

Marina PALFI¹, Nada KNEŽEVIĆ¹, Karolina VRANDEČIĆ², Jasenka ČOSIĆ²

¹Podravka d.d., Istraživanje i razvoj, Koprivnica

²Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

marina.palfi@podravka.hr

MIKOTOKSINI U HRANI – ZAKONODAVNI OKVIR

SAŽETAK

Zbog sve veće osviještenosti potrošača o vlastitom zdravlju kontaminiranost hrane mikotoksinima postala je važna tema, kako za potrošače, tako i za subjekte u poslovanju s hranom te za akademsku i stručnu javnost. Osim štetnog učinka na zdravlje ljudi i životinja, mikotoksini mogu imati i značajan negativan ekonomski utjecaj. To su sekundarni metaboliti toksikogenih gljiva, najčešće roda *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* i *Alternaria*. Vrlo su stabilni spojevi koji dugo ostaju u sirovinama i životinjskim proizvodima i kao takvi velik su problem za prehrambenu industriju. Europska unija, u svrhu zaštite zdravlja potrošača i zdravlja životinja, ima jedan od najviših standarda za sigurnost hrane u svijetu. Radi sprječavanja stavljanja hrane kontaminirane mikotoksinima na tržište Europske unije važno je i nužno obavještavanje javnosti o opasnostima i rizicima povezanim s prisutnošću mikotoksina u hrani i hrani za životinje. Na razini EU-a organiziran je Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (RASFF) kojim zemlje članice razmjenjuju informacije o rizicima povezanim s hranom i hranom za životinje, među ostalim i o kontaminaciji mikotoksinima. RASFF sustav omogućuje svim članicama EU-a da istovremeno poduzmu koordinirane mjere s ciljem zaštite zdravlja potrošača. Subjekti u poslovanju s hranom obvezni su provoditi interne kontrole prema procjeni opasnosti, kao i omogućiti nadležnim tijelima nesmetan nadzor i uzorkovanje hrane u svrhu službenih kontrola. Kvalitetna i zdravstveno ispravna sirovina najkraći je i ekonomski najisplativiji put za prehrambenu industriju da bi se zadovoljili svi relevantni zakonski propisi i tako očuvalo zdravlje potrošača. Kako bi se izbjegli mogući negativni učinci mikotoksina na zdravlje, nužno je uz organiziranu kontrolu hrane provoditi i preventivne mjere u proizvodnji i skladištenju proizvoda biljnog i životinjskog podrijetla.

Ključne riječi: mikotoksini, zakonodavstvo, sigurnost hrane, zdravlje

MIKOTOKSINI I UTJECAJ KLIMATSKIH PRILIKA NA NJIHOVU TVORBU

Mikotoksini su sekundarni metaboliti gljiva niske molekularne mase koji toksično djeluju na ljude i toplokrvne životinje. Čimbenici koji utječu na nastanak plijesni (gljiva) i tvorbu mikotoksina odnose se na prisutnost plijesni,

razinu vlage, temperaturu, aeraciju, prisutnost kukaca i mehaničkih oštećenja različitih biljnih organa. Mogu se pojaviti u umjerenim i tropskim predjelima, ovisno o vrsti gljiva koje ih stvaraju (Turner i sur., 2009.). Najčešće utvrđene vrste plijesni (tablica 1) na/u hrani iz rodova su *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, ali i plijesni rodova *Alternaria* i *Cladosporium* (Kocić-Tanackov i Dimić, 2013.). S obzirom na vrijeme kontaminacije biljke ili ploda plijesni se katkada dijele na: plijesni s polja (rodovi *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Fusarium*), plijesni u skladištima (rodovi *Penicillium* i *Aspergillus*) i plijesni uznapredovanog kvarenja (rodovi *Papulospora*, *Sordaria*, *Mucor*, *Chaetomium* i *Rhizopus*) (Ožegović i Pepeljnjak, 1995.).

Tablica 1. Najznačajniji mikotoksini i toksikogene gljive koje ih proizvode (Izvor: Frisvad i sur., 2006.; Heperkan, i sur., 2006.; Wang i sur., 2016.; Frisvad, 2018.).

