

Gabriella Kanižai Šarić, Mariana Tkalec¹

pregledni znanstveni rad

Značajne mikotoksikogene gljive u poljoprivrednoj proizvodnji

Sažetak

Mikotoksini su otrovni sekundarni metaboliti gljiva. Njihova biosinteza ovisit će ne samo o vrsti i soju gljive već i o abiotičkim uvjetima okoliša. Ingestija mikotoksina uzrokuje niz vrlo teških oboljenja koje mogu završiti i letalnim ishodom. U svakodnevnoj poljoprivrednoj praksi stoga je neophodna antifungalna i antimikotoksikogena prevencija i dekontaminacija.

Gljučne riječi: poljoprivreda, gljive, mikotoksini, dekontaminacija

Uvod

Gljive tijekom svog rasta i razvoja metaboliziraju primarne i sekundarne metabolite. Primarni su im metaboliti (proteini, ugljikohidrati i dr.) neophodni za životni ciklus dok neke vrste gljiva mogu sintetizirati i sekundarne metabolite (mikotoksini, antibiotici i dr.). Mikotoksini su otrovni metaboliti, a njihova biosinteza ovisit će o vrsti gljive i njenim genetskim svojstvima. Osim toga biosinteza mikotoksina strogo je korelirana i s abiotičkim uvjetima okoline (temperature, aw, relativna vlaga zraka). Do danas je izolirano i opisano između 300 i 400 mikotoksina. Kontaminacija mikotoksinima može nastati u inficiranoj biljci koja je još u polju, ali može biti nastavljena ili inicirana i poslije žetve (Logrieco i sur., 2003.). Mikotoksini uzrokuju bolesti nazvane mikotoksikoze. Mikotoksini koji su bitni s agroekonomskog, ali i s aspekta javnog zdravlja, uključuju: aflatoksine, citrinin, ergot alkaloide, fumonizine, ohratoksin, trihotecene i zearalenon (Hussein i Brasel, 2001.).

Aflatoksini

Aflatoksine produciraju *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius* i druge *Aspergillus* vrste. Ti su mikotoksini najčešće izolirani iz orašastih plodova (kikiriki, pistacio), žitarica (kukuruz, pšenica, riža, ječam) i uljarica (soja, suncokret). Opisano je više od 30 aflatoksina koji se označavaju kao aflatoksini B, G, Q, M i G skupine, dok je aflatoksin B1 najpotentniji prirodni kancerogen (Bennett i Klich, 2003.). Oboljenja koja nastaju trovanjem aflatoksinima zovemo aflatoksikozama. Akutna oboljenja završavaju letalnim ishodom dok kronična uzrokuju stvaranje B1DNA adukata koji vode do mutacije gena i stvaranje karcinoma (Bennett i Klich, 2003.; Murphy i sur., 2006.). Aflatoksini su hepatotoksični, hepatokancerogeni, teratogeni i imunosupresivni (Richard, 2007.).

Citrinin

Penicillium citrinum, *Aspergillus terreus* i *A. niveus* su producenti citrinina izoliranog uglavnom iz žitarica: zobi, raži, kukuruza, riže, ječma (Bennett i Klich, 2003.). Istraživanja pokazuju nefrotoksična svojstva tog mikotoksina. Također utvrđeno je kako citrinin djeluje sinergistički s ohratoksinom A uzrokujući inhibiciju sinteze RNA (Bennett i Klich, 2003.).

Ergot alkaloidi

Ergot alkaloidi predstavljaju skupinu alkaloida izoliranih iz sklerocija glavnice raži (*Claviceps purpurea*). Ti su alkaloidi najčešće detektirani u raži, ali i u drugim žitaricama i njihovim prerađevinama. Opisane su dvije forme ergotizma: gangrenozni, koji utječe na opskrbu ekstremiteta s krvlju i konvulzivni koji djeluje na centralni živčani sustav (Bennett i Klich, 2003.; Richard, 2007.).

Fumonizini

Fumonizini su vodotopivi mikotoksini koje producira nekoliko vrsta roda *Fusarium*, ali prvenstveno *Fusarium verticillioides* i *Fusarium proliferatum* (Krska i sur., 2007.). Najčešće su izolirani iz kukuruza te proizvoda i prerađevina od kukuruza. Identificirane su četiri grupe fumonizina na temelju strukturalne sličnosti: A, B, C i P serija, unutar kojih je opisano 28 analoga fumonizina (Abbas i sur., 1998.; Rheeder i sur., 2002.; Krska i sur., 2007.). Fumonizini su uzročnici humanog karcinoma jednjaka, oštećenja neuralne cijevi fetusa, leukoencefalomalacije konja, plućnog edema u svinja te je utvrđena hepatotoksičnost i nefrotoksičnost na svim ispitanim pokusnim životinjama (Voss i sur. 2007.).

