

Časopis „Poslovne studije“, 2014, 11-12:
Rad primljen: 10.03.2014.
Rad odobren: 09.04.2014.

UDK 636.084/.086
DOI: 10.7251/POS1412519D
Stručni rad

Delić-Jović Mirjana, dipl.inž¹
Đurica mr Dragana²
Vujčić mr Slobodanka³

MIKOTOKSINI KONTAMINENTI HRANE

Rezime: *Mikotoksini se mogu naći u hrani biljnog i životinjskog porijekla, a predstavljaju sekundarne produkte metabolizma plijesni. Najčešće pripadaju rodovima Aspergillus, Penicillium i Fusarium. Negativan efekat mikotoksina je višestruk, a očituje se na biljkama, životinjama kao i na ljudima. U prvom planu je narušavanje zdravstvenog stanja kod ljudi i životinja, kao posljedica djelovanja mikotoksina iz hrane za životinje ili namirnica animalnog porijekla. Do sada je izolovano oko 400 mikotoksina, od kojih oko 30 ima poznato neželjeno dejstvo na životinje. U radu su opisani mikotoksini čija je pojava masovnija, a to su: aflatoksini, ohratoksini i fuzariotoksini. Takođe, su opisane mikotoksikoze, kao bolesti izazvane mikotoksinima, te pojava ovih metabolita u hrani za životinje, kao i u prehrambenim proizvodima.*

Ključne riječi: *mikotoksini, aflatoksini, hrana za životinje.*

JEL klasifikacija: *Q10, Q18*

¹ Asistent, Fakultet za ekologiju Univerzitet za poslovne studije Jovana Dučića 23a, Banja Luka, mdelicjovic@yahoo.com

² Viši asistent, Fakultet za ekologiju Univerzitet za poslovne studije Jovana Dučića 23a, Banja Luka, ristic16@yahoo.com

³ Viši asistent, Fakultet za ekologiju Univerzitet za poslovne studije Jovana Dučića 23a, Banja Luka, vujcicslobodanka@yahoo.com

UVOD

Mikotoksini su sekundarni produkti metabolizma plijesni koji se nalaze u hrani biljnog i životinjskog porijekla. To su jedinice niske molekulske mase, koje najčešće pripadaju rodovima *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Pored pomenutih, rodovi koje se pronalaze u hrani su i *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Eurotium* i *Emericella*. Ovi produkti metabolizma čine toksikološki i hemijski heterogene grupe, koje u hrani uzrokuju fizičke i hemijske promjene. To su pretežno saprofiti, ali ima i parazita. Mikotoksini iz tijela gljive (micelijuma) prelaze u podlogu (supstrat) na kome se razvija gljiva. Oni su različitog hemijskog sastava i uglavnom imaju specifično dejstvo na biljke, životinje i čovjeka. Kada je mikotoksin jednom stvoren, gljiva producent može i uginuti, ali toksin ostaje u supstratu na kome je gljiva rasla. To znači, da odsutnost gljive u datom materijalu ne znači i odsutnost mikotoksina i obratno. Nekim postupcima obrade kao što je termička obrada, u nekim supstratima moguće je smanjiti količinu toksina, ali ih nikada ne možemo potpuno uništiti (*Čosić i sar.*, 2006, 63). Konzumiranje hrane koja je kontaminirana mikotoksinima, djeluje direktno i indirektno na zdravlje onih koji ovakvu hranu koriste, tako su preživari direktno izloženi riziku (*Bennett i Klich*, 2003, 499), a humana populacija indirektno, konzumiranjem namirnica animalnog porijekla dobijenih od životinja koje su hranjene kontaminiranim hranivima (*Jouany*, 2007, 346). Kontaminacija mikotoksinima u hrani može biti primarna ili sekundarna, što zavisi od porijekla plijesni.

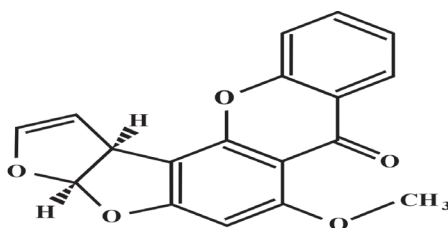
Ukoliko se radi o plijesnima koje se razvijaju na žitaricama, voću i povrću, dakle, ako se radi o plijesnima biljnog porijekla to je primarna kontaminacija, dok se u namirnicama animalnog porijekla (mesu, mlijeku i jajima) nalaze metaboliti i rezidue mikotoksina ukoliko su životinje hranjene kontaminiranim krmivom i to predstavlja sekundarnu kontaminaciju. Mikotoksini su uglavnom termostabilni, pa se tokom termičke obrade hrane njihova koncentracija samo neznatno smanjuje. Metoda za uklanjanje svih plijesni ne postoji, a postojeće metode značajno poskupljuju proizvodnju hraniva, zbog toga je prevencija nastanka mikotoksina vrlo važna (*Pera-*

