

SZENT ISTVÁN EGYETEM ÁLLATORVOS-TUDOMÁNYI KAR
ÁLLATHIGIÉNAI, ÁLLOMÁNY-EGÉSZSÉGTANI ÉS ÁLLATORVOSI ETOLÓGIAI
TANSZÉK

**TAKARMÁNYOK MIKOTOXIN SZENNYEZETTSÉGÉNEK VIZSGÁLATA
MAGYARORSZÁGON, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZOK AFLATOXIN-B1,
ZEARALENON, T-2 TOXIN, VALAMINT A DEOXINIVALENOL TARTALMÁRA
2013 ÉVBEN.**

**Examination of mycotoxin contamination of feeds in Hungary with a special focus on
Aflatoxin-B1, Zearalenon, T-2 toxin and Deoxinivalenol in the year 2013.**

SZABÓ MIRJAM

SZAKDOLGOZAT

TÉMAVEZETŐ: Dr. habil. KÖNYVES LÁSZLÓ

Ph.D, egyetemi docens

2014

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	3.
IRODALMI ÁTTEKINTÉS	
PENÉSZGOMBÁK HATÁSA A TAKARMÁNYOK MINŐSÉGÉRE ÉS AZ ÁLLATI SZERVEZETRE.....	4.
AFLATOXIN.....	6.
T-2 TOXIN.....	7.
DON.....	9.
F2-TOXIN.....	10.
A MIKOTOXINOK KIMUTATÁSA.....	12.
MIKOTOXINOKRA VONTAKOZÓ JOGI SZABÁLYOZÁS.....	13.
MIKOTOXINOK ELŐFORDULÁSA MAGYARORSZÁGON.....	15.
MIKOTOXINOK ELLENI VÉDEKEZÉSI LEHETŐSÉGEK.....	16.
SAJÁT VIZSGÁLATOK	
ANYAG ÉS MÓDSZER.....	21.
EREDMÉNYEK.....	22.
GABONAMAGVAK.....	22.
TÖMEGTAKARMÁNYOK.....	23.
TMR.....	24.
TÁP.....	25.
MELLÉKTERMÉKEK.....	27.
KIEGÉSZÍTŐ TAKARMÁNYOK.....	38.
MEGBESZÉLÉS.....	31.
ÖSSZEFOGLALÁS.....	33.
MELLÉKLET	
SUMMARY.....	34.
IRODALOMJEGYZÉK.....	35.
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	45.

BEVEZETÉS

Gazdasági állatainkat mennyiségileg és minőségileg el kell látni megfelelő minőségű takarmánnyal ahhoz, hogy életben maradjanak, termeljenek, szaporodjanak és utódaikat felneveljék. A takarmányozás az egyik legfontosabb környezeti hatás, amely befolyásolja a gazdasági haszonállatok teljesítményét, hiszen csak a megfelelően táplált, egészséges állatok képesek genetikailag meghatározott tulajdonságaiknak megfelelően termelni. Az állattenyésztés termelési költségeinek 65-70 %-át a takarmányozási költségek teszik ki, így egyértelmű, hogy a takarmányozás a termelés gazdaságosságának meghatározója (RAFAI, et al., 2003a).

A takarmány minősége jelentősen függ magától a növénytermesztéstől, a növényvédelemtől, betakarítástól, gépesítéstől, tárolástól és a feldolgozás minőségétől. A nem megfelelő minőségű takarmánnyal történő etetés jelentős gazdasági kárral járhat, beleértve a termelés romlását, a különböző betegségek megjelenésének növelését (MÁTRAI, et al., 2003a). Az állat a takarmány felvétele során nem csak a számára szükséges tápanyagokhoz juthat hozzá, hanem a takarmányon található szaprofita, illetve patogén tulajdonsággal rendelkező mikroorganizmusokat is magához veheti. Ezek a szennyező mikroorganizmusok lehetnek baktériumok, vírusok, gombák, algák, illetve paraziták. A takarmány mikrobás érintettségének mértékét a környezeti hőmérséklet, a vízáktívítás, a pH, az oxigén parciális nyomása, a takarmány kémiai összetétele, betakarítási-tárolási körülmények, és betakarítás előtti események határozzák meg (FEKETE, 2009a).

Maga a takarmány-alapanyag kétféleképpen szennyeződhet. Elsődleges szennyezettségről beszélünk, ha a növények a betakarítás előtt szennyeződik, másodlagos a szennyeződés viszont akkor, ha a nem megfelelő betakarítás, feldolgozás, szállítás, tárolás vagy éppen etetés során kerülnek a takarmányra a szennyező mikrobák (MÁTRAI, 2003a).

Az elmúlt évtizedekben egyre növekvő probléma a takarmányok penészgombás fertőzöttsége. A takarmányon fejlődő saprophyta, illetve phytopathogén gombák másodlagos anyagcseretermékei a mikotoxinok, melyek jelentősége abban mutatkozik, hogy súlyos akut vagy éppen krónikus egészségkárosító hatásuk lehet, ezáltal komoly gazdasági károkat okozhatnak. A takarmányok mikotoxinszennyezettségének veszélyességét még jobban kiemeli, hogy a mikotoxinok beépülnek a táplálékláncba, így az állati eredetű élelmiszereken keresztül az embert is károsíthatják (LACZAY, 2013). Ezért fontos kiemelni, hogy a

takarmányhigiénia fontos részét képezi az élelmiszerhigiénának és az élelmiszer biztonságának is.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A penészgombák a takarmányok mikrobiális szennyeződésének fő alkotói, melyek jelenlétükkel befolyásolják a takarmány beltartalmi értékeit, emellett az általuk termelt mikotoxinok teljesítménycsökkenést és komoly egészségkárosodást is okozhatnak (MÁTRAI, et al, 2003b). A mikotoxinok fertőzött növényeken fejlődő különböző saprophyta vagy phytopathogén fonalas gombák által termelt másodlagos anyagcsere termékek, melyek általában kis molekulasúlyú és nagy, környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképességgel rendelkező szerves anyagok. A mikotoxinok jelenlétét elsősorban a gombafaj, a szubsztrátum és a környezeti körülmények határozzák meg (REISS, et al., 1981).

Világviszonylatban a gabonatermelésben leggyakrabban előforduló mikotoxin az aflatoxin, moniliformin, beauvericin, deoxinivalenol és a zearalenon. Magyarországon leggyakrabban előforduló mikotoxinok a *Fusarium* fajok által termelt trichotecén vázas mikotoxinok, a fumonizinek, valamint a zearalenon, melyeknek állategészségügyi szempontból meghatározó szerepük van (RAFAI, et al., 1998). Komoly problémát jelent, hogy a penészgombák pusztulása után a mikotoxinok továbbra is jelen vannak a takarmányban (SZIGETI, 1997), emiatt raktározott terményekben is megtalálhatók, sőt zsíroldékony tulajdonságuk miatt az olajban is előfordulhatnak. Nagy veszélyt azonban azokra a fajokra jelentenek, melyek takarmányozása gabonára, illetve malomipari melléktermékekre alapozott.

PENÉSZGOMBÁK HATÁSA A TAKARMÁNYOK MINŐSÉGÉRE ÉS AZ ÁLLATI SZERVEZETRE

A mikotoxinokat termelő penészgombák megtalálhatók talajban, levegőben, természetes vizekben, növényeken, állatok és ember bőrén, nyálkahártyájákon, de előfordulnak mesterséges környezetben is (LANGSETH, et al., 1993). A penészgombák kártétele indirekt, míg az általuk termelt mikotoxinok direkt hatnak az állati szervezetre (KOVÁCS, 2001). A penészgombák gazdasági kártétele jelentős, hiszen már a termőföldön megbetegítik a növényeket, csökkentik a termés mennyiségét, valamint rontják a minőségét. A fertőzött takarmány beltartalmi értékei akár 40-50%-al is csökkenhetnek. Kezdetben a könnyen metabolizálható szénforrások koncentrációja csökken, majd a fehérjék és zsírok bomlása,

illetve átalakulása kezdődik meg. A takarmány E-vitamin és béta-karotintartalma 30-70%-al is csökken. A telítetlen zsírsavak gyorsan átesnek a peroxid fázison, a savszám emelkedik. Számos gombafajnak emellett erős a lipáz-aktívítása. A minőségromlás során keletkező peroxidok, savak, jellegzetes szagot, illetve ízt kölcsönöznek a takarmánynak, ami vezethet a takarmány visszautasításához is (MÁTRAI, et al., 2003b). A gombák azonban nem csak toxintermelő képességük, valamint a takarmány minőségromlása miatt okoznak komoly károkat, hanem önmagukban is képesek egészségügyi problémákat okozni, melyet mycosisnak nevezünk. *Aspergillus sp.* nagy tömegben elszaporodva, lokálisan nagy mennyiségű spóra levegőbe kerülésével erős allergén szereppel bír, számos fajt szemfertőzések patogénjének tartanak, elsősorban keratitist okozva (SAHA, 2006). *Fusarium sp.* a mikotoxin termelő képességükön kívül komoly problémákat okoznak a fuzario-keratitis, onychomycosis és hyalohyphomycosis okozójaként, utóbbi elsősorban immunhiányos embernél, állatnál. A közel 350 mikotoxint termelő penészgombafajok közül legjelentősebbek az *Aspergillus*, *Penicilium*, *Fusarium* és az *Alternaria* fajok (TUBOLY, 1998). Szaporodásukat a termesztés és tárolás klimatikus jellemzői, elsősorban a hőmérséklet és a páratartalom, befolyásolják. Ez alapján megkülönböztetünk szántóföldi, illetve raktári penészgombákat. Leggyakoribb szántóföldi penészfajok az *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Fusarium*. Betakarítás után ezek a gombák azonban nem szaporodnak tovább a száradás miatt, hanem a kisebb vízáktivitásnál is szaporodni képes úgynevezett raktárgombák jelennek meg. A raktári gombák élettartama hosszabb, így nagyobb kártételt képesek okozni (FEKETE, 2009b).

A szaporodás optimális feltételei nem azonosak a toxintermelés optimális feltételeivel. Szaporodásuk és növekedésük során csökken a gazdanövény tápanyagmennyisége, így a romló környezeti feltételek okozta stressz hatására beindulnak a másodlagos anyagcsere folyamatok, melyek során biológiailag aktív termékek, mikotoxinok képződnek. Ezek nem létfeltételei a gombák számára, viszont az adott körülmények között segíthetik a gazdanövénybe jutást, illetve versenyképességet növelik a többi mikroorganizmusokkal szemben (SZIGETI, 1996).

A mikotoxinok az állati szervezetbe tápcsatornán, légutakon vagy bőrön keresztül bejutva csökkent teljesítőképességet, megbetegedést, esetleg halált okoznak. A mikotoxikózis a szennyezett takarmányon található fonalas gombák által termelt mikotoxinok okozta akut vagy krónikus lefolyású jellegzetes tünetekkel rendelkező megbetegedés. Általános jellemzői a nehéz felismerés, diagnosztizálás, nem fertőző jelleg, szezonális, illetve antibiotikumokkal

és más gyógyszerekkel történő kezelés sikertelensége. Fontos, hogy a vizsgálat során a takarmány és a megbetegedés között összefüggéseket bizonyítani kell, a rendelkezésre álló információkat és tüneteket egységében kell vizsgálni (MÁTRAI, et al., 2003b). A takarmányok vizsgálata során számos gombafaj kimutatása lehetséges, azonban figyelembe kell venni, hogy nem mindegyik törzs termel toxinokat. A takarmányból történő gombaspóra kimutatása még nem elégséges a diagnózis felállításához, mivel a mikotoxikózis bizonyításához szükségesek együttesen a klinikai tünetek és a mikotoxinok kimutatása a takarmányból és/vagy a szövetekből. Az is előfordulhat, hogy az adott megbetegedés hátterében nem egy, hanem több mikotoxin is áll. A toxikózis klinikai tüneteinek kialakulása függ az elfogyasztott toxin koncentrációjától, a fogyasztás tartósságától, az adott állatfaj, illetve egyed érzékenységétől, de fontos szerepet játszanak a kórkép kialakításában az egyéb hajlamosító tényezők jelenléte is (WHO, 1998)!

AFLATOXIN

Manapság a legnagyobb érdeklődésnek kitett raktári penészgombák által termelt mikotoxin, mivel az okozott éves gazdasági kár több mint egy milliárd dolláros az élelmiszer- és a takarmányiparban (WU, 2004). A toxinokat az UV-fényben való fluoreszcenciájuk alapján 2 csoportra osztjuk: B (blue) és G (green) csoport, ez alapján megkülönböztetünk B1, B2, G1, G2 toxinokat (RAFAI, 2003a). *Aspergillus flavus* B1, illetve B2 toxinokat, míg az *Aspergillus parasiticus* B1, B2, G1, illetve G2-toxinokat termel. Az összes aflatoxin szint 50-70%-át a B1-toxin teszi ki (COTTY, et al., 1994). Kémiai molekulaszervezetének alapja kumaringyűrű, mely bifuránnal és pentanongyűrűvel (aflatoxin B1 és B2), illetve bifuránnal és egy hattagú laktongyűrűvel (aflatoxin G1 és G2) kondenzál. Subtrópusi régiókban a kukorica, a földimogyoró és gyapot elsődleges szántóföldi kórokozója, azonban a klímaváltozás miatt előfordulásuk elterjed, így hazánkban elsősorban a kukorica aflatoxin szennyezettsége vált reális kockázattá (KOVÁCS, 2010; DOBOLYI, et al., 2011). Vékonybélén keresztül passzív diffúzióval szívódnak fel. Szarvasmarhákban a B1 és B2 toxinok biotranszformációja során 4-hidroxi-metabolitok keletkeznek, melyeket „milk” toxinnak, M1 és M2 toxinnak neveznek, ezen kívül azonban más végtermékek is létrejönnek (MCLEAN et DUTTON, 1995). Emlősök szervezetében az adott aflatoxin csoportnak megfelelően aflatoxin P1, illetve aflatoxin Q1 vegyületek jönnek létre (MÉZES, 1997). Epoxidáció során DNS-addukt forma, hidroxiláció során AFB2, AFM1, AFQ1, O-demetiláció során AFP1 jön létre az aflatoxin B1-ből.