Ohratoksin

Ovaj mikotoksin produciraju *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum*, ali i druge *Aspergillus* i *Penicillium* vrste (Bennett i Klich, 2003.). Ohratoksin kontaminira ječam, zob, raž, pšenicu, kavu, vina te proizvode animalnog podrijetla (Murphy i sur., 2006.). Taj je mikotoksin nefrotoksičan, potentan je teratogen i kancerogen (Murphy i sur., 2006.). Smatra se mogućim uzročnikom endemske balkanske nefropatije, kroničnim nefritisom koje karakterizira gubitak funkcije bubrega, a javlja se na području Hrvatske, Srbije, Bugarske i Rumunjske (Stefanović i sur. 2009.).

Trihoteceni

Poznato je oko 180 trihotecena koje produciraju mnogi rodovi gljiva uključujući *Fusarium*, *Myrothecium*, *Phomopsis*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium* i drugi (Hussein i sur. 2001.). Najčešće su izolirani iz uzoraka pšenice, kukuruza, ječma i njihovih prerađevina. Trihoteceni se klasificiraju kao makrociklički i nemakrociklički. Nemakrociklički trihoteceni su najčešći i dijele se na grupe: tip A, (T2 toksin, neozolaniol, diacetokscirpenol) dok tip grupe B uključuje deoksinivalenol, 3-acetil deoksinivalenol, 15-acetil deoksinivalenol, nivalenol i fuzarenon X. Općenito trihoteceni su potentni citotoksini, inhibiraju sintezu proteina, DNA i RNA, dovode do oštećenja jetre, bubrega, imunog, probavnog i živčanog

¹ doc. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić; Mariana Tkalec, B.Sc.; Poljoprivredni fakultet, Trg sv. Trojstva 3, Osijek, gkanizai@pfos.hr

sistema (Agag, 2005.; Rocha i sur., 2005.). Najtoksičniji su T-2 toksin i diactoksiscirpenol,0 dok je deoksinivalenol najčešće detektiran trihotecen iako je manje toksičan od ostalih.

Zearalenon

Ovaj mikotoksin sintetizira *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* i druge *Fusarium* vrste. Najčešće je detektiran u kukuruzu, ječmu, pšenici, zobi, ali i proizvodima animalnog podrijetla (Richard 2007.). Zearalenon je po svojoj kemijskoj građi sličan estradiolu pa se naziva i nesteroidnim estrogenim mikotoksinom. Zearalenon se veže na estrogene receptore i izaziva poremećaje u reproduktivnom i endokrinom sustavu (Bennett i Klich, 2003.).

Prevenција i dekontaminacija mikotoksina

Antifungalna i antimikotoksikogena prevencija se provodi u lancu od polja do stola. Prevencija obuhvaća niz postupaka prije i poslije žetve. Predžetvena strategija prevencije nastanka mikotoksina obuhvaća niz mjera: poštivanje plodoređa, izbalansiranu gnojdbu, pravovremenu zaštitu usjeva. Posliježetvena strategija podrazumijeva kvalitetno sušenje i skladištenje žitarica.

U slučaju pojave mikotoksina u uskladištenom materijalu provodi se postupak dekontaminacije koja se može podijeliti na fizikalnu, kemijsku i biološku. Fizikalna dekontaminacija obuhvaća sortiranje zrna, tj. otklanjanje oštećenog zrna i sortiranje po gustoći, pranje zrna, termalne tretmane (Jouany, 2007.). Meljava zrna također spada u fizikalne metode, iako nema direktan učinak na smanjenje mikotoksina već na preraspodjelu u različite frakcije. Npr., meljava zrna s površinskom kontaminacijom rezultirat će s manje mikotoksina u brašnu, a više u klici i mekinjama (Jouany, 2007.). Moguće je i korištenje adsorbenata (aktivnog ugljena, bentonita, celita) koji imaju kapacitet vezanja i imobilizacije mikotoksina u probavnom traktu. Ozračivanje gama zrakama, UV i X zrakama reducira kontaminaciju fungalnim sporama i degradira već proizvedene mikotoksine (Aziz i sur., 2002.; Yiannikouris i sur., 2002.; Soriano i sur., 2004.; Kabak i sur., 2006.; Jouany, 2007.).

