

**Dr. Könyves Tibor\***, **Dr. Mišćević Branislav\*\***,  
**Dr. Ivanc Aleksandar\*\*\*** és **Vukosav Marija magiszter\*\*\*\***

## **Mikotoxinok a tejben**

### *1. Bevezetés*

A tej és tejtermékek fontos szerepet játszanak mindennapi étkezésünkben. Magas biológiai értékű fehérjeforrásként fontos táplálékok különösen gyermekek, várandós és szoptató nők, valamint idősök étrendjében. Azonban a nagyobb mennyiségű élelmiszer-előállítás magában hordozza az élelmiszerek minőségét és biztonságát befolyásoló veszélyforrások sorozatát. Ebből adódóan manapság egyre nagyobb szerepet kap az élelmiszer, illetve a takarmánybiztonság. Az élelmiszer és takarmány eredetű megbetegedések esetében a környezeti és ipari szennyeződések mellett, kiemelkedően fontos szerepet játszanak a mikroorganizmusok és a gombák által termelt mérgek. Ide tartoznak a mikroszkopikus gombák részéről kibocsájtott másodlagos anyagcseretermékek ún. mikotoxinok, (Wu 2006., Szeitzné 2007.). A takarmányok mikotoxinokkal való szennyezettsége hatalmas károkat okoz az állattenyésztésben és kedvezőtlenül befolyásolja a takarmány illetve élelmiszeripari termékek kereskedelmét. A mikotoxinok hatásai az egyes gazdasági állatfajok esetében eltérőek. Ennek két fő oka van. Egyrészt a hatások erőssége függ az adott állatfaj emésztőrendszerének felépítésétől és emésztés-élettani sajátosságaitól, másrészt egyes állatfajok fokozottan érzékenyek bizonyos mikotoxinokkal szemben, míg mások azok iránt fokozott érzékenységet mutatnak, (Mézess 1997.). Azonban a klinikai vizsgálatok és

---

\* *Dr. Könyves Tibor, egyetemi docens, Megatrend Tudományegyetem, Bioélelmiszer-termelői Kar, Topolya*

\*\* *Dr. Mišćević Branislav, rendes egyetemi tanár, Megatrend Tudományegyetem, Bioélelmiszer-termelői Kar, Topolya*

\*\*\* *Dr. Ivanc Aleksandar, rendes egyetemi tanár, Megatrend Tudományegyetem, Bioélelmiszer-termelői Kar, Topolya*

\*\*\*\* *Vukosav Marija magiszter, egyetemi tanársegéd, Megatrend Tudományegyetem, Bioélelmiszer-termelői Kar, Topolya*

kísérletek egyértelműen bizonyítják hogy a kérődzők kevésbé fogékonnyak a gombamérgek irányában. Ennek feltételezése azon a tényen alapul, hogy a kérődzők bendőjében található mikroflóra képes a gombák által termelt mérgek nagy részét lebontani, hatástalanítva ezáltal a toxinek érvényesülését, (*Fink-Gremmels 2008.*). Azonban ez a hatásmechanizmus egyes mérgek esetében nem tud kifejezésre jutni, így ezek az emésztőrendszeren át, felszívódnak az állati szervezetben és a tejen keresztül eljutnak a fogyasztókhoz. Összefoglalónk célja hogy általánosságban röviden szóljunk róluk, a továbbiakban bemutassuk a kérődzők takarmányaiban fellelhető mikotoxin forrásokat és rámutassunk ezek tejben való megjelenésére.