ica i sar., 2002, 231). Plijesni proizvode mikotoksine u svim klimatskim zonama, međutim, kontaminiranost mikotoksinima je mnogo zastupljenija u tropskim predjelima, gdje su klimatski uslovi za rast plijesni povoljniji. Bolesti uzrokovane mikotoksinima zovu se mikotoksikoze. Manifestuju se kao citotoksičnost, hepatotoksičnost, neurotoksičnost, teratogenost, mutagenost i kancerogenost prema ciljnom tkivu, organu ili sistemu organa. Upravo ove bolesti, kroz istoriju čovječanstva su imale uticaja na ishode ratova, demografske promjene i migracije stanovništva (*Peraica i Rašić, 2012, 512*). Akutne mikotoksikoze su posljedica izloženosti visokim koncentracijama mikotoksina i one se još uvijek povremeno pojavljuju u zemljama u razvoju, dok su u razvijenim zemljama mikotoksikoze vrlo rijetke. Na njihov nestanak je uticao napredak agrotehničkih mjera, te redovna kontrola namirnica biljnog i životinjskog porijekla koje dolaze na tržište. Negativan efekat mikotoksina je višestruk, tako pored toksičnog, mogu imati mutageno, genotoksično, imunotoksično i karcinogeno dejstvo (*Domijan i Peraica, 2010, 128*). Brojni ekperimenti na životinjama pokazuju da se pomenuti efekti mogu pojavljivati i nakon djelovanja vrlo niskih koncentracija mikotoksina. Zbog svega navedenog, velika pažnja je usmjerena na istaživanja efekata i mehanizama toksičnosti, upravo, niskih koncentracija mikotoksina (*Milićević i sar., 2010, 578*). Do sada je izolovano oko 400 mikotoksina, od kojih oko trideset ima poznato neželjeno dejstvo na životinje, međutim, mali broj mikotoksina je veoma dobro opisano u toksikologiji. Aflatoksini su najviše istraživani. Utvrđivanje povezanosti izloženosti ljudi nekom mikotoksinu sa nekom mikotoksikozom je teško, jer su ljudi istovremeno izloženi i različitim drugim toksinima, te je teško neki efekat pripisati samo jednom mikotoksinu. pa se za većinu mikotoksikoza samo sa određenom vjerovatnoćom pretpostavlja da su mikotoksini uzročnici tih bolesti (*Peraica i Rašić, 2012, 513*).

1. AFLATOKSINI

Aflatoksini predstavljaju grupu od oko dvadeset toksina, koji su po hemijskoj strukturi slični. Najznačajniji aflatoksini su: aflatoksin B1 (AFB1),

aflatoksin B2 (AFB2), aflatoksin G1 (AFG1), aflatoksin G2 (AFG2), aflatoksin M1 (AFM1) i M2 (AFM2). Oznake B i G su dobili prema boji fluorescencije, a proizvode ih plijesni *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus* na žitaricama prije žetve, tokom skladištenja, kao i tokom prerade. Najčešće se nalazi najtoksičniji i najjači karcinogen AFB1. AFM1 i AFM2 su hidroksilirani produkti AFB1 i AFB2, a nalaze se u mlijeku životinja i majčinom mlijeku (*Peraica i Rašić, 2012, 514*), takođe, se mogu naći u fecesu i urinu. Prema rezultatima epidemioloških istraživanja, Međunarodna agencija za istraživanje karcinoma (International Agency for Research on Cancer – IARC) je procijenila da postoji dovoljno dokaza da su aflatoksini karcinogeni za ljude (*IARC 2002*). Kontaminacija prehrambenim proizvodima zauzima prvo mjesto kod oboljenja izazvanih aflatoksinima. Pored kontaminacije hranom, ljudi mogu biti profesionalno izloženi aflatoksinima udisanjem kontaminiranih čestica u prehrambenoj industriji čime se povećava rizik nastanka karcinoma pluća (*Kelly i sar., 1997, 91*). Mjesta kontaminacije mikotoksinima u prvom redu aflatoksinima su slijedeći supstrati: riža, kukuruz, kasava, orasi, kikiriki, začini, mlijeko, mliječne proizvodi i jaja. Na žitaricama nastaju kao rezultat ne dovoljnog sušenja poslije žetve ili nepravilnog skladištenja pri temperaturama koje su više od preporučenih. Slika 1 je prikaz strukturne formule aflatoksina B1.



Slika 1: Strukturna formula aflatoksina B1.

