



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay*

Ambrus Árpád¹, Szenczi-Cseh Júlia², Griff Tamás³, Kerekes Kata⁴, Miklós Gabriella⁵, Vásárhelyi Adrien⁶, Szigeti Tamás János⁷

Érkezett: 2019. december – Elfogadva: 2020. február

Élelmiszereink mikotoxin- és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszer-biztonsági megítélése, 2. rész. Mikotoxinok

KULCSSZAVAK: mikotoxinok, Codex Alimentarius, fogyasztói expozíció, minőség-ellenőrzés, mintavétel

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Közleményünkben bemutatjuk az élelmiszerekben és takarmányokban előforduló mikotoxin-szennyezést, szabályozásukat, az élelmiszerek, takarmányok mintavételével és analitikai vizsgálatával kapcsolatos követelményeket, elemezzük a jelenlegi hazai gyakorlat tapasztalatait. A NÉBIH mellett, felkérésünkre részletes adatokat bocsátott a fogyasztói kockázatbecslés céljára a WESSLING Hungary Kft. és a Kaposvári Egyetem. A BIOMIN Kft., és SGS Hungária Kft. összesített adatokkal, a Gabona Control Kft. pedig rész-adatokkal járult hozzá tanulmányunk elkészítéséhez. A rendelkezésünkre álló vizsgálati eredmények alapján becsüljük a magyar fogyasztók expozícióját annak érdekében, hogy előzetes helyzetértékeléssel segítsük elő az élelmiszereink szennyezettségének csökkentéséhez szükséges célirányos intézkedéseket, amelyekre javaslatokat is teszünk.

Széleskörű vizsgálatok és nemzetközi információ alapján megállapítottuk, hogy:

- előzetes becsléseink szerint a fogyasztók egy részénél az alfatoxin M1 és DON expozíciója időszakonként meghaladhatja a toxikológiai referencia értékeket, ami humánegészségügyi kockázatot jelent;
- az emberi fogyasztásra és takarmányozási célra termelt gabonák gombafertőzöttségének és az abból származó toxin expozíciónak csökkentésére, az összes érintett fél közreműködésével, átfogó intézkedések szükségesek.

1.1. A közleményben használt rövidítések:

ADI: Acceptable Daily Intake; elfogadható napi bevitel

ALARA: as low as reasonably achievable; ésszerűen elérhető legalacsonyabb szint

Bw (tt): Bodyweight, testtömeg [kg];

CAC: Codex Alimentarius Commission; Codex Alimentarius Bizottság

CCCF: Codex Committee on Contaminants in Food; Élelmiszer szennyezőanyagok Codex Szakbizottsága

CCFA: Codex Committee on Food Additives;

Élelmiszer Adalékanyagok Codex Szakbizottsága

DNA: deoxyribo nucleic acid; dezoxiribonukleinsav

EC: European Commission; Európai Bizottság

EDI: Estimated Daily Intake; becsült napi bevitel

EFSA: European Food Safety Authority; Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság

ELISA: enzyme-linked immunosorbent assay; enzimhez kapcsolt immunszorbens vizsgálat

¹ Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

² Önálló élelmiszer-biztonsági szakértő

³ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság

⁴ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság

⁵ Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft.

⁶ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság

⁷ WESSLING Hungary Kft.

EPC: European Parliament and Council; Európai Parlament és Tanács

EU: European Union; Európai Unió

FAO: Food and Agriculture Organization of United Nations; Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete

HBV: Hepatitis-B vírus; Hepatitis-B vírus

HPLC: high pressure (performance) liquid chromatography; nagynyomású, nagy teljesítményű folyadék kromatográfia

IARC: International Agency for Research on Cancer; Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség

ISO: International Standard Organization; Nemzetközi Szabványügyi Testület

JECFA: FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants; A FAO/WHO Élelmiszer adalékokkal és szennyezőkkel foglalkozó szakértői bizottsága

LOQ, KH: limit of quantification, kimutatási határ, mennyiségi meghatározás alsó határa

ML: Maximum Limit [mg/kg]; maximális elfogadható koncentráció érték [mg/kg]

MS/MS: tandem mass spectrometry; tandem tömegspektrometria

NOAEL No-observed adverse level [ppm in feed expressed also in mg a.i./kgbw per day]; megfigyelhető káros hatást nem okozó szint

NOEL: no observed effect level; kimutatható elvárt hatást nem okozó koncentráció vagy nem észlelt hatás szint (koncentráció)

OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development; Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet

PMTDI: ideiglenes maximum elviselhető napi bevétel

QC: Quality control; minőség-ellenőrzés

SFC: European Commission Scientific Committee on Food; Európai Bizottság Élelmiszerekkel foglalkozó Szakbizottsága

TDI: elviselhető napi bevétel (az élelmiszerhez nem szándékosan adott vegyület esteén alkalmazzák)

USA: United States of America; Amerikai Egyesült Államok

US FDA: US Food and Drug Administration; Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszer-ellenőrzési Hivatala

UV: ultraviolet; ultraibolya

2. Bevezetés

A Népesedési Kerekasztal felhívást intézett és kormányzati szintű stratégiai intézkedési terv kidolgozását javasolta a napi élelmiszerekben előforduló mezőgazdasági vegyszerek és toxinok egészségre, valamint a meddőség előidézésére gyakorolt hatásának a csökkentésére. A felhívás a mikotoxinokat nevezte meg a szennyezés egyik fő forrásának.