Bendőben történő redukció során aflatoxikol keletkezik (WANG et al., 1999). Az epoxiddal konjugációs kapcsolatot a glutation-S-transzferáz képes kialakítani, ami hatására AFB1-GSH jön létre, így a metabolit már nem képes reakcióba lépni a szervezettel, és kiválasztó folyamatok révén ürül (BEDARD et MASSEY, 2006). Az epoxid erősen reaktív és a DNS guanin nukleotid N7 pozícióján képez adduktot, ami guanin-timin báziscserét, mutációt, DNS és RNS károsodást okoz, emellett mutációt képes indukálni a p53 gén 249-es kodonján, ami jelentős szerepet játszik a toxin karcinogenezisében (ROBENS et RICHARD, 1992). A Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (IARC) 1982-ben az I. kategóriába sorolta, tehát bizonyítottan humán karcinogénnek tekintik az aflatoxin B1-et, de erős citotoxikus hatása is van a májsejtekre! Emlősökben, madarakban, de még halakban is májgyulladást és májdaganat kialakulását idézik elő, ezen kívül mitózisgátló tulajdonságára visszavezethető immunmoduláns és teratogén hatása is van (MILLER et WILSON, 1994). Akut esetben az általános tünetek mellett, mint az étvágytalanság, a kimerültség, rendszerint elpusztulnak az állatok, kórbonctanilag a máj haemorrhágiás nekrozisa mellett megfigyelhető a vese- és a tüdőelváltozások is. Krónikus esetben étvágytalanság, kimerültség, termeléseszkökenés, kórboncanilag májelváltozások dominálnak, mint sárgaság, epeér-proliferáció, centrolobularis és portalis fibrosis, máj daganatos elváltozása, carcinomája, valamint testszerte elszórtan vérzések, illetve testúri folyadék felhalmozódás figyelhető meg. Tartós etetés esetén már kis dózisban immunszuppresszív hatásúak, az állatok tápanyag felhasználása csökken, ami következtében a súlygyarapodás a táplálék aflatoxin tartalmának arányában lassul (RAFAI, 2003a). Az aflatoxinok erős mérgek révén komoly közegészségügyi aggályokat vetnek fel, elsősorban a gabonafélék, a mogyorófélék, a hüvelyesek, és a fűszerek fogyasztásával találkozhat az ember, azonban a takarmányok B1 szennyezettsége és a tej M1 toxin tartalma között lineáris összefüggés mutatható ki, ezért a tejelő tehenek B1 felvétele maximum 40 mikrogram/nap lehet, hogy ne haladja meg a tej a 0,05 mikrogram/kg M1 határértéket! Az M1 toxin nyers tejben és tejtermékekben viszonylag stabil, pasztörözéssel nem inaktíválható (LACZAY, 2013).

T-2 TOXIN

A trichotecénvázas fusariotoxinok csoportjába tartozó mikotoxin egy 15 C-atomból álló láncon egy epoxid gyűrűt, egy olefinkötést a 9. és 10. C-atom között, és egy epoxi gyököt a 12. és 13. C-atomnál tartalmaz. Emiatt nevezik ezeket a vegyületeket 12,13-

epoxitrichotecéneknek. A trichotecéneket A, B, C és D-alcsoportba osztják kémiai szerkezetük alapján. Az „A”-alcsoport tekinthető a legnagyobbaknak, mely magába foglalja többek között a T-2 toxint is. Mérsékelt égövön a trichotecén vázas mikotoxinok közül leggyakrabban a DON, de a NIV, T2 és HT2 is előfordulhat (APSIMON, et al., 1990). Közel 180 ismert különböző trichotecén mikotoxin közül az egyik legtoxikusabb képviselője a T-2 toxin, melyet elsősorban a *Fusarium sporotrichioides* és *F. poae* fajok termelik. Világszerte természetes szennyezőnek számít, mely leggyakrabban a takarmányok alapanyagául szolgáló gabonamagvakban fordul elő (PLACINTA, et al., 1999).

Vékonybélben keresztül könnyedén felszívódik, azonban a felvett toxin legnagyobb hányada mégis változatlanul áthalad a bélcsatornán és kiürül. A felszívódott toxinok a máj mikroszomális xenobiotikum enzimrendszer által részben metabolizálódnak, és epén keresztül ürülnek. A T-2 és származékainak toxicitását a 12,13-epoxid, valamint az azokból keletkező oxigénykök okozzák, melyek a sejtek membránján lipidperoxidációs folyamatokat indukálnak (MÉZES, et al., 1998). A felszívódott toxin metabolizált HT2-toxin formájában mutatható ki a szövetekben (CONRADY-LORCK, et al., 1998). A toxin szerkezeten belüli transzformációja állatfajonként eltérő, baromfi esetén hidrolízis, 3'-hidroxiláció (HOFSTETTER, et al., 2005), sertés esetén hidrolízis, 3'-hidroxiláció, de-epoxidáció, glükuronid-konjugáció, míg szarvasmarha esetén hidrolízis, 3'-hidroxiláció, 7'-hidroxiláció, illetve de-epoxidáció jöhet szóba (PAWLOSKY et MIROCHA, 1984; KIESSLING, 1984). A metabolizációs folyamatok során a zsírdékony anyamolekulából egyre vízdékonyabb metabolitok keletkeznek. A T-2 toxin fogyasztása során a bélben károsítva a bélbolyhok villusait, gátolja az aktív transzportot és a diffúziót, aminek következtében a monoszacharidok felszívódása a vékonybélben károsodik (KUMAGAI et SHIMIZU, 1988). Felszívódva gátolja az E-vitamin transzportfolyamatait, csökkentve a vérplazma lipoprotein tartamát (COFFIN et COMBS, 1981). Dermatotoxikus hatása révén szájüregben fekélyek, pörkök, nekrotikus elváltozások keletkeznek (SÁLYI et GLÁVITS, 1995), celluláris immunitásra negatív hatása miatt az állat fogékony a másodlagos fertőzésekre (RICHARD, et al., 1991). Sejtszinten a hatásmechanizmusa a riboszomákon található peptidil-transzferáz enzim gátlása révén akadályozza az aminosavak felvételét, kapcsolódását, ezáltal a fehérjeszintézist is (KIDD, et al., 1995). DNS szintézisét is gátolva apoptózist indukálnak (ROSENSTEIN et LAFARGE-FRAYSSINET, 1983). A vérképző szervek, illetve az immunrendszer kifejezetten érzékeny e toxinra, haemopoetikus őssejtekre citotoxikus hatással van, azonban a fehérvérsejtek és trombociták őssejtjei érzékenyebbek, mint a vörösvérsejtek őssejtjei (HOLLADAY, 1993,

1995). A limfoid őssejtek apoptózisa miatt a T-sejtek termelődésének csökkenése, illetve az antitest termelődésének csökkenése tapasztalható (SMITH, et al., 1994). A gyengült immunrendszer miatt kialakult másodlagos fertőzések révén nő a sertésállományokban a sertésdysenteria, illetve baromfi állományokban a *Mycoplasma gallisepticum* okozta megbetegedések aránya, emellett romlik a gyógyszerekre adott reakciók, a vakcinázásokat követő antitest-termelés hatékonysága (PESTKA et BONDY, 1994). Krónikus toxikózis esetén nő a daganatos megbetegedések előfordulásának kockázata (KUIPER-GOODMAN, 1991). A T-2 toxin membránkárosító hatása olyan összetett folyamatokra vezethető vissza, mely vizsgálatok alapján függetlennek tekinthető a fehérjeszintézis gátló hatásától. Legtöbb esetben a mikotoxinok növelik a szervek, szövetek lipidperoxidációs szintjét, mely a természetes antioxidánsok mennyiségét csökkenti az adott helyeken (BUNNER et MORRIS, 1988). Sertésekben huzamosabb ideig történő etetés során szaporodási zavarokat okoz. Az elsődleges és a harmadlagos tüszők degenerációja, a méh méretének csökkenése, az endometriális mirigyállomány sorvadása miatt csökken vemhesülési arány, ami miatt nő a meddőség miatt selejtezett állatok száma. Tojótyúkknál jelentős tojástermelési zavar fordul elő, a tojások minősége, beltartalmi értéke romlik, csökken a vitamin, fehérje, kalcium, mangán, réz, vas és lizozim tartalma, a meszes héj elvékonyodik, törékennyé válik, pigmentációs zavar tapasztalható, így ezek összességében csökkentik a tojás kelthetőségét. Embriotoxikus hatással is rendelkeznek (MÁTRAI, et al, 2003b). Madarakban tollasodási zavar, súlycsökkenés, szétnövés tapasztalható, továbbá állományszinten nő az elhullások aránya (LEITGEB, et al., 1999). Potenciális veszélyforrás a fogyasztók számára, hogy a hús-, tej-, tojás mennyiségbeli csökkenésén túl minőségbeli romlást is okoznak.

DON TOXIN

A deoxinivalenol-toxin a leggyakoribb növénypatogén trichotecén vázas fuzariotoxin, „B”-alcsoport tagjaként kémiaiilag már rendelkezik keto-csoporttal a 8. C-atomon. Fő termelő fajok a *F. culmorum* és *F. graminearum*, melyek közül utóbbi két típusa közül az egyik a DON-toxint, míg másik a NIV-toxint termelik (PERKOWSKI, et al., 1997).

Rendkívül ellenálló, hőstabil molekula, így a raktározástól kezdve a feldolgozás során egészen az élelmiszer lánc végéig képes aktív maradni (ROTTER, et al, 1996). Jellemzően genotoxikus, immunszuppresszív, teratogén hatással bír, emellett negatívan befolyásolja a szaporodásbiológiai folyamatokat. Toxikokinetikáját tekintve a toxinok abszorpciója gyors és hatékony, a szervezeten belül jól eloszlik, azonban nem akkumulálódik. A toxinokat a máj

hidroxiláció révén metabolizálja, mely során a toxikus DON-ból a kevésbé toxikus DOM1 toxin keletkezik. Ez a mechanizmus sertésekben nem eléggé kifejezett, ami miatt ez az állatfaj a toxinra fokozottan érzékeny. Epével és vizelettel gyorsan, tejjel nem választódik ki. Sejtszinten a fehérjeszintézist gátolja, a citokinin szabályozást felborítja, sejtproliferációt megváltoztatja és sejthalálhoz vezet. A fehérjeszintézis akadályozása miatt az agy növeli a triptofán aminosav felvételét, aminek következtében fokozódik a szerotonin termelődés, a medulla oblongata stimulálása, ami feltételezhetően a DON-toxin vagy más néven vomitintoxin okozta hányás, anorexia hátterében áll (RAFAI, 2003b). A csökkent takarmányfelvételben szerepet játszhat a toxin bélnyálkahártyát irritáló hatása is, gyulladást, sőt fekélyképződést is okozhat (TRENHOLM, et al, 1984). Klinikailag hányás, hasmenés, étvágytalanság, súlycsökkenés, illetve egyéb betegségekkel szembeni fogékonyság tapasztalható. Mivel a szervezetben gyorsan metabolizálódnak és rövid időn belül ürülnek, így reziduológiai problémát gyakorlati körülmények között nem okoznak, így állati eredetű ételmiszerrel történő fertőzés közegészségügyi szempontból jelentéktelen (EHLING, et al., 1997). Az ember elsősorban gabonanövények (búza, árpa, rozs, zab, rizs) és azokból készült ételek fogyasztása során fertőződik a toxinnal.

F2 TOXIN

A zearalenon kémiai szerkezetét tekintve a rezorcilsav laktonja. Származékai a természetben is előforduló alfa-zearalenol, béta-zearalenol, zearalanon, 3'-hidroxi-zearalenon, 8'-hidroxi-zearalenon, 5-formilzearalenon (SHIER, 1998). Leggyakoribb zearalenont termelő fajok a *Fusarium avenacum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *F. oxysporum*, *F. roseum* (BENNET et KLICH, 2003).

Szervezetben elsősorban kukorica és búza alapú termékekkel juthat be. Felszívódása gyors, májba kerülve különböző metabolitokká alakul, melyek aztán glükuronsavval konjugálódnak. A zearalenon alfa-zearalenon metabolitja négyszer aktívabb az anyamolekulánál, míg a béta-zearalenon, mely az alfa sztereoizomere, az anyamolekulával megegyező toxicitású (FRITZPATRICK, et al., 1989). A szövetekben nem kumulálódik, a placentán azonban átjut. . A szervezetből vizelettel, illetve bélsárral eliminálódik, kevesebb, mint 1%-ban azonban tejjel is ürül, ami növeli a közegészségügyi kockázatot. Biológiai hatása igen változatos. A mikotoxin kémiai szerkezete hasonlít az ösztrogénéhez, hatása az ösztrogénével megegyező, sőt olykor erősebb (GROMADZKA, et al., 2008). A sejtmembránokon átjutva képes kötődni a cytosolban található 17-béta-ösztradiol receptorhoz, amivel komplexet képezve bejut a

sejtmagba. Specifikus E2 receptorhoz kötődve a gén aktiválódik, ezáltal a fehérjeszintézis fokozódik. Ösztrogén receptorral rendelkező szervekre van hatással - ilyen az endometrium, petefészek, tejmirigy, hypothalamus, hypophysis elülső lebenye és a máj – amelyet befolyásol a receptorok száma és eloszlása. Megfigyelhető, hogy a toxinok felerősítik egymás hatását, még súlyosabb szaporodásbiológiai zavarokat okozva (CSEH et KOVÁCS, 2010). A hímivarban elsősorban a Sertoli-sejtek funkciója szenved zavart, csírahámsejtek zsíros degenerációja, interstitialis sejtek megszorodása figyelhető meg, aminek következtében a spermio genesis károsodik, az állat infertilis lesz (RUZSAS, et al., 1979). A herék mérete és súlya, a járulékos nemi mirigyek mérete csökken, a spermio genesis leáll, a libidó, illetve a tesztoszteron csökken, feminizáció, gynecomastia tapasztalható hímivarú állatokban (ETIENNE et DOURMAD, 1994). Az ejakulátum mennyisége ötödére-hatodára csökken. Nőivarú egyedekben a petefészek degenerációja, cisztás elfajulása, magzatelhalás, állivarzás, sertésekben genitáliák ösztroz-szerű megjelenése figyelhető meg: a hüvely, vulva hyperaemiás, ödémás, a cervix epithelsejtjeinek metapláziája, illetve uterus megnagyobbodása tapasztalható az ödéma, illetve az endometrium hypertrófiája és myometrium hyperpláziája miatt. Végbél-előesés szintén előfordulhat. Jellemző, hogy a petefészek és a méh között a funkcionális aszinkronia következtében a megtermékenyített petesejtek nem képesek beágyazódni az érintett egyedekben, a méh nyálkahártya hámsejtjei elfajulnak, a mirigyek működése elégtelen, így a beágyazódott embriót nem tudja táplálni. Nő a visszaivarzó egyedek száma, romlik a vemhesülési arány, csökken a fialási alomnépesség száma, nő a halvaszületett malacok száma, gyakori az almok szórtsága, emellett tapasztalható a splay-leg szindrómás malacok arányának növekedése. A zearalenon átjutva a placentán, szintén ösztrogénszerű tüneteket (a csecsbimbók és a péra duzzanata, oedemás beszűrődése, majd néhány nap elteltével a csecsbimbók pörkös részleges elhalása) okoz az újszülött, még nem szopott malacokban is (újszülött malacok ösztrogénszindrómája). Ösztrogénfüggő szövetekben nagy a carcinogén és mutagén hatása. Ösztrogénszerű hatásának következtében kialakuló szaporodásbiológiai zavar miatt, reprodukciós teljesítményt csökkentve jelentős gazdasági kárt okoz (MÁTRAI et al., 2003c). A zearalenon további káros hatása a haematotoxicitás (MAAROUFI, et al., 1996), genotoxicitás és a mutagén (LIOI, et al., 2004), a hepatotoxikus, illetve a immunotoxikus hatás (ZINEDINE, et al., 2005).

