

Mikotoxinok fenyegetése a gombatermesztésben

SZUKÁCS GERGELY, GEÖSEL ANDRÁS

Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék

E-mail: szukacs.gergely@kertk.szie.hu

Összefoglalás

A mikotoxinok gombák (elsősorban penészgombák) másodlagos anyagcseretermékei, melyek az élőlények szervezetébe jutva egészségkárosodást vagy halált okozhatnak. Számos kutatás foglalkozik azzal, hogy a növényekre és az állatokra milyen hatást gyakorolnak a mikotoxinok. Más azonban a helyzet a termesztett gombákkal. A termesztett gombák mikotoxin fenyegetettségét illetően a rendelkezésre álló szakirodalmak száma igen csekély. Jelen cikk a gombatermesztéshez közvetve kapcsolódó cikkek segítségével próbálja megvilágítani hol és milyen mértékben lehet jelen a mikotoxinok fenyegetése a gombatermesztés folyamatában. Célja, hogy feltérképezze mely folyamatban milyen toxinok vizsgálata lenne szükséges, segítve ezzel a jövőbeli kutatásokat.

Kulcsszavak: mikotoxin, gomba, gombatermesztés

Bevezetés

Mikotoxinok általános jellemzése

A mikotoxinok gombák másodlagos anyagcseretermékei, melyek fogyasztás, belélegzés vagy bőrön történő felszívódás hatására, mind az embereknél, mind a háziállatoknál és a madaraknál egészségkárosodást, vagy halált okozhatnak (Iqbal et al. 2018; da Rocha et al. 2014; Pitt 2013). Számos mezőgazdasági termék és melléktermék szennyeződhet mikotoxinokkal a penészgombák miatt, és ennek a szennyeződésnek az esélye a globális felmelegedéssel egyre nagyobb (Abbott, 2002).

A mikotoxinokat a penészgombák kedvezőtlen feltételek között történő szaporodás során szintetizálják. A szaporodáshoz szükséges feltételek alapján raktári és a szántóföldi penészeket különböztetünk meg.

A raktári penészek a nem megfelelő tárolástechnika következményeként szaporodhatnak el. Vízigényük alacsonyabb, mint a szántóföldi penészeké. Ide tartoznak a *Penicillium* és *Aspergillus* gombafajok, melyek a több szervrendszert is károsító, kiemelten toxikus aflatoxinokat (B1, B2, G1, G2, M), az ochratoxint, a citrinint, sterigmatocisztint, valamint a patulint termelik. Utóbbiak

vese- illetve májkárosító, immunszuppresszív és enzim inhibitor hatásúak (Jávor és Szigeti 2011).

A szántóföldi penészek a takarmánynövényeket és a növényi eredetű élelmiszereket az elsődleges termelés során fertőzik meg, a nem megfelelő agrotechnika, növényvédelem és növénytáplálás következményeképp. Vízigényük magasabb, mint a raktári penészeké. Ebbe a csoportba soroljuk a *Fusarium* fajokat, melyek az emetikus hatással bíró trichotecéneket, az ösztrogénhatású zearalenont, és a rákkeltő fumonizineket termelik. Szintén ide tartoznak a satratoxinokat szintetizáló *Stachybotrys* fajok (Jávor és Szigeti 2011).

A mikotoxin expozíció súlyos egészségkárosodáshoz vezethet, így kiemelten fontos feladat a szennyezettség monitorozása. Élelmiszereink nem csak közvetlenül, hanem közvetetten, pl. a takarmányon vagy a növények, gombák szaporítóanyagain (pl. gombakomposzt) keresztül közvetetten is szennyeződhetnek (Csapó és Csapóné 2003).

Munkánk során, valamint a továbbiakban azokkal a mikotoxinokkal foglalkozunk részletesebben, melyek a gombatermesztés szempontjából relevánsak lehetnek.

Raktári penészek által termelt mikotoxin

Aflatoxin (AF)

A mikotoxinok közül talán a legismertebb. Elsősorban az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus nomius* penészgomba fajok termelik. Mind az aflatoxin, mind metabolitjai (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AFM1, AFM2) számos megbetegedésért felelősek (Fung és Clark 2004; Varga et al. 2014). Megtalálhatóak a kukoricában, rizsben, búzában, árpában, földimogyoróban, gyapotmagban, dióban, pisztáciában és a fügében is (Fung és Clark 2004; Varga et al. 2014). Az aflatoxin már betakarítás előtt megtalálható a területen, azonban betakarítást követően is megtörténhet a szennyeződés amennyiben a szárítás nem történik meg kellő időn belül, vagy a nedvességtartalom magas, ebben az esetben ugyanis a penészgombák számára a növekedéshez optimálisak a körülmények (Fung és Clark 2004).