1. táblázat. Az egyes mikotoxinokra meghatározott maximális beviteli szintek

Table 1. Maximum intakes established for mycotoxins

Toxin	Toxicológiai referencia érték Toxicological reference values	Hivatkozás References
Aflatoxin ¹ B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂	*1	[38]
AFM ₁ , AFM ₂ **	*2	
Fumonisin B ₁ , B ₂ , B ₃ és B ₄ együtt (sum)***	TDI: 1 µg/kgbw *3	[39]
DON	TDI: 1 µg/kg bw per day	[40]
Ochratoxin A	5 ng/kgbw (1.2-14)	[41]
Nivalenol	t-TDI: 0.7 g/kg bw per day	[40, 42]
Patulin	PMTDI 0.4 µg/kgbw	[43]
T-2 toxin+HT-2 toxin	t-TDI: 0.06 g/kg/bw	[40]
Zearalenon	t-TDI: 0.2 µg/kg/bw	[44]

Megjegyzések / Notes:

* Mivel az aflatoxinok karcinogének és genotoxikusak kockázat nélküli napi bevétel vagy NOEL nem állapítható meg. A májrák kialakulás valószínűsége (P_{HBV}) 1 ng/ttkg naponkénti bevétel esetén HBsAg- személyeknél átlagosan, illetve 95%-os felső bizonytalansági szinten 0,01 (0,049), HBsAg+ személyek esetén 0,3 (0,562) eset 100.000 személyre vonatkoztatva [45].

As the aflatoxins are carcinogenic and genotoxic acceptable daily intake or NOEL cannot be established. The liver cancer potency (P_{HBV}) for HBsAg- and HBsAg+ individuals at an average daily intake of 1 ng/bw (95% upper confidence limit in brackets) are 0.01 (0.049) and 0.3 (0.562) cases per year for 100,000 persons.

** A P_{HBV} HBsAg- személyek 1 ng/ttkg AFM₁ napi expozíciójakor 0,001 (0,0049), HBsAg+ személyeknél 0,03 (0,0562) eset évente 100.000 főre [45].

At an average daily intake of 1 ng/kg the P_{HBV} are 0.001 (0.0049) and 0.03 (0.0562) cases for 100000 persons per year for HBsAg- and HBsAg+ individuals, respectively.

*** A JECFA hangsúlyozta, hogy egy vegyület csoportra TDI-t akkor állapítanak meg, amikor az adott vegyületek hatás módja azonos és gyakran fordulnak elő együtt az egyes termékekben. Ilyen esetekben az együttes expozíció meghaladhatja a t-TDI értéket még akkor is, ha az egyes vegyületek expozíciója a vonatkozó NOAEL értékek alatt van. The JECFA emphasised that group TDI is established for a group of compounds if their mode of action is the same and they frequently occur together in various foods. In such cases the combined intake may exceed the t-TDI values even if the intakes of individual compounds is below the NOAEL.

Az EFSA 2019-es felmérése [1] alapján, a mikotoxinok 20 tagországban a lakosság 10-29%-a szerint adnak aggodalomra okot. További részleteket a 2020.03.31 számban közölt cikkünk első része tartalmazza.

Közleményünkben összefoglaljuk a mikotoxinok előfordulását és toxikológiai megítélését. Bemutatjuk a forgalomba kerülő élelmiszerek mikotoxin-szennyezettségének ellenőrzési rendszerét és a vizsgálatok eredményét. Az eredmények alapján elemezzük, értékeljük a fogyasztókat érő mikotoxin-expozíciót és javaslatot teszünk a lakosság egészségének védelme érdekében teendő intézkedésekre.

2.1. A mikotoxin-szennyezés jellemzői, valamint az élelmiszerekben és takarmányokban még elfogadható szennyezési szint szabályozása

A mikotoxinok a növényeket fertőző gombák másodlagos metabolitjai, melyek nem csak a termelési időszakban, hanem kedvezőtlen körülmények között a szállítás és raktározás során is képződnek. A meleg, száraz időjárás, a helytelen mezőgazdasági, tárolási gyakorlat különösen kedvez a kukorica, búza fertőződésének, áttételesen az aflatoxinok és általában a mikotoxinok keletkezésének [2, 3].

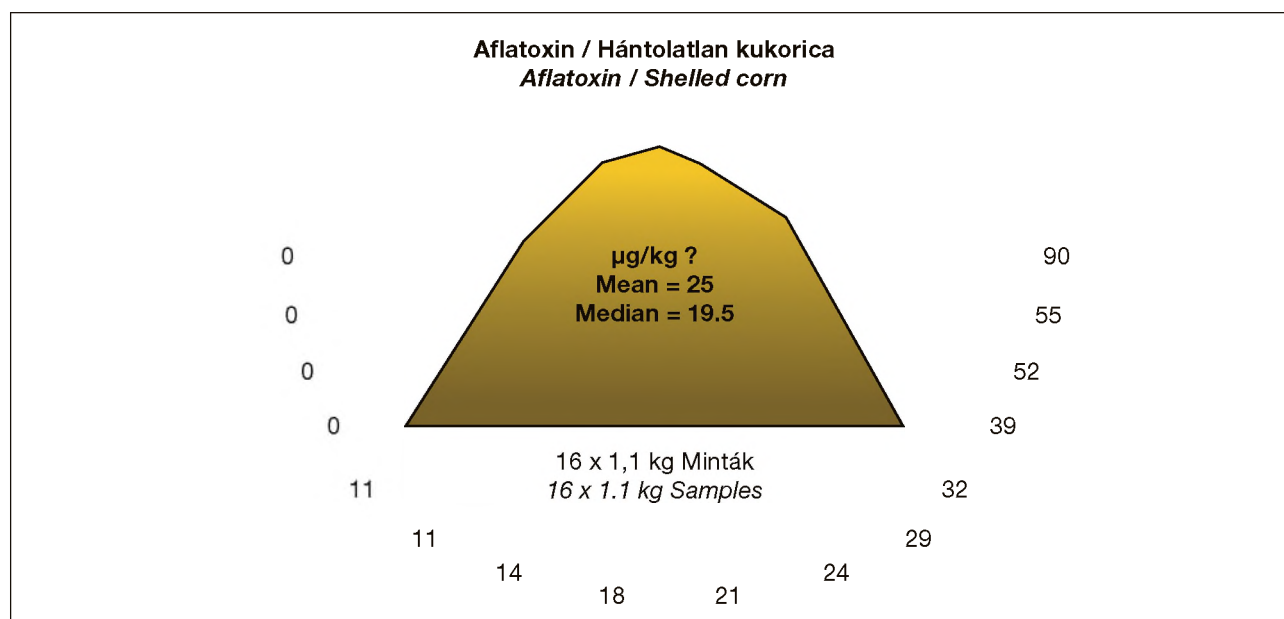
Gyakorlati szempontból a legjelentősebbek az aszpergillus gombák (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus niger*) által termelt aflatoxinok, valamint a fuzárium gombák (*Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. culmorum*) által termelt mikotoxinok közül a zearalenon (F-2 toxin), a fumonizineknek és a trichotecéneknek (pl. deoxinivalenol /DON/, T-2 és HT-2 toxin). A trichotecének csoportjába további, több mint 50 kémiai rokon, szeszkviterpén típusú bonyolult szerkezetű vegyület tartozik [4].