Izvor: (*Kocić-Tanackov i Dimić, 2012*)

Da bi došlo do biosinteze aflatoksina potrebna je optimalna temperatura od 30 °C i relativna vlažnost između 88 i 95% (*Gqaleni et al., 1997, 1049*). Aflatoksini su veoma stabilni prema uticaju visokih temperatura

(razgrađuju se na temperaturi višoj od 250 °C), prema promjenama koncentracije vodonikovih jona, te prema UV i gama zračenju. Zagrijavanjem na 100 °C u kiselj sredini oko 90% AB1 prelazi u AB2, dok se na 160 °C razgrađuje samo 20% AB1. Mogu se razgraditi pod dejstvom hromsumporne kiseline, natrijumhipohlorita, koncentrovanog natrijumhidroksida, dužim izlaganjem svjetlosti, pri temperaturama od 268 do 269 °C, kao i pod uticajem mliječno kiselinskih bakterija (*Lactobacillus rhamnosus*, *L. delbrueckii*, *L. plantarum*, *L. lactis* i *L. casei*), bifidobakterija (*Bifidobacterium bifidum* i *B. Longum*), *Flavobacterium aurantiacum* i *Saccharomyces cerevisiae* (Sinoves i sar., 2006, 145).

2. AFLATOKSIKOZE

Bolesti izazvane aflatoksinima se nazivaju aflatoksikoze. Akutna aflatoksikoza se kod ljudi i životinja javlja nakon izloženosti velikoj koncentraciji aflatoksinima, obično u kontaminiranoj hrani. Stepjen osjetljivosti na ove bolesti kod životinja zavisi od mnogo faktora: količine mikotoksina u hranivima, dužine intoksikacije, kao i od genetskih faktora (vrsta, rasa, soj životinja), zatim fizioloških faktora (kategorija, životna dob, ishrana, patološka stanja organizma) i faktora sredine (Resanović, 2000). Simptomi su gubitak apetita, povraćanje, pad imuniteta i letargija. Kod ljudi i životinja može se javiti akutna nekroza ćelija jetre. Kod blažih aflatoksikoza oporavak je potpun, dok kod težih kroz dvije do tri sedmice nastaje ascites i edem (otečenost) donjih ekstremiteta. Ukoliko dođe do krvarenja u gastrointestinalni trakt, ishod može biti letalan. Za mnoge životinjske vrste aflatoksini su vrlo toksična jedinjenja, jer se letalna doza za 50% tretiranih životinja (LD50) kreće između 0,3–10 mg/kg tjelesne mase. LD50 za AB1 iznosi 1–50 mg/kg za većinu životinjskih vrsta, a naročito je ekstreman (LD50 manje od 1 mg/kg) za neke veoma osjetljive vrste kao što su zečevi, mačke i svinje, što je vidljivo iz tabele 1.

Tabela 1: Akutna toksičnost aflatoksina B1
(Leeson et al, 1995)

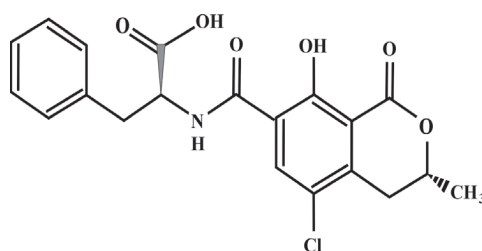
ORGANIZAM	LD50 (mg/kg telesne mase)
PACOV	1,90 – 5,50
ZEC	0,30 – 0,50
MIŠ	7,00 – 9,00
MAČKA	0,55 – 0,60
SVINJA	0,62
PAS	1,00
PASTRMKA	0,81
KOKOŠKA	6,50 – 16,50

Aflatoksin B1 nakon ulaska u organizam djeluje tako da se metaboliše u reaktivni epoksid koji se veže sa dezoksiribonukleinskom kiselinom (DNK) i albuminima u krvi rezultirajući nastanakom adukata. Produkti razgradnje adukata služe kao biomarkeri izloženosti tom mikotoksinu pa se koriste u dokazivanju izloženosti sa nastankom karcinoma jetre kod ljudi. Ovaj tumor je česta pojava u tropskim predjelima u Africi, Kini, Koreji i Hawajima (*Peraica i Rašić, 2012, 515*). Epidemije aflatoksikoze su rijetke, međutim, u svijetu je zabilježeno nekoliko epidemija u Keniji i Indiji u kojima je smrtnost bila prema različitim autorima od 10 do 53%.

3. OHRATOKSINI

Vrste koje proizvode ohratoksine su *A. Ochraceus* (*A. ochraceus, A. melleus, A. ostianus, A. sulphurues*) i *Penicillium verrucosum*, iako neki autori navode da ove metabolite mogu biosintetisati i crne gljive *A. niger* i *A. carbonarius* (*Heenan et al., 1998, 68*), kao i *A. albertensis, A. auricomus* i

A. wentii (Varga et al., 1996, 4462). Vrste *P. nordicum*, *P. Viridicatum* i *P. Aurantiogriseum* se prema nekim autorima takođe, navode kao potencijalni proizvođači ohratoksina. Prema hemijskoj strukturi su dihidroizokumarini, povezani sa L- α -fenilalaninom, što je vidljivo iz slike 2.



