

TOKSINI FUSARIUM PLIJESNI I DRUGI TOKSINI (II. DIO)

Katalenić¹, M.

SAŽETAK

Mikotoksini u malim količinama predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi i životinja. Današnje precizne analitičke metode, toksikološka ispitivanja mikotoksina, ciljano praćenje unosa pojedinih mikotoksina, samo potvrđuju potencijalni rizik za zdravlje. Nedovoljan broj epidemioloških ispitivanja u nas o povezivanju mikotoksina s posljedicama po zdravlje ljudi i životinja kao i o sinergističkom djelovanju raznih mikotoksina, ostavlja otvorena brojna pitanja. Unos mikotoksina ispod tolerantne dnevne količine ne znači i smanjenu opasnost po zdravlje čovjeka i životinja, posebno i zbog drugih štetnih tvari koje se mogu naći uz mikotoksine. Fusarium plijesni uništavaju značajne količine žitarica prije žetve i

tijekom stavljanja u silose. Njihovi toksini se ne svrstavaju u posebno toksične, ali su ipak u zadnje vrijeme posebno dobro ispitivani u EU. Na tom području Hrvatska mora organizirano pristupiti utvrđivanju količina mikotoksina u hrani i hrani za životinje uz dobro iskorištenje analitičkih kapaciteta, a za stvarnu procjenu rizika.

Ključne riječi: mikotoksini, plijesni fusarium vrste, toksini fusarium plijesni

TOKSINI FUSARIUM PLIJESNI

Plijesni fusarium vrste rastu na određenim usjevima prije žetve biljke kao i nakon spremanja u silose. Količina nađenih toksina ovisi o zemljo-

▼ **Tablica 2.** Vrste biljaka koje su kontaminirane s toksinima Fusarium vrste (Directorate-General Health and Consumer Protection, 2003)

Fusarium toksini	Pozitivni nalaz u pojedinim biljnim vrstama (%)
Tip B trikotekena	
Deoksinivalenol	kukuruz (89 %) , pšenica (61 %) *
Nivalenol	kukuruz (35 %) , zob (21%)*, pšenica (14%) *
3-acetildeoksinivalenol	kukuruz (27%), pšenica (8%) *
Tip A trikotekena	
T- 2 toksin	kukuruz(28%), pšenica (21%) , zob (21%)
HT- 2 toksin	raž (41%), kukuruz (24%), raž (17%) **
Zearalenon	kukuruz (79 %), mljeveni kukuruz (51%), proizvodi na bazi kukuruza (53%), pšenica (30%), mljevena pšenica (24%), pšenični proizvodi (11%), dječja hrana (23 %)
Fumonizini	
Fumonizin B1	kukuruz (66%) , kukuruzno brašno (79 %) , kukuruzni proizvodi (31 %) , kukuruzne pahuljice (46%), pšenica (79 %)
Fumonizin B2	kukuruz (51 %)

* i ** odnosi se i na proizvode meljave

¹Mr.sc. Marijan Katalenić, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Rockefellerova 7, Zagreb

▼ **Tablica 3.** Raspon dnevnog unosa (%) za mikotoksine plijesni fusarium vrste računato na privremene ** i utvrđene tolerantne dnevne količine (TDI) (Directorate-Generaral Health and Consumer Protection, 2003)

Mikotoksin	TDI µg/kg tjelesne težine /dnevno	Stanovništvo	Odrasle osobe	Djeca
Deoksinivalenol	1.0	0.8 – 33.8 %	14.4 - 46.1 %	11.3 -95.9 %
Nivalenol**	0.7	4.2 -11.1 %	0.8 -8.2 %	3.7 -22.6 %
T- 2 + HT- 2 toksin	0.06	18.3 – 250 %	61.7 – 171.7 %	26.7 – 563.3 %
Zearalenon**	0.2	13.4 %	5.3 – 14.5 %	3 – 27.5 %
Fumonizin B1 + B2	2.0	0.8 – 13.2 %	0.1 -14.1	22.3 %

pisnoj lokaciji, agronomskoj praksi, načinu spremanja u silose, podložnosti i osjetljivosti biljke na te plijesni. Količina toksina u biljkama tijekom uzgoja ovisi o temperaturi, vlazi i kišama prije i za vrijeme kupljenja s polja (Shelby i sur., 1994; Thiel i sur., 1992). Visoka koncentracija toksina povezuje se s vrućim i suhim vremenom, uz povremene periode visoke vlage. Osim toga, razvoj plijesni potiču i insekti koji oštećuju plod biljke (Miller, 1999; Bacon i Neson, 1994). Vlaga od 18-23 % tijekom sladištenja kukuruza je optimalna za razvoj plijesni fusarium vrste (Bacon i Neson, 1994).

