

ADSORBENSEK A MIKOTOXIN-SZENNYEZETT TAKARMÁNYOK KEDVEZŐTLEN HATÁSAINAK A CSÖKKENTÉSÉRE

(IRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS)

NAGY ZITA – KÖLBER MÁRIA – MÉZES MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

A penészgombák másodlagos metabolizmusok során mikotoxinokat is termelnek, amelyek az állatok számára egészségkárosító hatásúak, de az állati termékekben (hús, tej, tojás) akumulálódva a fogyasztó számára is veszélyforrást jelenthetnek. A takarmányok mikotoxin tartalmának felszívódása az állatok bélcsatornájából adszorbensekkel csökkenthető. A mikotoxin adszorbens vegyületek hatása azon alapul, hogy nagy aktív felülettel, valamint főképp a poláros vegyületek megkötésére alkalmas kötőhellyel rendelkeznek. Poláros jelleggel azonban a mikotoxinok közül elsősorban az aflatoxinok rendelkeznek. Így az egyéb mikotoxinok megkötése csak mérsékelt, például a zearalenon vagy a trichotecén vázasok.

Emellett számos mikotoxin adszorbens (főképp a szilikát ásványok), a bélcsatornában egyéb táplálóanyagokat is megköt, például vitaminokat, ásványi anyagokat. A szilikát ásványok kötési kapacitása a bélcsatorna különböző szakaszainak pH értékén eltérő. A mikotoxin adszorbensek szerves és szerves vegyületek is lehetnek. A szervesen csoportba szilícium polimerek, így például egyes agyagásványok (kaolin, szepiolit, zeolit, bentonit, stb.) és az aktív szén tartoznak. A szerves adalékanyagok pedig a nagy rosttartalmú takarmányok, az élesztősejtfal kivonatok és egyes huminsav származékok.

SUMMARY

Nagy, Z. – Kolber, M. – Mézes, M.: ADSORBENTS AND THE DECREASE OF UNDESIRABLE IMPACTS DUE TO MYCOTOXIN-CONTAMINATED FEEDSTUFFS (A Review)

During their secondary metabolism, moulds produce mycotoxins which have detrimental effects on animal health and which may also cause human health problems should one consume products of animal origin (e.g. meat, milk and egg) in which certain mycotoxins have accumulated. Absorption of feed-derived mycotoxins from the gastro-intestinal tract of animals can be decreased using adsorbents. The effect of mycotoxin adsorbents is based on their high active surface and their high binding capacity, especially for polar compounds. Among mycotoxins, aflatoxins have polar characteristics; therefore, its binding with other mycotoxins, such as zearalenone and trichothecenes, is moderate. Some mycotoxin adsorbents, mainly silica-polymers, bind in the gastrointestinal tract with other nutrients (e.g. vitamins, trace elements). The mycotoxin binding capacity of the silica-polymer-based adsorbents varies at different pH values found in the gut. Mycotoxin adsorbents can be inorganic or organic compounds. The inorganic adsorbents are silica polymers, such as clays (e.g., kaolin, sepiolite, zeolite, bentonite) and activated charcoal. The organic adsorbents are high fibre-containing feeding stuffs, yeast cell wall components and some humic acid derivatives.

BEVEZETÉS

Takarmány-alapanyagokat és takarmány-keverékeket fertőző penészgombák másodlagos metabolizmusok során számos toxikus anyagcsereterméket, mikotoxinokat (aflatoxinok, zearalenon, T-2 toxin és metabolitjai, ochratoxinok, fumonizinek, deoxinivalenol, stb.) termelnek. A mikotoxinok a takarmánnyal az állati szervezetbe jutva és a bélcsatornából felszívódva a vérben és a szövetekben részben akkumulálódva egészségkárosító hatásúak, de a mikotoxinokkal szennyezett állati terméket fogyasztó ember számára is veszélyforrások lehetnek (Kovács, 2001) (1. ábra). Az állattenyésztés során gyakran jelentős gazdasági károkat okoznak, mivel a takarmánynövények jelentős hányadát szennyezik az egész világon (Hornok és mtsai, 2005; Lawlor és Lynch, 2005; Mesterházy, 2007). Az Európai Unió rendelkezése szerint (EU, 2003b) takarmányozási célokra csak kiváló minőségű alapanyagokat, kiegészítő takarmányokat és adalékanyagokat használhatnak fel, amelyek mikotoxin tartalma célszerűen nem haladhatja meg az aflatoxinok esetében kötelező érvényű (EU, 2003a), míg egyes más mikotoxinok esetében a javasolt (EU, 2006) határértéket.