Wen és társai 2016-os összegzésük során számoltak be arról, hogy az aflatoxin az állati sejtekben oxidatív stresszt, immunszuppressziót okoz. Az AFB1 és a AFG1 apoptózist míg az AFB1 ezen kívül nekrozist, lipidperoxidációt, DNS károsodást és sejt ciklus leállást is okozhat (Wen et al. 2016). Az aflatoxin karcinogén hatását figyelték meg szivárványos pisztrágnál és patkányoknál, valamint kacsáknál AFB1 orális bevitelével (Adamson et al. 1973; Robens et al. 1992). Majmoknál 6 évnyi AFB1-el történő etetés után májkarcinóma alakult ki (Adamson et al. 1973). Egy 1968-as Ugandai kutatás is összefüggést vélt felfedezni az aflatoxinnal szennyezett élelmiszerek és a májdaganatok kialakulása között (Alpert et al. 1968). Az aflatoxinok bontása *Flavobacterium aurantiacum* mikrobbal oldható meg (Varga et al. 2014).

Szántóföldi penészek által termelt mikotoxinok

Fumonizin

A fumonizin egy főként élelmiszerekből származó mikotoxin, felfedezése és jellemzése 1988-ban történt meg (da Rocha et al. 2014; Nguyen et al. 2017). Előállítására régebben csak fuzárium fajok (*Fusarium spp.*) által volt ismert, melyeknek gazdaságilag legjelentősebb képviselője a *Fusarium*

verticillioides (Bennett és Klich 2013; Pitt 2013). Azért is jelentős mert a növény vegetatív és generatív szöveteiben endofita módon növekszik, tünetek megjelenése nélkül (Bennett és Klich 2013). Nemrégiben azonban az *Aspergillus niger*-ről is kiderült, hogy képes a toxin metabolizmusára (Pitt 2013). Jelentősége abból adódik, hogy az *A. niger* által termelt fumonizin zöldségfélékben, gyümölcsökben, gabonafélékben és diófélékben is gyakran megtalálható (Pitt 2013). Egy másik irodalom arról számol be, hogy mind a kukoricaszemekben mind a kukoricában megtalálható (Fung és Clark 2004).

Állati sejtekben oxidatív stresszt, apoptózist, nekrozist, lipidperoxidációt, DNS roncsolódást és sejt ciklus leállást is okozhat (Wen et al. 2016). Dél-Afrikában, Transzkeiben, Kínában és Északkelet-Olaszországban fumonizinnal szennyezett kukoricát a nyelőcsőrök kialakulásával hozták összefüggésbe (da Rocha et al. 2014).

A fumonizinek bontásához az *Exophiala pinifera* és a *Rhinochadiella atrovirens* mikróbat alkalmazták (Varga et al. 2014).

Trichotecének

DON (deoxinivalenol)

Nelson és társai már 1983-ban igazolták számos Fuzárium faj toxikusságát (Nelson et al. 1983). A DON toxin metabolizmusa főként a *F. graminearum*-hoz, *F. culmorum*-hoz, és kevésbé gyakran a *F. crookwellense* fajhoz köthető (Pitt et al. 2012). A DON toxin nagy mennyiségben gabonafélékben fordul elő (Tian et al. 2016).

Haszonállatoknál nagyobb mértékű fogyasztása csökkenti a táplálékfelvételt és a súlygyarapodást. Ezen felül okozhat még hányást és befolyásolhatja az utódok fejlődését (da Rocha et al. 2014; Nébih 2018). Embereknél a nagy mennyiségben fogyasztott DON émelygést, hányást, hasi fájdalmat, hasmenést, fejfájást is okozhat. Nagyobb mennyiségben történő bevitel immunrendszer és vérképzőszervi panaszokat, akár halált is okozhat mind emberek, mind állatok esetén (Nébih 2018). A DON toxin állati sejtekben oxidatív stresszt, immunszuppressziót, apoptózist, nekrozist, lipidperoxidációt, DNS roncsolódást és sejt ciklus leállást is okozhat (Wen et al. 2016).