Mikotoksini	Toksikogene gljive
Aflatoksini	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>
Citrinin	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>A. carneus</i> , <i>Monascus ruber</i> , <i>M. purpureus</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. odoratum</i> , <i>P. radicolica</i> , <i>P. verrucosum</i>
Deoksinivalenol	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. pseudograminearum</i>
Fumonizini	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. nygamai</i> , <i>F. napiforme</i> , <i>F. thapsinum</i> , <i>F. anthophilum</i> , <i>F. dlamini</i>
Okkratoksin A	<i>Aspergillus affinis</i> , <i>A. albertensis</i> , <i>A. alliaceus</i> , <i>A. welwitschiae</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. cretensis</i> , <i>A. flocculosus</i> , <i>A. lacticoffeatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. pseudoelegans</i> , <i>A. roseoglobulosus</i> , <i>A. sclerotioniger</i> , <i>A. sclerotiorum</i> , <i>A. steynii</i> , <i>A. sulphureus</i> , <i>A. westerdijkiae</i> , <i>Neopetromyces muricatus</i> , <i>Penicillium nordicum</i> , <i>P. verrucosum</i>
Patulin	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. giganteus</i> , <i>A. longivesica</i> , <i>Paecilomyces fulvus</i> , <i>P. niveus</i> , <i>P. saturatus</i> , <i>Penicillium antarcticum</i> , <i>P. carneum</i> , <i>P. clavigerum</i> , <i>P. compactum</i> , <i>P. concentricum</i> , <i>P. coprobium</i> , <i>P. dipodomyicola</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. gladioli</i> , <i>P. glandicola</i> , <i>P. griseofulvum</i> , <i>P. marinum</i> , <i>P. novae-zeelandiae</i> , <i>P. paneum</i> , <i>P. psychrosexualis</i> , <i>P. samsonianum</i> , <i>P. sclerotigenum</i> , <i>P. vulpinum</i> , <i>Xylaria longiana</i>
Zearalenon	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. crookwellense</i>
Ergot alkaloidi	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>C. paspali</i>
T-2 i HT-2 toksin	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. sambucinum</i>

Iako je prema procjeni FAO-a u svijetu mikotoksinima kontaminirano oko 25 % usjeva, procjenjuje se da je taj postotak i mnogo viši, čak 60 – 80 % (Eskola i sur., 2019.). Mikotoksini osim štetnog učinka na zdravlje mogu imati i značajan negativan ekonomski utjecaj na poljoprivredu i prehrambenu industriju. Ekonomski gubitci uzrokovani mikotoksina mjere se u milijardama dolara

diljem svijeta svake godine (Marin i sur., 2013.) i pogađaju sve, od poljoprivrednih proizvođača, prerađivača, distributera do samih potrošača. Mikotoksini se prirodno javljaju kao kontaminanti različitih vrsta namirnica biljnog podrijetla, kao što su: žitarice, uljarice, suho voće i povrće, kava, začini, sezam, kikiriki, pistacije, badem, lješnjak i dr., ali ih nalazimo i u proizvodima životinjskog podrijetla, kao što su meso ili drugi proizvodi poput jaja, mlijeka i sira (Turner i sur., 2009.; Marin i sur., 2013.). Kontaminacija mikotoksinima u hrani biljnog podrijetla (tzv. primarna kontaminacija) rezultat je rasta plijesni na žitaricama, voću i povrću, a u hrani životinjskog podrijetla (mesu, mlijeku i jajima) nalaze se metaboliti i rezidue mikotoksina ako su životinje hranjene kontaminiranim krmivom (sekundarna kontaminacija) (Peraica i Rašić, 2012.). Više vrsta plijesni može producirati isti mikotoksin, ali isto tako jedna vrsta plijesni može producirati više vrsta mikotoksina (Smith i sur., 2016.). Ljudi su u umjerenim klimatskim zonama često izloženi mikotoksinima fumonizinu B₁ (FB1), okratoksinu A (OTA) i zearalenonu (ZEA), a izloženost aflatoksinu B₁ (AFB1) rjeđa je (Peraica i Rašić, 2012.).

Sustavno praćenje pojavnosti mikotoksina u istočnoj, sjevernoj i središnjoj Hrvatskoj provodi se od 2010. godine. Utvrđene količine mikotoksina uglavnom su konstantne, izuzev slučajeva ekstremnih klimatskih uvjeta kakvi su bili 2013., povoljni za produkciju aflatoksina, 2014. i 2015. za produkciju fumonizina i DON-a (Pleadin, 2019.) te 2019. za produkciju DON-a. Niže prosječne razine kontaminacije za uzorke podrijetlom iz ispitivanih regija Hrvatske 2013. godine mogu se objasniti činjenicom da su toplinske prilike istraživanih regija Hrvatske za vrijeme cvatnje i žetve bile normalne do tople i sušne. Za razliku od 2013. godine, u pojedinim regijama Hrvatske 2019. godina obilovala je oborinama u proljetno-ljetnom razdoblju, što je bilo pogodno za infekciju patogenima. Upravo su takve kišovite godine s izraženim temperaturnim promjenama osobito pogodne za fuzarijske mikotoksine (Pleadin i sur., 2015.). Praćenje pojavnosti mikotoksina u proteklom razdoblju u Hrvatskoj ukazuje na povezanost pojavnosti viših koncentracija mikotoksina s ekstremnim vremenskim prilikama, osobito temperature i razine padalina (Pleadin, 2019.). Tako su i u Slavoniji u proljeće 2019. godine zabilježeni iznimno povoljni uvjeti za kasnu infekciju klasa pšenice uzročnicima fuzarijske paleži koji su rezultirali kontaminacijom zrna mikotoksinom deoksinivalenolom (DON), često u količinama iznad maksimalno dopuštenih (Mihaljević i sur., 2020.).

