

AZ AFLATOXIN-B1 MIKROBIÁLIS DETOXIFIKÁCIÓJÁNAK HATÁSA BROJLERCSIRKÉK EGYES TERMELÉSI TULAJDONSÁGAIRA ÉS HÚSMINŐSÉGÉRE

ERDÉLYI MÁRTA – KULCSÁR ROXÁNA – CSERHÁTI MÁTYÁS – ANCSIN ZSOLT – SZABÓ
ISTVÁN – KRISZT BALÁZS – KUKOLYA JÓZSEF – MÉZES MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

Az aflatoxinok a takarmányokat szennyező mikotoxinok közül a leginkább toxikusak. A vizsgálat célja az volt, hogy felmérjék AFB₁-el szennyezett, valamint egy új eljárással toxinmentesített kukorica brojlercsirkék termelésére és húsmínőségére gyakorolt hatását nagy dózisu (100 µg AFB₁/kg takarmány) terhelés esetén. A mikrobiológiai biodegradációt az AFB₁ bontására képes *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 törzzsel végzett szilárd fázisú fermentációval hajtották végre. A kísérlet során elhullást és toxikózis tüneteit nem tapasztaltak. A testsúly, a súlygyarapodás és a takarmányfelvétel minden csoportban hasonlóan alakult. A máj relatív tömege az AFB₁-terhelés hatására a hizlalás 40. és 47. napján szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll és a detoxifikált takarmányt fogyasztó csoportokban. Ez arra utal, hogy a detoxifikáció hatékonyan csökkentette az AFB₁ májkárosító hatását. A mellizom pH értéke is közel azonos volt minden csoportban. A mellizom színét CIELab rendszerben értékelve nem találtak jelentős eltérést a csoportok között. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az AFB₁ az EU határértéket ötszörösen meghaladó dózisban sem idézett elő változást brojlercsirkék termelési és húsmínőségi paramétereiben, de a toxikus hatást jelezte a máj relatív tömegének növekedése, amelyet a mikrobiológiai detoxifikációs eljárás hatékonyan eliminált.

SUMMARY

Erdélyi, M. – Kulcsár, R. – Cserhádi, M. – Ancsin, Zs. – Szabó, I. – Kriszt, B. – Kukolya, J. – Mézes, M.: EFFECT OF MICROBIAL DETOXIFICATION OF AFLATOXIN ON SOME PRODUCTION TRAITS AND MEAT QUALITY OF BROILER CHICKEN

Aflatoxins are the most toxic mycotoxins that have detrimental effects on farm animals' production traits and health status. Poultry species are extremely susceptible to the effects of aflatoxins; therefore, the purpose of the present study was to investigate the effect of artificially aflatoxin contaminated (100 µg AFB₁/kg feed) and microbiologically detoxified corn on some production traits and meat quality parameters of broiler chickens during the rearing period (26-47 days of age). A new method of microbiological detoxification was applied which was done with solid-phase fermentation using an aflatoxin-degrading *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 strain. As a result of fermentation, the aflatoxin content of the feed has dropped below the detection limit. During the trial period no mortality or symptoms of aflatoxin toxicosis were recorded in the experimental groups. There were no significant differences among the experimental groups in the production traits, such as body weight, body weight gain, and feed intake. However, in the last week of the trial (days 40 and 47) relative liver weight was significantly higher in the group fed with AFB₁ contaminated feed than in the control and microbiologically detoxified feed groups. It suggests that microbial detoxification could effectively prevent the liver damage caused by aflatoxins. At the same time, the relative weight of breast was the same in all three experimental groups. Considering the meat quality parameters the average pH was nearly the same in all three groups. There were no significant differences in meat colour measured by reflectance spectrometry method and evaluated by the CIELab system. According to the results of the study it can be concluded that AFB₁ did not cause significant changes in the production traits and meat quality parameters of broiler chicken even at the five-fold dose of the EU regulatory limit value, when it is applied in the grower and finisher period (after 26 days of age). However, the increased relative liver weight might be the indication of its toxic effect, which was successfully eliminated by the microbial detoxification.

BEVEZETÉS

A mikotoxinok egyes penészgomba fajok másodlagos anyagcsere termékei. Jelenleg az ismerten mikotoxin termelésre képes penészgomba fajok száma meghaladja a 350-et (Deák és mtsai, 2006). Ezek több mint 400 különféle mikotoxint termelnek, de a gazdasági állatok takarmányozásában csak néhány jelent valódi állat- és humán egészségügyi kockázatot (Alassane-Kpembi és mtsai, 2017). Kiemelten fontosak az aflatoxinok, illetve azok biológiailag aktív metabolitjai, amelyek nem csupán rendkívül toxikusak (Ledoux és mtsai, 1999), de a Nemzetközi Rákkutató Szervezet besorolása alapján humán karcinogén vegyületek is (IARC, 2002).

Az aflatoxinok (B_1 , B_2 , G_1 , G_2) elsődleges forrásainak az *Aspergillus parasiticus*, *A. flavus* és *A. nominus* fajok toxinogén törzseit tekintik, de emellett más *Aspergillus* és *Emericella* fajok is termelhetik (Kumar és mtsai, 2017). Leggyakrabban gabonafélékben (kukorica, cirok, rizs, árpa és zab), olajos magvakban (szója, földimogyoró, gyapotmag, diófélék, pisztácia, mandula, mogyoró), valamint szárított gyümölcsökben és különböző fűszerekben fordulnak elő (Rushing és Selim, 2019). A mikotoxint termelő penészgombák az ép gabonaszemeken nem képesek elszaporodni, de betakarítás és a tárolás során a szemek sérülhetnek, a maghéj védőfunkciója ilyen módon megszűnik. Ez utat nyit a penészek elszaporodásához, amelyek így jelentős mennyiségben termelhetnek mikotoxinokat (András és mtsai, 2008).