A DON toxin szennyezés elkerülésének a mezőgazdaságban 3 fő módját alkalmazzák. Termés-maradványoknál mikrobák segítségével gátolják meg a penészek sporulációját. Élő növényeknél fungicidok segítségével gátolják a penészek növekedését, valamint a szennyezett terméseknél detoxifikáló enzimet (oxidázok, epimerázok) használnak a toxin semlegesítésére (Tian et al. 2016).

DON toxin bontásánál különböző *Agrobacterium* sp., *Eubacterium* sp. mikroba törzseket alkalmaznak (Varga et al. 2014).

T2 toxin

Egyike az első írásos emlékeknek i. e. V. századból származik a Peloponnészoszi- háborúból, ahol vélhetően a T2 toxinnal szennyezett gabona okozta a „járványt” (Schoental 1994).

A fuzárium mikotoxikózis a két világháború között is sok áldozatot követelt, melyet jelentős részben a magas T2 toxin bevitelnek tulajdonítanak (Varga et al. 2014). Másik hipotézis azt feltételezi, hogy a második világháború során a Szovjetunióban az alimentáris toxikus aleukiát

(más néven szzeptikus angina) okozott, ami emberek és háziállatok körében számos életet követelt (Varga et al. 2014). A T2 toxin legjelentősebb termelői a *Fusarium sporotrichoides* és *Fusarium poae*, ezek a fuzárium fajok főként gabonaféléket szennyeznek (da Rocha et al. 2014; Varga et al. 2014). A toxinnal szennyezett gabona elfogyasztása után röviddel a nyálkahártyák hiperémiája, hasmenés, gasztroenteritisz, hasi és nyelőcsővi fájdalmak jelentkeztek. Huzamosabb toxin-expozíció hatására a vérképzés sérült, anémia lépett fel, a leukocita- és granulocitaszám végesen lecsökkent, egyensúlyzavarok, anginás rohamok, vérzések, fulladás, gangrénás torokgyulladás jelentkeztek, és a legyengült immunrendszer következtében sokan bakteriális vagy vírusfertőzés következtében vérmérgezésben haltak meg (Varga et al. 2014). Wen és munkatársai (2016) szerint a T2 toxin állati sejtekben oxidatív stresszt, apoptózist, nekrozist és DNS károsodást is okozhat.

A T2 toxin esetében *Selenomonas ruminantium* és *Anaerovibrio lipolytica* mikrobákat alkalmaznak a toxin bontására (Varga et al. 2014).

Zearalenon (ZEN)

A zearalenon főként kukoricában található meg és fő termelője a *Fusarium graminearum* (Pitt et al. 2012; Varga et al. 2014).

A ZEN toxin ösztrogén (nemi hormon) hatású, állatokban főként szaporodásbiológiai, valamint ivarzási problémákat okoz (Deák et al. 2006). Ezen kívül oxidatív stresszhez, apoptózishoz, nekrozishoz, és lipid peroxidációhoz is vezethet az expozíció (Wen et al. 2016). A zearalenonra háziállatok közül a sertések a legérzékenyebbek, bevitelük méhszájgyulladást, heresorvadást, vetélést, petefészkesorvadást okozhat. Szarvasmarhánál terméketlenséget és vetélést okozhat (Varga et al. 2014). A zearalenon magas bevitel embereknél korai nemi érést okozhat (telarche) (Varga et al. 2014).

Zearaleon esetében a toxin bontása *Trichosporon mycotoxinivorans* és *Gliocladium roseum*-mal végezhető el (Varga et al. 2014).

Gombatermesztés

Gombatermesztés során különböző mezőgazdasági és erdészeti melléktermékek (szalmafélék, fűrészpor, állati trágya) felhasználásával gombatermesztési szubsztrátumot (gombakomposzt) hoznak létre, melyet a természetesi kívánt gomba micéliumával átszövetnek. Ezt követően különböző termesztőhelyiségekben technológiai lépések segítségével (pl.: takarás), valamint a környezeti paraméterek szabályozásával történik meg a termőre fordítás (Grimm és Wösten 2018; Kratika 2018; Mane és Sinde 2019).