Kemijske metode obuhvaćaju korištenje kiselina (kloridna kiselina, limunska kiselina), baza (amonij-hidroksida, kalcij-hidroksida, natrij-hidroksida), oksidirajućih agenasa (vodik peroksida), reducirajućih agenasa (natrij-bisulfita), klorirajućih agenasa (natrij-hipoklorita) (Soriano i sur., 2004.; Kabak i sur., 2006.; Jouany, 2007.). Biološke metode obuhvaćaju korištenje bakterija kao npr. ruminalne i intestinalne flore koja omogućava otpornost preživača na intoksikacije mikotoksinima, i to *Eubacterium* vrste te rodovi *Lactobacillus*, *Streptococcus* i *Bifidobacterium* koji smanjuju apsorpciju aflatoksina i ohratoksina iz probavnog trakta. Osim bakterija koriste se i kvasci i gljive: kvasac *Trichosporon* deaktivira zearalenon, *Exophiala spinifer* hidrolizira fumonizin B1, a gljive poput *Trichoderma* sp., *Phoma* sp. i *Rhizopus* sp. razgrađuju aflatoxin B1 (Bata i sur., 1999.; Yiannikouris i sur., 2002.; Soriano i sur., 2004.; Jouany, 2007.). Također utvrđeno je kako eterična ulja i njihovi sastojci te masne kiseline čiji izvori mogu biti prirodnog podrijetla, kao npr. kokosovo ulje ili ulje muškato-nog oraščića imaju antifungalna i antimikotoksikogena svojstva (Kaniži Šarić, 2010.).

Literatura

- Abbaas, H.K., Shier, W.T., Seo, J.A., Lee, Y.W., Musser, S.M. 1998.: Phytotoxicity and cytotoxicity of the fumonisin C and P series of mycotoxins from *Fusarium* spp. fungi, *Toxicon* 36: 2033-2037.
- Agag, B.I. 2005.: Mycotoxins in foods and feeds, 5-trichothecenes, T-2 Toxin, Assiut University Bulletin for Environmental Researches 8: 107-124.
- Aziz, N.H., Moussa, L.L.A. 2002.: Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits, *Food Control* 13: 281-288.
- Bata, Á., Lásztity, R. 1999.: Detoxification of mycotoxin-contaminated food and feed by microorganisms, *Trends in Food Science and Technology* 10: 223-228.
- Bennett, J.W., Klich, M. 2003.: Mycotoxins, *Clinical Microbiology Review* 16: 497-516.
- Hussein, H.S., Brasel, J.M. 2001.: Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals, *Toxicology* 167:101-134.
- Jouany, J.P. 2007.: Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds, *Animal Feed Science and Technology* 137: 342-362.
- Kabak, B., Dobson, A.D.W., Var I. 2006.: Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 593-619.
- Kanižai Šarić, G. 2010.: Utjecaj smjesa antioksidanasa i masnih kiselina na *Fusarium* sp. producenata trihotecena i fumonizina u krmnim smjesama, Sveučilište J.J.Strossmayera, Osijek, doktorski rad.
- Krska, R., Welzig, E., Boudra H. 2007.: Analysis of *Fusarium* toxins in feed, *Animal Feed Science and Technology* 137: 241-264.
- Logrieco, A., Bottalico, A., Mulé, G., Moretti, A., Perrone, G. 2003.: Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins from some Mediterranean crops, *European Journal of Plant Pathology* 109: 645-670.
- Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C., Bryant, C.M. 2006.: Food Mycotoxins: An Update, *Journal of Food Science* 71: 51-65.
- Rheeder, J.P., Marasas, W.F.O., Vismer, H.F. 2002.: Production of fumonisin analogs by *Fusarium* species, *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2101-2105.
- Richard, J.L. 2007.: Some major mycotoxins and their mycotoxicoses-An overview, *International Journal of Food Microbiology* 119:3-10.
- Rocha, O., Ansari, K., Doohan, F.M. 2005.: Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: A review, *Food Additives and Contaminants* 22: 369-378.
- Soriano, J.M., Dragacci, S. 2004.: Intake, decontamination and legislation of fumonisins in foods, *Food Research International* 37: 367-374.
- Stefanovic, V., Polenakovic, M., Toncheva, D. 2009.: Urothelial carcinoma associated with Balkan endemic nephropathy, A worldwide disease, *Pathologie Biologie*, in press.
- Voss, K.A., Smith, G.W., Haschek, W.M. 2007.: Fumonisin: toxicokinetics, mechanisms of action and toxicity, *Animal Feed Science and Technology* 137: 299-325.
- Yiannikouris, A.J., Jouany, P. 2002.: Mycotoxins in feed and their fate in animals: a review, *Animal Research* 51: 81-99.

surveying study

Significant mycotoxigenic fungi in agricultural production

Summary

Mycotoxins are toxic secondary metabolites of fungi. Their biosynthesis depends not only on the type and strain of fungus, but also on abiotic environmental conditions. Ingestion of mycotoxins causes a number of very serious diseases that can result in lethal outcomes. Antifungal and antimycotoxigenic prevention and decontamination is therefore essential in everyday agricultural practices.

Key words: agronomy, fungi, mycotoxins, decontamination