A MIKOTOXINOK KIMUTATÁSA

A mikotoxinok növényi eredetű takarmányokból, élelmiszerekből történő teljes eliminálása nem lehetséges, ezért fontos a rendszeres ellenőrzés. A takarmánybiztonság élelmiszerbiztonságot is jelent, tehát a takarmánybiztonsági veszélyelemzést (HACCP) élelmiszerbiztonsági szempontok alapján kell végezni.

A laboratóriumi elemzés sikerességének komoly akadálya, hogy a mikotoxinok a beltartalmi értékekkel ellenben nem egyenletesen oszlanak el, hanem kisebb területekre koncentrálnak, az úgy nevezett „forró foltokban”, tehát nehéz igazán reprezentatív mintához jutni. Ahhoz, hogy minél nagyobb eséllyel sikerüljön megfelelő mintát venni az adott mennyiségű és minőségű takarmányból további mikotoxinok utáni vizsgálathoz, a Magyar Takarmánykódex (2004) által előírt körülmények között kell elvégezni.

A mikotoxinok mennyiségi és minőségi meghatározására többféle módszer létezik. Ilyen például az 1980-as években jelentős szerephez jutott gázkromatográfia, vagy a mostanában széles körben használt nagyhatékonyságú (intenzív) folyadékkromatográfia (HPLC). A mikotoxin analitikában a legújabb és nagy perspektívákat ígérő irányzat az immunkémiai technika, valamint a biotesztek felhasználása. A mikotoxinok analitikai kimutatására alkalmazott módszereket három nagy csoportra lehet osztani. A kémiai analitikai módszerek közül a leggyakrabban alkalmazott a magas nyomású folyadékkromatográfia, illetve tömegspektrometriával kombinált változata, melyek alkalmasak a mikotoxinok kvalitatív és kvantitatív meghatározására. A minta adott tulajdonsága segítségével történik a meghatározás, ilyen pl.: a zearalenon és származékai esetén a fluoreszkálás. Másik csoport az immunanalitikai módszerekkel történő kimutatás, mely egy enzimhez kapcsolt immunszorbens vizsgálat. A módszer során az adott mikotoxint egy nagy antigenitással rendelkező vegyülettel, molekulával konjugáltatják, melyet a receptorok felismernek, és kötődésük antitesttermelést indukál (LASZTITY, 1996). Harmadik nagy csoport a biológiai hatásmérés, mely során valamilyen toxikus anyag élőlényekre gyakorolt hatását vizsgáljuk. A vizsgálatok során a különböző szennyezőanyagok koncentrációiban adjuk meg a tesztorganizmusra gyakorolt hatását. A különböző koncentrációk mellett a különböző enzimek aktivitásának változása is szolgálhat végpontként (GRUIZ, 2001). A biológiai hatásmérésre számos teszt áll rendelkezésre, ilyenek a prokarióta tesztrendszerek, melyek során a mutagenitást, genotoxicitást (AMES-teszt, SOS-Chromo-teszt) illetve citotoxicitást (*Alivibrio fischerii*, BLYR teszt) mérünk. A prokarióta tesztrendszerekkel sikeresen meg lehet határozni az aflatoxin-B1, illetve DON-toxin geno-, illetve citotoxicitását (QUILLARDET, et al., 1985). Eukarióta tesztrendszerek közül a BLYES/BLYAS tesztek a

Saccharomyces cerevisiae élesztőtörzs genetikailag módosított változatát alkalmazzák az ösztrogén/androgén hatás vizsgálatára.. Állatetelési kísérletek során molekuláris genetikai, illetve a célszervre kifejtett hatásokat vizsgáljuk rendszertanilag különböző állatcsoportokban, izolált szervekben vagy természetes állományokban. A vizsgálati eredmény rendszerint valamilyen élettani reakció, szaporodásbiológiai hatás, alaki változás vagy elhullás. Az állatok kezelését és a kísérleti beállításokat EU-s országokban az OECD 407 protokoll ajánlásai alapján végzik (ZELJEZIC, 2006).

A Magyar Takarmánykódex Bizottság állásfoglalása szerint a vékonyréteg kromatográfiás módszerek, illetve a rendelkezésre álló ELISA módszerek csak elővizsgálatra (szűrő-, orientáló- és felmérő vizsgálatok) alkalmasak, melynek eredményét indokolt esetben a hivatalos módszerrel kell pontosítani. A mikotoxin szennyezettség megbízható vizsgálatára gázkromatográfiás, illetve nagy hatékonyságú módszereket kell alkalmazni, továbbá elengedhetetlen a vizsgáló laboratóriumok megbízható analitika eljárására vonatkozó akkreditálása (MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004).

A MIKOTOXINOKRA VONATKOZÓ JOGI SZABÁLYOZÁS

A nemzeti mikotoxin határértékek meghatározásában a tudományos, toxikológiai ismereteken, nemzetközi ajánlásokon kívül figyelembe kell venni a határérték ellenőrzésére alkalmas mintavételi és analitikai módszerek meglétét, valamint a határérték egészségügyi és gazdasági hatásait. A határértékek nem lehetnek olyan szigorúak, hogy az élelmiszerellátást veszélyeztesse (FAO, 2004). Világszerte a legrészletesebb szabályozást az aflatoxinokra, azon belül is főleg az aflatoxin B1-re dolgoztak ki. A takarmányok aflatoxin B1 szennyezettségének határértékét a 2002/32/EK irányelvei és módosításai határozzák meg az Európai Unióban.

2006/576/EK ajánlásában az Európai Bizottság meghatározta a takarmány-alapanyagokban, illetve takarmánykeverékekben a DON, zearalenon, ochratoxin, illetve a fumonizinek esetén a maximálisan elfogadható koncentrációt. Az uniós határértéket a Magyar Takarmánykódex kötelező alkalmazásáról szóló 44/2003 FVM rendelet 2. melléklete Magyarország teljes mértékben átvette (MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004). Az 1. táblázat az ajánlásokban szereplő határértékeket tartalmazza aflatoxin B1, DON, valamint zearalenon esetén.

1. táblázat Aflatoxin B1, DON, valamint zearalenon esetén meghatározott legnagyobb koncentráció különböző takarmánytípusokban.

Nemkívánatos anyag	Takarmányozásra szánt termékek	Legnagyobb tartalom
aflatoxin B1	takarmány-alapanyagok	0,02mg/kg
	kiegészítő és teljes értékű takarmányok	0,01mg/kg
	kivéve: tejelő teheneknek és borjaknak, tejelő juhoknak és bárányoknak, tejelő kecskéknek és gidáknak, valamint malacoknak és növendék baromfiknak szánt takarmánykeverékek	0,005mg/kg
	szarvasmarhának (a tejelő tehenek és a borjak kivételével), juhoknak (a tejelő juhok és a bárányok kivételével), kecskéknek (a tejelő kecskék a gidák kivételével), sertéseknek (a malacok kivételével) és baromfinak (a növendék állatok kivételével) szánt takarmánykeverékek	0,02mg/kg
DON	takarmány-alapanyag (*) —Gabonafélék és gabonakészítmények (**), kivéve a kukorica melléktermékeket	8
	—Kukorica melléktermékek	12
	Kiegészítő- és teljes értékű takarmányok , kivéve:	5
	—sertéseknek szánt kiegészítő és teljes értékű takarmányok	0,9
	—borjaknak (< 4 hónap), bárányoknak és gidáknak szánt kiegészítő és teljes értékű takarmányok	2
	zearalenon	takarmány-alapanyag (*) —Gabonafélék és gabonakészítmények (**), kivéve a kukorica melléktermékeket
	—Kukorica melléktermékek	3
	Kiegészítő és teljes értékű takarmányok —malacoknak és kocasüldőknek (fiatal emsék) szánt kiegészítő és teljesértékű takarmányok	0,1
	—tenyészkocáknak és hízósertéseknek szánt kiegészítő és teljesértékű takarmányok	0,25
	—borjaknak, tejelő marháknak, juhoknak (beleértve a bárányokat) és kecskéknek (beleértve a gidákat) szánt kiegészítő és teljes értékű takarmányok (NEBIH, 2012), BIZOTTSÁG AJÁNLÁSA, 2006)	0,5

A jogi szabályozások kialakítása során az egészségügyi kockázatokon kívül a gazdasági, társadalmi, illetve kereskedelmi szempontokat is figyelembe kell venni (SZEITZNÉ SZABÓ et KOVÁCS, 2007). A szabályozás hatásai gazdasági szempontból jelentősek, hiszen a szigorú határértékek betartásához szükséges intézkedések komoly költségekkel járnak, emellett gátolhatják az exportot is. Ezért fontos olyan határértékek meghatározását, melyek védik a lakosságot, de ésszerűen betarthatók, mivel a túl szigorúan meghatározott értékek elviselhetetlen költségeket jelentenek a fejlődő, illetve fejlett országok számára.

MIKOTOXINOK ELŐFORDULÁSA MAGYARORSZÁGON

2010. november 26-án Visegrádon a Bioamin Fórumon a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatósága által a 'Mikotoxinok jelenléte a takarmányokban 2003-2010' című előadásában bemutatott vizsgálati eredmények segítségével a 2003 és 2010. év közötti időintervallumban megfigyelhetjük a takarmányok mikotoxin-szennyezettségének alakulását (BIOAMIN FÓRUM, 2010). A 2. táblázatban a Bioamin Fórumon bemutatott eredményeket láthatjuk, mely mutatja az alaptakarmányok esetén a 2003-tól 2010-ig terjedő vizsgálatok során tapasztalt aflatoxin B1, T-2 toxin, DON, valamint F2-toxin szennyezettségét százalékban.

2. táblázat A Bioamin Fórumon bemutatott alaptakarmányok aflatoxin B1, T-2 toxin, DON, valamint F2-toxin szennyezettségének alakulását a 2003-2010-ig terjedő időintervallumban.

ALAPTAKARMÁNYOK MIKOTOXIN SZENNYEZETTSÉGE								
Aflatoxin B1 szennyezettség alakulása 2003-2010. között (%)								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0,005-0,010mg/kg	32,2	-	1,8	4,2	-	1,7	-	-
0,010-0,020mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-
0,020mg/kg<	-	-	-	-	3	-	-	-
T-2 toxin szennyezettség alakulása 2003-2010 között.(%)								
0,1-0,5mg/kg	-	-	-	2	6,9	-	-	-
0,5-1mg/kg	-	-	-	-	-	-	3,6	-
1mg/kg<	-	-	-	-	-	-	-	-
DON szennyezettség alakulása 2003-2010. között (%)								
0,5-1,0mg/kg	11,7	3,2	6,5	14,9	11,9	8,5	23,4	7
1-2mg/kg	11,3	1,1	5,7	9	3,5	5,1	7,5	11,2
2mg/kg<	10,4	-	8,9	11,9	4,2	6,8	3,7	5,6
F2-toxin szennyezettség alakulása 2003-2010. között (%)								
0,1-0,5mg/kg	7	2	10,9	7,5	8,2	5,4	7,3	4,6
0,5-1mg/kg	-	2	1,1	2,5	-	1,8	-	1,5
1mg/kg<	0,8	-	1,1	2,5	1,2	-	-	1,5

A 3. táblázat a Bioamin Fórumon bemutatott eredményeket láthatjuk, mely mutatja az alaptakarmányok esetén a 2003-tól 2010-ig terjedő vizsgálatok során tapasztalt aflatoxin B1, T-2 toxin, DON, valamint F2-toxin szennyezettségét százalékban.

3. táblázat A Bioamin Fórumon bemutatott alaptakarmányok aflatoxin B1, T-2 toxin, DON, valamint F2-toxin szennyezettségének alakulását a 2003-2010-ig terjedő időintervallumban.

TAKARMÁNYKEVERÉKEK MIKOTOXIN SZENNYEZETTSÉGE								
Aflatoxin B1 szennyezettségének alakulása 2003-2010. között (%)								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0,005-0,010mg/kg	-	0,4	-	-	0,5%	0,1	0,2	0,7
0,010-0,020mg/kg	-	-	0,9	-	-	-	-	-
0,020mg/kg<	-	-	-	-	-	-	-	-
T-2 toxin szennyezettségének alakulása 2003-2010. között (%)								
0,1-0,5mg/kg	1,7	-	1,1	1,2	1,6	1,3	-	-
0,5-1mg/kg	1,1	-	-	-	-	-	-	-
1mg/kg<	-	-	-	-	4,7	-	-	-
DON szennyezettségének alakulása 2003-2010. között (%)								
0,5-1,0mg/kg	10,9	-	7,1	20,2	11,4	3,8	5,6	13,2
1-2mg/kg	4,8	-	2	8,5	1	1,2	2,4	9
2mg/kg<	-	-	-	6,4	0,2	0,1	0,2	1,4
F2-toxin szennyezettségének alakulása 2003-2010. között (%)								
0,1-0,5mg/kg	3,9	1,1	1	11	2	0,6	-	1,4
0,5-1mg/kg	0,6	-	1	1,2	0,7	-	-	-
1mg/kg<	-	-	-	-	-	-	-	-

Mérsékelt égövön, így hazánkban is elsősorban a trichotecén vázas mikotoxinokra kell számítanunk, azok közül leggyakrabban a DON, de a NIV, T2 és HT2 fordulhat elő. A vizsgálati eredmények alátámasztják ezt a kijelentést, a takarmányokban legnagyobb százalékban a DON fordul elő, ezt követi F-2, majd a T2-toxin. Az eredmények alapján azonban a takarmányok aflatoxin B1 szennyezettségére is fokozatosan számítani kell, elsősorban az alaptakarmányok, gabonamagvak esetén.

A MIKOTOXINOK ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

Az állati takarmányok mikotoxinszennyezettsége világméretű problémát jelent. A mezőgazdasági termények szennyeződhetnek a szántóföldön (pre-harvest), raktározás (post-harvest) vagy a feldolgozás során. A komplex nemzeti programnak a teljes táplálékláncban érvényesíteni kell a megelőző szemléletet az emberi egészség védelme érdekében (BOUTRIF et CANET, 1998). A fogyasztó szervezetébe a mikotoxinokkal szennyezett növényi

élelmiszerek, valamint a toxinnal szennyezett takarmányt elfogyasztó állatok által előállított termékek elfogyasztása révén juthatnak mikotoxinok. Az élelmiszerekbe jutott mikotoxinok inaktiválása a szokásos hőkezelési eljárással igen nehéz, mivel ezek a vegyületek zömmel nagyon hőstabilak, ezért az ellenük való védekezésben alapvető szerepet játszik a takarmány, az élelmiszer, illetve élelmiszer alapanyagok szennyeződésének megelőzése.