A világ gombatermesztése az utóbbi 30 évben rohamosan növekedett, mely főként Kína gazdasági erősödésének köszönhető (Royle et al. 2017). Kína nagy hatással volt a megtermelt gombafajok arányára. Napjainkban a világ legnagyobb mennyiségben termesztett gombafajává a shitake (*Lentinula edodes*) vált, a világ összes megtermelt gombájának 22%-át teszi ki. Ezt követik a laskafélék (*Pleurotus spp.*) 19%-kal. Harmadik helyen pedig a fülgombafélék (*Auricularia spp.*) állnak 15%-kal (Royle et al. 2017). Ugyan a csiperkefélék (*Agaricus spp.*) az utóbbi években világszínvonalban a negyedik helyre szorultak vissza Európában továbbra is kiemelkedő szerepe van (Royle 2014; Royle et al. 2017).

Mikotoxinok fenyegetése a gombatermesztés folyamatában

Szaporító anyag előállítás (csirakészítés)

A gombatermesztés folyamatában az első lépés a szaporítóanyag előállítása. Ez oly módon történik, hogy valamely gabonafélét (főként köles, búza, árpa) főzést követően kolonizálnak micéliummal. A gabonafélék számos ok miatt szennyeződhetnek mikotoxinokkal, ezek az okok három csoportba sorolhatók: Pre-Harvest, Harvest és Post-Harvest szennyezések (Mir et al. 2019). Számos kutatás számol be arról, hogy a gabonaféléket jellemzően milyen mikotoxinok szennyeznek:

- Kölesben megtalálható például aflatoxin (Amadi és Adeniyi 2009).
- Búzában megtalálható például ochratoxin, T-2, DON, citrinin, aflatoxin, zearalenon (Fung és Clark 2004; Pitt et al. 2012; da Rocha et al. 2014).
- Árpában pedig megtalálható például az ochratoxin, DON, citrinin, aflatoxin, zearalenon (Fung és Clark 2004; Pitt et al. 2012; da Rocha et al. 2014).

Szubsztrátkészítés és termesztés

A szubsztrátum összetétele és gyártási folyamata függ a természeti kívánt gomba fajtától. Az alábbiakban csak a mikotoxinok szempontjából Európában releváns összetevők kerülnek felsorolásra.

Csiperkegomba (*Agaricus bisporus*) estében a szubsztrátum-előállítás fő komponensei a búzaszalma, ló és baromfitrágya (Kratika 2018) melyek mikotoxinokkal szennyeződhetnek. Búzaszalma esetében előfordulhatnak trichotecének (Fung és Clark 2004; Iqbal et al. 2018; da Rocha et al. 2014). Baromfitrágyában előfordulhat aflatoxin amely a megfelelő környezeti tényezők hatására az alomban valamilyen mértékben bomolhat (Jones et al. 1996). Egy másik kutatás pulyka alomban és a vizsgált farm levegőjében mutatott ki *Apergillus flavus*, mely az aflatoxin egyik fő előállítója (Viegas et al. 2012).

Laskagomba (*Pleurotus ostreatus*) esetében a széna, a szalma és a kukoricaszár (Grimm és Wösten 2018) mondható relevánsnak mikotoxinok tekintetében. A széna és szalma tartalmazhat trichotecéneket (Fung és Clark 2004; Iqbal et al. 2018; da Rocha et al. 2014). Külső tárolás esetén a szalmában emelkedhet a zearalenon mennyisége (Rohweder et al. 2011).

Elmondható azonban, hogy a mikotoxinokat érintő változásokról a szubsztrátkészítés és a termesztés folyamatában nem áll szakirodalom rendelkezésre.

Friss gomba és gombából készült termékek

Az ehető gombák mikotoxin akkumulációjáról, valamint a gombák vagy gomba alapú termékek által okozott mikotoxikózisokról jelenleg kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre. Egy nigériai vizsgálat során kereskedelmi forgalomban lévő szárított gombatermékek penész- illetve mikotoxin-szennyezettségét vizsgálták. A vizsgálatokhoz sárga rókagomba (*Cantharellus cibarius*), nyári laskagomba (*Pleurotus pulmonarius*) és *Lentinus squarrosulus* termékeket használtak mintaként. Az eredmények alapján mindhárom termék esetében jelen voltak *Aspergillus* fajok, *Furasium* és *Penicillium* fajokat azonban csak a rókagomba és a *Lentinus* mintákban tudtak kimutatni. Az *Aspergillus* fajok közül toxigenikus *A. flavus*-t és *A. parvisclerotigenus*-t legnagyobb mennyiségben