## 2. Általános áttekintő

Már a XIII. században a tatárjárás idejéből visszamaradt írásos leletek rámutatnak Batu kán seregében tömegesen jelentkező lóbetegségekre és az állatok elhullására, melynek oka feltételezhetően a gombamérgekkel fertőzött takarmányban keresendő, (*Zomborszkiné, 2004.*). Igazából az 1960-as években kezdődtek el a gombamérgekkel foglalkozó kutatások, amikor is az angliai pulykák takarmányadagjában található braziliai földimogyoró-darában felfedték az *Aspergillus flavus* által termelt aflatoxint, (*Rigó K., Varga J. 2003.*), melynek rákkeltő hatását is hamarosan kimutatták (*Barnes és Butler 1964*). Azóta számos gomba által termelt toxint, vagy fedeztek fel, olyanokat is amelyekről csak idővel bizonyosodott be hogy mérgező, míg mások egyelőre a laboratóriumok kutatási világában maradtak. Az élelmiszerbiztonsági kérdések megoldásában fontos tevékenységnek minősül a mikotoxinok tanulmányozása, beleértve a kimutatási eljárások tökéletesítését, bioszintézisüknek, toxikológiájuknak, járványtanuknak megismerése, valamint a védekezési eljárások fejlesztése.

A mikotoxinok teljes számát nem ismerjük, számuk több ezerre tehető. A kutatások igen gyorsan fedeznek fel újabb és újabb másodlagos gomba eredetű anyagcseretermékeket. 1971-ben Turner már 500 gombafaj 1200 másodlagos anyagcsereterméket rendszerezett (*Riley 1998.*). 1983-ban számuk már 2000 felett volt 1100 gombafajból, ami fajonként átlagosan kettőt jelentett. (*Turner és Alderigde 1983*). A 69.000 gombafajban, amely mintegy 5%-a a létező gombafajoknak, mintegy másfél millió a másodlagos anyagcseretermékek mennyisége, (*Hawksworth*

1991), de más konzervatív becslés is százezres nagyságrendet becsült. 1983-ra az ismert anyagcseretermékek száma már elérte a 3200-at és adatok szerint 1996-ra már túlhaladta az 5400-at, 2001-ig pedig ugyanilyen ütemben bővíthetett. (Riley 1998.) Ez viszont még csak töredéke a becsült anyagcseretermékek számának. Ez mutatja egyben, hogy a gyorsan gyarapodó ismeretek ellenére is inkább csak a kezdetén tartunk a munkának, (Mesterházy 1993). Azoknak a mikotoxinoknak a száma, amelyek betegséget okoznak kevesebb, ennek ellenére eltérő hatásuk miatt ezt a számot is nehéz felbecsülni. Jelenleg az Európai Unióban kidolgozásra került egy gyors riasztási rendszer RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) melynek segítségével gombamérgezés esetén a tagállamok értesíteni tudják az illetékes hatóságokat.

Ezen mérgek igen gyakran jelen vannak az állati takarmányokban, és ezáltal tejtermelő fejősállataink is állandóan fertőződnek, (Gareis et al., 1989; Sharma and Salunkhe, 1991; Wood, 1992). Annak ellenére hogy relatív kis mennyiségben található a tejben, a fejőstehenek esetében állandó termelésesökkenéssel, és szaporodásbiológiai nehézségekkel találjuk magunkat szemben. Magasabb koncentráció esetén több gombaméreg egyidejű megjelenése az állatok pusztulásához is vezethet.

### 3. A mikotoxinok előfordulása a fejősállatok takarmányaiban

A mikotoxinok a legtöbb esetben szántóföldön képződnek, de képződésük előfordulhat a betakarításkor, szállításkor és a tárolási műveletek során is. A mikotoxin képződés egyik feltétele a vízhez való hozzáférés, továbbá a megfelelő hőmérséklet. Amikor a gomba megfertőzi a növényt, a levegő páratartalma és a hőmérséklete jelentősen befolyásolja a növény növekedését és egészségét, valamint a mikotoxint termelő gombák versengését. A tárolás során az olyan tényezők, mint az állomány vízakтивitása, szellőztetettsége, hőmérséklete, a mikroorganizmusok versengése, a mechanikai sérülések, a rágcsálók, rovarok okozta károk és nem utolsósorban a gombaszennyeződés koncentrációja jelentős szerepet töltenek be a mikotoxinok felhalmozódásában.