Slika 2: Strukturna formula ohratoksina A

Izvor: (Park et al, 2000)

Ohratoksini, od kojih je po toksičnosti i rasprostranjenju najznačajniji ohratoksin A (OTA), izazivaju teška oštećenja bubrega i jetre kod ljudi i životinja, karcinom urinarnog trakta, kao i oštećenja imunološkog sistema. OTA se hipotetički smatra mogućim uzrokom balkanske endemske nefropatije (Mašić i sar., 2000, 69), teške hronične bolesti bubrega zabilježene kod ljudi u ruralnim sredinama u nekim područjima Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Srbije, Bugarske i Rumunije (Wyatt and Diaz, 2005, 273). Predstavlja i mogući uzrok tumora urinarnog trakta kako kod životinja, tako i kod ljudi. OTA se hidrolizuje u jetri, pri čemu se nastali metaboliti, koji su manje toksični, izlučuju putem žuči, fecesa i urina (Sinovec i sar., 1998, 148). Iz pregleda literature je vidljivo da je u velikom broju eksperimenata na životinjama, utvrđena embriotoksičnost i teratogenost ovim mikotoksina, a u nekima su opisani i imunosupresivni efekti. Kada se posmatra humana populacija u zemljama zapadne Evrope u 50% uzoraka humane krvi OA je utvrđen u koncentracijama od 1 do 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Izolovan je i u majčinom mlijeku u niskim koncentracijama (Wyatt and Diaz,

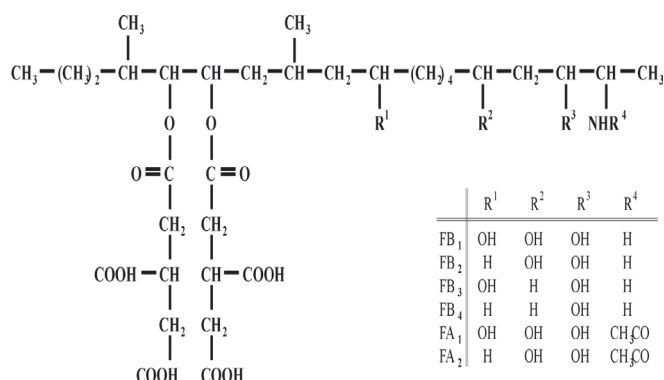
2005, 271). Iz analiza žitarica izolovan je u kukuruzu, ječmu, pasulju, kikirikiju, voću, povrću, vinu i pivu. Žitarice su i glavni put unosa kod ljudi, ali i proizvodi od mesa. Nedjeljni tolerantni nivo unosa OA su ustanovili ekspertske komitete za dodatke u hrani Food and Agriculture Organization (FAO) i World Health Organization (WHO) i on iznosi 100 ng/kg TM, dok su radne grupe nordijskih zemalja i Naučnog komiteta za hranu propisali znatno manji dnevni unos ovog mikotoksina od 5 ng/kg TM.

4. FUZARIOTOKSINI

Fuzariotoksini su sekundarni metaboliti vrsta roda *Fusarium*. Smatra se da 35 od 61 vrsta ovog roda biosintetišu 137 mikotoksina, od kojih 79 pripada grupi trihotecena. Prema nekim autorima se izdvajaju tri najznačajnije toksigene vrste roda *Fusarium*: *F. Sporotrichioides* (T-2 toksin, deoksinivalenon), *F. Graminearum* (zearalenon i deoksinivalenon) i *F. verticillioides* (sin. *F. moniliforme*) (fumonizini). Postoje i druge podjele, tako na osnovu biogenetskog porijekla (*Desjardins i Proctor, 2001, 53*) su fuzariotoksine klasifikovali u nekoliko osnovnih grupa:

- poliketide (fumonizini, fuzarinska kiselina, fuzarini, moniliformin, naf-tazarini, sambutoksin i zearalenoni),
- terpenoide (fuzaproliferin, trihoteceni),
- derivati aminokiselina (enijatini, bovorecin) i
- derivati šikimske kiseline (fuzarohromanon).

Smatra se da najtoksičniji, kao i najčešći fuzariotoksini pripadaju grupama fumonizina, trihotecena i zearalenona. Po hemijskoj prirodi fuzariotoksini su prirodni derivati poliketida, što je vidljivo iz slike 3.



Slika 3: Strukturne formule fumonizina A i B serije

Izvor: (Kocić-Tanackov i Dimić, 2012)

Fumonizini su mikotoksini rastvorljivi u vodi koje proizvodi nekoliko vrsta roda *Fusarium*, ali prvenstveno *Fusarium verticillioides* i *Fusarium proliferatum* (Krska i sar., 2007, 242). International Agency for Research on Cancer (IARC) je svrstala fumonizine u grupu 2B, koja predstavlja moguće kancerogene za ljude, prema dokazima o kancerogenosti na eksperimentalnim životinjama.

