,12 мг/кг зearаленона во втором опыте. Поросята первой экспериментальной группы оба опыта получали корм только с токсином. Одновременно, модифицированный клиноптилолит в количестве 0,2% добавлен в корм для поросят обеих вторых экспериментальных групп (0-II), пока в смеси обеих третьих экспериментальных групп (0-III) был присутствующий эстерифицированный глюкоманан в количестве от 0,1%.

Употреблением контаминированного корма замечена опадающая тенденция А/Г отношения: уменьшение содержания альбуминов и увеличение содержания глобулинов на счѐт  $\alpha$  глобулиновой фракции. Одновременно открыто уменьшение концентрации совокупных протеинов и релятивной представительности  $\gamma$  глобулиновой фракции. Применение адсорбентов успешно ослабило вредные эффеkты Ф-2 токсина на расстроенные биохимические параметры кровяного серума.

Ключевые слова: протеины, кровь, зearаленон, поросята, адсорбенты