A XIX. század végéig a fuzárium toxinok mellett az aszpergillus gombák által termelt aflatoxin szennyező és elsősorban a mediterrán és tropikus éghajlati viszonyok között jelentett veszélyt [5]. Az aflatoxinok az utóbbi években Közép-Európában, Bácskában, a Vajdaságban [6, 7] és Magyarországon is megjelentek.

A mikotoxinok különböző kémiai szerkezetű, általában stabil, hőálló vegyületek. A nyers mezőgazdasági termékekben, takarmányokban [8] előforduló aflatoxinok, és egyéb mikotoxinok is bekerülnek a táplálékláncba és detektálhatók tejben [9, 10], tojásban, húsból, belsőségekből [11]. Az AFB₁ metabolitja, az AFM₁ feldúsul a sajtban [12], az anyatejben pedig hasonló szinten fordul elő, mint a tehéntejben [6, 13-15]. A nyers élelmiszeralapanyagok feldolgozásakor csak kismértékben bomlanak kevésbé toxikus származékokká. A mikotoxin-koncentráció változását az élelmiszerek feldolgozása során, illetve megoszlásukat az egyes feldolgozási frakciók között számos közlemény tárgyalja [16-28], melyeket cikkünkben nem ismételünk.

A törvényileg szabályozott 12, illetve az ellenőrzési programokba bevont 17 vegyület mellett a kutatók több száz mikotoxint azonosítottak. A leggyakoribb potenciális humánegészségi hatásai: rákkeltők (aflatoxin, ochratoxin A, fumonizinek, patulin), fejlődési rendellenességet okozók (zearalenon, ochratoxin A), a reprodukciót károsan befolyásolók (zearalenon, trichotecének), az ellenállóképeséget csökkentők, immunosuppresszívek (trichotecének), idegrendszert károsítók (ochratoxin A, fumonizinek) [29, 30].

A mikotoxinok toxikológiai értékelésével több nemzetközi szervezet (JECFA, IARC, SFC, EFSA [31-35]) is foglalkozik. A jelenleg érvényes elfogadható napi bevitel értékeit az 1. táblázat tartalmazza. A hivatkozások részletesen tárgyalják az értékelt toxinok egészségkárosító hatásait.



1. ábra. Aflatoxin (µg/kg) eloszlása 16 x 1.1 kg-os szemeskukorica mintákban
Figure 1. Distribution of aflatoxin in 16 x 1.1 kg corn samples

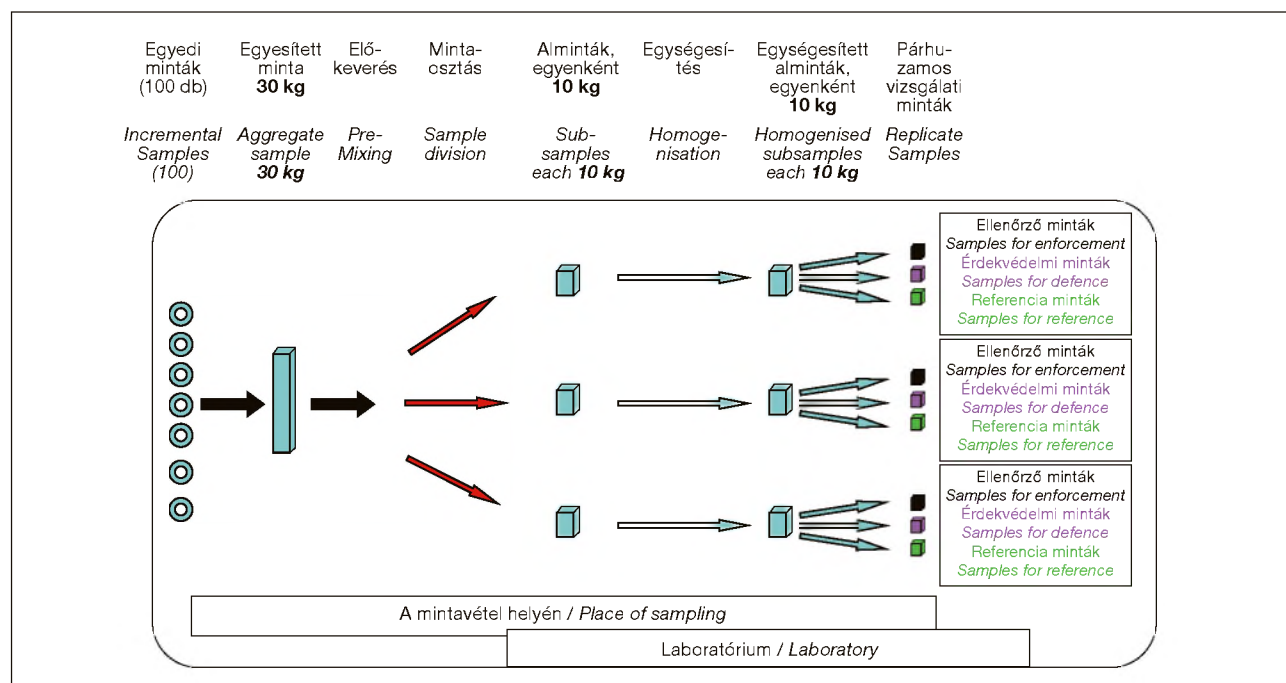
A magyar fogyasztók expozícióját több cikk is elemezte az elmúlt időszakban [4, 36-39]. A korábbi közleményeket Kovács [29] foglalta össze.