1. ábra: A leggyakoribb mikotoxinok körforgása a táplálékláncban (Kovács, 2001)

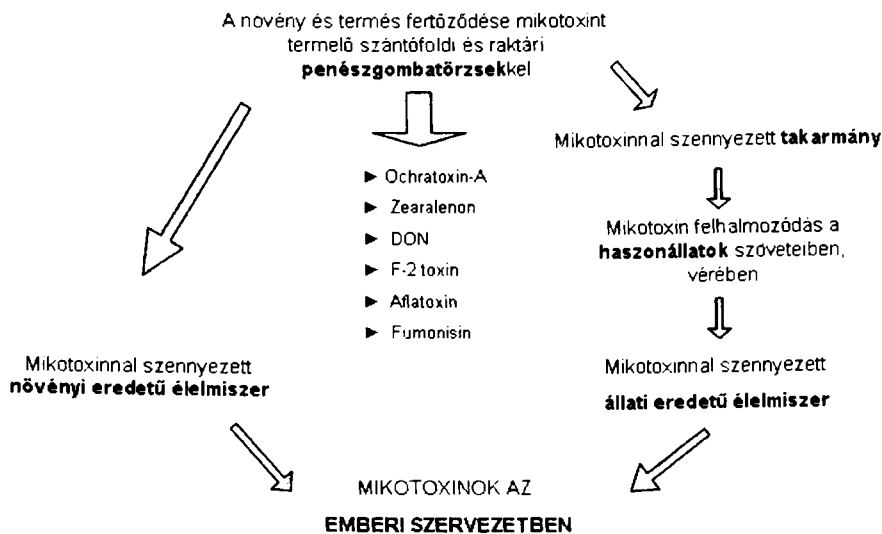


Figure 1. Cycle of the most frequent micotoxins in the food chain (Kovács, 2001)

Abban az esetben, ha a takarmány-alapanyagok, illetve a takarmányok előállítása során már kialakult a mikotoxin szennyezettség, amelyet valamely célirányos megelőző intézkedéssel (Paster és mtsai, 1985) nem lehetett kiküszöbölni, akkor mód van olyan, például felületaktív anyagok takarmány adalékanyagként való alkalmazására, amelyek képesek a takarmányban jelenlévő mikotoxinok megkötésére, csökkentve azok felszívódását és így káros hatását az állati szervezetben (Kovács, 2001).

A mikotoxin adszorbens vegyületek hatása azon az elven alapul, hogy egyrészt nagy aktív felülettel, másrészt jelentős számú – főképp a poláros vegyületek meg-

kötésére alkalmas – kötőhellyel rendelkeznek. Poláros jellegük, a takarmányozásban előforduló mikotoxinok közül, elsősorban az aflatoxinoknak van, így más mikotoxinok megkötése ilyen vegyületekkel csak mérsékelt hatású. Emellett számos mikotoxin kötő vegyület a bélcsatornában egyéb táplálóanyagokat (például vitaminokat, ásványi anyagokat) is megköt, amelyek emiatt csak csökkent mértékben szívódnak fel, potenciálisan akár hiánytüneteket is előidézve. Tekintetbe kell venni azt is, hogy a különböző mikotoxin kötő vegyületek kötési kapacitása a bélcsatorna szakaszainak változó pH értékén eltérő, így kedvező hatásuk csak bizonyos bélszakaszokban érvényesül, sőt ezt követően a korábban már megkötött mikotoxinok ismét szabaddá válhatnak és felszívódhatnak (*Jouany, 2007*).

A mikotoxinok megkötésére javasolt adalékanyagok szerves és szervetlen vegyületek is lehetnek. A szervetlen csoportba szilícium polimerek, így például egyes agyagásványok (kaolin, szepiolit, zeolit, bentonit stb.), valamint az aktív szén tartozik (*CAST, 2003*). A szerves adalékanyagok a nagy rosttartalmú takarmányok (szénák, szalmák), az élesztősejtfal kivonatok és egyes huminsav származékok (*Smith, 1980*).

Az elmúlt évtizedekben számos kísérletet végeztek szervetlen és szerves hatóanyagú mikotoxin adszorbensekkel. Általában abban az esetben javasolják a takarmányokhoz ilyen adalékanyagok keverését, amikor szántóföldi és raktári körülmények során alkalmazható megelőző védekezések ellenére a takarmány mikotoxin szennyezettsége magas (*Jouany, 2007*).

Szervetlen adszorbensek

Aktív szén

A XIX. sz. óta az orvostudomány sikeresen alkalmazza mérgező anyagok megkötésére a porózus szerkezete miatt nagy aktív felülettel bíró (500–3500 m² /g) aktív szenet, amelyet oxigén-hiányos környezetben elszénesített fából, illetve csonthéjasok sejtfalából állítanak elő (*Ramos és mtsai, 1996*). Mikotoxinokkal szemben mutatott hatékonyságát részecskemérete, aktív felülete, az adott mikotoxin kémiai szerkezete, valamint a szennyezettség mértéke befolyásolja (*Huwig és mtsai, 2001*).

Az aktív szén mikotoxin megkötő hatását *in vitro* körülmények között bizonyították a deoxinivalenol és a nivalenol (*Avantaggaito és mtsai, 2004*), a fumonizinek (*Avantaggaito és mtsai, 2005*) és az aflatoxin esetében (*Bonna és mtsai, 1991*) is. Gyakorlati körülmények között azonban elsősorban az aflatoxinok megkötését lehetett bizonyítani kecskékkal (*Hatch és mtsai, 1982*), brojlercsirkékkel (*Dalvi és Ademoyero, 1984*) és tejelő tehennel (*Gaivano és mtsai, 1996*) végzett kísérletekben, de csak nagy (5-10 %) mennyiségben adagolva (*Diaz és Smith, 2005*). Az aktív szén kedvező hatását mutatták ki mérsékelt T-2 toxin-terhelés (0,6 mg/kg) esetén sertésekkel végzett vizsgálatban (*Poppenga és mtsai, 1987*).