A mikotoxinok takarmányokban való előfordulásának felmérésére megfelelő laboratóriumi módszerek állnak rendelkezésre, de sajnos a mintavétel pontatlanságából eredő hiányosságok miatt ezek az eredmények nem minden esetben tükrözik a valós állapotot. Utalni kell itt arra is, hogy a penészs szám meghatározása csak iránymutató lehet, de nem

tükrözi a valós mikotoxin szennyezettség mértékét. A takarmányok mikotoxin szennyezettségének felmérése emellett nem helyettesítheti az állati szervezetben fellépő, ott lezajló, káros dinamikus élettani hatások nyomon követését, legfeljebb kiegészíthetik azokat. Ezzel kapcsolatban szükséges megjegyezni azt, hogy az egyes mikotoxinok által előidézett jól ismert tünetek nem minden esetben jelentkeznek egyértelműen és azonos súlyossággal még azonos szintű szennyezettség esetében sem. Emiatt a nem pontosan ismert okból bekövetkező termelésesökkenés vagy általános, tehát nem pontosan meghatározható okú tünetek esetében is felmerül a mikotoxin terhelés gyanúja. Az egyes mikotoxinok kombinációi által előidézett problémák – amelyek a gyakorlatban általánosak – által előidézett káros hatások még nehezebben felismerhetők és azonosíthatók, (Mézes, 1997.) A bélcsatornából felszívódott mikotoxinok károsítják az állatok létfontosságú – és a termelés szempontjából is kiemelt jelentőségű – szerveit, így a májat, a vesét, az izomszövetet vagy akár az idegrendszert is.

<b>Takarmánykomponens</b>	<b>Mikotoxin</b>
Koncentrált abrak és szemestakarmányok	aflatoxin, fumonizin, zearalenon, fuzáriumsvav, trichotecén, Deoxynivalenol - DON, nivalenol, ergot alkaloidok, ochratoxin, anyarozsalkaloidok,
Lucerna és rétiszéna	lolitrems, paspalitrems, penitrem A, ergovalin és más ergot alkaloidák, trichothecének
Silótakarmányok	patulin, fumitremorogének, mycophenolsav, roquefortin, monoliformin, verrucarinok

*1. táblázat*

*A tejelő tehének takarmánykomponenseiben előforduló lehetséges gombamérgek*

A háziállatok emésztőrendszeri sajátosságai behatárolják a felhasználásra kerülő takarmány-komponensek fajtáit. A kérődző állatok (szarvasmarha, juh, kecske) viszonylag védettek a mikotoxinok káros hatásaival szemben, mivel a bendőben zajló fermentációs folyamatok

során azok nagy része olyan átalakuláson megy keresztül, amely toxikus hatásukat csökkenti. A kérődző állatok fő takarmányait jelentő tömegtakarmányok, jelentős penészfertőzöttsége esetén, azok jelentős mikotoxin tartalmát, a bendő mikroflórája már csak részben képes lebontani. Nagyobb hányaduk érintetlenül éri el a vékonybelet, ahonnan zsíroldékony jellegük miatt hatékonyan felszívódnak. Hasonlóan megnöveli a felszívódott mikotoxinok mennyiségét a bendő kémhatásának huzamosabb ideig való eltolódása is, amely kedvezőtlen irányban befolyásolja a bendő mikroflóra összetételét és számát (*Devegowda et al., 1989.*).

#### 4. A mikotoxinok előfordulása a tejben

A takarmányokban megtalálható gombák által termelt toxinok közül jó néhány juthat a tejelő állatok szervezetébe. Jó részük, a bendő mikroflórájának lebontó hatásmechanizmusának eredményeként inaktív anyagokra bomlik, melyek nem károsítják az állati szervezetet, és kiürülve onnan, nem okoznak rendellenességeket. Így a kérődzők emésztőrendszerébe bejutott Ochratoxin A - t az ott lévő protozók szinte teljesen hatástalanítják, (*Hult et al. 1976., Petterson et al. 1982.*). Hasonló eredmények születtek a Deoxynivalenol – DON esetében is, amikor az állatok egész magas mérgek koncentrációt voltak képesek tolerálni, (*Ingalls, 1996*). A takarmány zearalenon tartalmát a kérődzők képesek 90% - os hatásfokkal inaktiválni – $\alpha$  és – $\beta$  zearalenonra, (*Kiessling et al. 1984., Kennedy et al 1998.*)