NEGATIVNI UČINCI MIKOTOKSINA NA ZDRAVLJE LJUDI

Mikotoksini zbog svoje stabilnosti dugo ostaju u biljnim i životinjskim proizvodima te su potencijalno velika opasnost za zdravlje ljudi i životinja u brojnim zemljama svijeta, osobito u zemljama u razvoju (Bennett i Klich, 2003.). Mikotoksine možemo unijeti u organizam konzumacijom kontaminirane hrane,

udisanjem ili unosom putem kože. Među najvažnije mikotoksine, prema toksičnosti i pojavnosti, spadaju aflatoksini B₁, B₂, G₁ i G₂ (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂), okratoksin A (OTA), citrinin (CTN), zearalenon (ZEN), fumonizini B₁, B₂ i B₃ (FB₁, FB₂, FB₃), deoksinivalenol (DON) i drugi trihoteceni, patulin (PAT) i ergot alkaloidi (EA) (Pleadin i sur., 2017.). Problem negativnog djelovanja mikotoksina u hrani i hrani za životinje i moguće ozbiljne posljedice po zdravlje predstavljaju i potencijalni sinergistički učinci s drugim pratećim mikotoksинима (Pleadin i sur., 2015.). Oštećenja zdravlja izazvana mikotoksинима nazivaju se mikotoksikoze, a radi li se o akutnim ili kroničnim mikotoksikozama, ovisi o dozi i trajanju izloženosti organizma tim toksinama. Kod akutnih mikotoksikoza organizam je izložen velikim koncentracijama mikotoksina u kratkom vremenskom razdoblju, što može uzrokovati naglo oštećenje organa, pa čak i smrtni ishod, a kronične su mikotoksikoze posljedica dugotrajne izloženosti nekom mikotoksinu. Mikotoksini mogu na različite načine štetiti ljudskom zdravlju jer, osim bolesti uzrokovanih njihovom toksičnošću, mogu biti karcinogeni, gentoksični i mutageni (Peraica i Rašić, 2012.). Međutim, iako je do sada izolirano više od 300 različitih mikotoksina, samo je za nekolicinu poznat njihov toksičan, mutagen, genotoksičan, karcinogen i teratogen potencijal (Peraica i Rašić, 2020.).

ZAKONODAVSTVO MIKOTOKSINA

Europska unija, u svrhu zaštite zdravlja potrošača i zdravlja životinja, ima jedan od najviših standarda za sigurnost hrane u svijetu. Prema trenutačnoj legislativi Europske unije mikotoksine možemo podijeliti na regulirane i neregulirane mikotoksine (tablica 2). Za najvažnije mikotoksine, na temelju opsežne procjene sigurnosti i izloženosti, provedena je analiza rizika i utvrđena vrijednost sigurne dnevne izloženosti (*Tolerable Daily Intake*, TDI) te su definirane najveće dopuštene količine (NDK) koje se mogu nalaziti u hrani (tablica 3) (Uredba komisije (EC) 1881/2006). Uredba propisuje najviše dopuštene količine kontaminanata koje su razumno ostvarive uz dobre proizvođačke ili dobre poljoprivredne prakse. Za razliku od mikotoksina kojima su propisane egzaktno NDK vrijednosti za različite kategorije hrane, za T-2 toksin i HT-2 toksin propisane su okvirne razine za zbroj T-2 i HT-2 (µg / kg). Zbog velike varijacije pojavljivanja toksina T-2 i HT-2 iz godine u godinu, države članice obvezuju se prikupiti više podataka o T-2 i HT-2 u žitaricama i proizvodima od žitarica i više informacija o učincima prerade hrane (tj. kuhanja) i agronomskih čimbenika na prisutnost toksina T-2 i HT-2 (Commission recommendation 2013/165/EU).