Szilikátásványok

A földkéreg anyagának mintegy háromnegyed részét alkotják a szilikátásványok. A szilikátokon belül két fő csoportot, a filloszilikátokat és a tektoszilikátokat lehet kiemelni. A filloszilikátokhoz a szemkít csoportba tartozó montmorillonit, a

kaolinit és az illit csoportok, a tektoszilikátokhoz pedig a zeolitok tartoznak. Ezek az agyagásványok a takarmányozás gyakorlatában technológiai adalékanyagként ismertek, amelyeket pelletképzőként és a takarmányszemcsék fluiditásának növelésére alkalmaznak, de mikotoxinok, elsősorban az aflatoxinok, megkötésére is alkalmasak (*Masimango és mtsai*, 1979). Az agyagásványokkal kapcsolatosan azonban általános probléma, hogy csak 0,5–2% mennyiségben alkalmazva hatékonyak, továbbá figyelembe kell venni, hogy megkötik a mikro-táplálóanyagok, így például a mikroelemek és vitaminok egy részét is (*Ward és mtsai*, 1991). További probléma lehet az is, hogy a természetes agyagásványok esetenként nehézfémekkel (pl. ólom, kadmium) vagy dioxinokkal szennyezettek, amely okok miatt az USA FDA az agyagásványokat nem minősítette biztonságos mikotoxin megkötő anyagoknak (*FDA*, 1999). A szervesen, porózus, és nagy aktív felületű, agyagásványok, az állati szervezetben vízzel telítődnek, melynek hatására a mikotoxin poláros csoportjait felszínükön megkötik. Az adszorbens mikotoxin megkötő képessége tehát az aktív felület nagyságától, annak felületi aktivitásától, valamint az adott mikotoxin polaritásától is függ (*Phillips és mtsai*, 1987).

Kaolin

A legtöbb agyagásvány, így például a filloszilikátok közé tartozó kaolin, a mikotoxinok közül elsősorban az aflatoxinokat köti meg. Alkalmazása azonban rendkívül költséges, és a kevésbé poláros mikotoxinokat, így például a trichotecénvázias vegyületeket, pedig csak kis hatékonysággal köti (*Masimango és mtsai*, 1978).

Bentonit

A bentonit fő komponense a montmorillonit, amelynek több változata is létezik, attól függően, hogy milyen domináns kationok találhatóak benne. Ezek lehetnek alumínium, kálium, kalcium vagy nátrium. A mezőgazdaság gyakorlatában, homoktalajokban alkalmas a különálló homokszemcsék összetapadásának fokozására, emellett szerves anyagokkal keverve, talaj-szerkezetet javító hatása is régóta ismert. Ioncserélő hatása miatt alkalmas lehet a mikotoxinok megkötésére is (*Diaz és Smith*, 2005). Egyes újabb *in vitro* adatok szerint a montmorillonit mikotoxin-, különösen aflatoxin B₁ megkötő kapacitása függ az agyagásvány töltéserősségétől. Az alacsony töltéserősségű montmorillonitok erősebben, a nagy töltés-erősségűek viszont gyengébben kötik az aflatoxin B₁ molekulát (*Jaynes és mtsai*, 2007).

A bentonit pozitív hatását bizonyították *in vivo* aflatoxin B₁ toxikózis esetén brojlercsirkékkel (*Santurio és mtsai*, 1999), hízósertésekkel (*Lindemann és mtsai*, 1993), nílusi tilapia-val (*Shehata és mtsai*, 2003) beállított kísérletekben. A bentonit csökkentette aflatoxin B₁-el szennyezett takarmányt fogyasztó tehének tejének aflatoxin M₁ tartalmát is (*Diaz és mtsai*, 1997). Emellett hatékonynak bizonyult szterigmatocisztin esetében tisztán kémiai rendszerben és *in vivo* modellben is. Utóbbi esetben csökkentette a szterigmatocisztin (0,5 mg/kg ttm.) genotoxikus hatását nílusi tilapia-ban (*Abdel-Wahhab és mtsai*, 2005).

A másik általánosan alkalmazott bentonit, a szepiolit, *in vitro* modell rendszerben hatékonyabban kötötte az aflatoxinokat, mint a montmorillonitok (*Jaynes és mtsai*, 2007).

A filloszilikátok számos egyéb, kémiailag módosított, nagy tisztaságú változata is ismert, amelyekről megállapították, hogy az egyéb mikotoxinok közül hatékonyan köti a zearalenont, amelyet kocasüldőkkel végzett vizsgálat során bizonyítottak (*Malone és mtsai, 2007*).

Zeolitok

A zeolit körülbelül 45 különböző ásvány összefoglaló elnevezése. Közös tulajdonságuk, hogy aluminoszilikátok, jelentős pozitív kation kötési kapacitással. A zeolitok rendkívül pH érzékenyek, pH=4,0 érték alatt részlegesen hidrolizálódnak, és a kristályszerkezet emiatt részben felbomlik (*Cook és mtsai, 1982*). A mezőgazdaságban elterjedten alkalmaznak zeolit hatóanyagú készítményeket, mivel alkalmasak például állattartó telepeken a szagmisszió mérséklésére, továbbá hígtrágya kezelésére. Növelik a savanyú talajok pH-ját, elősegítik a növények vízfelvételét, és javítják a talajok vízháztartását (*Diaz és Smith, 2005*). Takarmányadalékanyagként alkalmazva képesek megkötni az emésztés során keletkező egyes potenciálisan káros anyagokat is.