Az Európai Unióban a mikotoxinok elfogadható maximális koncentrációját élelmiszerekben a 1881/2006 [46] és a 165/2010 EK [47] rendeletek, takarmányokban a 2002/32/EK irányelv rendelkezéseit nemzeti jogszabályba átvéve a 64/2012 (VII.3) VM rendelet [48] szabályozza. A rendeletek különböző értékeket szabnak meg a közvetlen táplálkozási célú, a cse-csemők és kisgyerekek által fogyasztott élelmiszerekre, illetve egyes állatfajokra, növendék állatokra. A nemzeti hatóságok a helyi viszonyokat, valamint az ALARA elvet figyelembe véve eltérő értékeket határozhatnak meg. Például az EU-ban tejben az AFM₁ maximális elfogadható koncentrációja 50 ng/kg, cse-csemőtápszerben 25 ng/kg. Ugyanakkor Ausztriában és Svájcban az utóbbiakra 10 ng/kg maximális értéket szabtak meg.

2003-ig közel 100 ország adott ki irányelveket, vagy határozott meg határértékeket a különböző mikotoxinokra [49]. A nemzetközi kereskedelmi forgalomban figyelembe veendő határértékeket a Codex Alimentarius tette közzé [50]. További kiegészítéseket a CCCF jelentései tartalmazzák [51]. Az US FDA irányelvében külön hangsúlyozza, hogy a cselekvési szintek vagy határértékek az elkerülhetetlen mérgező vagy ártalmas anyagok maximális koncentrációjára vonatkoznak, de nem jelentik a megengedhető szintet. A szennyezést olyan alacsony szinten kell tartani,

ami technikailag lehetséges. A megadott szinteket meghaladó szennyezettségű tételek keverése más tétellel nem megengedett [52-55]. Hasonló elveket fogalmaznak meg az uniós jogszabályok is, például a 1881/2006/EK rendelet [46].

A mikotoxinok rendkívül egyenlőtlenül oszlanak el a termő területen és a betakarított terményekben. A fertőzött szemekben és közvetlen környezetükben akár 1000-szer magasabb toxin koncentráció mérhető, amíg lehetséges, hogy több százezer szemben nincs detektálható szennyezés [56-58]. Az 1. ábra Whitaker kísérleti eredményét illusztrálja, amely során egy tételből 16 független véletlen mintavétellel vett 1,1 kg-os mintákban mérték az AFB₁ koncentrációt [59]. Az aflatoxinok eloszlásának modellezésére a legtöbb termékből (szemes kukorica, diófélék, földimogyoró, szója) a negatív binomiális eloszlást találták a legalkalmasabbnak [57, 60]. Ugyancsak a negatív binomiális eloszlás adta a legjobb illesztést a szemes kukorica fumonizin szennyezettségének a modellezésére [61]. Az ochratoxin A eloszlásának a leírására búzában [62], nyers kávészemekben, a DON eloszlására búzában, árpában és kukoricában a lognormal eloszlás volt a legalkalmasabb [63, 64]. Ugyanakkor a porrá őrölt gyömbérben az aflatoxin és OTA koncentráció eloszlásra a normál eloszlást lehetett alkalmazni [65]. Whitaker és munkatársainak több évtizedes vizsgálatai alapján elkészítettek egy Excel alapú programot, amely 29 termék-toxin kombináció mintavételi eljárása hatékonyságának meghatározására alkalmas [66].



2. ábra. Az aggregált minta párhuzamos részmintákra bontása és a megfelelés igazolása
Figure 2. Division of aggregate sample into replicate samples and certification of compliance
(Mind a három vizsgálati mintának meg kell felelni a szállítmány elfogadásához
Each of the 3 enforcement samples has to be compliant for a consignment to be accepted)

Magyarázat:

Incremental samples: elemi minták; Aggregate sample: aggregált (összetett) minta; Pre-Mixing: elő keverés; Sample division: mintaosztás; Sub-samples: 10 kg-os részminták; Homogenisation: homogenizálás; Homogenised samples: homogenizált minták (egyenként 10 kg); Replicate samples: párhuzamos minták; Samples for enforcement, defence, reference: vizsgált, ellen és referencia minták; Place of sampling: a mintázás helyszíne; Laboratory: laboratórium

A különböző termék-toxin kombinációk vizsgálati eredményei egyértelműen azt jelzik, hogy a teljes meghatározási folyamat (a mintavételtől a toxinok mennyiségi meghatározásáig) bizonytalanságához (véletlen hibájához) a mintavétel hozzájárulása (a teljes variancia >90-97%-a) a legjelentősebb [67-70]. A teljes variancia a toxin koncentrációjának a függvénye [71]. A reprezentatív mintavétel fontosságát számos közlemény hangsúlyozza [62, 67, 68, 72-76].