Tablica 2. Podjela mikotoksina prema zakonskoj regulativi EU-a

Regulirani (EU)	Neregulirani
Aflatoksini	<i>Alternaria</i> toksini
Deoksinivalenol	Drugi trihoteceni
Zearalenon	Ergot alkaloidi
Okratoksin A	Eniati i Bovericin
Fumonizini B1 i B2	Moniliformin
Patulin	Sterigmatocistin
Citrinin	Fomopsini....

Europska je komisija 2015. godine donijela Uredbu komisije (EU) 2015/1940 o izmjeni Uredbe (EZ) br. 1881/2006 u pogledu najvećih dopuštenih količina sklerocija glavice raži na određenim neprerađenim žitaricama te odredaba o praćenju i izvješćivanju. Propisane vrijednosti za sklerocije glavice raži i alkaloidne glavice raži za neprerađene žitarice, osim kukuruza i riže, iznose 0,5 g/kg. Znanstveni odbor za kontaminante u prehrambenom lancu („CONTAM”) Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA) donio je mišljenje o alkaloidima glavice raži u hrani i hrani za životinje te utvrdio akutnu referentnu dozu skupine od 1 µg/kg tjelesne težine i prihvatljiv dnevni unos skupine od 0,6 µg/kg tjelesne težine (CONTAM, 2012.) Prisutnost alkaloida glavice raži u zrnju žitarica do određene je mjere povezana s prisutnošću sklerocija glavice raži u zrnju žitarica. Taj odnos nije apsolutan jer alkaloidi glavice raži mogu biti prisutni i u prašini iz sklerocija glavice raži koja se adsorbira u zrnje žitarica. Državama članicama preporučuje se da prate prisutnost alkaloida glavice raži u žitaricama i proizvodima od žitarica te da o rezultatima obavijeste Europsku agenciju za sigurnost hrane (EFSA) (Commission Recommendation 2012/154/EU).

Tablica 3. Dopuštene vrijednosti reguliranih mikotoksina za pojedine kategorije hrane (Izvor: Uredba komisije (EC) br. 1881/2006 s izmjenama i dopunama)

MIKOTOKSIN	KATEGORIJE HRANE	NDK (µg/kg)
AFLATOKSINI	Bademi, kikiriki i druge sjemenke uljarica, orašasti plodovi, sušeno voće, žitarice, kukuruz, začini, hrana na bazi žitarica i hrana za dojenčad i malu djecu	0,1 – 12,0 (B ₁)
	Kikiriki i druge sjemenke uljarica, orašasti plodovi, sušeno voće, žitarice, kukuruz, začini	4,0 – 15,0 (Zbroj B ₁ , B ₂ , G ₁ i G ₂)

	Sirovo mlijeko, hrana za dojenčad, hrana za posebne medicinske potrebe (dojenčad)	0,025 – 0,050 (M ₁)
OKRATOKSIN A	Začini, neprerađene žitarice i proizvodi od žitarica, grožđice, hrana za dojenčad i malu djecu na bazi žitarica, hrana za posebne medicinske potrebe (isključivo namijenjena dojenčadi)	0,5 - 20
PATULIN	Voćni sokovi, jabučni proizvodi, dječja hrana (osim hrane za dojenčad i malu djecu na bazi žitarica)	10 - 50
DEOKSINIVALENOL	Neprerađeni kukuruz, neprerađene žitarice, tjestenina, kruh, kolači, keksi, <i>snack</i> proizvodi od žitarica i žitarice za doručak, prerađena hrana na bazi žitarica i hrana za dojenčad i malu djecu	200 - 1750
ZEARALENON	Rafinirano kukuruzno ulje, neprerađene žitarice, neprerađeni kukuruz, kolači, kruh, keksi, <i>snack</i> proizvodi, prerađena hrana za dojenčad i malu djecu na bazi žitarica	20 - 400
FUMONIZINI	Neprerađeni kukuruz, kukuruzni proizvodi, žitarice za doručak na bazi kukuruza i <i>snack</i> proizvodi od kukuruza, prerađena hrana na bazi kukuruza i hrana za dojenčad i malu djecu	200 – 4000 (Zbroj B ₁ i B ₂)
CITRININ	Dodatci prehrani na osnovi riže fermentirane crvenim kvascem <i>Monascus purpureus</i>	100

Prikupljanje podataka EFSA-e u području nereguliranih mikotoksina provodi se s ciljem pribavljanja što više relevantnih podataka za donošenje propisa i smjernica koji će regulirati dopuštene vrijednosti i tih mikotoksina. Na temelju znanstvenog mišljenja EFSA-e, Stalni odbor za biljke, životinje, hranu i stočnu hranu usuglasio se i s preporukama za praćenje sljedećih biljnih toksina i mikotoksina (pored objavljenih preporuka Komisije): tropanskih alkaloida, sterigmatocistina, ergot alkaloida, fomopsina, citrinina, pirolizidinskih alkaloida, *Alternaria* toksina (PAFF Committee, 2014.). Sve prethodno spomenute preporuke dostupne su na službenim stranicama Europske komisije (European Commission, 2020.).