A zeolit mikotoxin adszorbens hatását *in vivo* aflatoxin B₁ toxikózis esetén bizonyították brojlercsirkékben (*Phillips és mtsai, 1987; Harvey és mtsai, 1993; Scheideler, 1993*) és japán fürjekben (*Parlat és mtsai, 1999*), de *Sova és mtsai* (1991) azt is megállapították, hogy a zeolit brojlercsirkékben nem képes az akut aflatoxikózis által előidézett májkárosodás mértékének csökkentésére. Az egyéb mikotoxinok közül a zeolit hatékonynak bizonyult még ciklopiazonsav toxikózis ellen is egy brojlercsirkével végzett vizsgálatban (*Dwyer és mtsai, 1997*).

Hidratált nátrium-kalcium-alumínium-szilikát

A zeolitok egy módosított, szintetikus változata a hidratált nátrium-kalcium-alumínium-szilikát (HSCAS), mely megköti a takarmányokban lévő pozitív töltésű összetevőket. *Phillips és mtsai* (1987) *in vitro* körülmények között megállapították, hogy az aflatoxin és a HSCAS között fellépő erős kémiai kötés következtében a szilikátok közül a HSCAS bizonyult a leghatékonyabb kötőanyagának. Megfigyelték továbbá azt is, hogy 30 perc elteltével egyensúlyi állapot alakul ki, amelynek során 1 mg HSCAS maximálisan 200-232 nmol aflatoxint képes megkötni.

Számos kísérletben igazolták a HSCAS aflatoxin terhelést csökkentő hatását baromfi (*Ramos és Hernandez, 1996*) és kérődző fajokban (*Diaz és Smith, 2005*), így brojlercsirkében, pulykában, szarvasmarhában, juhban és kecskében. Mások ugyanakkor HSCAS-nak csak mérsékelt (*Fazekas és mtsai, 2000*), illetve alacsony (*Garcia és mtsai, 2003*) T-2 toxin kötési kapacitását mutatták ki, ugyanakkor hatékonynak bizonyult az ochratoxin A esetében *in vitro* és *in vivo* modellekben egyaránt (*Garcia és mtsai, 2003*). A HSCAS ugyancsak hatástalannak bizonyult juhokban a csenkeszeket fertőző endofita gombák által termelt mikotoxinok (ergotamin, ergovalin) ellen, annak ellenére, hogy egy *in vitro* vizsgálat során kimutatták, hogy a HSCAS az ergotamin több mint 90 megköti vizes oldatban (*Chestnut és mtsai, 1992*).

Szerves adszorbensek

A szerves mikotoxin adszorbensek közé részben szintetikus vegyületek, mint például a klorofillin vagy a kolesztiramin, egyes nagy nyersrost tartalmú takarmányok (pl. szalmák, búzakorpa, lucernaszéna), továbbá az élesztő sejtfa kivonatok és egyes huminsav származékok tartoznak.

Klorofillin

A klorofillin, egy klorofillból izolált vízben oldódó anyag, amely hozzávetőlegesen 34% klorofillt és 66% sót tartalmaz. Aflatoxin kötő képességének vizsgálata során megállapították, hogy kedvező hatásának hátterében antioxidáns tulajdonsága áll, valamint jelenlétében klorofillin-aflatoxin komplex jön létre, ezzel csökkentve az aflatoxin B₁-DNS adduktok létrejöttét (*Breinholt és mtsai*, 1999). Szívárványos pisztrángokkal beállított etetési kísérletben *Breinholt és mtsai* (1995) megállapították, hogy klorofillin hatékonyan képes az aflatoxin megkötésére, mivel az aflatoxin B₁ hepatotoxikus és karcinogén hatását jelentős mértékben csökkentette.

Kolesztiramin

A kolesztiramin egy hatásos anioncserélő gyanta, amelyet az epesavak megkötésére, valamint a koleszterinszint csökkentésére használnak a humán gyógyászatban. A kolesztiramin *in vitro* körülmények között hatékonyan megkötötte az ochratoxin A (*Bauer*, 1994), a zearalenon (*Ramos és mtsai*, 1996) és a fumonizin mikotoxinokat is (*Jouany*, 2007). Feltételezések szerint hatásmechanizmusa abban van, hogy csökkenti az epesav termelődést, így például megnö az ochratoxin bélsárral ürített mennyisége (*Kerkadi és mtsai*, 1998). Rendkívül költséges volta miatt azonban a kolesztiramin jelentősége a gyakorlati takarmányozásban elhanyagolható (*Diaz és Smith*, 2005).

Nagy nyersrost tartalmú takarmányok

A nagy nyersrost tartalmú takarmányok, mint például a szénák (pl. lucernaszéna) vagy a szalmák (pl. búzaszalma) mikotoxin megkötő kapacitásával kapcsolatban már régóta vannak gyakorlati ismereteink a lőtakarmányozásban. A lucernaszéna kedvező hatását tudományos igénnyel végzett vizsgálatban, először sertéseken, zearalenon toxikózis esetén bizonyították (*Smith*, 1980). Szükséges azonban utalni arra, hogy a kedvező hatás mellett, a lucernaszéna is fertőzött lehet *Fusarium sp.* penészgombákkal, amelyek potenciális mikotoxin források lehetnek. Csak nagy mennyiségben (15–25%) alkalmazva hatékony, ami viszont már kedvezőtlen emésztés-életteni hatású.