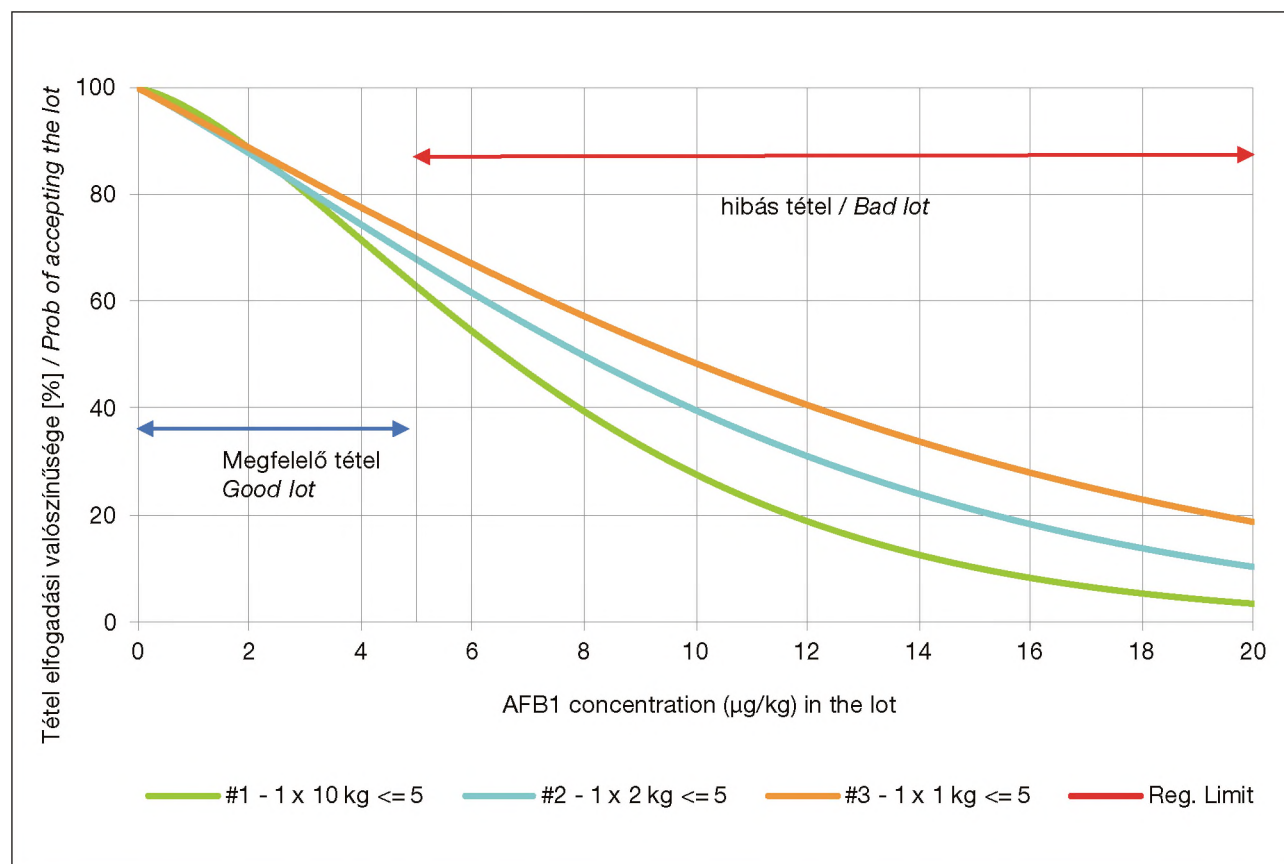
Mindezek figyelembevételével az Európai Unió [77, 78] és a különböző nemzeti hatóságok a mintavétel módját jogszabályokban szigorúan szabályozzák és útmutatókat adnak ki a helyes végrehajtásukra [79, 80]. A 2. ábra az aggregált minta részmintákra bonthatását mutatja [79].

A fizikai korlátok miatt a nagy raktárakban, silókban ömlesztve tárolt tételekből nem lehet reprezentatív mintát venni. Ilyen esetekben a be- vagy kitarolás-kor célszerű automata mintavevő segítségével mintát venni, ha a megfelelő berendezés rendelkezésre áll. Ugyancsak reprezentatív mintát lehet kapni a szállítószalag teljes szélességében rendszeres időközönként kivett részminták egyesítésével [77, 78, 81, 82].

A mérési eredmények relatív bizonytalanságához hozzájárul a mintaméret (mintatömeg) csökkentés, ho-

mogenizálás és a mennyiségi meghatározás hibája. Különösen jelentős lehet a mintavételt követő mintatömeg-csökkentés relatív hibája (a teljes variancia 90-94%), mivel a 10 tonnánál nagyobb tételekből veendő 100 elemi mintából álló ≥ 10 kg tömegű összetett (aggregált) minta megfelelő homogenizálása a mintavétel helyszínén gyakorlatilag nem végezhető el. A szállítás, raktározás, mintatömeg-csökkentés során a különböző méretű részecskék rétegződnek [67,83]. Ezért megbízható eredmények elérése érdekében a teljes összetett (aggregált) minta mennyiségét be kell szállítani a laboratóriumba [84], ahol megfelelő kapacitású darálókkal először szükség esetén 2-3 mm-es szitán átengedve a teljes mennyiséget le kell darálni, majd megfelelő méretű mintaosztóval 1-2 kg-nyi részmintákra bontani. A rész minta <1 mm-es méretűre darálását követően mintaosztóval kell kialakítani az extrakcióra kerülő 25-50 grammnyi tesztmintát [85-87].