A takarmány-alapanyagok és keveréktakarmányok aflatoxin szennyezettségének csökkentésére jelenleg több módszer is rendelkezésre áll (Rushing és Selim, 2019). Fizikai módszerekkel, így például a gabonaszemek mechanikai és sűrűség szerinti szeparációjával, vagy szín alapján végzett osztályozásával hatékonyan csökkenthető az aflatoxin szennyezettség (Pascale és mtsai, 2020). Egyes kémiai módszerek is alkalmasak lehetnek, mint például az ammonizálás, de ezek üzemi méretű hasznosíthatósága megkérdőjelezhető (Tóth és Varga, 2005). A különböző ásványi és szerves adszorbensek nem befolyásolják ugyan a takarmány mikotoxin szennyezettségét, de csökkentik azok felszívódását a bélcsatornából, a mikotoxin-adszorbens komplex pedig a bélsárral vagy ürülékkel kiürül a szervezetből (Mézes és mtsai, 2010; Fouad és mtsai, 2019). Emellett biológiai módszerekkel is csökkenthető a mikotoxin szennyezettség. Ezzel a céllal különböző biotranszformáló anyagokat, baktériumokat, gombákat vagy mikrobákból nyert tisztított enzimeket használnak, amelyek kevésbé toxikus metabolitokká alakítják a mikotoxinokat (Avantaggiato és mtsai, 2009; Fourad és mtsai, 2019).

Az aflatoxin B_1 (AFB₁) biodegradációjára számos mikroorganizmust javasoltak, így például *Aspergillus parasiticus*, *Corynebacterium rubrum*, *Mycobacterium fluoranthenorans*, *Nocardia corynebacteroides* (*Flacobacterium aurantiacum*) és *Rhodococcus erythropolis* (Ciegler és Peterson, 1966; Mann és Rehm, 1977; Hormisch és mtsai, 2004; Cserháti, 2013). A biológiai detoxifikáció történhet mikrobiális megkötés révén, a takarmány mikrobiális fermentációjával, illetve az adott mikroorganizmus, vagy az általa termelt enzim takarmányhoz történő adagolásával. A bioszorcpció lehetősége elsősorban egyes *Lactobacillus* és *Saccharomyces* törzsekhez köthető. Ezek a sejtfaluk speciális poliszacharid struktúrái révén képesek összekapcsolódni az aflatoxinnal és ezáltal csökkentik

annak a biológiai hozzáférhetőségét, elősegítik a toxin ürülését a bélsárral (*Deepak és mtsai*, 2015). Ezzel szemben a fermentáció során a mikrobiális enzimek működésének köszönhetően az aflatoxin szerkezete változik, és egy kevésbé toxikus vagy nem mérgező metabolit képződik. Ez a detoxifikáció történhet olyan módon, hogy a takarmányt az élő mikroba kultúrával oltjuk be vagy a mikroorganizmusokból kinyert enzimet adjuk a takarmányhoz. Előbbi esetben a takarmány már az állatokkal történő etetést megelőzően detoxifikálódik, utóbbi esetben pedig a bélcsatornában megy végbe a mikotoxin nem toxikus metabolitokká történő átalakítása (*Guan és mtsai*, 2021). Azt is meg kell azonban jegyezni, hogy a biodegradáció nem jár minden esetben a káros biológiai hatás megszűnésével, azaz detoxifikációval. Ezért különösen fontos a biológiai tesztelése a biodegradációs eljárásokkal – esetünkben fermentációval – mentesített termékeknek. Mindazonáltal egyes mikotoxinok – elsődlegesen az ochratoxin és a zearalenon – detoxifikálására már léteznek kereskedelmi forgalomban kapható mikrobiális termékek (*Cserhádi*, 2013). Ugyanakkor az aflatoxin biodegradációja még nem megoldott. Ennek egyik fő oka, hogy a detoxifikáció hatékonysága az *in vitro* körülmények között végzett vizsgálatok szerint is széles határok között mozog (46,9-94,7%) (*Guan és mtsai*, 2021). Az *in vivo* degradáció pedig ennél sokkal gyengébb lehet. Így pl. *Loi és mtsai* (2023) kísérletében a mesterségesen szennyezett kukorica mikrobiális fermentációja során az aflatoxin koncentrációja mindössze 26%-kal csökkent.

Az egyes gazdasági állatfajok érzékenysége az aflatoxinok iránt eltérő, ezek közül a baromfifajok a különösen érzékeny csoportba tartoznak (*Rawal és mtsai*, 2010). Az aflatoxin B₁ (AFB₁) brojlercsirkében főképp a májban, a vesében és az izmokban akkumulálódik (*Ahmad és mtsai*, 2013).

Vizsgálatunk célja az volt, hogy felmérje AFB₁-el mesterségesen szennyezett, valamint egy új, szilárd fermentációra alapozott mikrobiális biodetoxifikációs eljárással toxinmentesített kukorica brojlercsirkék termelésére és - az AFB₁ húsban történő esetleges akkumulációja miatt - húsminőségére gyakorolt hatását.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatban Cobb 500 szexált kakasállománnyal dolgoztunk (n=240). A csirkét 25 napos korig egy légtérben egységesen tartottuk és *ad libitum* kereskedelmi brojlercsírke nevelő keveréktakarmánnyal (12,14 MJ/kg, 20,2% nyersfehérje, 4,1% nyersrost, 4,7% nyerszsír, 9,1% nyershamu) (Vitafort Zrt., Dabas) etettük. A kísérlet teljes ideje alatt az állatokat a tenyésztő szervezet (Cobb Vantress, USA) által megadott technológiai előírásnak megfelelően tartottuk. Alomanyagként puha faforgácsot alkalmaztunk. A 25. életnapon a kísérletbe 120 db csirkét vontunk be, amelyeket 6 rekeszben helyeztünk el (n=20 egyed/rekesz). A kísérleti csoportokat (40 egyed/ csoport, 20 egyed/rekesz, 2 ismétlés/csoport) egyedi mérlegeléssel úgy alakítottuk ki, hogy egy csoporton belül az átlagos testsúly (725,4±16,6 g) közel azonos legyen. A kísérlet ideje alatt az állatok takarmányozását továbbra is a fenti brojlercsírke nevelő keveréktakarmányra alapoztuk, amely sem mikotoxin megkötő anyagot, sem a mikotoxinok detoxifikálásra alkalmas enzimet nem tartalmazott (Vitafort Zrt., Dabas). Ezt a keveréktakarmányt az egyes kísérleti csoportokban a kezeléseknek megfelelően egészítettük ki AFB₁-el mesterségesen