Élesztő sejtfa kivonatok

A szerves adszorbens vegyületek közül, a legtöbb adatunk, az élesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) sejtfa kivonatokkal, az ún. mannán-oligoszacharidokkal, illetve ezek módosított változataival, β - Δ -glükánokkal észterifikált származékaikkal

kapcsolatban van, amelyek *in vitro* rendszerekben számos mikotoxint képesek kisebb-nagyobb hatékonysággal megkötni (Devegowda és mtsai, 1998). Az is megállapítást nyert, hogy az élesztő sejtfa kivonat mikotoxin megkötő tulajdonsága a α - Δ -glükán tartalmától függ (Yiannikouris és mtsai, 2004).

Az élesztő sejtfa kivonatot – számos vizsgálat eredményei alapján – a kedvező hatás elérése érdekében, a korábban tárgyalt szerves és szervetlen adszorbenseknél alacsonyabb koncentrációban (0,1–0,2%) elegendő a takarmányhoz keverni. Úgy tűnik, az élesztő sejtfa kivonatok kisebb mértékben kötik a szervezet számára hasznos mikroelemeket és vitaminokat is (Diaz és Smith, 2005). Azt is megfigyelték, hogy az észterifikált glükomannánok mikotoxin adszorpciója reverzibilis, az adott mikotoxin koncentrációjától függő reakció, amelyet a béltartalom kémhatása és relatív foszfát tartalma is befolyásol. Az adszorbens tisztán kémiai rendszerben optimálisan pH=4 és 0,5 M foszfáttartalmú pufferben fejti ki hatását, amely feltételek nagyrészt megegyeznek az állatok emésztőcsatornájában uralkodó viszonyokkal (Diaz és Smith, 2005).

Az élesztő sejtfa hidrolizátum aflatoxin B₁ megkötő hatását, brojlercsirkékkel végzett vizsgálataik alapján, elsőként Stanley és mtsai (1993) bizonyították. Később kimutatták az észterifikált glükomannán kedvező hatását ugyancsak brojlercsirkékben az aflatoxin B₁ mellett ochratoxin A és T-2 toxin-terhelés mellett is (Raju és Devegowda, 2000; Denli és Okan, 2002; Basmacioglu és mtsai, 2005; Weber és mtsai, 2006). Az észterifikált glükomannán mikotoxin megkötő képességét bizonyították egy újonnan felfedezett *Fusarium* mikotoxin, az *aurofuzarin*, esetében is, japán fürjekkel beállított kísérletben (Dvorska és mtsai, 2003). Mikotoxinokkal (kis mennyiségű aflatoxinnal, ochratoxinnal, zearalenonnal és T-2 toxinnal) szennyezett takarmányok etetésekor az észterifikált glükomannánok kedvező hatását mutatták ki brojlercsirkék (Aravind és mtsai, 2003), választott malacok (Swamy és mtsai, 2003), hízósertések (Swamy és mtsai, 2002) és vemhes kocák (Diaz-Llano és Smith, 2006) termelési paramétereire. Az észterifikált glükomannán kiegészítés nem csökkentette szignifikáns mértékben a *Fusarium* mikotoxinokkal (deoxinivalenol, 15-acetil-deoxinivalenol, fuzarium sav és zearalenon) szennyezett takarmány etetésének káros hatását lovak egyes termelési paramétereire. A májkárosodást jelző γ -glutamil-transzferáz enzim aktivitása viszont szignifikáns mértékben csökkent az észterifikált glükomannán adszorbens kiegészítés hatására (Raymond és mtsai, 2003). Sertésekkel etetett *Fusarium* mikotoxinokkal (deoxinivalenol, 15-acetil-deoxinivalenol, fuzarium sav és zearalenon) szennyezett takarmány hatására megnőtt a hipotalamusz dopamin koncentrációja, amelyet 0,10% mennyiségben adagolt glükomannán polimerrel csökkenteni lehetett. A termelési paraméterekre azonban ebben az esetben sem volt kimutatható hatással (Swamy és mtsai, 2002).

Huminsav származékok

Egyes huminsav származékokról, így például az oxihumátról, szintén bebizonyították, hogy *in vitro* megköti az aflatoxint, amely hatást *in vivo* is bizonyították brojlercsirkékkel végzett vizsgálatok során (Jansen van Rensburg és mtsai, 2006).

KÖVETKEZTETÉSEK

A gazdasági állatok takarmányozása során nehéz elkerülni a mikotoxinnal szennyezett takarmányok használatát. Emiatt széles körben elterjedt a mikotoxin-kötő hatású adalékanyagok alkalmazása, amelyek a mikotoxinok bélcsatornából történő felszívódását csökkentve mérsékelhetik azok kedvezőtlen, esetenként toxikus hatásait. A különböző hatóanyagokat tartalmazó adszorbensek az eltérő kémiai tulajdonságú mikotoxinokat nagyon eltérő mértékben kötik meg.