a sárga rókagomba, a legkisebb mennyiségben a nyári laskagomba tartalmazott. Szignifikáns különbség állt fenn az atoxigenikus *A. tamarii* és a toxigenikus penészek mennyisége között mindkét minta esetében. A penészekkel való szennyezettség ellenére szigorúan szabályozott, ún. primer mikotoxinokat (pl. aflatoxin, fumonizin) egyik minta esetében sem detektáltak. Ennek oka lehet a termékek alacsony vízáktivitása (a_w), ami nem kedvez a penészek szaporodásának, így a toxinok metabolizmusa nem megy végbe. Ezen kívül, a gombák tartalmazhatnak olyan természetes vegyületeket, melyek gátolják a toxinképződést. Szintén negatív befolyásoló tényező lehet a termékekben detektált egyéb mikroorganizmusok kompetitív gátlása (Ezekiel et al. 2013).

Fontos megjegyezni, hogy a penészekkel, így a mikotoxinokkal való szennyezettség mértékét nagyban befolyásolja a termesztési és tárolási technológia is, így ez is okozhatja a termékek közti különbségeket. Az elmúlt évek új tudományos eredményei alapján a mikotoxinok rejtett (sejtfalhoz, vagy más biopolimerhez extrahálhatatlanul rögzült), valamint maszkolt (növényi xenobiotikumokkal extrahálható konjugátumot képző) formában is előfordulnak, mely megnehezíti detektálhatóságukat (Farkas et al. 2014). Szintén érdemes kiemelni, hogy a sárga rókagomba nem tartozik a termesztett gombák közé, így eltérő hatások érik a növekedés és a betakarítás során, mint a termesztett gombafajokat. Mivel a témában kevés adat áll rendelkezésre, további vizsgálatokra van szükség, hogy megfelelően megalapozott következtetéseket vonhassunk le.

Irodalomjegyzék

1. Abbott, S.P. 2002. Mycotoxins and Indoor Molds. *Indoor Environment Connections*, 3(4): 1-3.
2. Adamson, R.H., Correa, P. and Dalgard, D.W. 1973. Brief communication: Occurrence of a primary liver carcinoma in a rhesus monkey fed aflatoxin B1. *Journal of the National Cancer Institute*, 50(2): 549-553.
3. Alpert, M.E., Hutt, M.S.R. and Davidson, C.S. 1968. Primary Hepatoma in Uganda, A Prospective Clinical and Epidemiologic Study of Forty-Six Patients. *American Journal of Medicine*, 794-802.
4. Amadi, J.E. and Adeniyi, D.O. 2009. Mycotoxin production by fungi isolated from stored grains. *African Journal of Biotechnology*, 8(7): 1219-1221.
5. Bennett, J.W. and Klich, M. 2013. Micotoxinas. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3): 497-516.
6. Csapó J. és Csapóné K.Z. 2003. Élelmiszer-kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
7. da Rocha, M.E.B., Freire, F.D.C.O., Maia, F.E.F., Guedes, M.I.F., and Rondina, D. 2014. Mycotoxins and their effects on human and animal health. *Food Control*, 36(1): 159-165.
8. Deák, T., Kiskó, G., Maráz, A. és Mohácsiné Farkas, C. 2006. Élelmiszer-mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
9. Ezekiel, C.N., Sulyok, M., Frisvad, J.C., Somorin, Y.M., Warth, B., Houbraeken, J., Samson, R.A., Krska, R. and Odebo, A.C. 2013. Fungal and mycotoxin assessment of dried edible mushroom in Nigeria. *International Journal of Food Microbiology*, 162(3): 231-236.
10. Farkas, J., Szeitzné Szabó, M. and Mohácsiné Farkas, C. 2014. Mikotoxinok álcárcban - új takarmány- és élelmiszerbiztonsági kihívás? *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 60(3): 51-54.
11. Fung, F. and Clark, R.F. 2004. Health effects of mycotoxins: A toxicological overview. *Journal of Toxicology - Clinical Toxicology*, 42(2): 217-234.
12. Grimm, D. and Wösten, H.A.B. 2018. Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(18): 7795-7803.
13. Iqbal, S., Malik, N. and Gifford, A.N. 2018. Medical prospective and consequences of mycotoxins, Chapter, 12:1-53.