5. MIKOTOKSINI U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA

Plijesni se pojavljuju kao kontaminanti različitih prehrambenih proizvoda. Često se nalaze u kikirikiju, pirinču, kukuruzu, pasulju, suncokretu, zrnu kafe, maslinovom ulju, grašku, soji, salami, siru, mesu, šunki, začinima, brašnu, tijestu, hljebu, mlijeku, mliječnim proizvodima i drugim namirnicama (Janković i sar., 2006, 99). Samo prisustvo plijesni u prehrambenim proizvodima ne znači i obavezno prisustvo toksina. U industriji mesa, pored mišićnog tkiva kao glavne sirovine, u proizvodnji se koristi i veziv-

no tkivo, unutrašnji organi, kožice, krv, jaja i razni drugi dodaci ili aditivi. Svaki od nabrojanih elemenata može biti izvor kontaminacije mikotoksinima. Pošto su mikotoksini termostabilni, a kako se u industriji mesa ne primjenjuju visoke temperature, osim u proizvodnji trajnih konzervi procesom sterilizacije, ukoliko se nađu u nekoj od namirnica od mesa ili mesnih prerađevina vrlo teško će doći do razaranja strukture mikotoksina. Dakle, termičkom obradom mesa i mesnih prerađevina se može samo djelimično smanjiti koncentracija mikotoksina, ali se ne mogu potpuno eliminisati iz proizvoda, čak ni sterilizacijom (Škrinjar, 1997, 479). Tako su neki mikotoksini iz reda aflatoksina stabilni i na temperaturama iznad 250°C. U tabeli 2 date su najčešće vrste gljiva izolovane iz hrane.

Tabela 2. Najčešće vrste gljiva izolovane iz hrane (modifikovano prema Filtenborg i sar, 2004)

VRSTA HRANE	VRSTE GLJIVA
Citrusno voće	<i>Alternaria citri</i> , <i>A. tangelonis</i> , <i>A. turkisafria</i> , <i>A. colombiana</i> , <i>A. perangusta</i> , <i>A. interrupta</i> , <i>A. dumosa</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>P. ulaiense</i>
Kaša od jabuke i koštičavo voće	<i>Penicillium expansum</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. solitum</i> , <i>Alternaria gaisen</i> , <i>A. mali</i> , <i>A. tenuissima</i> group, <i>A. arborescens</i> group, <i>A. infectoria</i> group, <i>Cladosporium</i> spp.
Bijeli i crni luk	<i>Penicillium allii</i> , <i>P. albocoremium</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>Petromyces alliaceus</i> , <i>Botrytis aclada</i>
Krtola krompira	<i>Fusarium sambucinum</i> , <i>F. coeruleum</i>
Paradajz	<i>Alternaria arborescens</i> , <i>Stemphylium</i> spp., <i>Penicillium olsonii</i>

Pšenica i raž u polju	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>Alternaria triticimaculans</i> , <i>A. infectoria</i> , <i>A. oregonensis</i> , <i>A. triticina</i> , <i>A. triticicola</i> , <i>A. tenuissima</i> group, <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Epicoccum nigrum</i> , <i>Stemphylium</i> spp., <i>Ulocladium</i> spp., <i>Drechslera</i> spp., <i>Botrytis</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Claviceps purpurea</i>
Pšenica i raž u skladištu	<i>Penicillium aurantiocandidum</i> , <i>P. cyclopium</i> , <i>P. freii</i> , <i>P. hordei</i> , <i>P. melanoconidium</i> , <i>P. polonicum</i> , <i>P. verrucosum</i> , <i>P. aurantiogriseum</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Eurotium</i> spp., <i>Alternaria infectoria</i> group
Žita u skladištu	<i>Paecilomyces variotii</i> , <i>Scopulariopsis candida</i> , <i>Penicillium roqueforti</i> , <i>Candida</i> spp., <i>Byssochlamys fulva</i> , <i>B. nivea</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Alternaria</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp.
Začini	<i>A. flavus</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. candidus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Eurotium</i> spp., <i>Wallemia sebi</i> , <i>P. islandicum</i> , <i>P. neopurpurogenum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. aurantiogriseum</i>
Orašasto voće	<i>P. commune</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. discolor</i> , <i>P. solitum</i> , <i>P. funiculosum</i> , <i>P. oxalicum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. wentii</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Eurotium</i> spp., <i>Alternaria infectoria</i> group
Raženi hljeb	<i>Penicillium roqueforti</i> , <i>P. paneum</i> , <i>P. carneum</i> , <i>P. corylophilum</i> , <i>Eurotium repens</i> , <i>E. rubrum</i> , <i>Paecilomyces variotii</i> , <i>Monascus ruber</i>