A mikotoxinszintek csökkenésének általános lehetőségei:

- határértékek kidolgozása, betartásának ellenőrzése
- monitoring program kialakítása
- Jó mezőgazdasági gyakorlat bevezetése, illetve arra alapuló belső ellenőrzés kialakítása
- feldolgozási folyamatok ellenőrzése
- speciális dekontaminációs kezelések
- termelők/előállítók oktatása, felvilágosítása (LOPEZ-GARCIA et PARK, 1998).

Ahhoz, hogy érdemben tudjunk a mikotoxinokat termelő gombák ellen védekezni, szükséges azok ökológiai igényeinek ismerete. Irodalmi adatok szerint a DON termelésének kedvez a 25-28 °C-s hőmérséklet. A T-2 toxin termelése a hűvösebb (8-14 °C) és csapadékosabb éghajlaton nagyobb, míg az F2 szintéziséhez 18-20 °C-s hőmérséklet és a szemek magasabb (35%) nedvességtartalma szükséges (SZÉCSI, 1990).

A mikotoxinok képződését a szántóföldön befolyásolja a termesztés során az időjárás, a rovarok kártétele, a termesztett növény fajtája, a vetési sűrűség, a növények tápanyagellátása, a növényvédelem, aratás során a szemek nedvességtartalma, a szemek sérülésének mértéke, aratást követően a különböző tartósítási eljárások, tárolás során a szem érettsége, nedvességtartalma, a hőmérséklet, a szellőzés, a technológia, a szállítási körülmények, a csomagolás, illetve a kezelés. Hazánkban az időszakos rendkívüli esőzések elősegítik a gombák, elsősorban a *Fusarium* fajok elterjedését (SÁRVÁRI, 2007).

Fontos szerepet játszik a tárolóépületek építészeti, csatornázási és higiéniai állapota, a tárolás során a rendszeres hőmérsékletmérés, raktári kártevők folyamatos ellenőrzése, szükség esetén átforgatás, szellőztetés ellenőrzése, illetve a rendszeres kiegészítő laborvizsgálatok. Igazoltan a raktározás során a nedvesség hozzájárul a takarmányokon a gombák és egyéb patogén csírák elszaporodásához.

Vásárolt termény esetén még vásárlás előtt kell laboratóriumi, illetve érzékszervi vizsgálatot végeztetni. Komoly problémát jelentenek az import termékek, melyek esetén nem megfelelő

a takarmány addigi kezeléséről, tárolásáról, szennyezettségéről a tájékoztatás (BHAT et VASHANTI, 2003).

A szántóföldi mikotoxin-szennyezettséget különböző fungicidekkel próbálják megelőzni, illetve csökkenteni. Hagyományos növénynemesítés mellett, melynek célja olyan gazdanövények termesztése, melyek szerkezetileg ellenállóbbak a mikotoxinok szennyezettségével szemben, a molekuláris markerekkel történő nemesítés is potenciális védekezési lehetőség. A molekuláris genetikai markereket, mint indirekt szelekciós eszközt használják a növénynemesítésben. Ennek az alapja a QTL (quantitative trait loci), mely olyan kromoszóma régiókat jelöl, melyek mennyiségi jellegeket kódolnak, pl.: búza és árpa kalászfusariosissal, vagy a kukorica aflatoxinakkumulációval szembeni rezisztencia (BUERSTMAYR et al., 2002) Másik védekezési lehetőség a biokompetitív kizárás vagy exklúzió. A biológiai kontroll során alkalmazott atoxinogén *Aspergillus flavus* és *A. parasiticus* törzsek hatékonyan csökkentették a földimogyoró esetén az aflatoxin szennyezettségét. Hasonló az *Enterobacter cloacae* jelenléte a kukoricagyökereken, mely jelentősen csökkentette a fumonizin szennyezettséget (CLEVELAND, et al., 2003). Génmanipuláció során a növények genetikai anyagát úgy módosítják, hogy azok ellenállóbbak legyenek a fertőzésekkel szemben, vagy olyan géneket építenek be, mely felelős a detoxifikációért. Jelentős áttörést jelentett az olyan mikróbafajok felfedezése, mely a fumonizint szén-dioxiddá metabolizálják, ezáltal utat nyitva a génmanipulált kukoricának, mely képes lebontani a toxint (DUVICK, 2001).

Aratást követően nagyüzemi termelés során a feldolgozási folyamatok ugyan elfedik a penészgombák jelenlétét, azonban a mikotoxinok mennyiségét nem csökkentik.

Amennyiben a takarmány mikotoxinokkal szennyezett, a takarmányok mikotoxinszint csökkentésére irányuló eljárás során nem csak a mikotoxinok, hanem az eljárás során keletkező egyéb metabolitok, bomlási termékek biológiai hatását is vizsgálni kell. Az aratás utáni mikotoxin szintet a takarmányhoz keverhető adalékokkal csökkenthető. A fertőzött takarmányok fertőtlenítése, dekontaminációja történhet kémiai, mikrobiológiai, fizikai, fizikokémiai eszközökkel. Fontos, hogy ezek alkalmazása során ne csökkenjen a növények beltartalmi értéke, fogyaszthatósága, feldolgozhatósága, az eljárás műszakilag nagyüzemi szinten is elvégezhető legyen, a keletkező bomlástermékek ne legyenek toxikusak, eliminálják a gombaspórákat és micéliumokat, a mikotoxinokat semlegesítsék, távolítsák el, illetve gazdaságilag teljesíthető legyen.

Fizikai módszerek lehetnek a termények sűrűség, szín szerinti osztályozása, mechanikai szeparációja, mivel az erősen fertőzött magvak töpörödnek, sűrűségük csökken, így vizes

úsztatással, majd 30%-os szukrózoldat/telített sóoldattal történő további frakcionálással szeparálhatók. Vízzel vagy nátrium-karbonátos oldattal történő átmosással csökkenteni lehet a DON, zearalenon és fumonizin koncentrációját, azonban a magas szárítási költségek miatt nem tekinthető gazdaságos megoldásnak. Fumonizin B1 ellen hatásosnak bizonyul a 150-200°C-os hőkezelés, illetve trichotecének ellen a mikrohullám-kezelés. Gamma-sugárzás szintén csökkenti a kezelt termény mikotoxin-szintjét (REFAI, 1996). Egyéb fizikai eljárások közé tartozik a fényezés, a maghéjak eltávolítása, illetve az autoklávozás.

Fizikokémiai módszerek közül legelterjedtebb a mikotoksinkötő abszorbensek alkalmazása. A kezelés célja, hogy az abszorbensek szorosán kötődve a mikotoxinokhoz, meggátolják azok felszívódását a gastrointestinalis traktusban, ezzel csökkentve az állatok szervezetében kifejtett káros hatásait. A hatékonyság természetesen függ az alkalmazott abszorbens, illetve mikotoxin kémiai szerkezetétől. Az abszorbenssel szemben fontos követelmény, hogy ne gátolja a fontos tápanyagok felszívódását! Az abszorbensek lehetnek természetesek vagy mesterségesek, rendszerint szilikát alapú ásványi anyagok. Alkalmazásuk során a problémát rendszerint az jelenti, hogy hatásuk aspecifikus, tehát a mikotoxinok mellett vitaminok, ásványi anyagok, aminosavak is megkötődnek, ami következtében a takarmány beltartalmi értéke csökken, így csökken a termelés is. Apoláris mikotoxinok megkötésére nem alkalmasak, hatásuk szinte kizárólag az aflatoxin megkötésére irányul. Leggyakrabban alkalmazott abszorbensek közé tartoznak a hirdatált nátrium-kalcium-aluminoszilikát (aflatoxin B1), aktív szén (aflatoxin B1, T-2, fumonizin B1, de in vivo nem működik), kolesztiramin (zearalenon, fumonizin B1, OTA), bentonit (T-2)), divinilbenzil-sztirén polimerek (T-2), polivinilpirrolidon (0,2%) (DON) (SOLFRIZZO, et al., 2001)

Kémiai módszerek alkalmazását lehetővé teszi, hogy számos vegyületek hatásosnak bizonyultak a mikotoxinokkal szemben. A kémiai eljárás lehet mikotoxin roncsoló hatású vagy fungicid. A fungicidek alkalmazása során a penészgomba-szennyezettség csökkenthető, elszaporodásuk megakadályozható, azonban az Európai Unióban nem engedélyezik az olyan termények kémiai kezelését, mely közvetlenül emberi fogyasztásra kerül. Az alkalmazott vegyszerek lehetnek savak, bázisok, oxidáló, illetve redukáló reagensek, klórozó ágensek, sók és kevert reagensek. Aflatoxinnal szennyezett takarmányt ma már számos országban ammonizálják, de DON ellen szintén hatékonynak minősül a nátrium-biszulfit. Egyéb alkalmazott vegyületek: kalcium-hidroxid-monometilamin, ózon, klórgáz, hirdogén-peroxid, aszkorbinsav, hidroklorosav, kén-dioxid, formaldehid, ammónium-hidroxid, fumársav, propionsav, szorbinsav (CIEGLER, 1966). A biológiai detoxifikáció nem más, mint a mikotoxinok enzimikus degradációja vagy biotranszformációja, melyet egy sejt vagy

enzimrendszer segítségével érnek el. Az eljárás sikeressége függ a szennyeződés mértékétől, illetve a mikotoxinok magon belüli eloszlásától (VARGA et TÓTH, 2005).

Biológiai eljárás során olyan biotranszformáló anyagokat alkalmaznak, melyek a mikotoxinokat lebontják vagy egy kevésbé toxikus metabolittra bontják. Ezek lehetnek gombák, baktériumok vagy különböző enzimek. A *Fusarium* fajok által termelt mikotoxinok lebontásában az *Eubacterium* fajok által termelt epoxidáz enzim rendelkezik nagyobb jelentőséggel, de az aflatoxin B1 biodegradációjában szerepet kap a *Nocardia corynebakteroides* (HORMISH, et al., 2004), *Mycobacterium fluoranthenvivorans* (MANN et REHM, 1977), *Corynebakterium rubrum*, *Rhodococcus erythropolis* (TENIOLA, et al., 2005). A zearalenon biodegradációjára több gomba is képes, legelső bizonyított faj a *Rhizopus* sp (KAMIMURA, 1986), *Gliocladium roseum*, *Clonostachys rosea* (zhd101 gén, mely laktonohidroláz enzim termeléséért felelős, amit *E. coli* és *S. cerevisiae* mikroorganizmusokba transzformálták (TAKAHASHI-ANDO et al., 2004), *Trichosporon mikotoxinivorans* (biodegradációs végtermék nem rendelkezik ösztrogénhatással (MOLNÁR, et al., 2004). T-2 esetén a *Butyrvibrio fibrisolvens* bizonyult hatékonynak, azonban további alkalmazásáról adat nincs (BINDER et al., 1997). DON esetében jelenleg kevés olyan mikrotörzs ismert, mely képes lenne lebontani. Irodalmi adatok szerint degradációs képességgel bír egy *Eubacterium* sp. BBSH 797-es törzs, illetve egy *Nocardia* nemzetségben tartozó baktérium (IKUNAGA, et al., 2011). Vannak azonban olyan fajok, melyek nem egy, hanem több mikotoxin lebontására képesek (multimikotoxin-bontás), melyek közül a *Rhodococcus erythropolis* N11 baktérium képes lebontani a zearalenont, az alfatoxin B1-, valamint a T-2-toxint (BOUDERGUE , et al., 2009). Biotranszformációs eljárások során azonban egyre nagyobb szerepet kapnak a biológiai hatáselemzés, hiszen ez az eljárás során nem csak a mikotoxinok káros hatásával kell számolnunk, hanem figyelembe kell venni a biodegradáció során képződött metabolitok toxikusságát, megfelelő toxikológiai tesztekkel ellenőrizni (. RAFAI, et al, 2003b).

A gabonákban és gabona készítményekben a fuzárium toxin (trichotecének, zearalenon, fumonizinek,) szennyezés megelőzésére és csökkentésére, az Európai Unió ajánlást adott ki (2006/583/EK bizottsági ajánlás) mely a védekezés általános elveit tartalmazza a termesztés, betakarítás és tárolás során.

A mikotoxinok növényi eredetű takarmányokból, élelmiszerekből történő teljes eliminálása nem lehetséges, ezért fontos a rendszeres ellenőrzésük. A takarmánybiztonság élelmiszerbiztonságot jelent, tehát a takarmánybiztonsági veszélyelemzést (HACCP) élelmiszerbiztonsági szempontok alapján kell végezni.

SAJÁT VIZSGÁLATOK

ANYAG ÉS MÓDSZER

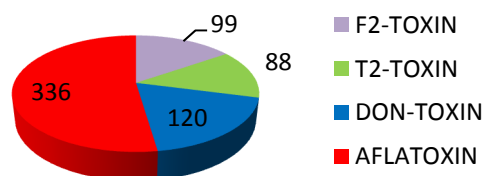
A vizsgálatok 2013. 04. 15-től 2013. 09. 06-ig történtek, mely időintervallum alatt 102 állattartó telepről beküldött összesen 392 takarmányminta került megvizsgálásra, 141 gabonamag-minta, 94 tömegtakarmány-minta, 8 kiegészítő-takarmányminta, 25 növényipari melléktermék-minta, 59 tápminta, valamint 65 teljes takarmánykeverék (TMR) minta. A minták elemzése során a takarmányok nedvességtartalmát, zearalenon, T-2 és DON, valamint aflatoxin-B1 szennyezettségét vizsgáljuk. A vizsgálati eredmény összesen 99 minta F2-toxin, 88 minta T-2 toxin, 120 minta DON, végül 336 minta aflatoxin szennyezettségét tartalmazza.

A minták laboratóriumba küldését követően 2 napon belül részletes vizsgálatra kerültek.