Za razmjenu informacija o mikotoksinima, kao i ostalih informacija o rizicima

povezanima s hranom i hranom za životinje, među zemljama članicama organiziran je na nivou Europske unije Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (RASFF). RASFF sustav EU-a kojim upravlja Europska komisija omogućuje svim članicama EU-a da istovremeno poduzmu koordinirane mjere s ciljem zaštite zdravlja potrošača.

U svrhu provedbe uredba Europske komisije Republika je Hrvatska Zakonom o kontaminantima (NN 39/13, izmjene i dopune NN 114/18) propisala zadaće nadležnih tijela, službene kontrole i načine postupanja te izvještavanja nadležnih tijela i Europske komisije, kao i obveze službenih laboratorija i subjekata u poslovanju s hranom. Pravilnikom o sustavu brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (NN 155/2013) propisuje se djelokrug RASFF sustava i definira djelokrug rada i odgovornosti nacionalne kontakt-točke (NKT). NKT je središnja kontakt-točka koja upravlja i koordinira HR RASFF sustavom i koja je kontakt-točka prema Europskoj komisiji.

Zbog sve bržeg protoka ljudi i roba među zemljama, a u svrhu zaštite zdravlja stanovništva Europske unije, donijete su i dvije provedbene uredbe: Provedbena uredba komisije (EU) 884/2014 (s izmjenama i dopunama) o uvođenju posebnih uvjeta kojima se uređuje uvoz neke hrane i hrane za životinje iz određenih trećih zemalja zbog rizika od kontaminiranosti aflatoksinima i Provedbena uredba komisije (EU) 2015/949 (s izmjenama i dopunama) o odobrenju pregleda određene hrane koje određene treće zemlje provode prije izvoza u pogledu prisutnosti određenih mikotoksina.

SIGURNOST HRANE I VAŽNOST PREVENCIJE

Većina mikotoksina kemijski je stabilna pa se mogu održati i nakon prerade namirnica, čak i tretiranjem prilično visokim temperaturama, kao na primjer prilikom pečenja kruha ili proizvodnje žitarica za doručak (Turner i sur., 2009.). Poseban problem predstavlja i pojava tzv. maskiranih mikotoksina koji često ostaju nevidljivi prilikom različitih analitičkih tehnika. Oni se u hrani nalaze u promijenjenu obliku te se nakon konzumacije kontaminirane hrane u probavnom sustavu vraćaju u izvorni oblik (Kovač i sur., 2018.). Kontaminacija mikotoksinima moguća je tijekom svih faza proizvodnje i čuvanja hrane i hrane za životinje, uključujući skladištenje (Pleadin i sur., 2015.). Tako npr. deoksinivalenol (DON) može nastati na polju prije žetve ili nakon žetve, a budući da je otporan na procesiranje, potrebno je kontrolirati njegovu razinu u hrani i hrani za životinje (Rocha i sur., 2014.). Mikotoksini su stabilni spojevi koje često nalazimo i u gotovom proizvodu nakon tehnološke obrade. Kako se oni rijetko mogu uništiti tijekom prerade, češće se reduciraju i bolje rasporede po masi gotovog proizvoda (Katalenić, 2004.). Sprječavanje porasta plijesni u proizvodnji hrane svakako smanjuje mogućnost kontaminacije mikotoksinima. Osobito je to važno za organski uzgoj jer proizvodi od cjelovitih žitarica iz takve

.....