szennyezett, illetve mikrobiológiailag AFB₁ detoxifikált kukoricával, míg a kontroll csoport takarmányába aflatoxinnal nem szennyezett kukoricát kevertünk. Az AFB₁-et kukorica szubsztrátumon termeltettük a *Dobolyi és mtsai* (2011) által izolált *Aspergillus flavus* (ZT80) törzsszel. A gombakultúrát olyan mennyiségben kevertük a takarmányhoz, hogy annak tervezett AFB₁ szennyezettsége az EU növendék baromfinak szánt teljes értékű keveréktakarmányokra vonatkozó rendeletében meghatározott mennyiség (EU, 2011) (5 µg/kg) 20-szoros értéke, azaz 100 µg/kg legyen. A biológiai detoxifikáció során az AFB₁-el mesterségesen szennyezett takarmányt szilárd fázisú fermentációval dekontamináltuk egy AFB₁ bontására bizonyítottan és hatékonyan képes *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 törzsszel (*Risa és mtsai*, 2018), majd a kukoricát a fermentációt követően a bekeverés előtt szárítottuk.

A kísérleti takarmányok toxintartalma immunoaffinitás (Aflaprep®, R-Biopharm, Darmstadt) előtisztítást követően reverz fázisú izokratikus HPLC módszerrel került megmérésre fluoreszcens detektálással *Khayoon és mtsai* (2010) módszere szerint (Vitafort Zrt., Dabas). A módszer kvantifikációs érzékenysége (LOQ) 0,1 µg AFB₁/kg, 0,2 µg AFB₂/kg, 0,5 µg AFG₁/kg és 0,5 µg AFG₂/kg volt.

Az etetett keveréktakarmányok mért alfatoxin tartalmát az alábbiakban közöljük (1. táblázat).

1. táblázat

Az etetett keveréktakarmányok mért mikotoxin-tartalma (µg/kg)

Mikotoxinok (1)	Csoportok (2)		
	Kontroll (3)	Aflatoxin	Detoxifikált (4)
Aflatoxin B ₁	<0,5	59,8	<0,5
Aflatoxin B ₂	<0,5	9,5	<0,5
Aflatoxin G ₁	<0,5	<0,5	<0,5
Aflatoxin G ₂	<0,5	<0,5	<0,5
Összes aflatoxin (5)	<1	69,3	<1

Table 1. Measured mycotoxin content of feeds

mycotoxins (1); groups (2); control (3); detoxified (4); total aflatoxin (5)

A kísérleti időszakban (26.-47. nap) folyamatosan rögzítettük az elhullást, hetente mértük a testsúlyt és a takarmányfogyasztást, amelyek alapján kiszámítottuk az átlagos súlygyarapodást és a takarmányértékesítést.

A kísérlet indulásakor (26. nap), majd a 33., 40. és 47. életkori napon csoportonként 6-6 állaton laboratóriumi vágást végeztünk, majd a kivéreztetést követően mell- és májmintát vettünk. Mértük a mell és a máj tömegét és a testsúly ismeretében kiszámítottuk a mell- és máj relatív tömegét.

A vágások alkalmával húsmínőségi vizsgálatokat is végeztünk. Mértük a hús pH értékét a vágás után 90. percben, majd 36 órás hűtve (+4 °C) tárolást követően szűrőelektródával felszerelt pH mérővel (Hannah Instruments, Smithfield, USA). Vizsgáltuk a hús színét reflektancia spektrometriás módszerrel Minolta Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta, Ramsey, USA) műszerrel, amely a CIE L*a*b* színrendszerrel működik. Az egyes csoportokból származó húsminták szín

paramétereit összevetve kiszámítottuk a színínger különbséget ($\Delta E^*_{a,b}$) Lukács (1982) módszere szerint. Ezzel megállapítható, hogy a kontroll és az adott csoport mellizmának színe közötti eltérés az emberi szem számára mennyiben érzékelhető. Az értékelés során Lukács (1982) javaslata alapján az alábbi kategóriákat alkalmaztuk: $\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$ – nem észrevehető; $0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$ – alig észrevehető; $1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3$ – észrevehető; $3 < \Delta E^*_{ab} \leq 6$ – jól látható; $6 < \Delta E^*_{ab}$ – szemmel jelentős mértékben érzékelhető eltérés.

Az eredményeket átlag $\pm$ SD értékben adtuk meg. A statisztikai analízist az InStat program segítségével egy-utas ANOVA analízissel és Tukey post-hoc teszttel végeztük, az egyes csoportok közötti különbségeket $p \leq 0,05$ szignifikancia szinten tekintettük szignifikánsnak. Mivel a kísérlet során az állatok egyedi jelölésére nem volt módunk, ill. csoportos takarmányozást alkalmaztunk, egyes paraméterek – egyedi súlygyarapodás, takarmányfogyasztás, takarmányértékesítés – esetében statisztikai analízis elvégzésére nem volt lehetőség.

Kísérletünket a Pest Megyei Kormányhivatal által kiadott PE/EA/1964-7/2017 állatkísérleti engedélynek megfelelően végeztük.

EREDMÉNYEK

A kísérlet során elhullást vagy toxikózisra utaló tüneteket egyik csoportban sem tapasztaltunk.

Az állatok testsúlya egyik vizsgálati időpontban sem tért el szignifikáns mértékben az egyes csoportok között (2. táblázat).

A testsúlygyarapodás mértéke az egyes hetekben ugyan eltérő volt az egyes csoportok között, statisztikai értékelés hiányában azonban jelentős következtetés e paraméter esetében nem vonható le. A számított értékek alapján az átlagos napi súlygyarapodás – kontroll - 87,0 g/nap, aflatoxin - 84,2 g/nap, detoxifikált - 86,6 g/nap – tekintetében a csoportok között nem voltak lényeges eltérések.