A takarmányok százalékos nedvességtartalmának meghatározása a MSZ ISO 6496 : 2001 módszerrel, míg a vizsgált mikotoxinok kimutatása a MTK 2004 III.67. számú vizsgálati módszerrel történt, ami alapvetően a mikotoxinok ELISA módszerrel, kittekkel történő kimutatásán alapszik. A vizsgálat során Toxi-Watch ELISA Kitet (Soft Flow Hungary Kutató Fejlesztő Kft., Magyarország) használtunk. A minta őrlése és homogenizálása után, 2-5grammot az extrakcióhoz adtuk. A homogenizált extraktumot, a tesztlemez vályúba töltése után, meghatározott műveletsort végezve, leöntöttem, majd lemostam. Mosást követően hozzáadtam a szükséges anyagokat a mikroküvetébe, majd óvatosan összeráztam, végül lefedve inkubáltam 60-120 percig. Ezt követően 10%-os hypot tartalmazó edénybe ráztam az oldatot, majd a lemezt többször átmostam mosófolyadékkal vagy desztillált vízzel. Az utolsó reakció után, miután a szubsztrátoldatot és a kromogén oldatot lemértem és összeöntöttem, 20-30 perc várakozást követően stop oldattal leállítottam a reakciót és az oldatok abszorbanciáját egy órán belül 450nm-en mértem. A standardkoncentrációnál mért abszorbancia értéket (abszorbanciaszázalék, függőleges tengely) a toxin standard koncentrációk tízes alapú logaritmusának a függvényében (vízszintes tengely) ábrázoltuk. A minta abszorbanciaértékéből a kalibrációs görbéről olvastam le a toxin oldatbeli koncentrációját. Szükséges eszközök: daráló, rázógép vagy ultrahangos vízfürdő, mérleg, laboratóriumi üvegedények, mint Erlenmeyer lombik, mérőhenger, üvegtölcsér, automata pipetták (40-200, 200-1000, 1000-5000 mikroliter), mikrotitráló lemez mérésére alkalmas fotométer 450-es színszűrővel, laboratóriumi centrifuga, 10ml-es üveg centrifug csövekkel. A mérési eredményeket megfelelő számítógépes illesztőprogram segítségével értékeltük ki.

EREDMÉNYEK

A takarmányminták mikotoxin-szennyezettségének vizsgálata során összesen 392 takarmányminta került megvizsgálásra, 141 magminta, 94 tömegtakarmány-minta, 8 kiegészítő-takarmányminta, 25 növényipari melléktermék-minta, 59 tápminta, valamint 65 TMR minta. A vizsgálatok nagy része az aflatoxinok meghatározása céljából történt, ezután következett gyakorisági sorrendben a DON, majd az F2, illetve a T-2 toxin. Ezt grafikusán, illetve számszerűsítve a 1. ábrán lehet leolvasni.



1. ábra A vizsgálatok megoszlása toxinok szerint.

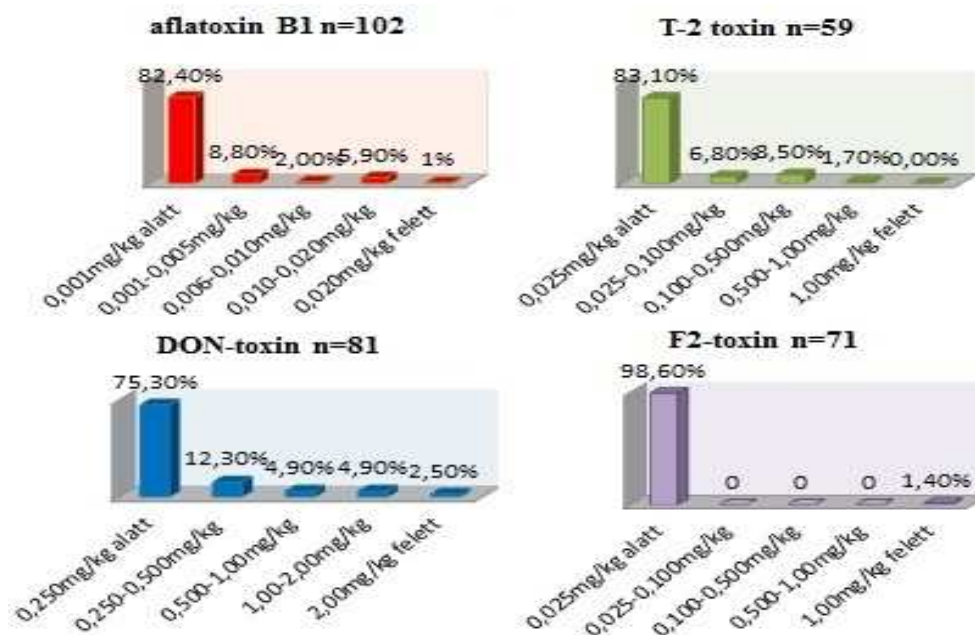
A továbbiakban takarmánycsoportok szerint kívánom bemutatni a kapott vizsgálati eredményeket.

GABONAMAGVAK

A vizsgálat során összesen 141 magmintát ellenőriztünk mikotoxin-szennyezettségre, 102 magmintát aflatoxinra, 81 magmintát DON-ra, 71 mintát F2 toxinra, valamint 59 mintát T-2 toxinra. A 4. táblázat, valamint a 2. ábra a vizsgálati eredmények mikotoxinok szerinti csoportosítását szemlélteti.

4. táblázat A magminták mikotoxin szennyezettségének alakulása

AFLATOXIN B1	n=102	T-2 TOXIN	n=59
0,001mg/kg alatt	84	0,025mg/kg alatt	49
0,001-0,005mg/kg	9	0,025-0,100mg/kg	4
0,006-0,010mg/kg	2	0,100-0,500mg/kg	5
0,010-0,020mg/kg	6	0,500-1,00mg/kg	1
0,020mg/kg felett	1	1,00mg/kg felett	0
DON	n=81	F2 TOXIN	n=71
0,250mg/kg alatt	61	0,025mg/kg alatt	70
0,250-0,500mg/kg	10	0,025-0,100mg/kg	0
0,500-1,00mg/kg	4	0,100-0,500mg/kg	0
1,00-2,00mg/kg	4	0,500-1,00mg/kg	0
2,00mg/kg felett	2	1,00mg/kg felett	1



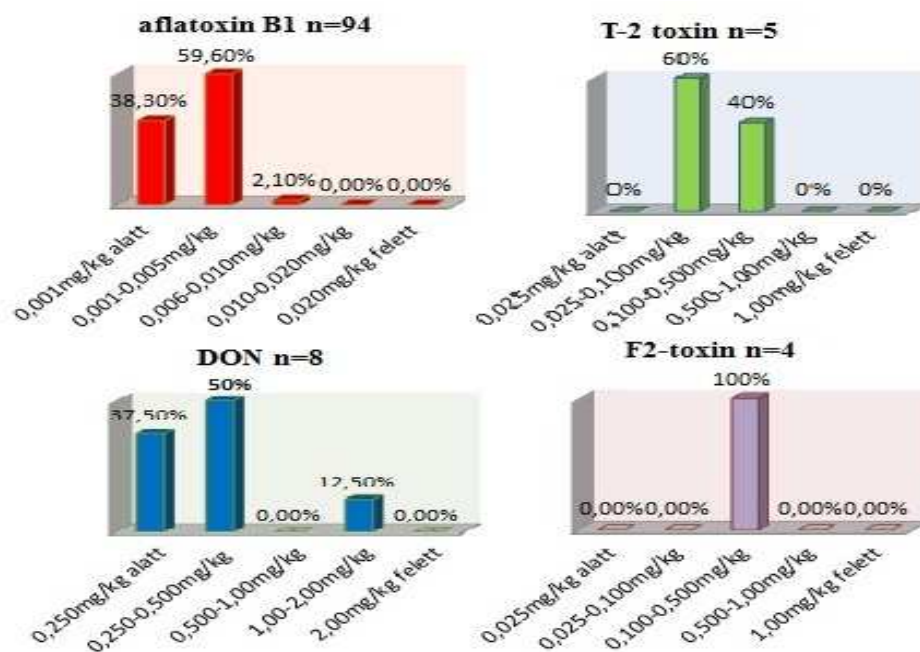
2. **ábra** A magminták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusan ábrázolva.

TÖMEGTAKARMÁNYOK

A vizsgálat során összesen 94 takarmánymintát ellenőriztünk mikotoxin-szennyezettségre, 94 mintát aflatoxin B1, 8 mintát DON-ra, 10 mintát T-2 toxinra, valamint 4 mintát F2 toxinra. Az alábbi 5. táblázat, valamint a 3. ábra a tömegtakarmány minták vizsgálati eredményeit mutatja mikotoxinok szerinti csoportosításban.

5. **táblázat** A tömegtakarmányok mikotoxin szennyezettségének alakulása.

AFLATOXIN B1	n=94	T2 TOXIN	n=5
0,001mg/kg alatt	36	0,025mg/kg alatt	0
0,001-0,005mg/kg	56	0,025-0,100mg/kg	3
0,006-0,010mg/kg	2	0,100-0,500mg/kg	2
0,010-0,020mg/kg	0	0,500-1,00mg/kg	0
0,020mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0
DON TOXIN	n=8	F2 TOXIN	n=4
0,250mg/kg alatt	3	0,025mg/kg alatt	0
0,250-0,500mg/kg	4	0,025-0,100mg/kg	0
0,500-1,00mg/kg	0	0,100-0,500mg/kg	4
1,00-2,00mg/kg	1	0,500-1,00mg/kg	0
2,00mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0



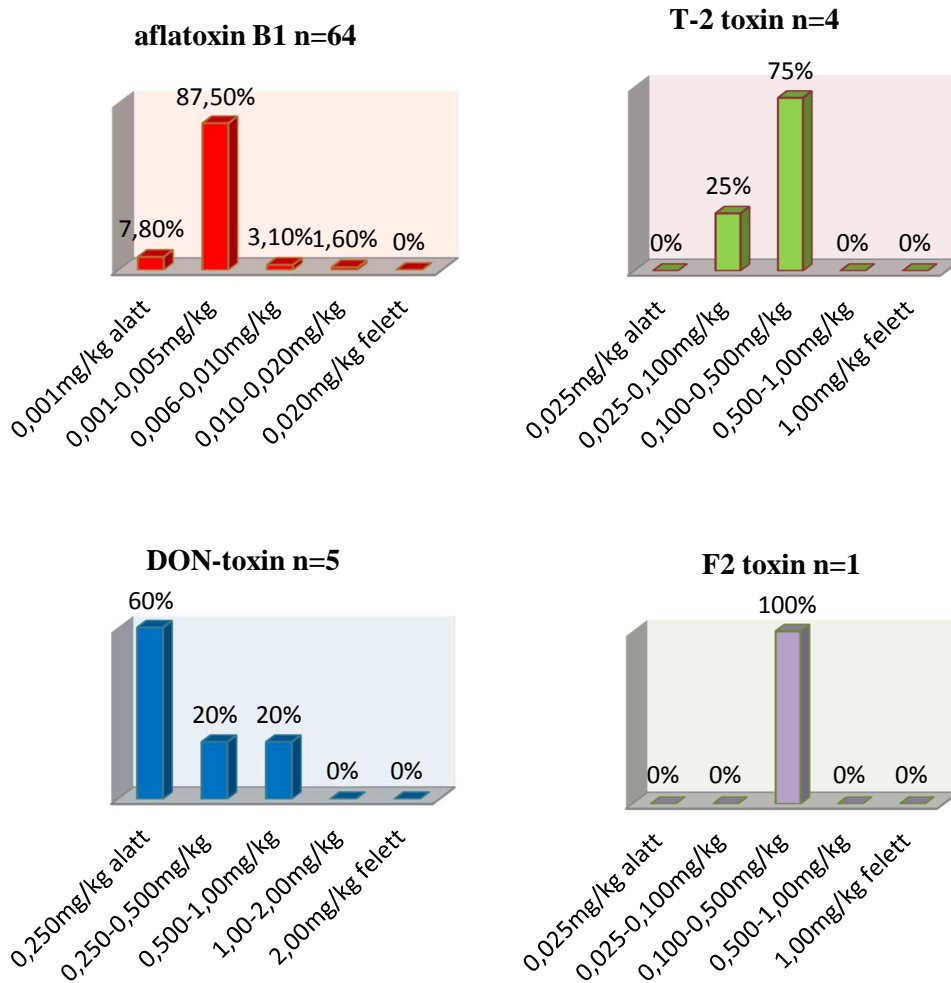
3. ábra A tömegtakarmány minták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusán ábrázolva.

TMR

A takarmányvizsgálat során 65 TMR-minta mikotoxin szennyezettségét mértük meg, 64 mintát aflatoxin B1-koncentrációra, 5 mintát DON-ra, 1 mintát F2 toxinra, valamint 4 mintát T-2 toxinra. A 6. táblázat, valamint az 4. ábra a TMR minták vizsgálati eredményeit szemlélteti számszerűsítve, valamint százalékos eloszlás alapján a mikotoxinok szerinti csoportosításban.

6. táblázat A TMR minták mikotoxin szennyezettségének vizsgálata

AFLATOXIN B1	n=64	T-2 TOXIN	n=4
0,001mg/kg alatt	5	0,025mg/kg alatt	0
0,001-0,005mg/kg	56	0,025-0,100mg/kg	1
0,006-0,010mg/kg	2	0,100-0,500mg/kg	3
0,010-0,020mg/kg	1	0,500-1,00mg/kg	0
0,020mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0
DON TOXIN	n=5	F2 TOXIN	n=1
0,250mg/kg alatt	3	0,025mg/kg alatt	0
0,250-0,500mg/kg	1	0,025-0,100mg/kg	0
0,500-1,00mg/kg	1	0,100-0,500mg/kg	1
1,00-2,00mg/kg	0	0,500-1,00mg/kg	0
2,00mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0



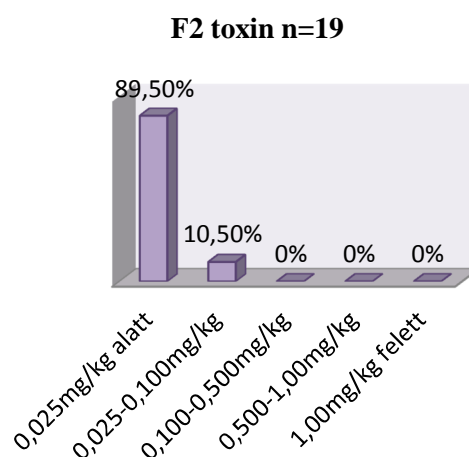
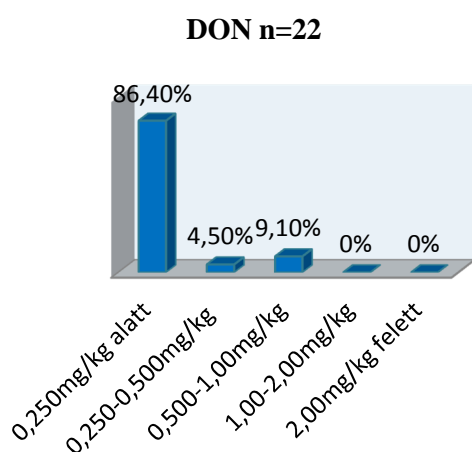
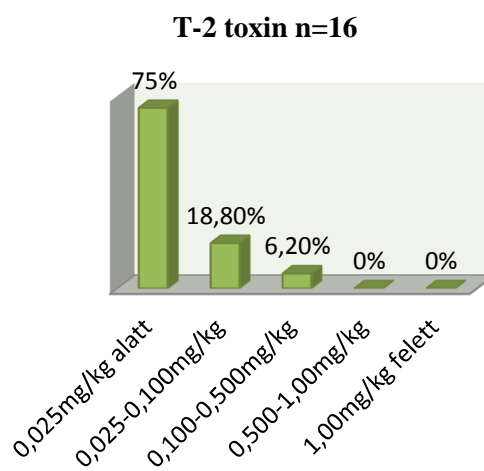
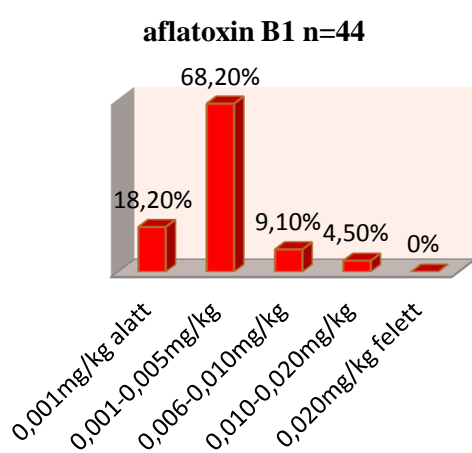
4. ábra A TMR minták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusan ábrázolva.