Az összes ismert és a gyakorlatban jelenleg alkalmazott mikotoxin adszorbens hatékonyan köti az aflatoxinokat, míg a trichotecénvázis mikotoxinok (deoxinivalenol, diacetoxi-szcirpenol, T-2 toxin) megkötésével kapcsolatban az ismertett adoszorbensek közül csak a szerves vegyületek, azok közül is főképp az élesztő sejtfal kivonatok, valamint azok módosított származékai bizonyultak, kisebb-nagyobb mértékben hatékonyak. A zearalenon és a fumonizin hatékony megkötését a kolesztiramin, míg a zearalenon esetében a filloszilikát ásványok alkalmazása során bizonyították. Ezért az adszorbensek kiválasztásakor feltétlenül javasolt az adott takarmány aktuális mikotoxin összetételének és az egyes mikotoxinok mennyiségének ismerete, és ennek alapján lehet és kell döntenie a megfelelő adszorbens anyag gyakorlati alkalmazásáról.

IRODALOM

- Abdel-Wahhab, M.A. – Hasan, A.M. – Aly, S.E. – Mahrous, K.F. (2005): Adsorption of sterigmatocystin by montmorillonite and inhibition of its genotoxicity in the Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Mutat. Res.*, 582. 20–27.
- Aravind, K.L. – Patil, V.S. – Devegowda, G. – Umakantha, B. – Ganpule, S.P. (2003): Efficacy of esterified glucomannan to counteract mycotoxicosis in naturally contaminated feed on performance and serum biochemical and hematological parameters in broilers. *Poult. Sci.*, 82. 571–576.
- Avantaggaito, G. – Havenaar, R. – Visconti, A. (2004): Evaluation of the intestinal absorption of deoxynivalenol and nivalenol by an *in vitro* gastrointestinal model, and the binding efficacy of activated carbon and other adsorbent materials. *Food Chem. Toxicol.*, 42. 817–824.
- Avantaggaito, G. – Solfrizzo, M. – Visconti, A. (2005): Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of *Fusarium* mycotoxins. *Food Addit. Contam.*, 22: 379–388.
- Basmacioglu, H. – Oguz, H. – Ergul, M. – Col, R. – Birdane, Y.O. (2005): Effect of dietary esterified glucomannan on performance, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to aflatoxin. *Czech J. Anim. Sci.*, 50. 31–39.
- Bauer, J. (1994): Möglichkeiten zur Entgiftung mykotoxin-haltiger Futtermittel. *Monatsschr. Veterinarmed.*, 49. 175–181.
- Breinholt, V. – Arbogast, D. – Lovejand, P. – Pereira, C. – Dashwood, R. – Hendricks, J. – Bailey, G. (1999): Chlorophyllin chemoprevention in trout initiated by aflatoxin B1 bath treatment: an evaluation of reduced bioavailability vs. target organ protective mechanisms. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 158. 141–151.
- Breinholt, V. – Hendricks, J. – Pereira, C. – Arbogast, D. – Bailey, C. (1995): Dietary chlorophyllin is a potent inhibitor of aflatoxin B1 hepato-carcinogenesis in rainbow trout. *Cancer Res.*, 55. 57–62.
- Bonna, R.J. – Aulerich, R.J. – Burslan, S.J. – Poppenga, R.H. – Braselton, W.E. – Watson, G.L. (1991): Efficacy of hydrated sodium aluminosilicate and activated charcoal in reducing the toxicity of dietary aflatoxin to mink. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 20. 441–447.
- CAST (2003): Mycotoxins: risk in plant, animal and human systems. No. 139, Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa.
- Chestnut, A.B. – Anderson, P.D. – Cochran, M.A. – Fribourg, H.A. – Gwinn, K.D. (1992): Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate on fescue toxicosis and mineral absorption. *J. Anim. Sci.*, 70. 2838–2846.