14. Jávor, A. és Szigeti, J. 2011. Termékminősítés és termékhygiéna. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.
15. Jones, F.T., Wineland, M.J., Parsons, J.T. and Hagler, W.M. 1996. Degradation of aflatoxin by poultry litter. *Poultry Science*, 75(1): 52-58.
16. Kratika, S. 2018. Mushroom: Cultivation and Processing. *International Journal of Food Processing Technology*, V5(12): 9-12.
17. Mane, R.S. and Sinde, M.B. 2019. *The Mushroom Cultivation and Production*, Lambert Academic Publishing, 100.
18. Mir, S.A., Manickavasagan, A. and Shah, M.A. 2019. *Whole Grains: Processing, Product Development, and Nutritional Aspects*. CRC Press. Retrieved from
19. Nébih. 2018. Gabonaalapú élelmiszerek fuzárium toxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei.
20. Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F. 1983. *Fusarium species: An Illustrated Manual for Identification*. (P. Nelson, Ed.). The Pennsylvania State University.
21. Nguyen, P.A., Strub, C., Fontana, A. and Schorr-Galindo, S. 2017. Crop molds and mycotoxins: Alternative management using biocontrol. *Biological Control*, 104: 10-27.
22. Pitt, J.I., Wild, C.P., Baan, R.A., Gelderblom, W.C.A., Miller, J.D., Riley, R.T. and Wu, F. (eds.) 2012. Improving public health through mycotoxin control. Chapter 1: Fungi producing significant mycotoxins. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, Series No. 158: 1-30.
23. Pitt, J.I. 2013. Mycotoxins: Mycotoxins - General. *Encyclopedia of Food Safety*, 2: 283-288.
24. Robens, J.F., Richard, J.L. and Ware, E.G.W. 1992. Aflatoxins Animal and Human Health. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 127: 69-94.
25. Rohweder, D., Valenta, H., Sondermann, S., Schollenberger, M., Drochner, W., Pahlow, G., Döll, S. and Dänicke, S. 2011. Effect of different storage conditions on the mycotoxin contamination of *Fusarium culmorum*-infected and non-infected wheat straw. *Mycotoxin Research*, 27(2): 145-153.
26. Royse, D.J. 2014. A Global Perspective on the High Five : *Agaricus*, *Pleurotus*. International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, (Usitc 2010), 2010-2015.
27. Royse, D.J., Baars, J. and Tan, Q. 2017. Current Overview of Mushroom Production in the World. *Edible and Medicinal Mushrooms*, 2010: 5-13.
28. Schoental, R. 1994. Mycotoxins in Food and the Plague of Athens. *Journal of Nutritional Medicine*, 4(1): 83-85.
29. Tian, Y., Tan, Y., Liu, N., Liao, Y., Sun, C., Wang, S. and Wu, A. 2016. Functional agents to biologically control Deoxynivalenol contamination in cereal grains. *Frontiers in Microbiology*, 7(MAR): 1-8.
30. Varga, J., Szigeti, G., Baranyai, N., Szekeres, A. és Kocsubé, S. 2014. *Mikotoxinok, Mikotoxinogén gombák, Micetizmusok*. Szeged.
31. Viegas, C., Carolino, E., Malta-Vacas, J., Sabino, R., Viegas, S. and Veríssimo, C. 2012. Fungal contamination of poultry litter: A public health problem. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 75(22-23): 1341-1350.
32. Wen, J., Mu, P. and Deng, Y. 2016. Mycotoxins: Cytotoxicity and biotransformation in animal cells. *Toxicology Research*, 5(2): 377-387.

Mycotoxin threat in mushroom cultivation

SZUKÁCS, G., GEÖSEL, A.

Szent István University, Department of Vegetable and Mushroom Growing

E-mail: szukacs.gergely@kertk.szie.hu

Summary

Mycotoxins are secondary metabolites of fungi (mainly molds), which cause sickness or death in living organisms. Numerous studies address the effects of mycotoxins on plants and animals, but not in mushroom cultivation. In case of mycotoxin threat of cultivated fungi, there is a very limited number of literature sources available. This article attempts to uncover mycotoxin threats during mushroom cultivation, by summarizing articles which are indirectly related to the topic. The aim of this article is to map which toxins should be tested in which step of the cultivation process to aid further researches in the topic.

Keywords: mycotoxins, mushroom, mushroom cultivation

Szerzők:

Szukács Gergely (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Geösel András – PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.