TÁPOK

Takarmányminták vizsgálata során összesen 59 tápminta mikotoxinszennyezettségét mértük, 44 mintát aflatoxin B1-re, 22 mintát DON-toxinra, 19 mintát F2 toxinra, valamint 16 mintát T-2 toxinra ellenőriztünk. A 7. táblázat, valamint a 5. ábra szemlélteti a tápok vizsgálati eredményeit számszerűsítve, valamint százalékos eloszlás alapján mikotoxinok csoportosítása szerint.

7. táblázat A tápok mikotoxin szennyezettségének alakulása

AFLATOXIN B1	n=44	T2 TOXIN	n=16
0,001mg/kg alatt	8	0,025mg/kg alatt	12
0,001-0,005mg/kg	30	0,025-0,100mg/kg	3
0,006-0,010mg/kg	4	0,100-0,500mg/kg	1
0,010-0,020mg/kg	2	0,500-1,00mg/kg	0
0,020mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0
DON TOXIN	n=22	F2 TOXIN	n=19
0,250mg/kg alatt	19	0,025mg/kg alatt	17
0,250-0,500mg/kg	1	0,025-0,100mg/kg	2
0,500-1,00mg/kg	2	0,100-0,500mg/kg	0
1,00-2,00mg/kg	0	0,500-1,00mg/kg	0
2,00mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0



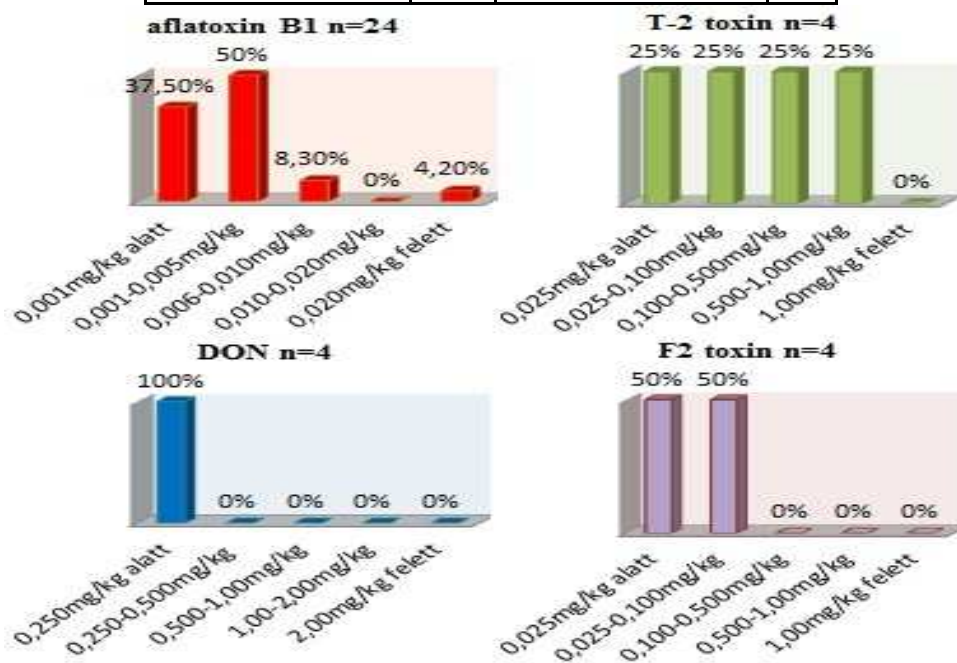
5. ábra A tápminták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusán ábrázolva.

MELLÉKTERMÉKEK

Vizsgálat során 25 melléktermék mintának mikotoxin szennyezettségét mértük, 24 mintát aflatoxin B1-re, 4 mintát DON-ra, 4 mintát F2 toxinra, valamint 4 mintát T-2 toxinra. A 8. táblázat, valamint a 6. ábra a melléktermék-minták vizsgálati eredményeit szemlélteti számszerűsítve, valamint százalékos eloszlásban a mikotoxinok csoportosítása szerint.

8. táblázat A melléktermék minták mikotoxin szennyezettségének alakulása

AFLATOXIN B1	n=24	T-2 TOXIN	n=4
0,001mg/kg alatt	9	0,025mg/kg alatt	1
0,001-0,005mg/kg	12	0,025-0,100mg/kg	1
0,006-0,010mg/kg	2	0,100-0,500mg/kg	1
0,010-0,020mg/kg	0	0,500-1,00mg/kg	1
0,020mg/kg felett	1	1,00mg/kg felett	0
DON TOXIN	n=4	F2 TOXIN	n=4
0,250mg/kg alatt	4	0,025mg/kg alatt	2
0,250-0,500mg/kg	0	0,025-0,100mg/kg	2
0,500-1,00mg/kg	0	0,100-0,500mg/kg	0
1,00-2,00mg/kg	0	0,500-1,00mg/kg	0
2,00mg/kg felett	0	1,00mg/kg felett	0



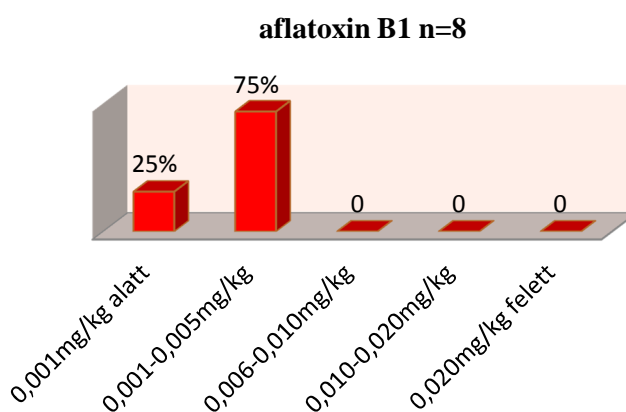
6. ábra A melléktermék takarmányminták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusán ábrázolva.

KIEGÉSZÍTŐ TAKARMÁNYOK

Kiegészítő takarmányok vizsgálata során csupán 8 minta került mikotoxin-szennyezettség meghatározására, ezek a vizsgálatok kizárólag az aflatoxin B1 szennyezettséget voltak hivatottak felmérni. A 14. táblázatban, valamint a 8. ábrán a kiegészítő takarmányminták vizsgálati eredményei láthatók számszerűsítve, valamint százalékos megoszlásban az aflatoxin B1-re vonatkoztatva.

9. táblázat A kiegészítő takarmányminták aflatoxin-B1 szennyezettségének alakulása

AFLATOXIN B1	8
0,001mg/kg alatt	2
0,001-0,005mg/kg	6
0,006-0,010mg/kg	0
0,010-0,020mg/kg	0
0,020mg/kg felett	0



7. ábra A kiegészítő takarmányminták vizsgálati eredményének százalékos megoszlása grafikusán ábrázolva az aflatoxin B1-re vonatkoztatva.

A takarmányminták vizsgálata során a kapott eredményeket az alábbi jogszabályok szerint értékeltük:

- 2006/576/EK 'BIZOTTSÁG AJÁNLÁSA (2006. augusztus 17.) a deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról (EGT vonatkozású szöveg)' 2006.8.23. L229/9 Melléklete a mikotoxinok irányértékeiről.

- 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól 2. számú melléklet I. Fejezet: Határértékek a takarmányok nemkívánatos anyagai és egyéb szennyezői vonatkozásában 2. Mikotoxinok – aflatoxin

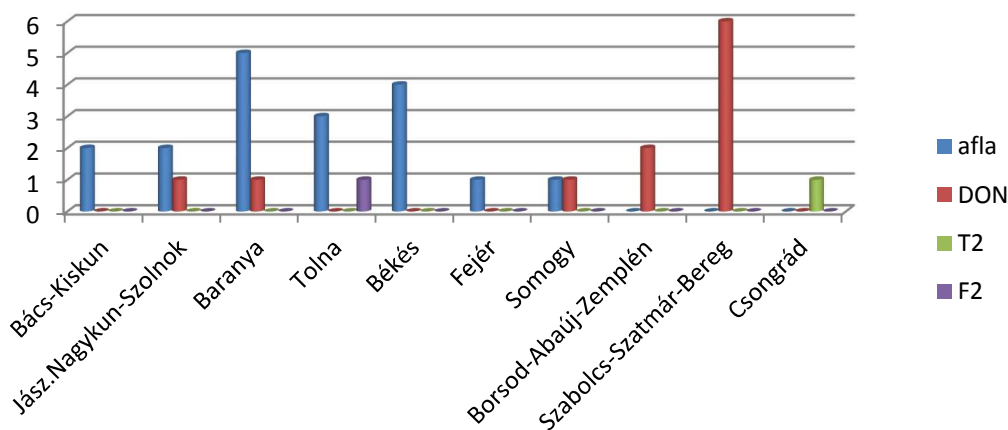
Ezek alapján az eredmények értékelését a jogszabályba foglalt táblázatok szerint végeztük [141] [142]! Aflatoxin B1 esetén az ajánlott határértéket túllépte 10 magminta, ezek közül 3 minta a 0,005mg/kg-0,010mg/kg közötti koncentrációval, 4 minta 0,010-0,020mg/kg közötti koncentrációval, valamint szintén 3 minta lépte túl a 0,2mg/kg határértéket. Az érintett takarmányminták közül 9 kukorica, valamint 1 savazott árpa volt. Tömegtakarmányok közül 4 minta aflatoxin-szennyezettsége 0,005-0,010mg/kg közötti koncentrációt ért el. TMR minták közül 5 minta lépte túl a 0,005mg/kg közötti határértéket, 4 minta 0,005-0,010mg/kg közötti toxinkoncentrációval rendelkeztek, egy minta esetén a szennyezettség mértéke 0,108mg/kg koncentrációt ért el! Tápok közül 7 tejelőtáp minta érte el a 0,005mg/kg határértéket. Melléktermékek közül 3 minta mikotoxin szennyezettsége 0,005-0,010mg/kg közötti koncentrációt érte el, egy minta koncentrációja 0,04mg/kg volt. Kukoricaliszt, valamint CGF és nedves CGF mintáról volt szó. Kiegészítő premixek közül egy minta koncentrációja érte el a 0,005mg/kg mennyiséget. A vizsgálat során 336 minta került aflatoxin B1 vizsgálatra, ezek közül 31 minta lépte túl az ajánlott határértéket. Ez összesen a minták 9,2%-a!

T-2 toxin esetén az alaptakarmányokra nem adtak meg határértékeket, csak takarmánykeverékekre. A takarmánykeverékek közül egy minta sem haladta meg sem a depresszív, sem a toxikus értéket. Melléktermékek közül azonban 2 CGF, valamint egy kukorica, és egy nedves kukoricaminta haladta meg a depresszív határértéket! 88 minta lett T-2 toxinra bevizsgálva, ebből 4 minta haladta meg a depresszív határértéket, ami a minták 4,5%-a.

DON esetén az alaptakarmányok közül a magminták közül a sertésekre vonatkozó 0,9mg/kg határértéket 7 minta lépte túl, 4 búza, 2 tritikálé, 1 őszi árpa, azonban az alaptakarmányra vonatkozó 8mg/kg koncentrációt egy magminta sem lépte túl. Tömegtakarmány, TMR, illetve melléktermékek közül egy DON-ra vizsgált minta sem lépte túl a határértéket! Tápok közül egyetlen hízótáp lépte túl a megengedett sertésekre ajánlott határértéket a 0,97mg/kg koncentrációjával. DON-ra vizsgált 120 mintából a határértéket túllépő minták száma összesen 8, ami az összes minta 6,7%-a.

F2 toxin vizsgálata során egy zabminta haladta meg a határértéket a 10,3mg/kg koncentrációjával. Többi takarmányminta közül egy sem haladta meg az ajánlott határértéket! Összesen 99 mintát vizsgáltunk meg, ezek közül csupán 1 minta lépte túl a határértéket, ez az összes minták 1%-a.

A vizsgált 392 mintából 44 minta lépte túl a jogszabályilag meghatározott határértékeket, ebből 31 mintában aflatoxin, 8 mintában DON, és egy mintában zearalenon, míg a T-2 toxinra vizsgált minták közül 4 minta a sertésekre meghatározott depresszív koncentrációt elérte, túllépte. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a vizsgálatok elsősorban az aflatoxin szennyezettség (52,30%) kimutatására irányultak, ezt követte a DON (18,63%), a T-2 toxin (13,68%), valamint a zearalenon (15,39%). A takarmányfajták közül legnagyobb mértékben a magok (141 minta), a tömegtakarmányok (94 minta), valamint a TMR (65 minta) képviseltették magukat, így nem meglepő, hogy ezek a minták vizsgálata során a legszennyezettebbnek minősülnek. Területileg tekintve a legtöbb határértéket meghaladó minta Baranya, illetve Szabolcs-Szatmár-Bereg megyéből származnak. A 8. ábra a határértéket túllépő mikotoxinkoncentrációval rendelkező takarmányminták eloszlását szemlélteti megyénként felosztva.



8. ábra A határértéket túllépő mikotoxinkoncentrációval rendelkező takarmányminták eloszlása megyénként felosztva

MEGBESZÉLÉS

A takarmányok mikotoxin szennyezettségének vizsgálata során a minták gyűjtése országosan történt. A vizsgálat során gabonamintákat, tömegtakarmánymintákat, tápmintákat, mellékterméke, valamint kiegészítő takarmánymintákat ellenőriztünk négy mikotoxinfélére: aflatoxinra, T-2 toxinra, DON-ra, valamint F2-toxinra.

A hazai mérsékeltövi éghajlat egyértelműen elsősorban a Fuzárium fajok által termelt trichotecén vázas mikotoxinok termelésének kedvez, azok közül is leggyakrabban a DON, de a NIV, T2 és HT2 is előfordulhat [48]. Csapadékosabb nyarak kedveznek ezeknek a toxinoknak a megjelenésének, így ezeket fuzárium-éveknek is szokás nevezni. A szárazabb, kevésbé csapadékos nyarak ellenben az aflatoxinok megjelenésének kedveznek.