- Cook, T.E. – Cilley, W.A. – Savitsky, A.C. – Wiers, B.H. (1982): Zeolite A hydrolysis and degradation. *Environm. Sci. Technol.*, 16. 344–350.
- Dalvi, R.R. – Ademoyero, A.A. (1984): Toxic effect of aflatoxin B1 in chickens given feed contaminated with *Aspergillus flavus* and reduction of the toxicity by activated charcoal and some chemical agents. *Avian Dis.*, 28. 61–69.
- Denli, M. – Okan, F. (2002): The effect of *Saccharomyces cerevisiae* addition into broiler feed on the elimination of chronic dosages of T-2 toxin and fattening performance (in Turkish). *Hayvansal Üretim J. Anim. Prod.*, 43. 1–8.
- Devegowda, G. – Raju, M.V.L.N. – Afzali, N. – Swamy, H.V.L.N. (1998). Mycotoxin picture worldwide: novel solutions for their counteraction. In: Lyons, T.P., Jacques, K.A. (eds.) *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of the 14th Alletch Annual Symposium*. Nottingham University Press, Nottingham, 241–255.
- Diaz, D.E. – Blackwelder, J.T. – Hagler, W.M. Jr. – Hopkins, B.A. – Jones, F.T. – Anderson, K.L. – Whitlow, L.W. (1997): The potential of dietary clay products to reduce aflatoxin transmission to milk of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80. (Suppl. 1) 261.
- Diaz, D. – Smith, T.K. (2005): Mycotoxin sequestering agents: practical tool for the neutralisation of mycotoxins. In: Diaz, D. (ed.): *The mycotoxin blue book*. Nottingham University Press, Nottingham, 323–340.
- Diaz-Llano, G. – Smith, T.K. (2006): Effects of feeding grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins with and without polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent on reproductive performance and serum biochemistry in pregnant gilts. *J. Anim. Sci.*, 84. 2361–2366.
- Dvorska, J.E. – Surai, P.F. – Speake, B.K. – Sparks, N.H.C. (2003): Protective effect of modified glucomannans against aurofusarin-induced changes in quail egg and embryo. *Comp. Biochem. Physiol.*, 135C. 337–343.
- Dwyer, M.R. – Kubena, L.F. – Harvey, R.B. – Mayura, K. – Sarr, A.B. – Buckley, S. – Bailey, R.H. – Phillips, T.D. (1997): Effects of inorganic adsorbents and cyclopiazonic acid in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 76. 1141–1149.
- EU (2003a): Az Európai Parlament és a Tanács 1831/2003/EK rendelete a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról. O.J. 268/29 (2003.10.18)
- EU (2003b): A Bizottság 100/2003/EK irányelve a takarmányban előforduló nemkívánatos anyagokról szóló 32/2002/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv I. mellékletének módosításáról. O.J. L285/33 (2003.11.1)
- EU (2006): A Bizottság 576/2006/EK ajánlása a deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról. O.J. L229/7 (2006.8.23)
- Fazekas B. – Tóthné-Hajdú, E. – Tanyi J. (2000): MYCO-AD hatása kísérletes T-2 toxikózis során brojlercsirkében. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 122. 412–416.
- FDA (1999): CVM position on mycotoxin binding claims on anticaking agents. <http://www.fda.gov/cvm/mycotoxup.html>
- Galvano, F. – Pietri, A. – Bertuzzi, T. – Fusconi, G. – Galvano, M. – Piva, A. (1996): Reduction of carryover of aflatoxin from cow feed to milk by addition of activated carbons. *J. Food Prot.*, 59. 551–554.
- Garcia, A.R. – Avila, E. – Rosiles, R. – Petrone, V.M. (2003): Evaluation of two mycotoxin binders to reduce toxicity of broiler diets containing ochratoxin A and T-2 toxin contaminated grain. *Avian Dis.*, 47. 691–699.
- Harvey, R.B. – Kubena, É.F. – Elissade, M.H. – Phillips, T.D. (1993): Efficacy of zeolite core compounds on the toxicity of aflatoxin growing broiler chickens. *Avian Dis.*, 37. 67–73.
- Hatch, R.C. – Clark, J.D. – Jain, A.V. – Weiss, R. (1982): Induced acute aflatoxicosis in goats: treatment with activated charcoal or dual combination of oxytetracycline, stanozol and activated charcoal. *Am. J. Vet. Res.*, 43. 644–648.
- Hornok, L. – Békési, P. – Giczey, G. – Jeney, A. – Nicholson, P. – Parry, D. – Ritieni, A. – Xu, X. (2005): Kalászfuzáriózis-kórokozók előfordulása és a mikotoxin-szennyeződés mértéke magyarországi őszibúza-állományokban 2001–2004 között. *Növénytermelés*, 54. 217–235.
- Huwig, A. – Freimund, S. – Kappeli, O. – Dutler, H. (2001): Mycotoxin detoxification of animal feed by different absorbents. *Toxicol. Lett.*, 122. 179–188.
- Jansen van Rensburg, C. – van Rensburg, C.E.J. – van Ryssen, J.B.J. – Casey, N.H. – Rottinghaus, G.E. (2006): *In vitro* and *in vivo* assessment of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *World Nutrition Forum, Vienna (Abstr.)*