proizvodnje imaju povećan rizik od kontaminacije mikotoksinima (Duarte i sur., 2010.). Integrirani sustav kontrole sigurnosti hrane u svim fazama proizvodnje i distribucije koji uključuje dobru skladišnu praksu, dobru higijensku praksu i dobru proizvođačku praksu pouzdana je metoda u prevenciji sinteze mikotoksina (Akkerman i dr., 2010.). Budući da su neki od najznačajnijih rizika nastanka mikotoksina, osim klimatskih uvjeta, i obrada zemlje, plodored, zaštita žitarica, hranidba biljaka i slično, osobito je važno provođenje preventivnih mjera na poljoprivrednim površinama i pravilno skladištenje žitarica. Ako hrana ipak sadržava mikotoksine, za smanjenje količine mikotoksina primjenjuju se metode redukcije (kemijske, biološke i fizikalne) (Kabak i sur., 2006.). Sama učinkovitost primijenjenih metoda ovisi o svojstvima hrane, sastavu i sadržaju vode, kao i o razini onečišćenja (Pleadin i sur., 2017.). Stoga je razvijanje svijesti kod potrošača, kao i razvoj novih metoda otkrivanja i inaktivacije mikotoksina, uvelike značajan za sigurnost hrane (Bhat i sur., 2010.). Mikotoksini ne kontaminiraju samo hranu biljnog podrijetla, pa buduća istraživanja treba usmjeriti i na proizvode životinjskog podrijetla (Lešić i sur., 2019.). Prema Zakonu o kontaminantima (NN 39/13, izmjene i dopune NN 114/18) dužnost je svih subjekata u poslovanju s hranom (SPH) omogućiti nadležnim tijelima provođenje nesmetana nadzora objekta i omogućiti uvid u svu dokumentaciju, te nadležnim tijelima, odnosno osobama koje provode službene kontrole, staviti na raspolaganje potrebne količine hrane i sirovina za uzorkovanje. Osim toga, subjekt u poslovanju s hranom obavezan je provoditi interne kontrole poslovanja prema procjeni opasnosti, uključujući i izradu plana uzorkovanja na kontaminante propisane Uredbom (EZ) br. 1881/2006, sukladno opsegu i vrsti svog poslovanja. U Hrvatskoj se na temelju godišnjeg plana uzorkovanja provodi sustavna kontrola namirnica biljnog i životinjskog podrijetla na mikotoksine. Uzorkovanje se provodi sukladno odredbama Uredbe Komisije (EZ) br. 401/2006 o utvrđivanju metoda uzorkovanja i analize za službenu kontrolu količine mikotoksina u pojedinoj hrani. Prema Godišnjem izvješću Ministarstva zdravstva o radu sanitarne inspekcije u području sigurnosti hrane, tijekom 2017. godine, u svrhu monitoringa na prisutnost mikotoksina, uzorkovana su ukupno 184 uzorka hrane (brašno, kruh i peciva, mlijeko, tjestenina, žitarice, začini, dječja hrana na bazi žitarica, početna i prijelazna hrana za dojenčad, orašasti plodovi, sušeno voće, voćni sokovi, dječji sokovi na bazi jabuke, dječje kašice na bazi jabuke, kava, vino od grožđa). Uzorci su analizirani na aflatoksin B1 i Σ aflatoksina, Ochratoksin A, T2 i HT2, DON i ZON te na patulin i fumonizine, ovisno o kategoriji hrane. Na aflatoksin M₁ analizirani su samo uzorci mlijeka te početne i prijelazne hrane za dojenčad. Svi analizirani uzorci odgovarali su zahtjevima propisanim Uredbom Komisije (EZ) br. 1881/2006 te su ocijenjeni kao zdravstveno ispravni (Ministarstvo zdravstva, 2018.). U svrhu stavljanja na tržište zdravstveno ispravnih proizvoda nužna je daljnja sustavna kontrola kontaminacije hrane mikotoksinima.

ZAKLJUČAK

Zajedničko promišljanje i djelovanje zadaća je i obveza svih dionika proizvodno-prodajnog procesa povezanih s hranom koja dolazi na tržište. Važno je nastaviti kontinuirane kontrole, kako samih subjekata u poslovanju s hranom, tako i svih nadležnih tijela povezanih sa sustavom kontrole uz poštovanje i pravilnu primjenu svih nacionalnih i međunarodnih zakona i propisa o hrani, i o tome pravodobno informirati javnost. Akademski i stručna zajednica ima zadatak nastaviti istraživanja u vezi s uvjetima razvoja toksikogenih gljiva i njihovu produkciju mikotoksina, kao i kontaminaciju sirovina i gotovih proizvoda istima, te razvijati i pravilno koristiti analitičke metode koje ih mogu otkriti i kvantificirati. Kako bi se izbjegli mogući negativni učinci mikotoksina po zdravlje, nužno je uz organiziranu kontrolu hrane provoditi i preventivne mjere u proizvodnji i skladištenju biljnih proizvoda i proizvoda životinjskog podrijetla. Kvalitetna i zdravstveno ispravna sirovina najkraći je i najjeftiniji put za prehrambenu industriju da bi se zadovoljili svi relevantni zakonski propisi i tako očuvalo zdravlje potrošača.