A vizsgálataim során központi szerepet kapott az aflatoxin-B1 szennyezettségének felmérése. Az eredmények alapján összehasonlítva a Bioamin Fórumon bemutatott eredményekkel a takarmányok aflatoxin B1szennyezettsége nőtt a 10 évvel ezelőtti eredményhez képest, ami betudható a globális felmelegedésnek is. Néhány évvel ezelőtt az aflatoxinról úgy vélték, hogy a hazai klímán aflatoxin termelő gombafajok elszaporodni nem képesek, így aflatoxinnal csupán az importált növényi terméseken, elsősorban olajos magvakon, mint pl.: földimogyoró, fordulhat elő. 2011. évi kutatások azonban már bizonyítják, hogy hazai természetű növényeken is előfordulnak olyan *Aspergillus flavus* törzsek, melyek képesek aflatoxint termelni [34]. Vizsgálataim során szintén bebizonyosodott, hogy az aflatoxinnal jelentősen szennyezett alaptakarmányminták zömmel kukorica, kukoricasiló, valamint kukoricaliszt volt.

Vizsgálatunk során a vizsgált minták eredményei alapján a DON szennyezettsége a Fuzárium toxinok közül a legmagasabb, a minták 6,7%-a lépte túl a határértéket. Ezt követi a T-2 toxin, mely esetén a minták 4,5%-a haladta meg a határértéket, majd a zearalenon, mely esetén a 99 vizsgálati mintából összesen egy zabminta haladta meg jelentősen a határértéket!

DON esetén a kapott eredményeket összehasonlítva a Bioamin Fórumon bemutatott eredményekkel, azt lehet kijelenteni, hogy jelentős emelkedés nem tapasztalható az elmúlt évekhez képest. DON esetén a korábbi állítások, miszerint elsősorban a búzafélék érintettek, a vizsgálataim során beigazolódott. Az eredményt tekintve azonban jelentősen nőtt a takarmányminták T-2 toxin szennyezettsége, elsősorban a 0,1-0,5mg/kg koncentrációjú kategóriában a korábbi évekkel összehasonlítva. Az eredmények értékelése során kiderült,

hogy elsősorban a kukorica és kukorica melléktermékek érintettek. A takarmányok F2-toxin szennyezettsége nem változott a korábbi vizsgálati eredményekhez képest.

A globális felmelegedés okozta klímaváltozás, az enyhe telek, a csapadékos nyarak mind hozzájárulnak a növények mikotoxin szennyezettségének növekedéséhez, számolnunk kell új, eddig hazánkban elő nem fordult törzsek megjelenésével, amely további élelmiszer-biztonsági és állat-, valamint népegészségügyi kockázatokat vet fel!

ÖSSZEFOGLALÁS

2013-ban végzett takarmányvizsgálat során 392 különböző minta nedvességtartalmát, aflatoxin B1, zearalenon, T2-toxin, valamint DON-toxin szennyezettségét vizsgáltuk. A vizsgálatok a Vitafort ZRT. és a Szent István Egyetem között a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-003 pályázat alapján létrejött vállalászási szerződés keretein belül történtek.

A laboratóriumba összesen 102 állattartó telepről 392 takarmányminta, 94 féle takarmánytípus érkezett. Ezekből 276 minta nedvességtartalmát, 336 minta aflatoxin, 120 minta DON-toxin, 88 minta T2-toxin és 99 minta F2 toxin végeztük el. A minták nedvességtartalmát MSZ ISO 6496:2001 módszer alapján, míg a mikotoxinokat egységesen a MTK 2004 III. 67. módszer alapján vizsgáltuk.

A vizsgálati eredmények alapján 392 mintából 44 takarmányminta haladta meg a jogszabályokban ajánlott határértékeket, ami már toxikus koncentrációt jelent az állati szervezetre. 31 minta aflatoxinra, 8 minta a DON-ra, 1 minta az F2-toxinra, végül 4 minta T-2 toxinra megsabott ajánlati határértéket lépte túl. Mikotoxinokkal toxikus mértékig kontaminált takarmányminták közül legtöbb, számszerúsítve 6-6 minta érkezett Baranya, illetve Szabolcs-Szatmár-Bereg megyéből, azonban míg Baranyában inkább az aflatoxinokkal szennyezett takarmányminták voltak többségben, addig Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében a DON-toxinnal szennyezett takarmányok kerültek előtérbe. Ezenkívül a határértéket túllépő koncentrációban szennyezett minták származnak még Jász-Nagykun-Szolnok, Bács-Kiskun, Tolna, Békés, Fejér, Somogy, Borsod-Abaúj-Zemplén, valamint Csongrád megyéből.

MELLÉKLET

SUMMARY

Examination of mycotoxin contamination of feeds in Hungary with a special focus on Aflatoxin-B1, Zearalenon, T-2 toxin and Deoxinivalenol in the year 2013.

During the course of fodder analysis in 2013 over 392 samples were investigated and moisture level, aflatoxin B1 (AFB1), zearalenone (ZEA), T2-toxin, DON toxins contamination level was examined. The investigation was carried out within the frame of an entrepreneurial agreement concluded between Vitafort ZRT and Szent István University based on an EU supported Social Renewal Operational Programme (TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-003)

From 94 different fodder types, 392 fodder samples arrived to the laboratory from 102 stock-farms. From the mentioned the analysis of moisture content of 276 samples, aflatoxin level of 336 samples, DON toxin level of 120 samples, T-2 toxin level of 88 samples and F2 toxin content of 99 samples were asked for. The moisture level was investigated based on MSZ ISO 6496:2001 method while the level of mycotoxins was defined with a unitary method of MTK 2004 III. 67. (National Accreditation Institute) The analysis of the mycotoxins were performed with application of original ELISA Kit related to method defined.

Based on the analysis results out the 392 fodder samples in 44 cases the toxic concentration exceeded by legislation recommended toxic concentration level which means it has already a toxic influence on the animals. 31 samples for aflatoxin, 8 samples for DON, 1 sample for F2-toxin and 4 sample for T-2 toxin has exceeded the recommended limit values. The majority of fodder samples contaminated by toxins to a toxic level of concentration were coming from Baranya county (6 samples) and from Szabolcs-Szatmár-Bereg county (also 6 samples). In case of Baranya county the fodder samples mainly were contaminated by aflatoxin while in case of Szabolcs-Szatmár-Bereg county fodder samples contaminated by DON toxins were identified. Above the mentioned, fodder samples exceeding the recommended toxic concentration level were also detected in samples coming from Jász-Nagykun-Szolnok, Bács-Kiskun, Tolna, Békés, Fejér, Somogy, Borsod-Abaúj-Zemplén and Csongrád counties.

IRODALOMJEGYZÉK

Bibliográfiai hivatkozások

APSIMON, J.W., BLACKWELL, B.A., BLAIS, L., FIELDER, D.A., GREENHALGH, R., KASITU, G., MILLER, J.D., SAVARD, M. (1990): Myxotoxins from *Fusarium* species: detection, determination and variety. *Pure Appl. Chem.* 62 339-346.p.

BEDARD, L.L., MASSEY, T.E. (2006): Aflatoxin B1 indicated DNA damage and its repair. *Cancer Letters*, 241 (2) 174-183.p.

BENNET, J.W., KLICH, M (2003): Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16 (3) 497-516.p.

BHAT, R.V., VASHANTI, K.L. (2003): Food safety in food security and food trade. Mycotoxin food safety risk in developing countries. IFPRI, Congo Brazzaville, Brief 3.

BINDER, J., HORVÁTH EM. SCHATZMAYR G., ELLEND N., DANNER H., KRŠKA, R., BRAUN, R. (1997): Screening for deoxinivalenol-detoxifying anaerobic rumen microorganism. *Cereal Research Communication* 25, 343-346.p.

BOUDERGUE, C., BUREL, C., DRAGACCI, S., FAVROT, M-C., FREMY, J.M., MASSIMI, C., PRIGENT, P., DEBONGNIE, P., PUSSEMER, L., BOUDRA, H., MORGAVI, D., OSWALD, I., PEREZ, A., AVANTAGGIATO, G. (2009): Review of mycotoxin detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety. *Scientific Report, EFSA, CFP/EFSA/FEEDAP/01*, 192.p.

BOUTRIF, E., CANET, C. (1998): Mycotoxin prevention and control: FAO program, *Revue Med Vet*, 149, 681-691.p.

BUERSTMAYR, H., LEMMENS, M., HARTL, L., DOLDI, L., STEINER, B., STIERSCHNEIDER, M., RUCKENBAUER, P. (2002) Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. 1. Resistance to fungal spread (Type 11 resistance). *Theoretical and Applied Genetics*, 104: 84-91.p.

BUNNER, D.L., MORRIS, E.R. (1988): Alteration of multiple cell membrane functions in L-6 myoblasts by T-2 toxin: An important mechanism of action. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 92 113-121.p.

- CIEGLER, A., LILLEHOJ, E.B., PETERSON, R.E., HALL, H.H. (1966): Microbial detoxification of aflatoxin. *Applied Microbiology*, 14 (6) 934-939.p.
- CLEVELAND, T.E., DOWD, P.F., DESJARDINS, A.E., BHATNAGAR, D., COTTY, P.J. (2003): United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service research on pre-harvest prevention of mycotoxins and mycotoxigenic fungi in US crops. *Pest Management Science*, 59: 629-642.p.
- COFFIN, J.L., COMBS, JR G.F. (1981): Impaired vitamin E status of chicks fed T-2 toxin. *Poult. Sci.* 60 385-392.p.
- CONRADY-LORCK, S., GAREIS, M., XU-CHANG FENG, AMSELGRUBER, W., FORTH, W., FICHTL, B. (1988): Metabolism of T-2 toxin in vascularly autoperfused jejunal loops of rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 94 :23-33.p.
- COTTY, P.J., BAYMAN, P., EGEL, D.S., ELIAS, K.S. (1994) Agriculture, aflatoxins and Aspergillus. In: *The Genus Aspergillus, From Taxonomy and Genetics to Industrial Applications*. Powell, K.A., Renwick. A. and Peberdy, J.F. (ed.), Plenum Press, New York, pp. 1-27.p.
- CSEH S., KOVÁCS M. (2010): Mikotoxinok reprodukcióra kifejtett hatásai 73-83 p. In: KOVÁCS M. (szerk.): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*, Agroinform Kiadó: Budapest, 156.
- DOBOLYI CS., SEBŐK F., VARGA J., KOCSUBÉ S., SZIGETI GY., BARANYI N., SZÉCSI Á., LUSTYIK GY., MICSINAI A., TÓTH B., VARGA M., KRISZT B., & KUKOLYA J. (2011): Aflatoxin termelő *Aspergillus flavus* törzsek előfordulása hazai kukorica szemtermésben. *Növényvédelem*, 47 (4) 125-133. p.
- DUVICK, J. (2001) Prospects for reducing fumonisin contamination of corn through genetic modification. *Environmental Health Perspectives*, 109 (Suppl2): 337-342.p.
- EHLING, G., COCKBURN, A., SNOWDON, P., BUSCHHAUS, H. (1997): The significance of the *Fusarium* toxin deoxinivalenol (DON) for human and animal health. *Proc. V. European Fusarium Seminar*, Szeged
- ETIENNE, M., DOURMAD, J.Y. (1994): Effects of zearalenon or glucosinolates in the diet on reproduction in sows: a review. *Livestock Production Science*, 40 99-113. p.

FEKETE S. GY. (2009a): A takarmányok romlása. 168-189. p. In: FEKETE S. GY.(szerk.): Állatorvosi takarmányozástan és dietetika. II. átdolgozott kiadás. Egyetemi Tankönyv, Budapest.

FEKETE S. GY. (2009b): Takarmányok mikrobiológiai romlása és mikotoxin szennyeződése. 171-175.p. In: FEKETE S. GY.(szerk.): Állatorvosi takarmányozástan és dietetika. II. átdolgozott kiadás. Egyetemi Kiadás, Budapest.

FRITZPATRICK, D.W., PICKEN, C.A., MURPHY, L.C., BUHR, M.M.(1989): Measurement of the relative binding affinity of zearalenone, alfa-zearalenol and beta-zearalenol for uterine and oviduct estrogen receptors in swine, rats and chickens: An indicator of estrogenic potencies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology* 94 (2) 691-694.p.

GROMADZKA, K., WASKIEWICZ, A., CHELKOWSKI, J., GOLINSKI, P. (2008): Zearalenone and its metabolites: occurrence, detection, toxicity and guidelines. *World Mycotoxin Journal*, 1(2) 209-220.p.

GRUIZ K., HORVÁTH B., MOLNÁR M. (2001): Környezettoxikológia. Műegyetem Kiadó, 171.p.

HOFSTETTER, U., SCHATZMAYR, D., BINDER, E. M. (2005): Biotransformation – A succesful way to deactivate T-2 toxin in growing broiler chicken. *Proc.15th Eur. Symp. Poultry Nutrition, Balatonfüred*, pp. 618-620.p.

HOLLADAY, S. D., BLAYLOCK, B. L., COMMENT, C. E., HEINDEL, J. J., LUSTER, M. I. (1993): Fetal thymic atrophy after exposure to T-2 toxin: selectivity for lymphoid progenitor cells. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 121, 8-14.p.

HOLLADAY, S. D., SMITH, B. J., LUSTER, M. I. (1995): B-lymphocyte precursor cells represent sensitive tartgets of T2 mycotoxin exposure. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 131, 309-315.p.

HORMISH, D., BROST, I., KOHRING, G.-W., GIFFHORN, F., KRIPPENSTEDT, R.M., STACKEBRANDT, E., FARBER, P., HOLTZAPFEL, W.H. (2004): *Mycobacterium fluoranthenivorans* sp. nov., a flouranthenene and aflatoxin-B1 degrading bacterium from contaminated soil of a former coal gas plant, *Systematic and Applied Microbiology*, 27 553-660.p.