- Jaynes, W.F. – Zartman, R.E. – Hudnall, W.H. (2007): Aflatoxin B₁ absorption by clays from water and corn meal. *Appl. Clay Sci.*, 36. 197–205.
- Jouany, J.P. (2007): Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 137. 342–362.
- Kerkadi, A. – Barriault, C. – Tuchweber, B. – Frohlich, A.A. – Marquardt, R.R. – Bouchardand, G. – Yousef, I.M. (1998): Dietary cholestyramine reduces ochratoxin A–induced nephrotoxicity in the rats by decreasing plasma levels and enhancing fecal excretion of the toxin. *J. Toxicol. Environ. Health*, 3. 231–250.
- Kovács, F. (2001): Penészgombák – mikotoxinok a táplálékláncban. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest, 14–16.
- Lawlor, P.G. – Lynch, P.B. (2005): Mycotoxin management. *Afr. Farming Food Process.*, 46. 12–13.
- Lindemann, M.D. – Blodgett, D.J. – Kornegay, E.T. – Schurig, G.G. (1993): Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling/growing swine. *J. Anim. Sci.*, 71. 171–178.
- Malone, B. – Bond, K. – Maune, C. – Zaviezo, D. (2007): Evaluation of the efficacy of a commercial purified phyllosilicate to reduce the toxicity of zearalenone in gilts. www.engormix.com/e_articles-view.asp?art=494&area=myc-254
- Masimango, N. – Remance, J. – Ramout, J.L. (1978): The role of adsorption in the elimination of aflatoxin B₁ from contaminated media. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 6. 101–105.
- Masimango, N. – Remacle, J. – Ramaut, J. (1979): Elimination of aflatoxin B₁ by clays from contaminated substances. *Ann. Nutr. Aliment.*, 33. 137–147.
- Mesterházy, Á. (2007): Mikotoxinok a gabonatermesztésben: az élelmiszerbiztonsági kihívás. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 53. (különszám) 38–48.
- Parlat, S.S. – Yildiz, A.O. – Oguz, H. (1999): Effect of clinoptilolite on performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during experimental aflatoxicosis. *Br. Poult. Sci.*, 40. 495–500.
- Paster, N. – Bartov, I. – Perelman, A. (1985): Studies of the fungistatic activity of antifungal compounds in mash and pelleted feeds. *Poult. Sci.*, 64. 1673–1677.
- Phillips, T.D. – Kubena, L.F. – Harvey, R.B. – Taylor, D.R. – Heidelbaugh, N.D. (1987): Mycotoxin hazards in agriculture: new approach to control. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 190. 1671. (Abstr.).
- Poppenga, R.H. – Lundeen, G.R. – Beasley, V.R. – Buck, W.B. (1987): The assessment of a general therapeutic protocol for the treatment of acute toxicosis in swine. *Vet. Hum. Toxicol.*, 29. 237–239.
- Raju, M.V.L.N. – Devegowda, G. (2000): Influence of esterified–glucosaminan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxins (aflatoxin, ochratoxin, and T–2 toxin). *Br. Poult. Sci.*, 41. 640–650.
- Ramos, A.J. – Fink–Gremmels, J. – Hernandez, E. (1996): Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of non–nutritive adsorbent compounds. *J. Food Prot.*, 59. 631–641.
- Ramos, A.J. – Hernandez, E. (1996): *In vitro* aflatoxin adsorption by means of a montmorillonite silicate. A study of adsorption isotherms. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 62. 263–269.
- Raymond, S.L. – Smith, T.K. – Swamy, H.V.L.N. (2003): Effects of feeding of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on feed intake, serum chemistry, and hematology of horses, and the efficacy of a polymeric glucosaminan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.*, 81 2123–2130.
- Santurio, J.M. – Mallmann, C.A. – Rosa, A.P. – Appel, G. – Heer, A. – Dageforde, S. – Bottcher, M. (1999): Effect of sodium bentonite on the performance and blood variables of broiler chickens intoxicated with aflatoxins. *Br. Poult. Sci.*, 40. 115–119.
- Scheideler, S.E. (1993): Effect of various type of aluminosilicates and aflatoxin B₁ on the aflatoxin toxicity, chick performance and mineral status. *Poult. Sci.*, 72. 282–288.
- Shehata, S.A. – Mohamed, M.S. – Mohamed, G.A. (2003): Reducing the toxicity of aflatoxin B₁ by different adsorbents on fish. *J. Agric. Sci., Mansoura Univ.*, 28, 7157–7167.
- Smith, T.K. (1980): Influence of dietary fiber, protein and zeolite on zearalenon toxicosis in rats and swine. *J. Anim. Sci.*, 50. 278–285.
- Sova, Z. – Pohunkova, H. – Reisnerova, H. – Slamova, A. – Haisl, K. (1991): Hematological and histological response to the diets containing aflatoxin B₁ and zeolite in broilers of domestic fowl. *Acta Vet., Brno*, 60.: 11–40.
- Stanley, V.G. – Ojo, R. – Woldesenbet, R. – Hutchinson, D.H. (1993): The use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effect of aflatoxicosis in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 72. 1867–1872.
- Swamy, H.V.L.N. – Smith, T.K. – MacDonald, E.J. – Boermans, H.J. – Squires, E.J. (2002): Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on swine performance,

- brain regional neurochemistry and serum chemistry and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.*, 80 3257–3267.
- Swamy, H.V.L.N. – Smith, T.K. – MacDonald, E.J. – Karrow, N.A. – Woodward, B. – Boermans, H.J.* (2003): Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on growth and immunological measurements of starter pigs, and the efficacy of polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.*, 81. 2792–2803.
- Yiannikouris, A. – Francois, J. – Poughon, L. – Dussap, C.G. – Jeminet, G. – Bertin, G. – Jouany, J.P.* (2004): Influence of pH on complexing of model beta-d-glucans with zearalenone. *J. Food Prot.*, 67. 2741–2746.
- Ward, T.L. – Watkins, K.L. – Southern, L.L. – Hoyt, P.G. – French, D.D.* (1991): Interactive effects of sodium zeolite-A and copper in growing swine: growth, and bone and tissue mineral concentrations. *J. Anim. Sci.*, 69. 726–733.
- Weber M. – Balogh K. – Erdélyi M. – Mézes M.* (2006): Effect of T-2 toxin in combination with vitamin E, selenium and mycotoxin binder on lipid peroxide status and on the glutathione redox system in broiler chicken. *J. Poult. Sci.*, 43. 222–227.

Érkezett: 2009. május
Szerzők címe: Nagy Z., Kölber M.,
Authors' address: Fitolab Kft. – Fitolab Ltd.
H-1125 Budapest, Istenhegyi út 29.

Mézes M.
Szent István Egyetem, Takarmányozástani Tanszék
Szent István University, Department of Nutrition
H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Agroinform.com

Weboldalunkon változatos megjelenési lehetőséget kínálunk!

Honlapunkon az Agroinform kiadásában megjelent könyveket, folyóiratokat, plakátokat is megrendelheti – éljen a lehetőséggel megéri!



1149 Budapest, Angol utca 34.
Tel./Fax: 06 1 220-8331
Http: www.agroinform.com