Az etetés a kísérlet teljes ideje alatt csoportosan történt. A mért értékek alapján a létszám figyelembevételével számítottuk az egyes hetekben az átlagos egyedi takarmányfogyasztást. Tendenciájában az látható, hogy az aflatoxinnal szennyezett takarmánnyal etetett csoportban a madarak átlagos egyedi napi takarmányfogyasztása - különösen az első időszakban - kisebb volt, mint a másik két csoportban, de az utolsó hétre a csoportok takarmányfelvétele hasonlóan alakult (3. táblázat). Ennek ellenére összességében a teljes kísérleti időszakra vonatkoztatva az átlagos takarmányfogyasztás az aflatoxin terhelés hatására elmaradt a kontroll és a detoxifikált takarmányt fogyasztó csoporttól is, mintegy 10,0 ill. 8,1%-kal.

A takarmányértékesítés tendenciája a kísérleti időszak egyes heteiben eltérő volt, hiszen míg az első és második héten az AFB₁-el szennyezett takarmányt fogyasztó csoportnál volt a legkedvezőbb, addig a harmadik héten a kontrollcsoport mutatta a legjobb értéket (4. táblázat). Összességében azonban megállapítható, hogy a teljes kísérleti időszakra vetítve a kontroll (1,58 kg/kg) és a detoxifikált (1,60 kg/kg) csoport takarmányértékesítése közel azonos volt. Ugyanakkor az aflatoxinnal kísérletesen szennyezett kukoricát tartalmazó keveréktakarmányt fogyasztó csoport értéke alakult a legkedvezőbbben (1,51 kg/kg), amely a testsúly és a takarmányfogyasztási adatok figyelembevételével leginkább abból adódik, hogy az

2. táblázat

**A brojlercsirkék testsúlyának alakulása a kísérlet során
(átlag $\pm$ SD, nincs szignifikáns eltérés)**

Életkor (nap) (1)	Átlagos testsúly (g) (4)		
	Kontroll (2)	Aflatoxin	Detoxifikált (3)
26.	722,6 $\pm$ 95,3	728,2 $\pm$ 98,6	726,6 $\pm$ 81,2
33.	1459,7 $\pm$ 183,3	1467,2 $\pm$ 188,5	1503,8 $\pm$ 187,4
40.	2070,2 $\pm$ 240,1	2014,8 $\pm$ 277,4	2063,9 $\pm$ 276,1
47.	2549,5 $\pm$ 286,0	2496,5 $\pm$ 326,2	2545,4 $\pm$ 326,4

Table 2. Body weight of broiler chickens during the experiment (average $\pm$ SD, no significant difference was revealed)

age (day) (1); control (2); detoxified (3); average individual weight

3. táblázat

Átlagos egyedi takarmányfogyasztás a kísérlet egyes heteire illetve a teljes kísérleti időszakra vonatkoztatva (g/egyed/nap)

Kísérleti hét (1)	Kontroll (2)	Aflatoxin	Detoxifikált(3)
1.	142,8	117,7	127,5
2.	176,2	143,5	161,2
3.	109,2	127,1	131,3
Teljes időszak	142,7	127,1	140,0

Table 3. Average daily individual feed intake in the experimental groups calculated weekly and for the whole experimental period (g/bird/day)

experimental week (1); control (2); detoxified (3)

4. táblázat

A takarmányértékesítés alakulása a kísérleti időszakban (kg takarmány/kg súlygyarapodás)

Kísérleti hét (1)	Kontroll (2)	Aflatoxin	Detoxifikált (3)
1.	1,36	1,11	1,15
2.	2,02	1,83	2,01
3.	1,37	1,58	1,64
Teljes időszak	1,58	1,51	1,60

Table 4. Feed conversion ratio during the experimental period (kg feed intake/kg weight gain)

experimental week (1); control (2); detoxified (3)

aflatoxin jelenléte miatt ennél a csoportnál a takarmányfelvétel jelentős mértékben elmaradt a két másik csoportban mért értéktől.

A máj relatív tömege az AFB₁-el kontaminált takarmány etetésének hatására nagyobb volt, mint a másik két csoportban, amely eltérés a kontrollhoz viszonyítva a 40. és a 47. napi mintavétel alkalmával szignifikánsnak ($p < 0,05$) bizonyult. Az eltérés a csoportok között az idő előrehaladtával kifejezettebbé vált (5. táblázat).

5. táblázat

**A máj és a mell relatív tömegének (g/100 g testtömeg) alakulása a kísérlet során
(átlag $\pm$ SD; n=6 / csoport)**

Életkor (nap) (1)	Kontroll (2)	Aflatoxin	Detoxifikált (3)
Relatív májtömeg (4)			
26.	2,85 $\pm$ 0,47		
33.	1,98 $\pm$ 0,18 ^a	1,90 $\pm$ 0,06 ^a	2,02 $\pm$ 0,18 ^a
40.	1,73 $\pm$ 0,23 ^a	1,98 $\pm$ 0,12 ^b	1,89 $\pm$ 0,38 ^{ab}
47.	1,89 $\pm$ 0,33 ^a	2,42 $\pm$ 0,40 ^b	2,00 $\pm$ 0,30 ^{ab}
Relatív mellfilé tömeg (5)			
26.	14,22 $\pm$ 1,15		
33.	15,23 $\pm$ 0,87	15,43 $\pm$ 0,64	14,15 $\pm$ 1,12
40.	15,02 $\pm$ 0,88	16,10 $\pm$ 1,12	14,23 $\pm$ 1,91
47.	17,72 $\pm$ 2,13	16,15 $\pm$ 0,89	17,64 $\pm$ 1,68

^{a,b} Azonos sorban eltérő betűjelölés szignifikáns különbséget jelent $p < 0,05$ szinten

Table 5. Relative liver and breast filet weight (g/100 g body weight) in the groups during the experiment (mean $\pm$ SD; n=6 in each group)

age (day) (1); control (2); detoxified (3); relative weight of liver (4); relative weight of breast filet (5) ^{a,b} different superscripts in the same row mean significant difference at $p < 0.05$ level

Ezzel szemben a mell relatív tömege mindhárom csoportban, minden mintavételi időpontban hasonlóan alakult, szignifikáns eltéréseket nem tapasztaltunk (5. táblázat).