- IKUNAGA, Y., SATO, I., GROND, S., NUMAZIRI, N., YOSHIDA, S., YAMAYA, H., HIRADATE, S., HASEGAWA, M., TOSHIMA, H., KOITABASHI, M., ITO, M., KARLOVSKI, P., TSUSHIMA, S. (2011): *Nocardioides* sp. strain WSN05-2 isolated from a wheat field, degrades deoxinivalenol, producing the novel intermediate 3-epi-deoxinivalenol. *Applied Microbiology and Biotechnology* 89, 419-427.p.
- KAMIMURA, H. (1986): Conversion of zearalenon to zearalenon glycoside by *Rhizopus* sp. *Applied and Environmental Microbiology*, 52 515-519.p.
- KIDD, M. T., HAGLER, JR., W. M., QURESHI, M. A. (1995): Trichothecene mycotoxins depress the mononuclear-phagocytic system of young turkeys. *Immunopharmacol. Immunotoxicol.* 17, 385-398.p.
- KIESSLING, K. H., PETTERSSON, H., SANDHOLM, K., OLSEN, M. (1984): Metabolism of aflatoxin, ochratoxin A, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 47, 1070–1073.p.
- KOVÁCS F. (2001): Penészgombák-mikotoxinok 13-20.p. In: KOVÁCS F. (szerk.): *Penészgombák, mikotoxinok a táplálékláncban*. MTA Agrártudományos Osztálya, Budapest, 212.p.
- KOVÁCS M. (2010): Mikotoxinok és a humán-egészségügy. 93-94.p. In: KOVÁCS M. (szerk.): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*. Kaposvár. Agroinform Kiadó, 160.
- KUIPER-GOODMAN, T. (1991): Risk assessment to humans of mycotoxins in animal-derived food products. *Vet. Hum. Toxicol.* 33, 325-333.p.
- KUMAGAI, S., SHIMIZU, T. (1988): Effects of fusarenon-X and T-2 toxin on intestinal absorption of monosaccharide in rats. *Arch. Toxicol.* 61, 489-495.p.
- LACZAY P. (2013): Biológiai eredetű szennyezőanyagok – Mikotoxinok. 100-104.p. In: LACZAY P. (szerk.): *Élelmiszerhigiéna – Élelmiszerlánc-biztonság*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- LANGSETH, W., STENWIG, H., SOGN, L., MO, E. (1993): Growth of moulds and production of mycotoxins in wheat during drying and storage. *Acta Agric. Scand. Sect. B: Soil Plant Sci.* 43, 32-37.p.

- LASZTITY K. (1996): A mikotoxin analitika jelenlegi helyzete és fejlődési irányai. Élelmiszervizsgálati Közlemények, XLII. évf., 2. sz., 83-91. p.
- LEITGEB, R., LEW, H., WETSCHEREK, W., BÖHM, J., QUINZ, A. (1999): Einfluss von Fusarientoxinen auf die Mast- und Schlachtleistung von Broilern. Die Bodenkultur 50, 57-66.p.
- LIOI, M.B., SANTORO, A., BARBIERI, R., SALZANO, S., URSINI, M.V. (2004): Ochratoxin A and zearalenone: a comparative study on genotoxic effects and cell deaths induced in bovine lymphocytes. Mutation Research, 557 (1) 19-27.p.
- LOPEZ-GARCIA, R., PARK, L.D. (1998): Effectiveness of post-harvest procedures in management of mycotoxin hazard. In: BATHNAGAR, D. AND SINHA, S.(edit.): Mycotoxins in agriculture and food safety, New York, Marcel Dekker, 407-433.p.
- MAAROUFI, K., CHEKIR, L., CREPPY, E.E., ELLOUZ, F., BACHA, H. (1996): Zearalenone induces modifications in haematological and biochemical parameters in rats. Toxicol. 34 534-540.p.
- MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX (2004) II. kötet: Gazdasági állatok táplálóanyag-szükséglete, takarmányok kémiai összetétele és mikotoxin határértékek a takarmánykeverékekben. OMMI, Magyar Takarmánykódex Bizottság, Budapest, 148-151.p.
- MANN, R., REHM, H.J.(1977): Degradation of aflatoxin-B1 by various microorganisms. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung. 163 (1) 39-43.p.
- MÁTRAI T., RAFAI P., SZIGETI G. (2003a): A takarmányromlás következményei. 199-202.p. In: RAFAI P. (szerk.): Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest.
- MÁTRAI T., RAFAI P., SZIGETI G. (2003b): A takarmányok penészgombás fertőzöttségének állat-egészségügyi jelentősége 208-229.p. In: RAFAI P. (szerk.): Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest.
- MÁTRAI T., RAFAI P., SZIGETI G. (2003c): Zearalenon toxinok és származékaik általános jellemzése. 209-213.p. In: RAFAI P. (Szerk.): Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest.
- MCLEAN, M., DUTTON, M.F. (1995): Cellular Interactions and metabolism of aflatoxin: an update, Pharmacology and Therapeutics, 65 (2) 163-192.p.

MÉZES M. (1997): Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia. Egyetemi jegyzet, Gödöllő, 60.p.

MÉZES M., BARTA M., NAGY G. (1998): Comparative investigation on the effect of T-2 mycotoxin on lipid peroxidation and antioxidant status of different poultry species. Res. Vet. Sci. 66, 19-23.p.

MILLER, D.M., WILSON, D.M. (1994): Veterinary disease related to aflatoxins 347-364.p. In: EATON, D.L., GROOPMAN, J.D. (szerk.): The Toxicology of Aflatoxins. Academic Press, Inc. New York.

MOLNÁR O., SCHATZMAYR, G., FUCHS, E., PILLINGER, H. (2004): *Trichosporon mycotoxinivorans* sp. nov., A New Yeast Species Useful in Biological Detoxification of Various Mycotoxins. Systematic and Applied Microbiology, 27 (6) 661-671.p.

PAWLOSKY, R. J., MIROCHA, C. J. (1984): Structures of metabolic derivative of T-2 toxin (TC-6) based on mass spectrometry. J. Agric. Food. Chem. 32, 1420-1423.p.

PERKOWSKI, J., JELEN, H., KIECANA, I., GOLINSKI, P. (1997): Natural contamination of sprig barley with group A trichotecene mycotoxins in southeastern Poland. Food Addit. Contam. 14, 321-325.p.

PESTKA, J. J., BONDY, G. S. (1994): Immunotoxic effects of mycotoxins. In: MILLER, J. D., TRENHOLM, H. L.: Mycotoxins in grain. Eagan Press, St. Paul, pp. 339-358.p.

PLACINTA, C. M., MELLO, J. P. F., MACDONALD, A. M. C. (1999): A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. Animal Feed Sci. Technol. 78, 21-37.p.

QUILLARDET, P., DE BELLECOMBE, C., HOFNUNG, M. (1985): The SOS Chromotest, a colorimetric bacterial assay for genotoxins: validation study with 83 compounds. Mutation. Research, 147 (3) 79-95.p.

RAFAI P. (2003b): A trichotecén mikotoxinok általános jellemzése. 214-219.p. In: RAFAI P. (szerk.): Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest.

RAFAI P.(2003a): Raktári penészgombák állat-egészségügyi jelentősége. Aflatoxin. 225-226.p. In: RAFAI P.(szerk.): Állathigiéna. Agroinform Kiadó, Budapest.

- RAFAI P., MÉZES M., BOKORI J. (2003a): A takarmányozás higiéniája. A takarmányok kémiai bomlásának állategészségügyi jelentősége. 186-187. p. In: RAFAI P. (szerk.): Állathigiéniá. Agroinform Kiadó, Budapest.
- RAFAI P., SZIGETI G., MÁTRAI T., SÁLYI G. (2003b): Fuzariotoxikózis elleni védekezés lehetőségei. 233-236.p. In: Rafai P.(szerk.): Állathigiéniá. Agroinform Kiadó, Budapest.
- REFAI, M.K., AZIZ, N.H., EI-FAR, F., HASSAN, A.A. (1996): detection of ochratoxin produced by *Aspergillus ochraceus* in feedstuffs and its control by Y radiation. *Applied Radiation and Isotopes*, 47 (7) 617-621.p.
- REISS, J. (1981): *Mycotoxine in Lebensmitteln*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart-New York
- RICHARD, J. L., BRAY, G. A., RYAN, D. H. (1991): Mycotoxins as immunomodulators in animal systems. *Mycotoxins, cancer and health*. Pennington Centre Nutrition Series, Vol. 1, pp. 196-220.p.
- ROBENS, J.F., RICHARD, J.L (1992): Aflatoxins in animal and human health 69-94.p. In: WARE, G.W. (szerk.): *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Springer-Verlag, New York, 127.p.
- ROSENSTEIN, Y., LAFARGE-FRAYSSINET, C. (1983): Inhibitory effect of *Fusarium T-2* toxin on lymphoid DNA and protein synthesis. *Appl. Pharmacol.* 70, 283-288.p.
- ROTTER, BA., PRELUSKY, DB., PETSKA, JJ. (1996): Toxicology od deoxinivalenol (Vomitoxin). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 48 1-34.p.
- RUZSAS C., BIRO-GOSZTONYI M., WÖLLER L., MESS B. (1979): Effect of the fungal toxin (zearalenone) on the reproductive system and fertility of male and female rats. *Acta biologica, Academia Scientia Hungarica*, 30 (4) 335-345.p.
- SAHA, R., S. DAS. (2006): Mycological profile of infectious keratitis from Delhi. *Indian Journal of Medical Research*, 123: 159-164.p.
- SÁLYI G., GLÁVITS R. (1995): A barbari kacsá kísérletesen előidézett T-2 toxikózisa. *Magy. Állatorv. Lapja* 50, 202-208.p.
- SÁRVÁRI M. (2007): Egyes klimatikus és agrotechnikai tényezők hatása a kukoricahibridek gombás fertőzöttségére és a fuzárium toxintartalmára. *MezőHír* 11: (2) 58-59. p.

- SHIER, W.T. (1998): Estrogenic mycotoxins. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 149 599-604.p.
- SMITH, B. J., HOLLADAY, S. D., BLAYLOCK, B. L. (1994): Hematopoietic alterations after exposure to T-2 mycotoxin. *Toxicon*. 32, 1115-1123.p.
- SOLFRIZZO, M., VISCONTI, A., AVANTAGGIATO, G., TORRES, A., CHULZE, S. (2001) In vitro and in vivo studies to assess the effectiveness of cholestyramine as a binding agent for fumonisins. *Mycopathologia*, 151: 147-153.p.
- SZÉCSI Á. (1990): Fuzáriotoxinok. *Növénytermelés*, 39/4., 369-376. p.
- SZEITZNÉ SZABÓ M., KOVÁCS M. (2007): Mikotoxin-határértékek szabályozása: egészségvédelem kontra gazdaság? *Magyar Állatorvosok Lapja*, 129, 48-57.p.
- SZIGETI G. (1996): A takarmányszennyező gombák megítélése az állatorvosi munkában – III. A gombák okozta minőségromlás és következményei. *Állatorvosi Kamarai Hírek* 1996. június 26., Budapest
- SZIGETI G. (1997): Az állategészségügyi jelentőségű gombák (Az állatorvosi mikológia alapjai). *Europharma*, Budapest, 96.p.
- TAKAHASHI-ANDO, N., OHSATO, S., SHIBATA, T., HAMAMOTO, H., YAMAGUCHI, I., KIMURA, M. (2004): Metabolism of zearalenone by Genetically Modified Organism expressing the detoxification gene from *Clonostachys rosea*. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (6) 3239-3245.p.
- TENIOLA, O.D., ADDO, P.A., BROST, I.M., FARBER, P., JANY, K.-D., ALBERTS, J.F., VAN ZYL, W.H., STEYN, P.S., HOLZAPFEL, W.H. (2005): Degradation of aflatoxin-B1 by cell-free extracts of *Rhodococcus erythropolis* and *Mycobacterium fluoranthenvivans* sp. nov. *International Journal of Food Microbiology* 105 (2) 111-117.p.
- TRENHOLM, H. L., HAMILTON, R. M. G., FRIEND, D. W., THOMPSON, B. K., HARTIN, K. E. (1984): Feeding trials with vomitoxin (deoxynivalenol)- contaminated wheat: Effects of swine, poultry and dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 527-531.o.
- TUBOLY S. (1998): Állatorvosi járványtan I. (Állatorvosi mikrobiológia). 214-216.p. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest.

VARGA J., TÓTH B (2005): Novel strategies to control mycotoxins in feed. A review. Acta Veterinaria Hungarica, 53 (2) 189-203.p.

WANG, J.S., GROOPMAN, J.D. (1999): DNA damage by mycotoxins. Mutation Research, 424 (1-2) 167-181.p.

WHO (1998): Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 884. Genova.

WU, F. (2004): Mycotoxin risk assessment for the pupose of setting international regulatory standards, Environmental Science Technology, 38 4049-4055.p.

ZELJEZIC, D., DOMIJAN, AM., PERAICA, M. (2006): DNA damage by Ochratoxin-A in rat kidney assassed by the alkaline comet assay. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 39 (12) 1563-8.p.

ZINEDINE, A., SORIANO, J.M., MOLTO, J.C., MANES, J (2005): Review of the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An estrogenic mycotoxin. Food and Chemical Toxicology, 45 (1) 1-18.p.

Elektronikus hivatkozás:

A BIZOTTSÁG AJÁNLÁSA (2006. augusztus 17.) A deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról (EGT vonatkozású szöveg) (2006/576/EK) L 229/7 Melléklet: Irányértékek, L229/9 URL:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:229:0007:0009:HU:PDF>

BIOAMIN FÓRUM (2010) Mikotoxinok jelenléte a takarmányokban 2003-2010. (2010) Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ, Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Európai Élelmiszerlánc Parlament – FOODLAWMENT Kiemelten Közhasznú Egyesület. Bioamin Fórum. Visegrád, 2010. november 26. URL: http://www.foodlawment.hu/downloads/biomin_2010_11_26_mgszh.pdf Letöltés ideje: 2014. 02. 15.

Letöltés időpontja: 2014. 03. 01.

NÉBIH (2012) Takarmányokra vonatkozó jogszabályok jegyzéke, Jogszabálygyűjtemény, 28. kiadás. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság. Összeállítás időpontja: 2012. 12. 20. 31.p. URL: <http://www.kormanyhivatal.hu/download/a/34/70000/Takarm%C3%A1nyokkal%20kapcsolatos%20feladatokra%20vonakoz%C3%B3%20jogszab%C3%A1lyok%20gy%C5%B1tem%C3%A9ny.pdf> Letöltés időpontja: 2014. 03.01.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Az alábbi személyeknek szeretném megköszönni segítségüket és támogatásukat, mellyel hozzájárultak szakdolgozatom elkészítéséhez:

Témavezetőmnek: Dr. habil. KÖNYVES LÁSZLÓ Ph.D, egyetemi docens, aki nagy türelemmel, segítőkészen támogatta munkámat.

Az ÁLLATHIGIÉNIAI, ÁLLOMÁNY-EGÉSZSÉGTANI ÉS ÁLLATORVOSI ETOLÓGIAI TANSZÉK munkatársainak, akik szintén köszönetet érdemelnek támogatásukért.

A laboratórium vezetőjének, FICSOR TIBORNÉnak, valamint a VITAFORT LABOR többi munkatársainak a vizsgálatok kivitelezéséhez nyújtott segítségükért szeretnék köszönetet mondani.

Természetesen szeretnék köszönetet mondani mindazon állatorvos kollégáknak, kolléganőknek, akik takarmányminták vételezésével lehetőséget adtak arra, hogy ilyen nagy számú mintát tudjunk vizsgálni.

Emellett mindenkinek szeretnék köszönetet mondani, akik részt vettek a Vitafort ZRT. és a Szent István Egyetem között a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-003 pályázat alapján létrejött együttműködésben.