Humánkárosító hatásuk miatt az *Aspergillus* gombák által termelt aflatoxin mérgeket az egyik legveszélyesebb csoportba sorolják. Az aflatoxin B<sub>1</sub> a bendő mikroflórájának hatására lebomlik, azonban a megmaradt frakció (aflatoxin M<sub>1</sub>) egy része a véráramon keresztül a májba jut és ott raktározódik, valamint megjelenik a tejben is (*Kuillman et al., 2000.*). Ennek mennyisége a felvett takarmány nagyságának, annak penészfertőzöttségének, a fejősállat májának transzformáló képességének, valamint a szervezet élettani sajátosságainak függvénye. Az aflatoxin M<sub>1</sub> mérgek tejben kimutatható mennyisége a takarmánnyal bekerült aflatoxin B<sub>1</sub> 1 – 2 % - át is kiteheti, (*Van Egmond, 1989.*). Azonban az intenzív tejtermelő állományokban, ahol a koncentrált abrakmennyiség – fogyasztás igen magas lehet, a tejben megjelenő M<sub>1</sub> mérgek tartalma elérheti az előbb említett aflatoxin B<sub>1</sub> 6.2 % is, (*Veldman et al.*

1992.). Mindkét gombaméreg esetében bizonyított a karcinogén hatás, (Henry et al. 2001.), Az aflatoxinok gyorsan felszívódnak a tehenek gyomor-bélcsatornájából. Egy korai felszívódásra már a száj vagy a nyelőső nyálkahártyáján keresztül is sor kerülhet, még mielőtt a toxinok a bendőbe jutnak. Az aflatoxin B1 (AFB1) biotranszformációja főleg a májban zajlik, ahol a mitokondriális citokróm P450 oxidatív rendszer az AFB1-et átalakítja aflatoxin M1-gyé (AFM1). Az aflatoxin B1 szájon át történő felvétele után már mintegy 15–30 perccel kimutatható aflatoxin M1 szintek lehetnek a tejben. A tej aflatoxin M1 szintjei – a felvett toxinmennyiségtől függően – a toxinfelvétel után mintegy 45–60 perccel érik el a csúcértékeket. A felvett aflatoxin B1 maximum 5%-a kerülhet be a tejbe. Ezért, ha a teheneknek közvetlenül a fejés előtt aflatoxinnal szennyezett takarmányt adunk, nagyobb lesz az esélye annak, hogy magas aflatoxin M1 szintek jelennek meg a tejben. Ha a fejés után etetjük meg a teheneket, ez kedvező lehet az adott napon kifejt tej toxintartalma szempontjából, de az ilyenkor felvett aflatoxin B1 aflatoxin, M1 formájában jelen lesz a következő napon kifejt tejben, (Dewegovda, 1998.). Ezek és hasonló kutatások eredményeként több országban is törvényrendelettel szabályozták a tej és tejtermékekben fellelhető minimális aflatoxin mennyiséget. Ezek nyomán a Joint Expert Committee of Food Additives (JECFA) a *Codex Alimentarius* és a US Food and Drug Administration (USFDA) testületek által meghatározott minimális mennyiség a tej és tejtermékek esetében 0,5 µg /Kg . Ennek hatására Európában, egyes Afrikai illetve Ázsiai és Latin-Amerikai országokban, a gyermekek jelentős tejfogyasztása érdekében ezt az értéket 0,05 µg /Kg –ra szigorították, (Van Egmond et al. 2007.).