Količina toksina se mijenja tijekom procesa obrade sirovog kukuruza i mljevenja, što je bilo objavljeno i u izvještaju CFSAN's "Background Paper in Support of Fumonisin Levels in Corn and Corn Products Intended for Human Consumption". Zabrinutost zbog raširenosti pojave i uništavanja velikih količina hrane, kao i zbog nalaza toksičnih produkata u hrani potaknula je EU na znanstveno istraživanje objavljeno u izvještaju od 606 stranica pod naslovom: "Collection of occurrence data of Fusarium toksin in food and assessment of dietary intake by the population of EU Member States" (travanj, 2003.). U tablici 2. prikazane su grupe najčešće kontaminiranih biljaka s Fusarium toksinima iz navedenog izvještaja.

Istraživanje je pokazalo da je i u drugim dijelovima svijeta kukuruz na prvom mjestu među kultiviranim biljkama koje su pogodno stanište za plijesni fusarium vrste. Dobro stanište su i pšenica, raž i zob. Jasno je da je zabrinutost posebno izražena zbog činjenice da ljudi kukuruz i pšenicu koriste u svakodnevnoj prehrani. Sljedeći korak bilo je izražavanje utvrđenih količina kao dnevni unos izražen u postotku u odnosu na privremene ili

utvrđene tolerantne dnevne količine (TDI).

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da su mikotoksini fusarium vrsta različito raspoređeni u prehranbenom lancu u zemljama EU. Najčešći izvor mikotoksina su žitarice, posebno pšenica i kukuruz. Gledajući unos prema privremenom ili utvrđenom TDI, rizična skupina su djeca za T-2 i HT-2 toksin, a manje druge starosne skupine. Različiti klimatski uvjeti, proizvodnja i konzumacija hrane uvjetuju i različite unesene količine u organizam. Pri tome se može napomenuti da je za potpunu vjerodostojnost rezultata prikazanih u tablici 3. potrebno raditi na ujednačavanju načina uzorkovanja, analitičkih metoda, kvalitete rada i metode izračuna unosa. Ovi rezultati su ipak dokaz da čovjek putem hrane sigurno dnevno unosi mikotoksine u količinama često ispod TDI svakog pojedinačnog mikotoksina. Zbog raznovrsnosti prehrane, unose se i drugi mikotoksini te se postavlja pitanje sinergističkog djelovanja, a time i štetnog učinka na čovjeka. Iako se fumonizini B1 i manje toksični B2 ne unose u pretjeranim količinama u organizam, njihovo štetno djelovanje povezuje se s nastajanjem raka jednjaka, što je i dokazano kod ljudi iz južne Afrike i Kine gdje je fumonizinima kontaminiran kukuruz uobičajen u prehrani. Postoji također teorija da se oštećenje ploda u najranijoj fazi razvoja može povezati s fumonizinima.

TOKSIČNI UČINCI TOKSINA FUSARIUM PLIJESNI NA ŽIVOTINJE

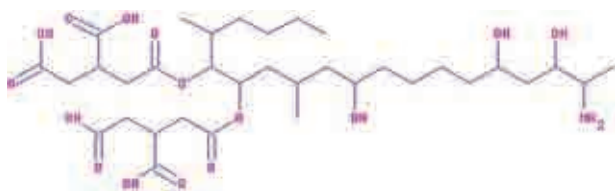
Fumonizini (B1, B2 i B3)

Fumonozin B1 je toksičniji od ostala dva. Povezuje se s leukoencefalomalacijom kod konja (ELEM).

Istraživanja su pokazala da konzumacijom oko 8 mg/kg hrane fumonizina postoji rizik od nastajanja ELEM-a kod konja. Konji su osjetljiviji na fumonizine, a nakon pojave simptoma bolesti vrlo rijetko se oporavljaju.

Kod peradi i svinja, fumonizini djeluju na limfocite i tako smanjuju imunitet, a kod svinja povezuju se i s nastankom edema pluća. Kod preživača, koji su otporniji na fumonizine nego ostale vste životinja tek hrana sa 150 mg/kg hrane fumonizina izaziva lezije na jetri (Thiel i sur., 1992; <http://www.mold>).