Sir	<i>Penicillium commune, P. nalgiovense, P. atramentosum, P. nordicum, Aspergillus versicolor; Scopulariopsis fusca, S. candida, S. brevicaulis</i>
Masti, margarin i slčni proizvodi	<i>P. echinulatum, P. commune, P. solitum, P. spinulosum, Cladosporium herbarum</i>
Fermentisane kobasice Pasterizovana hrana	<i>Penicillium nalgiovense, P. olsonii, P. chrysogenum, P. nordicum, P. solitum, P. oxalicum, P. commune, P. expansum, P. miczynskii, P. brasilianum, P. aurantiogriseum, Byssosclamyces fulva, B. nivea, Hamigera reticulata, Neosartorya fischeri, N. glabra, N. spinosa, Eupenicillium lapidosum, Talaromyces macrosporus, T. bacillisporus, Paecilomyces variotii</i>
Hrana sa niskim sadržajem aw	<i>Eurotium chevalieri, E. herbariorum, E. amstelodami, Wallemia sebi, Aspergillus penicillioides, A. restrictus, Eremascus albus, E. fertilis, Xeromyces bisporus, Scopulariopsis halophilica, Chrysosporium inops (sensu Pitt), C. farinicola, C. fastidium, C. xerophilum, Polypaecilum pisce</i>

Mikotoksini, a u prvom redu aflatoksini se deponuju u svim mekim tkivima i masnim depozitima životinja. U najvećoj mjeri akumulacija aflatoksina odvija se u tkivima u kojima dolazi do njegove biotransformacije, a to su bubrezi i jetra. Kako se rezidue mikotoksina mogu naći u tkivima i organima, tako se nalaze i u jajima nosilja i mlijeku životinja hranjenih hranom kontaminiranom mikotoksinima. Pošto su aflatoksini kao i većina drugih mikotoksina veoma termostabilni, ukoliko se nađu u mlijeku vrlo teško dolazi do njihovog razaranja, te sa tako i nakon termičke obrade mlijeka, pasterizacije ili sterilizacije, rezidue aflatoksina mogu naći u konzumnom mlijeku ili mliječnim proizvodima. Značajna je mogućnost deponovanja ohratoksina i njegovih metabolita u jestivim dijelovima svinja i živine i to

u bubrezima i jetri (*Fuchs, 1988*), a u znatnoj mjeri u muskulaturi i masnom tkivu.

6. HRANA ZA ŽIVOTINJE KAO IZVOR MIKOTOKSINA

Kontaminacija žitarica i drugih hraniva za životinje mikotoksinima u posljednje vrijeme je sve češća. Razlog tome može biti pojava velikih suša u posljednjih nekoliko godina, kao i pojave velikih i dugotrajnih poplava, takođe, i ekstremno visoke ili ekstremno niske temperature. Prema podacima Organizacije za ishranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO) danas je od 2,5 milijardi tona žitarica u svijetu, 25 % zaraženo mikotoksinima. Pretpostavka je da ekonomski gubici izazvani kontaminacijom mikotoksinima iznose na stotine milijardi dolara (*Devegowda, 1998, 14*). Količina mikotoksina u hrani zavisi od više faktora, a najvažniji su: količina slobodne vode u supstratu raspoloživa za rast gljivica, temperatura, aerobna sredina, relativna vlažnost vazduha, vrsta podloge ili supstrata, pH, integritet zrna i kompetitivna mikroflora. Svaki rod gljivica ima posebne optimalne uslove za stvaranje toksina (*Mašić i sar., 2000, 65*). Štete od kontaminacije žitarica mikotoksinima počinju na polju, dakle, pri ratarskoj proizvodnji, preko proizvodnje stočne hrane, dalje, preko animalne do prehrambene proizvodnje. U animalnoj proizvodnji zbog mikotoksikoza nastaju veliki ekonomski gubici, kao i zdravstveni poremećaji životinja koji se očituju, povećanim mortalitetom, manjim prirastom, povećanom konzumacijom hrane, povećanim troškovima liječenja i proizvodnjom mesa lošeg kvaliteta (*Mašić i sar., 1996, 103*). Najčešći kontaminanti stočnih hraniva i kompletnih krmnih smješa kod nas i u regionu su mikotoksini koje proizvode plijesni iz roda *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Kukuruz je žitarica koja zbog svojih nutritivnih osobina i uslova u kojima se uzgaja i skladišti, na našim prostorima često može biti kontaminirana mikotoksinima.

Kukuruz, kao bogat izvor energije i proteina, predstavlja veoma važnu komponentu stočne hrane. Konzumiranjem hrane koja je kontaminirana mikotoksinima, zdravlje preživara je izloženo direktnom riziku (*Bennett*

i Klich, 2003, 507), a indirektnom, konzumiranjem namirnica animalnog porijekla dobijenih od životinja koje su hranjene kontaminiranim hranivima, i zdravlje ljudi (Jouany, 2007, 342). Kontaminacija kukuruza se može dogoditi još u polju prije žetve, nakon žetve, tokom skladištenja, kao i tokom prerade u proizvode namijenjene animalnoj i ljudskoj ishrani. Tako se toksigene plijesni grubo dijele na dvije grupe:

- 1) poljske plijesni i
- 2) skladišne plijesni (Placinta et al., 1999, 23).