A húsmínőség vizsgált paraméterei közül a mellizom pH értékében sem a vágás utáni 90. percben, sem 36 órás hűtött közegben való tárolást követően nem találtunk számottevő különbségeket a csoportok között (6. táblázat). Minden csoportban és minden mintavételi időpontban a jó minőségű húsról jellemző (*Qiao és mtsai*, 2001; *Van Laack és mtsai*, 2000) tartományba eső értékeket mértünk (pH: 5,6-6,1).

A mellizom vágás után közvetlenül, valamint 36 órás hűtve (4°C) tárolást követően a CIELab rendszerben elvégzett színmérésének eredményei alapján azt találtuk, hogy jelentős eltérések csak néhány esetben fordultak elő. A 33. életkori napon kizárólag a hűtve tárolás után találtunk szignifikáns eltérést ($p < 0,001$). Eszerint a detoxifikált takarmányt fogyasztó csoport húsa számottevően sötétebb (L^* érték) volt a kontrollhoz viszonyítva. Emellett a 47. napon találtunk még statisztikailag igazolható eltéréseket a hússzínben. Ekkor közvetlenül a vágás után a 33. napon tapasztaltakkal ellentétben a detoxifikált csoport húsa bizonyult a legvilágosabbnak, miközben az AFB₁-el kontaminált takarmányt fogyasztó csoport mellizmában a sárga szín (b^*) szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb intenzitású volt, mint a kontroll és a detoxifikált takarmányt fogyasztó egyedeké (7. táblázat).

A Lukács-féle értékelés alapján a vágást követő 90. percben a 33. és a 40. napon alig észrevehető, míg a 47. napon észrevehető (aflatoxin csoport), illetve jól észrevehető (detoxifikált csoport) volt a különbség a kontrollhoz viszonyítva.

6. táblázat

A mellizom átlagos pH-ja a kísérleti csoportokban 90 perccel vágás után illetve 36 óras hűtve (+4°C) tárolást követően

Életkor (nap) (1)	Kontroll (2)	Aflatoxin	Detoxifikált (3)
Vágás után 90 perccel (4)			
26.	5,65±0,21		
33.	5,60±0,90	5,58±0,04	5,57±0,12
40.	5,52±0,04	5,52±0,07	5,53±0,05
47.	6,07±0,24	6,13±0,24	6,16±0,17
36 óras hűtve tárolás után (5)			
26.	5,28±0,07		
33.	5,55±0,06	5,53±0,08	5,83±0,08
40.	5,68±0,04	5,69±0,10	5,55±0,16
47.	5,83±0,05	5,83±0,10	5,80±0,11

Table 6. pH of breast muscle in the experimental groups 90 minutes post mortem and after 36 hours cooling (+4°C) (n=6 in each group)(no significant difference was revealed)

age (day) (1); control (2); detoxified (3); 90 minutes post mortem (4); after 36 hours cooling (5)

A vágást követő 36. órában az aflatoxin csoportban mindhárom életkorban alig észrevehető, míg a detoxifikált csoportban a 33. napon észrevehető, azt követően pedig alig észrevehető különbségek voltak a hús színében (8. táblázat).

A hússzín változásait az életkor függvényében vizsgálva jellemzően minden csoportban hasonló eltéréseket tapasztaltunk. Ezek az eltérések leginkább a vágást követő 90. percben voltak jelentősek, a hűtve tárolás során enyhültek, eltűntek. Legjelentősebb eltéréseket az L* értékében találtunk. A kísérlet első két hetében világosabb, majd a kiindulási értékhez hasonlóan sötét lett a hús. Emellett a vörös szín intenzitása (a*) a kiindulási (26. napi) értékhez viszonyítva csoporton belül minden vizsgálati időpontban kisebbnek bizonyult ($p < 0,001$). Ezek a csoporton belüli változások, mind tendenciájukban, mind intenzitásban teljesen hasonló mintázatot mutattak az egyes csoportokban, ezért vélhetően sokkal inkább az életkorral semmint a kezelésekkel állnak összefüggésben.

MEGBESZÉLÉS

Az AFB₁, már alacsony szennyezettségi szint esetében is rontja a baromfi termelési paramétereit (Dalvi, 1986), így már 40 µg/kg takarmány dózisonál is szignifikáns mértékben csökkenti a takarmányfelvételt, a súlygyarapodást és rontja a takarmányértékesítést (Liu és mtsai, 2018). Vizsgálatunk során ezt a megállapítást nagyobb (59,8 µg AFB₁/kg takarmány) dózisonál nem tudtuk megerősíteni, amelynek oka feltehetően az eltérő genotípus és tartási körülmények voltak. Az egyes baromfi genotípusok között ugyanis jelentős mértékű különbséget találtak az aflatoxin iránti érzékenység tekintetében (Ditta és mtsai, 2018). Emellett az eredmények eltérőek attól függően, hogy az állatok milyen életkorban, milyen időtartamban kapják a terhelést (Raju és Devegowda, 2000; Denli és mtsai, 2009; Zhao és mtsai., 2010;

7. táblázat

**A mellizom színének változása a CIELab rendszerben mérve a kísérleti csoportokban
(n=6/ csoport)**

Mérés ideje (óra) (1)	Életkor (nap) (2)		Kontroll (3)	Aflatoxin	Detoxifikált (4)
0.	26.	L*	50,86±1,77		
		a*	14,75±0,71		
		b*	7,75±1,36		
	33.	L*	61,65±1,55	62,27±1,08	61,29±1,97
		a*	12,39±1,14	12,08±0,88	13,40±1,13
		b*	7,44±1,47	7,74±2,12	7,40±1,26
	40.	L*	62,26±1,73	62,37±1,86	63,12±2,00
		a*	12,42±1,06	11,97±0,70	12,15±0,69
		b*	7,12±1,04	8,24±0,9	7,24±0,88
	47.	L*	52,59±1,39 ^a	52,43±3,85 ^{ab}	56,34±1,15 ^b
		a*	12,19±0,80	12,80±1,48	12,44±0,91
		b*	8,03±2,17 ^a	5,55±1,05 ^b	7,58±1,33 ^a
36.	26.	L*	63,41±2,25		
		a*	10,78±1,96		
		b*	14,22±2,40		
	33.	L*	60,83±2,32 ^a	61,80±2,07 ^a	58,34±1,53 ^b
		a*	12,41±1,08	12,89±0,81	13,51±1,12
		b*	8,92±2,42	9,12±2,83	8,01±1,59
	40.	L*	61,85±1,64	60,94±1,60	61,43±1,63
		a*	13,29±1,29	12,72±0,61	13,31±0,67
		b*	7,73±1,41	8,79±0,92	8,26±0,76
	47.	L*	60,04±2,00	61,47±3,07	58,71±0,97
		a*	12,33±1,79	13,15±0,87	12,08±0,67
		b*	10,68±3,29	10,89±2,19	10,94±3,51