▼ **Slika 3.** Strukturna formula fumonizina B1



Deoksinivalenol (vomitoksin)

Kao što mu i samo ime kaže, uzrokuje povraćanje, posebno kod svinja koje su osjetljivije na taj toksin od drugih životinja. Samo 5 mg/kg hrane vomitoksina smanjuje iskorištenje hrane za 30-50 % jer svinje odbijaju konzumirati takvu hranu. Način prepoznavanja prisutnosti vomitoksina u hrani nije poznat, ali se pretpostavlja da svinje odbijaju hranu zbog mirisa i okusa. Manje količine svinje ne prepoznaju, a smatra se da količina od 3.5 mg/kg hrane vomitoksina uzrokuje smanjenje težine u graviditetu kao i na kasnije dojenje. Kod peradi koja unosi 5 - 18 mg/kg hrane vomitoksina ne postoje primijećene pojave niti u zdravlju niti pri nesenu jaja. Ista situacija je i kod preživača kod kojih ne postoje zdravstveni problemi pri unošenju 10 - 15 mg/kg hrane vomitoksina.

Zearalenon

To je estrogeni mikotoksin i ima učinak na reproduktivne funkcije pogotovo kod svinja. U krmača koje još nisu spolno zrele, unošenjem 5 mg zearalenona po kg hrane javlja se vidljivo crvenilo i druge promjene na reproduktivnim organima i mliječnim žlijezdama. Prestankom unosa toksina nastale promjene nestaju za 2 - 3 tjedna. Kod spolno zrelih ženki izaziva pseudotrudnoću i poremećaj standardnog ciklusa i to u količinama od 4 - 5 mg/kg hrane koja sadrži zearalenon. Kod mladih nerastova količina od 10 mg zearalenona po

kg hrane izaziva smanjenje libida, atrofiju testisa i povećanje mliječnih žlijezda, dok kod starijih taj učinak nije primijećen niti kod puno većih količina zearalenona.

Perad nije posebno osjetljiva, a purice koje konzumiraju 300 mg/kg hrane imaju povećan analni otvor što se primjećuje nakon 4 dana od unosa toksina.

Ako ovce unose oko 12 mg/kg hrane kroz 10 dana, primjećuju se promjene u ponašanju, ovulacijski period je kraći i smanjuje se plodnost. Međutim, toksični učinak zearalenona može doći do izražaja, ako se tijekom određenog vremenskog razdoblja unose male količine koje se kumuliraju u organizmu a počnu djelovati nakon nakupljanja respektabilnih količina ili unošenja većih koncentracija toksina kroz kraće vrijeme. Unošenjem 1.5 mg toksina po kg hrane kroz 10 dana primjećuju se reproduktivni problemi, a isti učinak postiže se unosom 0.5 mg/kg kroz 20 dana. Ovnovi nemaju nikakvih reproduktivnih problema unošenjem 2.5 mg/kg hrane kroz 30 dana.

Za krave se smatra da su najmanje osjetljive na zearalenon, a neke studije pokazuju da unošenjem 100 mg/kg hrane nakon 42 dana izaziva pojavu sluzi na genitalijama.

ZAKLJUČAK

Mikotoksini su među inim toksičnim tvarima koje proizvode mikroorganizmi. Ljudi i životinje unose ih hranom, udisanjem ili preko kože. Procjenjuje se da 25 % biljaka godišnje koje se koriste za hranu ljudi i životinja sadrži manje ili veće količine mikotoksina. Nekoliko mikotoksina povezuje se s porastom karcinoma kod ljudi a posebno su istaknuti aflatoksini, zearalenone, patulin, ohratoksin i fumonozini. Osim ljudi i životinje imaju ozbiljnih zdravstvenih poteškoća ako konzumiraju hranu koja sadrži mikotoksine. I pored istraživanja, naročito aflatoksina, još se uvijek ne može sa sigurnošću odrediti stupanj učinka pri razvoju ozbiljnih bolesti kod ljudi i životinja. Za utvrđivanje uzročno posljedične veze između unosa mikotoksina i bolesti potrebno je prije svega bolje epidemiološko praćenje, monitoring mikotoksina s razrađenim sustavom uzorkovanja i računanja unosa. Kod životinja problem je puno složeniji, a hrana za stoku se nedovoljno analizira na sadržaj mikotoksina. Hrvatska ima opremu i

▼ **Tablica 4.** Količine mikotoksina koje utječu na zdravlje životinja nakon određenog vremenskog perioda * (Izvor: <http://www.oardc.ohiostate.edu/ohiofieldcropdisease/Mycotoxins/mycopagedefault.htm>)