Az újabb nagy-teljesítményű daralók (pl. Retch, Romer, Dickens) már egy lépésben is alkalmasak 10 kg-nyi szemes termény megfelelő méretre darálására. A darabos minták aprítása víz jelenlétében (slurry mixing) igen jó hatásfokúnak bizonyult. A Silverston malommal mérettől függően 10-30 kilogramm tömegű mintát egy lépésben lehet megfelelő méretre aprítani és statisztikailag jól kevert állapotba hozni [69, 75, 88-90].

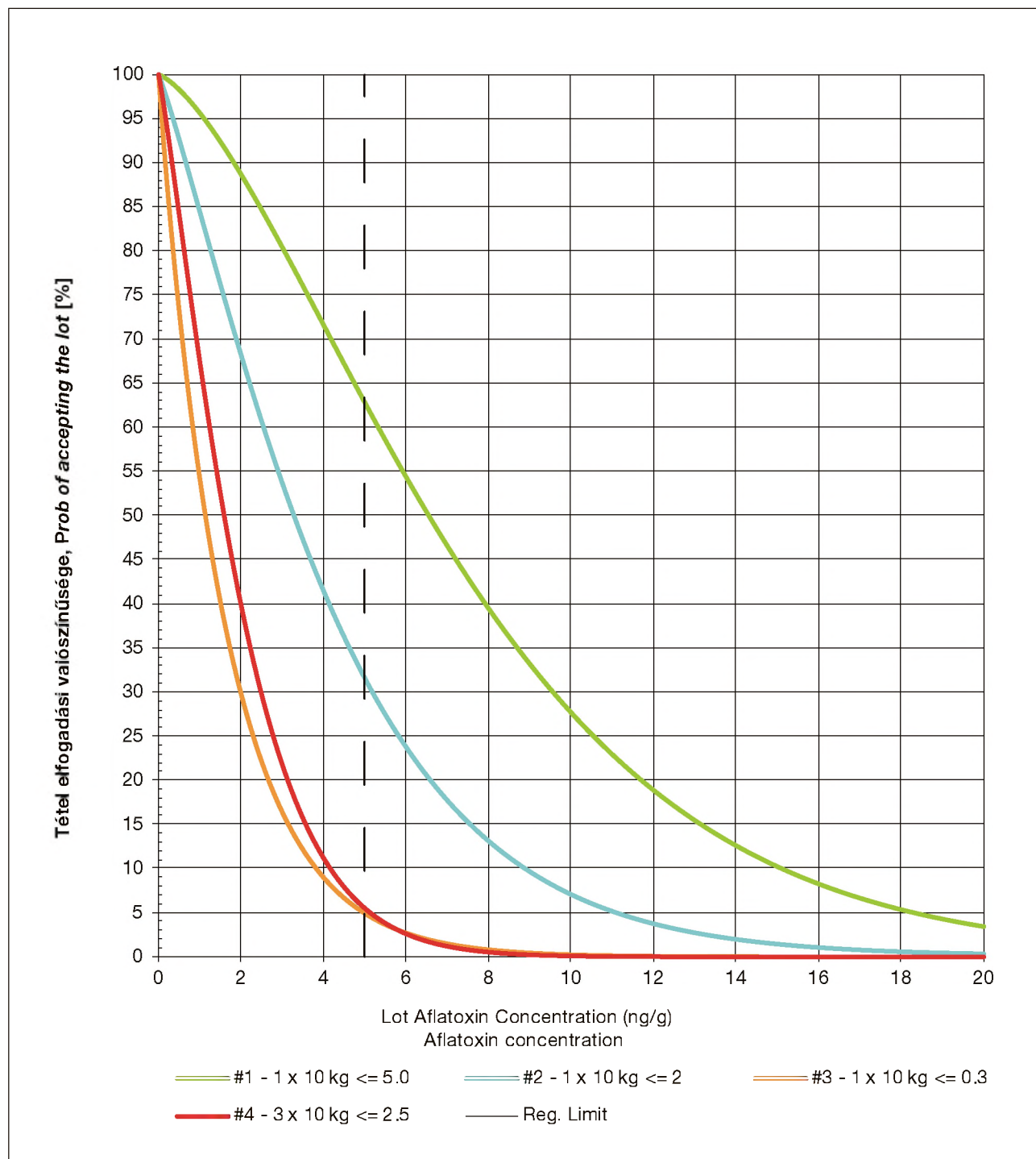


3. ábra. AFB1 várható eloszlása morzolt kukorica tételben (10, 2 és 1 kg < 3 mm szemcseméretre darált mintából kivett 30 g-os tesztminta HPLC-s vizsgálatával). Határérték ML= 5 µg/kg. A tételt elfogadják, ha a mért AFB1 koncentráció (C) ≤ ML, elutasítják, ha C > ML.

Figure 3. Expectable distribution of AFB1 in corn (10 kg, 2, kg or 1 kg samples are grounded to <3 mm, 30 g test portion is analysed with HPLC). Legal limit 5 µg/kg. The sampled lot is accepted if the measured AFB1 concentration (C) ≤ ML, rejected if C > ML.