MYCOTOXINS IN FOOD – LEGISLATION

SUMMARY

Due to the growing awareness of consumers for their health, the food contamination with mycotoxins has become an important topic for both consumers and subjects in the food business and academic and professional public. Apart from the adverse effects to the health of people and animals, it can also have a significant negative economic effect. Mycotoxins are secondary metabolites of toxicogenic fungi, most often *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* and *Alternaria*. They are very stable compounds which remain in raw materials and animal products and as such present a major issue for the food industry. In order to protect the health of consumers and animals, the European Union has one of the most stringent food safety standards system in the world. In order to prevent placing the food contaminated with mycotoxins on the market of the European Union, it is essential and necessary to keep the public informed on the dangers and risks connected to the presence of mycotoxins in food and feed. A rapid response system for food and feed (RASFF) has been set up at the European Union level, which is used by member states to exchange information on mycotoxins, as well as any other information on food and feed related risks. The RASFF system enables all EU member states to take coordinated measures in order to protect the consumers' health. Subjects in the food business are obligated to perform internal controls regarding the assessment of hazard as well as allow competent authorities to continuously

monitor and sample food for the purpose of official control. Quality and healthy raw materials is the quickest and economically the most viable path for the food industry to fulfil all relevant legislation and thus safeguard the consumers' health. In order to avoid possible negative effects of mycotoxins on health, it is essential to perform organized food control and take preventive measures in production and warehousing of plant and animal products.

Key words: mycotoxins, legislation, food safety, health

LITERATURA

Akkerman, R., Farahani, P., Grunow, M. (2010.). Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges. *OR Spectrum*, 32 (4), 863–904.

Bennett, J. W., Klich, M. (2003.). Mycotoxins. *Clinical microbiology reviews*, 16 (3), 497-516.

Bhat, R., Rai, R. V., Karim, A. A. (2010.). Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9 (1), 57-81.

Commission Recommendation 2012/154/EU of 15 March 2012 on the monitoring of the presence of ergot alkaloids in feed and food. *Official Journal of the European Union*, L 77/20.

Commission recommendation 2013/165/EU of 27 March 2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products. *Official Journal of the European Union*, L 91/12.

Duarte, S. C., Pena, A., Lino, C. M. (2010.). A review on Ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. *Food Microbiology*, 27, 187-198.

Eskola, M., Kos, G., Elliott, C. T., Hajšlová, J., Mayar, S., Krska, R. (2019.). Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-17.

European Commission. Legislation, dostupno na: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/index_en.htm / (pristupljeno: 14.06.2020.)

Frisvad, J. C. (2018.). A critical review of producers of small lactone mycotoxins: patulin, penicillic acid and moniliformin. *World Mycotoxin Journal*, 11 (1), 73-100.

Frisvad, J. C., Thrane, U., Samson, R. A., Pitt, J. I. (2006.). Important mycotoxins and the fungi which produce them. U: *Advances in food mycology*. Hocking, A. D., Pitt, J. I., Samson, R. A., Thrane, U. (ur.). Springer, Boston, MA, 3-31.

Heperkan, D., Meric, B. E., Sismanoglu, G., Dalkiliç, G., Güler, F. K. (2006.). Mycobiota, mycotoxigenic fungi, and citrinin production in black olives. U: *Advances in food mycology*. Hocking, A. D., Pitt, J. I., Samson, R. A., Thrane, U. (ur.). Springer, Boston, MA, 203-210.

Kabak, B., Dobson, A. D., Var, I. I. L. (2006.). Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 46 (8), 593-619.

Katalenić, M. (2004.). Toksini *Fusarium* plijesni i drugi toksini (I. dio). *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 6 (5), 31-35.

Kocić-Tanackov, S. D., Dimić, G. R. (2013.). Gljive i mikotoksini – kontaminanti hrane. Hemijska industrija, 67 (4), 639–653.

Kovač, M., Šubarić, D., Bulaić, M., Kovač, T., Šarkanj, B. (2018.). Yesterday masked, today modified; what do mycotoxins bring next?. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 69 (3), 196-214.

Lešić, T., Kmetič, I., Kiš, M., Vulić, A., Kudumija, N., Zdravec, M., Murati, T., Pleadin, J. (2019.). Sterigmatocistin–prekursor aflatoksina B1 u hrani i hrani za životinje. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 14 (3-4), 105-112.

Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., Sanchis, V. (2013.) Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and Chemical Toxicology, 60, 218-238.

Mihaljević, V., Jonjić, Ž., Reinhardt, I., Vrandečić, K., Ćosić, J. (2020.). Pojavnost DON - a u uzorcima pšenice iz istočne Hrvatske. U: Zbornik sažetaka 64. seminara biljne zaštite. Bažok, R. (ur.). Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb, Hrvatska, 17-18.

Ministarstvo zdravstva, Uprava za sanitarnu inspekciju. (2018.). Godišnje izvješće o radu sanitarne inspekcije za 2017. godinu u području sigurnosti hrane i vode za ljudsku potrošnju.

Ožegović, L., Pepeljnjak, S. (1995.). Mikotoksikoze. Zagreb, Školska knjiga.

Peraica, M., Rašić, D. (2012.). Akutne i kronične mikotoksičke u ljudi. Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme, 54 (3), 81-87.

Peraica, M., Rašić, D. (2020.). Rizik izloženosti najvažnijim mikotoksinima roda *Apergillus* za ljudsko zdravlje. Glasilo biljne zaštite, 20 (3), 340-345.

Pleadin, J., Frece, J., Vasilj, V., Markov, K. (2015.). Fuzarijski mikotoksini u hrani i hrani za životinje. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition, 10 (1-2), 6-13.

Pleadin, J., Frece, J., Markov, K. (2017.). Utjecaj postupaka prerade na transformaciju i smanjenje koncentracije mikotoksina u određenim skupinama hrane. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition, 12 (1-2), 4-13.

Pleadin, J. (2019.). Pojavnost mikotoksina u žitaricama uzgojenim u Republici Hrvatskoj. 9. Stručni skup Okoliš i zdravlje i obilježavanje 30. godišnjice DKTK, Koprivnica, Hrvatska.

Pravilnik o sustavu brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (NN 155/2013). Narodne novine.

Provedbena uredba komisije (EU) 2015/949 o odobrenju pregleda određene hrane koje određene treće zemlje provode prije izvoza u pogledu prisutnosti određenih mikotoksina. Službeni list Europske unije, L 156/2.

Provedbena uredba komisije (EU) br. 884/2014 o uvođenju posebnih uvjeta kojima se uređuje uvoz neke hrane i hrane za životinje iz određenih trećih zemalja zbog rizika od kontaminiranosti aflatoksinima te o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1152/2009. Službeni list Europske unije, L 242/4.

Rocha, M. E. B., Freire, F. C. O., Maia, F. E. F., Guedes, M. I. F., Rondina, D. (2014.). Mycotoxins and their effects on human and animal health. Food Control, 36, 159-165.

Smith, M. C., Madec, S., Coton, E., Hymery, N. (2016.). Natural co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. Toxins, 8 (4), 94.

-
- Standing committee on plants, animals, food and feed (PAFF Committee).** (2014.). Compilation of agreed monitoring recommendations as regards the presence of mycotoxins and plant toxins in food. dostupno na: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/cs_monitoring_recommendations_en.pdf (pristupljeno: 14.06.2020.)
- Turner, N. W., Subrahmanyam, S., Piletsky, S. A.** (2009.). Analytical methods for determination of mycotoxins: A review. *Analytica Chimica Acta*, 632, 168-180.
- Uredba komisije (EC) br. 1881/2006** od 19. prosinca 2006. o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani. Službeni list Europske unije, L 364/5.
- Uredba komisije (EU) 2015/1940** od 28. listopada 2015. o izmjeni Uredbe (EZ) br. 1881/2006 u pogledu najvećih dopuštenih količina sklerocija glavice raži na određenim neprerađenim žitaricama te odredaba o praćenju i izvješćivanju. Službeni list Europske unije, L 283/3.
- Uredba komisije (EZ) br. 401/2006** od 23. veljače 2006. o utvrđivanju metoda uzorkovanja i analize za službenu kontrolu razina mikotoksina u hrani. Službeni list Europske unije, L 070/12.
- Wang, Y., Wang, L., Liu, F., Wang, Q., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhao, Y., Liu, Y.** (2016.). Ochratoxin A producing fungi, biosynthetic pathway and regulatory mechanisms. *Toxins*, 8 (3), 83.
- Zakon o kontaminantima.** (NN 39/2013). Narodne novine.
- CONTAM (Znanstveni odbor EFSA-e za kontaminante u prehrambenom lancu).** (2012). Znanstveno mišljenje o alkaloidima glavice raži u hrani i hrani za životinje. *EFSA Journal*, 10 (7), 2798.

Stručni rad