### 5. A tejbe jutott mikotoxinok és az élelmiszerbiztonság

A mikotoxinok élelmiszerbiztonsági kockázata abban áll, hogy azok az állati szervezetekből a tejbe jutnak és az ebből készített élelmiszerekben mint a konzumtej, sajt, erjesztett tejtermékek stb. is jelen lehetnek, veszélyeztetve az azokat fogyasztó ember egészségét. Az egészségkárosító hatások közül, humán egészségügyi szempontból, a legfontosabb a tumor képződésre kifejtett hatásuk, (Whitlow et al. 2006.). Az állati termékek közül a mikotoxinok előfordulása a tejben és a belső szervekben (máj, vese) a legjelentősebb, míg a húsban vagy a tojásban

mérsékeltőbb. Azonban bizonyos erjesztett tejtermékek esetében mint a kefir, annak ellenére hogy a takarmányadagok és a kitermelt tej is tartalmazott bizonyos mennyiségű gombamérget, az erjesztés után nem észleltek mikotoxint, (Jolánkai *et al.*, 2008.).

A mikotoxinok hatásainak csökkentésére számos próbálkozás történt már a korábbiakban is, de a javasolt módszerek között nem létezik minden toxinra egyaránt alkalmas eljárás. A mikotoxinok káros hatásai elleni első módszer a megfelelő agrotechnika alkalmazása. Tömegtakarmányok esetében fontos a széna-, szilázs és szenázs-készítés technológiai rendjének szigorú betartása. Törekednünk kell a penészes takarmányok etetésének lehetőleges elkerülésére. Korábban bevett módszer volt a penészes takarmányok „hígítása” alacsony penészszámú illetve nagyon alacsony mikotoxin tartalmú takarmányokkal. Annak ellenére hogy ez a még ma is számos helyen általánosan alkalmazott módszer az Európai Unió érvényes rendelkezései ezt szigorúan tiltják. A mikotoxinok elleni védelem másik lehetősége a takarmányadagokhoz valamely mikotoxint megkötő vagy az állatok bélcsatornájában lebontó vegyület bekeverése, (Mézses, 1997.).

## 6. Összefoglaló

Általánosságban elmondhatjuk hogy háziállataink nagy része a takarmányozás során nagymértékben fertőződhet gombamérgekkel. A kérődzők viszonylag védettek a mikotoxinok hatásaival szemben, mivel a bendőben lévő fermentációs folyamatok során azok nagy része elveszíti toxikus hatását. Befolyásolja még a bendő védelmi rendszerét a bendő mikroorganizmusok összetétele, száma, illetve a bendő kémhatása. Azonban folyamatos és nagy mikotoxin dózissal szemben a kérődzők védelmi rendszere is csődöt mondhat, így az általuk termelt mérgek a tejben is megjelenhetnek. Ilyen tekintetben a tej és tejtermékek, mikotoxinok potenciális forrásai lehetnek. A humántáplálkozás szempontjából a legnagyobb veszélyt az *Aspergillus* törzsek által szintetizált aflatoxin jelenti, mely rákkeltő hatással is rendelkezik. Mindent összevetve a gombamérgek jelenléte a tejben, a tenyésztők és a fogyasztók szempontjából is komplex problémát jelent, melynek megoldása csak összehangolt stratégia segítségével lehetséges.

## Felhasznált irodalom:

1. Barnes, J. M. and Butler, W. H.: Carcinogenic activity of aflatoxin to rats. *Nature* (1964) 202:1016.
2. CAST. Council for Agricultural Science and Technology. 1989. *Mycotoxins: Economic and Health Risks*. Task Force Report No. 116. Ames, Iowa.
3. Cannavan A, Blanchflower WJ, Elliot CT. 1998. Zeranone is formed from *Fusarium* spp. Toxins in cattle in vivo. *Food Additives and Contaminants* 15:393–400
4. Devegowda, G., M.V.L.N. Raju, N. Afzali and H.V.L.N. Swamy. 1998. Mycotoxin picture worldwide: novel solutions for their counteraction. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 14th Annual Symposium* (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds.). Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 241.
5. Gareis, M., J. Bauer, C. Enders and B. Gedek. 1989. Contamination of cereals and feeds with fusarium mycotoxins in European countries. In: *Fusarium Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity* (J. Chelkowski, ed.). Elsevier, Amsterdam, p. 441.
6. Hawksworth, D.L.: The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycol. Res* (1991) 95:641
7. Henry SH, Whitaker T, Rabbini I, Bowers J, Park D, Price WD, Bosch FX, Pennington J, Verger P, Yoshizawa T, et al. 2001. Aflatoxin M1. In: *Safety evaluation of certain mycotoxins in food*. Prepared by the Fifty-sixth Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). FAO Food and Nutrition Paper No. 74. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. Hult K, Teiling A, Gatenbeck S. 1976. Degradation of ochratoxin A by a ruminant. *Applied and Environmental Microbiology* 32: 443–444.
9. Joanna Fink-Gremmels: *Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review* *Food Additives and Contaminants*, February 2008; 25(2): 172–180.
10. Jolánkai et al. / *aweth* vol 4. Különszám (2008).
11. Kennedy DG, Hewitt SA, McEvoy JD, Currie JW, Kuilman ME, Maas RF, Fink-Gremmels J. 2000. Cytochrome P450-mediated metabolism and cytotoxicity of aflatoxin B(1) in bovine hepatocytes. *Toxicology In Vitro* 14:321–327.
12. Kiessling KH, Pettersson H, Sandholm K, Olsen M. 1984. Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact



rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. Applied and Environmental Microbiology 47:1070–1073

13. Mesterházy, Á. (Ed.): A mycotoxin kérdés Magyarországon, különös tekintettel a *Fusarium* genusra. (The mycotoxin problem in Hungary with special attention to the *Fusarium* genus). OMFB tanulmánykötet, Kézirat 1993. 49 pp.

14. Mézes M.: Takarmányártalmak takarmánytoxikológia, 1997. Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar, Takarmányozási Tanszék.

15. Pettersson H, Kiessling KH, Ciszuk P. 1982. Degradation of ochratoxin A in rumen. In: Proceedings of the Vth International IUPAC Symposium Mycotoxins and Phycotoxins. Vienna (Austria): Austrian Chemical Society.

16. Rigó K., Varga J.: Az ochratoxin termelés előfordulásának, biokémiai és genetikai hátterének vizsgálata *Aspergillus* fajokban, 2003. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Mikrobiológiai Tanszék.

17. Riley, R. T.: Mechanistic interactions of mycotoxins: theoretical considerations. 227-253. In: Sinha K. K. and Bhatnagar, D. (Eds.) Mycotoxins in agriculture and food safety. 1998. Marcel Dekker Inc. New York, 511. pp.

18. Sharma, R.P. and D.K. Salunkhe. 1991. Occurrence of mycotoxins in foods and feeds. In: Mycotoxins and Phytoalexins (R.P. Sharma and D.K. Salunkhe eds.). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, p. 13.

19. Szeitzné Sz. M.: Előszó, 2007. Élelmiszervizsgálati közlemények: Élelmiszerbiztonság-Élelmiszerminőség (Különszám). LIII. Kötet: 3-4 o.

20. Turner, W. B. and Alderidge, D. C.: Fungal Metabolites II. 1983. Academic Press, 631 pp.

21. Van Egmond HP. 1989. Aflatoxin M1: occurrence, toxicity, regulation. In: Van Egmond HP, editor. Mycotoxins in dairy products. London (UK): Elsevier Applied Science.

22. Veldman A, Meijst JAC, Borggreve GJ, Heeres-van Tol JJ. 1992. Carry-over of aflatoxin from cow's food to milk. Animal Production 55:163–168. 23. Van Egmond HP, Schothorst RC, Jonker MA. 2007. Regulations relating to mycotoxins in food: perspectives in a global and European context. Analytical and Bioanalytical Chemistry 389:147–157.

23. Whitlow LW., Diaz DE, b.a. Hopkins BA., and w.m. Hagler WM., jr.. Mycotoxins and milk safety: the potential to block transfer to milk- Alltech inc.

24. Wood, G.E. 1992. Mycotoxins in foods and feeds in the United States. J. Anim. Sci. 70:3941.

25. Wu F. 2006. Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Research* 15:277–289.

26. Zomborszky Kovács M.: A penészgombák toxinjainak egészségügyi vonatkozásai, 2004. *Mezőhír*, VIII. évfolyam, 2004-02.