Súlyos szakmai hibának tartjuk azt a gyakorlatot, amikor az analitikai módszereket leíró szerzők a módszer ismételtetését és esetenként a reprodukálhatóságát az 5-30 g tesztmintához adott standardok visszanyerési eredményeiből számítják és közlik, hogy a módszerük akár 1-2 g-os mintahányad extrakciójakor is kellő érzékenységgel detektálja a mikotoxinokat anélkül, hogy ellenőriznék, hogy az extrahált mintahányad megfelelően reprezentálja a teljes

laboratóriumi mintát. Nem ritka az olyan közlemény, ahol a módszer érzékenységét ng/ml-ben (extrakt) adják meg [91-93]. A fentiekből nyilvánvaló, hogy az így kapott eredmény semmit nem mond a módszer gyakorlati alkalmazásakor kapott eredmény bizonytalanságáról és pontosságáról. Az ilyen eredmények alkalmatlanok a határérték megfelelés ellenőrzésére vagy a fogyasztók expozíciójának a becslésére.



4. ábra. AFB₁ várható eloszlása morzsolt kukorica tételben (10 kg < 3 mm szemcseméretre darált mintából kivett 30 g-os tesztminta HPLC-s vizsgálatával). Határérték 5 µg/kg (ng/g).

Figure 4: Expectable distribution of AFB₁ in corn lot (10 kg sample is grounded to <3 mm, 30 g test portion is analysed with HPLC). Legal limit 5 µg/kg (ng/g).

A cselekvési szintek / Action limits:

green line: 1 × 10 kg C_{AFB1} ≤ 5 µg/kg; blue line: 1 × 10 kg C_{AFB1} ≤ 2 µg/kg;
red line: 3 × 10 kg C_{AFB1} ≤ 2.5 µg/kg, orange line: 1 × 10 kg C_{AFB1} ≤ 0.3 µg/kg

3. A forgalomba kerülő termények megfelelőségének ellenőrzése

A jogszabályokban meghatározott maximálisan elfogadható szennyező szintek (ML) a forgalomba került tételből az előírásnak megfelelően vett minta átlagos koncentrációjára vonatkoznak. Ha a mérési bizonytalanság figyelembevételével a mintában mért átlagos koncentráció nem haladja meg a határértéket, a termék forgalomba hozható. Ugyanakkor egy minta alapján nem lehet megalapozott következtetést levonni a tétel átlagos szennyezettségére vonatkozóan. Ha ugyanabból a tételből ismételt mintát veszünk, az analízis eredményében igen nagy eltéréseket tapasztalhatunk, mint azt az **1. ábra** mutatja. Ha egy mintában mért mikotoxin-koncentrációt a határértékhez viszonyítjuk, akkor a szennyezők heterogén eloszlása és a mért eredmény bizonytalansága következtében a tételből ismételt vett minták jelentős hányada a határérték feletti koncentrációban tartalmazhatja a mért *komponenst*.

A **3. ábra** a vizsgált komponens előfordulási valószínűségét és a mintázott 5 µg/kg átlagos AFB₁ szennyeződésű tétel megfelelőségét mutatja. Az ábrán jól látható a feldolgozott minta tömegének jelentősége: 1, 2 és 10 kg átlagmintarész darálásával nyert homogenizált mintából kivett 30 grammnyi tesztminta extrakciójával a tétel elfogadásának valószínűsége, rendre 37% (100-63), 33% és 27%. Ugyanebből a tételből a második mintavételnél 10 µg/kg AFB₁ szennyezés detektálásának a valószínűsége 48%, 40% és 27%, de 20 µg/kg AFB₁ tartalmú 1 kg tömegű mintát 19%-os valószínűséggel lehet találni! Felismerve a mintavétel korlátait, annak érdekében, hogy a termékek nagy valószínűséggel megfeleljenek a törvényi előírásoknak a termék minőségért felelősséget érő gyártók, forgalmazók több országban a határértéknél jóval alacsonyabb átvételi koncentrációt követelnek meg a beszállítóiktól. A **4. ábra** azt mutatja be, hogy 10 kg kukorica változatlan körülmények között történt feldolgozása esetén a beszerzéskor 2 µg/kg elfogadási maximum koncentráció alkalmazását követően

2. táblázat. A NÉBIH mikotoxin vizsgálatok (2008-2018) összesítése¹
Table 2. Summary of mycotoxin tests conducted by NFCSO during 2008-2018

Mikotoxin	Összes minta (db) Total number of samples	N>LOQ	LOQ µg/kg	Max.	Összes minta átlaga Total sample average µg/kg	Pozitív minták átlaga µg/kg Average of positive results µg/kg (N>LOQ)
Aflatoxin B1	6120	808	0.001	156	0.76	3.5
Aflatoxin B2	614	3	0.001	1.23	0.25	0.5
Aflatoxin G1	755	5	0.001	11.42	0.34	4.2
Aflatoxin G2	614	2	0.001	1.1	0.25	0.7
Aflatoxin M1	1311	223	0.003	0.86	0.02	0.0
Aflatoxin összes	3695	76	0.001	109.5	1.54	4.9
Citrinin	2	0	45	45	45.00	
DAS	441	1	40	40	40.00	40.0
DON	4844	1911	20	32300	144.85	234.8
F2-toxin (zearalenon)	4816	485	5	1048.9	8.75	21.5
Fumonizin (B1+B2)	1209	305	10*	4784	195.52	291.3
Fumonizin B1	285	119	20	3683	147.54	318.3
Fumonizin B2	284	86	20	1101	54.41	122.5
Fusarenon-X	441		40			
HT-2 toxin	540	65	5	899	15.02	44.5
Neosolaniol	441	2	10	58.6	38.71	50.6
Nivalenol	441		40			
Ochratoxin-A	4445	320	0.3	24.3	0.97	2.9
Patulin	744	4	3	99.56	11.14	45.9
T-2 toxin	1293	120	5	571	9.85	16.8
T-2 + HT-2 toxins	181	51	5	100	16.43	34.0
Összes (sum) Fumonizin	162	77	250	2060	118.69	1244.0
Összes vizsgálat / Total analyses	33678					