^{a,b} Azonos sorban eltérő betűjelölés szignifikáns különbséget jelent $p < 0,05$ szinten

Table 7. Colour of breast muscle measured by the CIELab system in the experimental groups (n=6 in each group)

time of measurement (hour) (1); age (day) (2); control (3); detoxified (4); ^{a,b} different superscripts in the same row mean significant difference at $p < 0.05$ level.

Liu és mtsai, 2018). A kórboncolás során már korán megállapítást nyert, hogy az AFB₁ toxikózisra a leginkább érzékeny szerv a máj (Bbosa és mtsai, 2013). A máj megnagyobbodását (Dalvi, 1986) és annak súlyos szövettani károsodását (Quezada és mtsai, 2000) baromfi fajokban is leírták. Ezt a hatást jelen vizsgálat is megerősítette, mert az AFB₁-el szennyezett takarmány etetésének hatására szignifikáns mértékben nőtt a máj relatív tömege. A mikrobiológiai detoxifikáció

8. táblázat

**A mellizom színének szemmel látható eltérései a kontrollcsoporthoz viszonyítva
(n=6/csoport)**

0. óra (1)		
Életkor (nap) (2)	Aflatoxin	Detoxifikált (3)
33.	0,75	1,07
40.	1,22	0,91
47.	2,58	3,79
36. óra (1)		
33.	1,10	2,87
40.	1,51	0,68
47.	1,66	1,37

Table 8. Visual perception difference of breast muscle colour as compared to control (n=6 in each group)

hour (1); age (day) (2); detoxified (3)

ugyanakkor ezt a hatást kiküszöbölte, ami arra utal, hogy az általunk alkalmazott detoxifikációs módszer hatékonyan csökkentette az AFB₁ hatását. Az eredmény alapján feltehetően a *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 törzzsel végzett szilárd fermentáció nem csak a takarmány AFB₁ tartalmát csökkentette, de a folyamat során toxikus metabolitok sem keletkeztek.

A húskihozattal, így például a mell relatív tömegével kapcsolatban, a szakirodalomban csak az általunk alkalmazott AFB₁ dózisonál lényegesen nagyobb (500 µg/kg takarmány) szennyezettségi szintnél találtak szignifikáns mértékű csökkenést (Mota és mtsai, 2019). A jelen vizsgálat során alkalmazott dózisonál (58,9 µg/kg) a különbség csak tendencia jellegű volt. A húsmínőségi paraméterek közül a pH érték jelen vizsgálat során nem mutatott eltéréseket. Korábbi vizsgálatok eredményei szerint még nagy (500 µg/kg takarmány) AFB₁ terhelés esetén sem tért el szignifikáns mértékben a pH értéke a kontrollcsoporttól (Shabani és mtsai, 2016; Mota és mtsai, 2019). A hús színében a világosság (L*) a vágás után nagyobb volt a detoxifikált csoportban a kontrollhoz viszonyítva, de ez a különbség később eliminálódott. Egy korábbi vizsgálat során (Shabani és mtsai, 2016), ugyanakkor nagy AFB₁ terhelés (500 µg/kg takarmány) hatására mérsékelten 6,7%-kal megnövekedett világosság (L*) értéket találtak a kontrollhoz viszonyítva a vágást követően. A vörös színben (a*) nem volt eltérés, a sárgaságban (b*) azonban igen, amelyet az AFB₁ terhelés csökkentett, de a detoxifikáció ezt a hatást jelentősen mérsékelte. Hasonló eredményre jutottak nagy dózisú AFB₁ terhelésnél (500 µg/kg takarmány) is, ahol a CIELab rendszerben szintén a b* értéke csökkent jelentősen (Shabani és mtsai, 2016). A hús színében kimutatott eltérések főképp a közvetlenül vágást követően elvégzett színmérésnél voltak jelentősek, amelyek már szemmel is jól érzékelhetőek voltak a kontrollcsoporthoz viszonyítva úgy az AFB₁-el terhelt, mind a detoxifikált csoportban. Az aflatoxin koncentráció és a hússzín összefüggéseire vonatkozóan az irodalom meglehetősen hiányos. Mindeddig csak Shabani és mtsai (2016) vizsgálták és a hússzínben tapasztalt eltéréseket

az aflatoxin oxidatív hatásának tulajdonították. Kísérletünk eredményei alapján nem ítélték meg egyértelműen, hogy az általunk tapasztalt színbeli eltérések köthetők-e a hús oxidatív stabilitásának változásához, ill. ez utóbbi az aflatoxin jelenlétéhez, vagy detoxifikáláshoz.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az EU határértéket ötszörösen meghaladó mennyiségű AFB₁ terhelés hatására a termelési paraméterek számottevően nem változnak, a toxin hatása csak a máj relatív tömegének növekedésében volt kimutatható. Ezt a hatást a *Rhodococcus pyridinivorans* AK37 törzsszel végzett biológiai detoxifikáció hatékonyan csökkentette, ami azt bizonyította, hogy a takarmány AFB₁ tartalmának csökkenése hatással van az aflatoxin által előidézett májkárosodásra.