Proizvodnja silaže je jedan od najboljih načina konzervisanja hrane za životinje, međutim, nakupljanje kondenzata, samozagrijavanje uskladištenih proizvoda, prokišnjavanje skladišta, insekti i mnogi drugi štetni faktori tokom procesa siliranja i skladištenja, mogu da podstaknu nepoželjan rast plijesni, proizvodnju mikotoksina i smanjenje nutritivnog kvaliteta (Lanier et al., 2010, 1981). Konzumiranje hrane kontaminirane mikotoksinima kod preživara može da izazove mikotoksikoze, koje su naprijed opisane. Prevenciju u borbi protiv dospijevanja mikotoksina u hranu predstavlja monitoring prisustva toksigenih plijesni i mikotoksina upravo u stočnoj hrani.

ZAKLJUČAK

Pojavom plijesni i rezidua mikotoksina u hrani za domaće životinje, dovodi se u pitanje zdravlje životinja, a pojavom u namirnicama animalnog porijekla i ljudi koji su konzumenti mesa, mlijeka i jaja. Pošto su aflatoksini kao i većina drugih mikotoksina veoma termostabilni, tako se tokom termičke obrade mlijeka, pasterizacije ili sterilizacije, njihova struktura ne razara, pa se rezidue aflatoksina mogu naći u konzumnom mlijeku ili mliječnim proizvodima. Mikotoksini ili rezidue mikotoksina u hrani koju konzumiraju ljudi se smatraju uzrokom nastanka mnogih patoloških stanja kao što su: balkanska endemska nefropatija, tumor urinarnog trakta, slabljenje imunog sistema, gubitak apetita, gubitak u težini, neurološki poremećaji.

Štete koje nastaju kao posledica pojave mikotoksina u hrani su ekonomske i zdravstvene prirode. Zbog svega navedenog se smatra da su preventiva i monitoring pojave mikotoksina u hranivima za domaće životinje i njihovih rezidua u namirnicama animalnog porijekla, vrlo važni zbog zdravstvenog stanja domaćih životinja, a samim tim i ljudi, ali i zbog ekonomske opravdanosti u ratarskoj, animalnoj i prehrambenoj proizvodnji. Preventivu treba započeti sprečavanjem rasta plijesni na žitaricama još u polju.

LITERATURA

1. Ćosić, Jasenka., Jurković, Draženka., Vrandečić, Karolina. 2006. *Praktikum iz fitopatologije*. Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilište Josipa Jurja StrossMayera u Osijeku.
2. Bennett, JW., Klich, M. 2003. "Mycotoxins. *Clinical Microbiology* 16: 497-516. doi: 10.1128/CMR.
3. Jouany, JP. 2007. "Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds". *Anim Feed Sci Tech* 137, 342-62.
4. Peraica, M., Domijan, A.-M., Jurjević, Ž., Cvjetković, B. 2002. "Prevention of exposure to mycotoxins from food and feed". *Arh Hig Rada Toksikol* 53: 229-237.
5. Peraica, M., Rašić, D. 2012. "The impact of mycotoxicoses on human history". *Arh Hig Rada Toksikol* 63: 511-516.
6. Domijan, A.-M., Peraica, M. 2010. "Carcinogenic mycotoxins". *Comprehensive toxicology*. 125-137.
7. Milićević, D.R., Škrinjar, M., Baltić, T. 2010. "Real and perceived risks for mycotoxin contamination in foods and feeds: challenges for food safety control". *Toxins* 572-592. doi:10.3390/2040572
8. IARC (International Agency for Research on Cancer). 2002. "Some

- Traditional Herbal Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene”. IARC: Lyon, Vol. 82.
9. Kelly, J.D., Eaton, D.L., Guengerich, F.P., Coulombe, F. A, J. 1997. “Aflatoxin B1 activation in human lung”. *Toxicol Appl Pharmacol* 144, 88-95.
 10. Kocić-Tanackov, S., Dimić, G. 2013. “Gljive i mikotoksini-kontaminanti hrane”. *Cemical. Industry* 639–653. doi: 10.2298/120927108.
 11. Gqaleni, N., Smith, J.E., Lasey, J., Gettinby, G. 1997. “Effect of temperature, water activity and incubation time on production of aflatoxin and cyclopiazonic acid by an isolate of *Aspergillus flavus* in surface agar culture”. *Appl. Environ. Microbiol.* 1048-1053.
 12. Sinovec, Z.J., Resanović, R.M., Sinovec, S.M. 2006. ” Mikotoksini: pojava, efekti i prevencija”, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu. 142-53.
 13. Resanović, R. 2000. “Ispitivanje zaštitnog dejstva modifikovanog klinoptilolita na živinu izloženu dejstvu aflatoksina”. Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine Univerzitet u Beogradu.
 14. Leeson, S., Summers, J., 1995. “Poultry metabolic disorders and mycotoxins”. Univ. Books, Guelph, Canada.
 15. Heenan, C.N., Shaw, K.J, Pitt, J.I. 1998. “Ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* and *Aspergillus niger* isolates and detection using coconut cream agar”. *J. Food Microbiol.* 67-72.
 16. Varga, J., Kevei, E., Rinyu, E., Teren, J., Kozakiewicz, Z. 1996. “Ochratoxin production by *Aspergillus* species”. *Appl. Environ. Microbiol.* 4461–4464.
 17. Park, L.D., Ayala, E.C., Guzman-Perez, S.E., Lopez-Garcia, R., Trujillo, 2000. “Food Toxicology: Microbial Toxins in Foods: Algal, Fungal and Bacterial”. *CRC Pres* 15–20.
 18. Mašić, Z., Kljajić, R., Bocarov-Stančić, A., Škrinjar Marija. 2000. “Mikotoksini u stočnoj hrani kao faktor poremećaja zdravlja životin-