	Koncentracija mg/kg	Kroz vrijeme	Učinak
Zearalenon			
Svinje			
mlade svinje	1-5	3-7 dana	hiperestrogenizam, promjene na reproduktivnim organima
spolno zrele krmače	3-10	sredina ciklusa (dan 11-14)	lažni graviditet
suprasne krmače	15-30	rani graviditet	smrt embrija, mala masa
mladi nerasti	10-50	neodređeno	smanjen libido, smanjeni testisi
stariji nerasti	200	neodređeno	bez učinka
Goveda			
goveda	12	junice kada se tjeraju	smanjuje mogućnost začeća
krave muzare	50	krave kada se tjeraju	smanjuje mogućnost začeća
Perad			
pilići i purice	200	neodređeno	bez učinka
Deoksinivalenol (vomitoksin, DON)			
Svinje			
u tijeku tova	1-3	1-5 dana	smanjenje unosa hrane
u tijeku tova	5-10	1-5 dana	50% smanjeni unos hrane, povraćanje
u tijeku tova	10-40	1-5 dana	potpuno odbijanje hrane, povraćanje
krmače	3-5	vrijeme graviditeta, dojenja	smanjena masa ploda ili bez učinka
Goveda			
u tijeku tova	10	neodređeno	bez učinka
krave muzare	6	6 tjedana	bez učinak ili malo slabije hranjenje
krave muzare	12	10 tjedana	nema učinka na proizvodnju mlijeka
Perad			
pilići i purice	50	neodređeno	bez učinka
Fumonisini (FB1 i /ili FB2)			
Konji			
svih vrsta i starosti	>10	30 dana	oštećenje jetre, leukoencefalomalacija, smrt
Svinje			
svih vrsta i starosti	>25	30 dana	smanjena masa, slabo oštećenje jetre
svih vrsta i starosti	>50	10 dana	smanjena masa, oštećenje jetre
svih vrsta i starosti	>100	5 dana	plućni edemi, smrt

	Koncentracija mg/kg	Kroz vrijeme	Učinak
Fumonisini (FB1 i /ili FB2)			
Goveda i ovce			
svih vrsta i starosti	>100	30 dana	smanjenje mase, oštećenje jetre
svih vrsta i starosti	>200	14 dana	smanjenje mase, oštećenje jetre
Purice			
svih vrsta i starosti	>100	7-21 dan	smanjen unos hrane, oštećenje jetre, proljev, rahitis
Pilići			
svih vrsta i starosti	>200	7-21 dan	smanjen unos hrane, oštećenje jetre, proljev, rahitis

▼ Tablica 4. a)

	količina u µg/kg	učinak
Aflatoksini		
Svinje		
svih vrsta i starosti	200	smanjen rast, smanjen unos hrane
svih vrsta i starosti	400	oštećenje jetre i imunog sustava
Goveda		
svih vrsta i starosti	400	ostatak u tijelu, mesu
svih vrsta i starosti	700	oštećenje jetre, smanjen rast i unos hrane
svih vrsta i starosti	1000	oštećenje jetre, gubitak na masi
svih vrsta i starosti	2000	oštećenje jetre, smrt
krave muzare	20	utvrđeni aflatoksini u mlijeku
krave muzare	1500	smanjenje produkcije mlijeka
Perad		
brojleri	210	bez učinka
purice	250	smanjenje mase
brojleri	420	gubitak mase, oštećenje jetre nakon 3 tjedna
Konji		
svih vrsta i starosti	400	oštećenje jetre, imunog sustava
*Izvor : Munkvold, G., Osweiler, G., Hartwig, N. 1997 Iowa State University Ext. PM-1698		

stručnjake koji se bave mikotoksinima, ali osim sporadičnih istraživanja i stručnih radova ne postoji sustavni pristup. U prijedlogu monitoriga koji sprema Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi, s izdvojenim sredstvima države ciljano se traže neke štetne tvari u hrani, među kojima su i mikotoksini.

Osim najtoksičnijih aflatoksina potrebno je obratiti pažnju i na druge mikotoksine. Toksini koje proizvode fusarium plijesni ne svrstavaju se u posebno toksične tvari. Zbog štete koju proizvode same plijesni na žitaricama i prisutnosti u sirovinama za hranu, EU je poduzela vrlo detaljno istraživanje

unos a fumonizina putem hrane. Rezultati ispitivanja prikazali su dnevni unos toksina koje proizvode plijesni fusarium vrste, a koji je za neke populacijske grupe i preko utvrđenog TDI. U ispitivanjima hrane koja se uvozi u Hrvatsku nađen je fumonizin B1 i B2, ali nema takvih podataka za hranu proizvedenu u Hrvatskoj.