Bár az aflatoxin nyomokban megjelenhet a húsban is (*Pleadin*, 2021), baromfifélékben mindeddig nem mutatták ki takarmány eredetű toxinterhelés esetén. Ugyanakkor a hús egyes minőségi paramétereiben (szín, pH, víztartó-képesség) okozhat változást (*Shabani és mtsai*, 2016). Kísérletünkben is tapasztaltunk a hús színében változásokat, de az eredmények alapján ezek nem hozhatók szoros összefüggésbe a takarmány AFB₁ szennyezettségének mértékével, mert a kontrollhoz viszonyítva az AFB₁-el terhelt és detoxifikált csoportban egyaránt jelentkeztek. A hús színében kimutatott eltérések szemmel ugyan érzékelhetők voltak, de nem idéztek elő olyan mértékű és irányú változásokat, amelyek a baromfihús fogyasztói minőségét csökkentették volna.

Végezetül fontos kiemelni, hogy az általunk alkalmazott aflatoxin biodegradációs modell a toxin kedvezőtlen hatásainak csökkentése mellett nem változtatja meg számottevően az általunk vizsgált húsminőségi paramétereket, így sikeres lehet gyakorlati körülmények között is a takarmányok toxinmentesítésében a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az NVKP_16-1-2016-0009 és az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projektek támogatták.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmad, I. – Hussain, A. – Hussain, T. – Javed, I. - Kashif Saleemi, M. – Khan, A. - Raza Hameed, M. - Zargham Khan, M. - Najm-ul-Islam (2013): Aflatoxin residues in tissues of healthy and sick broiler birds at market age in Pakistan: a one year study. Pak. Vet. J., 33. 423-427.
- Alassane-Kpembé, I. - Schatzmayr, G. - Taranu, I. - Marin, D. - Puel, O. - Oswald, I. P. (2017): Mycotoxins co-contamination: Methodological aspects and biological relevance of combined toxicity studies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57. 3489-3507.
- András, Cs. D. – György, É. – Hantz, A. – Harai, É. – Tolokán, A. (2008): Mikotoxinogén penészgombák vizsgálata és az általuk termelt mikotoxinok analitikai kimutatása fűszerekből és takarmányokból. Orv. Tud. Ért., 81. 275-278.

- Avantaggiato, G. – Boudergue, C. – Boudra, H. – Burel, C. – Debongnie, P. – Dragacci, S. – Favrot, M. – C. – Fremy, J.-M. – Massimi, C. – Morgavi, D. – Oswald, I. – Perez, A. – Prigent, P. – Pussemmer, L. (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.
- Bbosa, G. S. - Lubega, A. - Kyegombe, D. B. - Kitya, D. - Ogwal-Okeng, J. - Anokbonggo, W. W. (2013): Review of the biological and health effects of aflatoxins on body organs and body systems. In: Razzaghi-Abyaneh ed.: Aflatoxins. Recent advances and future prospects. Intech Open, Rijeka. DOI: 10.5772/51201
- Ciegler, A. - Peterson, R. E. (1966): Aflatoxin detoxification: Hydroxydihydro-Aflatoxin B1, Appl. Microbiol., 196. 665-666.
- Cserhádi, M. (2013): Mikotoxinok biodegradációjára képes mikroorganizmusok szelekciója és alkalmazása. Doktori (PhD) értekezés, SZIE, Gödöllő, 143.
- Dalvi, R. R. (1986): An overview of aflatoxicosis of poultry: Its characteristics, prevention and reduction. Vet. Res. Comm., 10. 429–443.
- Deák, T. – Kiskó, G. – Maráz, A. - Mohácsiné Farkas, Cs. (2006): Élelmiszer-mikrobiológia, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 92-93., 125-130.
- Deepak, M. B. - Jhanvi, S. P. (2015): Aflatoxin binding and detoxification by non-saccharomyces yeast a new vista for decontamination. International Journal of Current Microbiol-Appl. Sci., 4. 310–317.
- Denli, M. – Blandon, J. C. – Guynot, M. E. – Salado, S. – Pere, J. F. (2009): Effects of dietary AflaDetox on performance, serum biochemistry, histopathological changes, and aflatoxin residues in broilers exposed to aflatoxin B₁. Poult. Sci., 8. 1444–1451.
- Ditta, Y. A. - Mahad, S. - Bacha, U. (2018): Aflatoxins: The toxic effect on poultry and recent advances in their treatment. In: Njobeh, P.B., Stepman, F. eds.: Mycotoxins – impact and management strategies. InTech, Rijeka, DOI: 10.5772/intechopen.80363
- Dobolyi, Cs. – Sebők, F. – Varga, J. – Kocsubé, S. – Szigeti, G. – Baranyi, N. – Kukolya, J. (2011). Occurrence of aflatoxin producing *Aspergillus flavus* isolates in maize kernel in Hungary. Acta Aliment., 42. 451–459.
- Fouad, A. M. - Ruan, D. - Kasem El-Senousey, H. A. - Chen, W. - Jiang, S. - Zheng, C. (2019): Harmful effects and control strategies of aflatoxin B1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry: Review. Toxins, 11. 176. doi:10.3390/toxins11030176
- Guan, Y. - Chen, J. - Nepovimova, E. - Long, M. - Wu, W. - Kuca, K. (2021): Aflatoxin detoxification using microorganisms and enzymes. Toxins, 13. 46. doi.org/10.3390/toxins13010046
- Honikel, K. O. (1987): How to measure water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods, In: Tarrant, P. V., Eikelenboom, G., Monin, G. eds.: Evaluation and control of meat quality in pigs. Seminar in CEC Agricultural Research Program, Dublin, 129-142.
- Hormisch, D. - Brost, I. - Kohring, G. W. - Giffhorn, F. - Krippenstedt, R. M. - Stackebrandt, E. - Farber, P. - Holtzapfel, W. H. (2004): *Mycobacterium fluoranthenorans* sp. nov., a fluoranthene and aflatoxin-B1 degrading bacterium from contaminated soil of a former coal gas plant. Syst. Appl. Microbiol. 27, 553–660. p.
- IARC (2002): IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. International Agency for Research on Cancer, Lyon, 301-366.
- Khayoon, W. S. - Saad, B. - Yan, C. B. - Hashim, N. H. - Ali, A. S. M. - Salleh, M. I. - Salleh, B. (2010): Determination of aflatoxins in animal feeds by HPLC with multifunctional column clean-up. Food Chem., 118. 882–886.
- Kumar, P. - Mahato, D. K. - Kamle, M. - Mohanta, T. K. - Kang, S. G. (2017): Aflatoxins: A global concern for food safety, human health and their management. Front. Microbiol., 7. 2170. doi:10.3389/fmicb.2016.02170