- ja". XII Savetovanje veterinarara Srbije, Vrnjačka Banja, Srbija, septembar, 64-73.
19. Wyatt, D.R., Diaz, D.E., 2005. "The Mycotoxin Blue Book: Mycotoxin Interactions". *Nottingham University Press* 269–278.
 20. Sinovec, Snežana., Sinovec, Z., Ševković, N. 1998. "Nacionalna zakonska regulativa o kvalitetu stočne hrane". VII kongres veterinarara Jugoslavije, Zbornik radova 141-150.
 21. Desjardins, A.E., Proctor, R.H., 2001." Biochemistry and genetics of Fusarium toxins". *See Ref.* 50–69.
 22. Krska R., Welzig E., Boudra H. 2007. "Analysis of Fusarium toxins in feed". *Animal Feed Science and Technology* 137: 241-264.
 23. IARC, 1993." Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: some naturally occurring substances". *Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins.* 397–444.
 24. Janković, V., Škrinjar, M., Vukojević, J., Karan, D., Radmilii, M. 2006. "Mikotoksini-potencijalna opasnost za žive organizme". *Tehnologija mesa* 97-103.
 25. Škrinjar, M., Šarić, M., Gordana Dimić, Nada Filipović. 1997. "Study on the presence of moulds and some mycotoxins in wheat flour". *Roumanian Biotechnological Letters* 477-487.
 26. Fitenborg, O., Frisvad, J.C., Samson, A.R. 2004. "Introduction to Food-borne Fungi: Specific Association of Fungal too Foods and influence of Physical Environmental Factors". *Centra-albureau voor Schimmelcultures* 306-320.
 27. Fuchs, R., 1988. "Distribution of ochratoxin A in ewpermental animals". Doctoral thesis, Faculty of Veterinary Medicine, Uppsala.
 28. Devegowda G., Raju M., Swamy h. V. L. N. 1998. "Mycotoxins: Novel solution fortheir Counteraction". *Feedstuffs* 12-16.

29. Mašić, Z., Sinovec, Z., Pavkov, S., Olivera Zurovac-Kuzman. 1996. "Negativni efekti mikotoksina u ishrani svinja i mogućnosti prevencije". *Veterinarski glasnik* 101-107.
30. Jouany, JP. 2007, "Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds". *Anim Feed Sci Tech* 342-62.
31. Placinta, CM., D'Mello, JPF., Mac Donald, AMC. 1999. "A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with Fusarium mycotoxins". *Anim Feed Sci Tech* 21-37.
32. Lanier, C., Richard, E., Heutte, N., Picquet, R., Bouchart, V., Garon, D., 2010. "Airborne molds and mycotoxins associated with handling of corn silage and oilseed cakes in agricultural environment". *Atmos Environ* 1980-6.

Mirjana Delić- Jović, Engineer of Agriculture
Dragana Đurica, MSc
Slobodanka Vujičić, MSc

MYCOTOXINS AS FOOD POLLUTANTS

Summary: *Mycotoxins can be found in the food of animal and plant origin and they represent secondary products of mouldiness metabolism. They usually belong to species Aspergillus, Penicillium and Fusarium. The negative effects of mycotoxins are multiple and they can be reflected on plants, animals as well as humans. Firstly, there are health disturbances in humans and animals as a consequence of mycotoxins from animal feed or food of animal origin. So far about 400 mycotoxins have been isolated and about 30 of these are known to have unwanted effect on animals. In this paper, the more common, mycotoxins are discussed: aflatoxins, ochratoxins and fusariotoxins. Mycotoxicoses, the diseases*

caused by mycotoxins and the occurrence of these metabolites in the animal feed as well as in foodstuff are also described.

Keywords: *mycotoxins, aflatoxins, animal feed*

JEL classification: *Q10, Q18*