Sinergistično djelovanje fumonizina i drugih mikotoksina ostavlja otvoreno pitanje posljedica na ljudsko zdravlje, ali i zdravlje životinja koje se hrane hranom u kojoj se nalaze mikotoksini. Zbog toga je prevencija na polju i tijekom skladištenja žitarica jedan od prvih koraka smanjivanju količina mikotoksina u hrani, a sustavna kontrola kroz osmišljeni monitoring drugi zaštitni bedem.

SUMMARY

TOXINS FUSARIUM SPP. AND OTHER TOXINS (II. PART)

Mycotoxins at low levels represent a risk to both human and animal health. The currently available and precise methods of analysis, mycotoxin toxicity tests and target monitoring of the intake of individual mycotoxins only confirm the potential risk to health. There are still many open questions because of the insufficient number of epidemiological studies in our country on the interconnection of mycotoxins and their impact on human and animal health and on the synergetic action of different mycotoxins. The intake of mycotoxins below the tolerant daily dose does not mean that the risk to human and animal health is thus reduced, especially when considering that other harmful substances may accompany mycotoxins. Fusarium fungi destroy significant amounts of cereals both before harvest and after silage. Their toxins are not classified as particularly toxic, although recently they have been thoroughly investigated in the EU. The task of Croatia in this field is

to undertake organised activities for the determination of mycotoxin levels in food and feed and to utilise well the capacities of its analytical laboratories in order to make an accurate assessment of potential hazards.

Key words: *Mycotoxins, fungi of Fusarium spp, toxins of Fusarium fungi*

LITERATURA

Peraica M., B. Radić, A. Lucić, M. Pavlović (1999): Toxic effects of mycotoksins in humans. Bulletin of the World Health Organization, 77 (9), 754 -766.

HACCP Manual for Mycotoxin Control. FAO/IAEA Training and Reference Centre for Food and Pesticide Control. Joint FAO/IAEA Division, Sweden

Shelby R.A., D.G. White, E.M. Bauske (1994): Differential fumonisin production in maize hybrids. Plant Dis. 78, 582 - 584.

Miller J.D. (1999): Factros affecting the occurrence of fumonisins in corn. Abstract of papers (p.21) International Conference on the toxicology of Fumonisin, June 28-30, 1999, Arlington,VA.

Bacon C.W. i P.E. Nelson (1994): Fumonisin production in corn by toxigenic strains of Fusarium moniliforme i Fusarium proliferatum. J.Food Prot. 57(6), 514 -521.

Thiel, P.G., W.F.O. Marasas, E.W. Sydenham, G.S. Shephard, W.C.A. Gelderblom (1992): The implications of naturally occurring levels of fumonisins in corn for human and animal health. Mycopathologia 117,3-9.

Directorate-General Health and Consumer Protection: Collection of Occurrence data of Fusarium toxins in food and assessment of dietary intake by the population of EU Members States, Report of experts participating in Task 3.2.10, 1-606 , April 2003

Laboratories for Mycotoxin Analysis (PPFS-MISC-1). Moguće naći na: <http://www.ca.uky.edu/agcollege/plantpathology/PPAExten/PPFShtml/ppfmisc1.htm>; <http://www.nps.ars.usda.gov>; http://www.mold-help.org/pages/submenu/research/fungi_mycotoxins_currentresearch.htm

* U I. dijelu rada, objavljenom u prošlom broju časopisa Meso (br. 5, str. 31-35), potkrala se greška u ispisu mjernih jedinica. Umjesto g/kg treba pisati µg/kg. Ispricavamo se autoru rada i čitateljima. ■

Swanenburg, M., H. A. P. Urlings, J. M. A. Snijders, D. A. Keuzenkamp, F. Van Knapen (2001): *Salmonella* in slaughter pigs: prevalence, serotypes and critical control points during slaughter in two slaughterhouses. *Salmonella* u zaklanih svinja: učestalost, serotipovi i kritične kontrolne točke tijekom klanja u dvije klaonice.

International Journal of Food Microbiology, Vol. 70, 243-254.

Cilj istraživanja bio je utvrditi prisutnost bakterija roda *Salmonella* u zaklanim svinjama kao i u klaoničkom objektu. Ukupno je od zaklanih svinja prikupljeno 1114 uzoraka (6 različitih uzoraka za izdavanje *Salmonella* spp i po jedan uzorak seruma od