- Ledoux, D. R. - Rottinghaus, G. E. - Bermudez, A. J. - Alonso-Debolt, M. (1999): Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 78. 204–210.
- Liu, N. - Wang, J. Q. - Jia, S. C. - Chen, Y. K. - Wang, J. P. (2018): Effect of yeast cell wall on the growth performance and gut health of broilers challenged with aflatoxin B1 and necrotic enteritis. *Poult. Sci.*, 97. 477–484.
- Loi, M. - De Leonardis, S. - Ciasca, B. - Paciolla, C. - Mulè, G. - Haidukowski, M. (2023): Aflatoxin B1 degradation by ery4 laccase: From in vitro to contaminated corn. *Toxins*, 15. 310.
- Lukács, Gy. (1982): Színmérés. Műszaki Kiadó, Budapest, 341.
- Mann, R. - Rehm, H. J. (1977): Degradation of aflatoxin-B1 by various microorganisms. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 163. 39–43.
- Mézes, M. - Balogh, K. - Tóth, K. (2010): Preventive and therapeutic methods against the toxic effects of mycotoxins – a review. *Acta Vet. Hung.*, 58. 1–17.
- Mota, M. M. - Hermes, R. G. - Araújo, C. S. S. - Pereira, A. S. C. - Ultimi, N. B. P. - Leite, B. G. S. - Araújo, L. F. (2019): Effects on meat quality and black bone incidence of elevated dietary vitamin levels in broiler diets challenged with aflatoxin. *Animal*, 13. 2932–2938.
- Quezada, T. - Cuéllar, H. - Jaramillo-Juárez, F. - Valdivia, A. G. - Reyes, J. L. (2000): Effects of aflatoxin B1 on the liver and kidney of broiler chickens during development. *Comp. Biochem. Phys. Part C*, 125. 265–272.
- Rushing, B. R. - Selim, M. I. (2019): Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food Chem. Toxicol.*, 124. 81–100.
- Pascale, M. - Logrieco, A. F. - Graeber, M. - Hirschberger, M. - Reichel, M. - Lippolis, V. - De Girolamo, A. - Lattanzio, V. T. M. - Slettengren, K. (2020): Aflatoxin reduction in maize by industrial-scale cleaning solutions. *Toxins*, 12. 331. DOI: 10.3390/toxins12050331
- Qiao, M. - Fletcher, D. L. - Smith, D. P. - Northcutt, J. K. (2001): The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult. Sci.*, 80. 676–680.
- Pleadin, J. - Lešić, T. - Miličević, D. - Markov, K. - Šarkan, B. - Vahčić, N. - Kmetič, I. - Zdravec, M. (2021): Pathways of mycotoxin occurrence in meat products: A Review. *Processes* 9, 2122. <https://doi.org/10.3390/pr9122122>
- Raju, M. V. L. N. - Devegowda, G. (2000): Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin) *Br. Poult. Sci.* 41., 640–650. doi: 10.1080/713654986.
- Rawal, S. - Kim, J. E. - Coulombe, R. (2010): Aflatoxin B1 in poultry: toxicology, metabolism and prevention. *Res. Vet. Sci.*, 89. 325–331.
- Risa, A. - Krifaton, Cs. - Kukolya, J. - Kriszt, B. - Cserháti, M. - Tancsics, A. (2018): Aflatoxin B1 and zearalenone-detoxifying profile of *Rhodococcus* type strains. *Curr. Microbiol.*, 75. 907–917.
- Shabani, A. - Dastar, B. - Hassani, S. - Khomeiri, M. - Shabanpour, B. (2016): Decreasing the effects of aflatoxins on color and oxidative stability of broiler meats using nanozeolite. *J. Agr. Sci. Tech.*, 18. 109–121.
- Tóth, B. - Varga, J. (2005): Novel strategies to control mycotoxins in feeds. A review. *Acta Vet. Hung.*, 53. 189–203.
- Van Laack, R. L. J. M. - Liu, C. H. - Smith, M. O. - Loveday, H. D. (2000): Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult. Sci.*, 79. 1057–1061.
- Zhao, J. - Shirley, R. B. - Dibner, J. D. - Uraizee, F. - Officer, M. - Kitchell, M. - Vazquez-Anon, M. - Knight, C. D. (2010): Comparison of hydrated sodium calcium aluminosilicate and yeast cell wall on counteracting aflatoxicosis in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 89. 2147–2156.

Szerzők címe: Erdélyi M. – Kulcsár R. – Ancsin Zs. – Mézes M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus
Takarmánybiztonsági Tanszék

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Science, Szent István
Campus, Department of Feed Safety
H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Ballane.Erdelyi.Marta@uni-mate.hu

Cserháti M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus
Molekuláris Ökológia Tanszék
Hungarian University of Agriculture and Life Science, Szent István
Campus, Department of Molecular Ecology, Gödöllő

Szabó I. – Kriszt B.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus
Környezetbiztonsági Tanszék
Hungarian University of Agriculture and Life Science, Szent István
Campus, Department of Environmental Safety, Gödöllő

Kukolya J.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus
Élelmiszer-biotechnológiai Kutatócsoport
Hungarian University of Agriculture and Life Science, Buda Campus,
Food Biotechnology Research Group, Budapest

Köszönjük az alább felsorolt kollegáinknak, hogy a 2023-ban megjelent kéziratok lelkiismeretes bírálatával hozzájárultak folyóiratunk tudományos színvonalának megőrzéséhez:

Anton István, Balogh Krisztián, Benk Ákos, Bodrogi Lilla, Cseh Sándor, Gáspárdy András, Halas Veronika, Horváth Ákos, Jakabné Sándor Zsuzsanna, Kusza Szilvia, Mézes Miklós, Nagy Szabolcs Tamás, Pajor Ferenc, Pál László, Somoskői Bence, Szabó Ferenc, Szabó Rubina, Szalai Zita, Végi Barbara, Zajác Edit, Zsédely Eszter