* Biochip Array Technology (BAT) alkalmazásakor / Applying Biochip Array Detector (BAT)

a forgalomba került tétel 66%-os valószínűséggel fog megfelelni az 5 µg/kg határérték előírásnak, az az a tétel 10 kg-os „elemi egyégeinek” 75% illetve 69%-a ≤5µg/kg AFB₁ szennyezést tartalmaz. Megjegyezzük, hogy a tétel 95%-os valószínűségű megfelelőségéhez az elővizsgálatok során mért maximális AFB₁ koncentráció ≤ 0.3 µg/kg kell, hogy legyen. A szigorú átvételi feltétel 3 független párhuzamos 10 kg-os véletlen minta vételével „enyhíthető”. Ez utóbbi esetben, ha egyik minta sem tartalmaz 2.5 µg/kg-ot meghaladó AFB₁ koncentrációt, akkor a forgalmazott tétel 95%-os valószínűséggel várhatóan megfelel az 5 µg/kg határértékelőírásnak.

A különböző fertőzöttségű tételek együttes raktározása jelentős mértékben hozzájárulhat vizsgálandó komponensek heterogenitásához és a mintavétel bizonytalanságához, illetve a gombafertőzés terjedéséhez, ezért lehetőleg kerülni kell.

Az élelmiszerek, takarmányok mikotoxin-szennyezettségének vizsgálatát hatósági jogkörrel a NÉBIH laboratóriumai végzik az EN ISO/IEC 17025:2018 szabványban (a továbbiakban ISO17025) meghatározott minőségbiztosítási követelmények betartásával. A minőségi és mennyiségi meghatározáshoz ELISA, Biochip Array Technology, HPLC-fluorimetriás és UV detektálás, illetve HPLC-MS/MS módszereket

alkalmaznak. Hasonló módszereket alkalmazott az adatokat szolgáltatató többi laboratórium is.

A NÉBIH specializált nemzeti referencia laboratóriumi rendszeresen részt vesznek az európai körvizsgálatokban. A körvizsgálatokhoz különböző típusú, természetes úton szennyeződött tesztanyagot dolgoznak fel, amelyekhez a résztvevők számára ismeretlen koncentrációban további toxinokat adnak. Például 2017-ben az egyik minta kukoricadara volt, amelyben deoxynivalenol (DON), zearalenon (ZEA), fumonizin B₁, fumonizin B₂, (FUM B₁ + B₂), T-2 toxin, HT-2 toxin, (T-2 + HT-2), aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ (B₁ + B₂ + G₁ + G₂), enniatin B, enniatin B₁ és beauvericin kellett azonosítani és meghatározni. A mintában lévő mikotoxinokat kromatográfiás és immunokémiai elven működő módszerekkel is meg kellett határozni. Az eredményeket komponensenként külön értékelték. A robusztus statisztikai kiértékelési módszert, az eredményeket összefoglaló jelentés részletesen tartalmazza [94]. Minden mikotoxint külön értékelték. Az értékelés során az ISO 13528:2015 szabvány követelményeit vették figyelembe, és Z-értékeket (l. 1. rész) számoltak. A programban 28 laboratórium vett részt. Az azonosított toxinok száma laboratóriumonként és módszerenként változott. A Z-értékek tág határok között (-5->+5) változtak.

3. táblázat. Példák az AFM₁, AFB₁ és DON koncentrációk eloszlására a kiválasztott termékekben
Table 3. Examples for the distribution of AFM₁, AFB₁ and DON concentration in selected products

AFM1 [µg/kg]	N	Min	Átlag Average	P0.8	P0.95	Max
Tej, mind / Milk total	367	0.003	0.027	0.032	0.077	0.86
Tej, hőkezelt / Milk, heat treated	56	0.005	0.03	0.043	0.07	0.15
Tej 2019 / Milk 2019	24	0.003	0.013			0.104
AFB1 [µg/kg]						
Takarmány kukorica / Feed corn	732	0.21	9.53	14.34	38.19	156
Összes takarmány / Feed, total	724	0.002	6.62	7.236	23.47	370
Gabona alapú élelmiszerek Cereal based foods	7	0.05	12.73			32.3
Búza / Wheat	206	0.21	10.32	16	56	96.6
Liszt / Flour	77	0.06	X	X	X	
Füge / Fig	5	0.2	21.76	X	X	105.2
Fűszerek / Spices	43	0.1	2.94	X	X	16.8
Földimogyoró / Peanuts	36	0.04	2.4	X	X	28.8
Dió / Nut	6	0.1	1.18			2.5
Mogyoró / Hazelnut	3	0.1	1.72			4
DON [µg/kg]						
Gabona alapú élelmiszerek Cereal based foods	688	20	457			4780
Kukorica / Corn	210	0.21	51.7	16.0	52.7	8770
Búza / Wheat	92	0.62	714.3	733.8	2475	8540
Liszt / Flour	153	37	383.9	643.4	866.8	3500
Szója / Soybean	2	40	85.75			120

X: nem számítható vagy jellemző érték / there is no valid value;

A mikotoxin-meghatározási módszereket több ezer közleményben írták le, melyeket több szerző foglalt össze különböző szempontok alapján [95-99]. A különböző detektálási módszerek elvét, azok jellemzőit külön közleményben tekintettük át [93].

3.1. Vizsgálati eredmények és értékelésük

A különböző élelmiszerek, takarmányok mikotoxin-tartalmát több intézmény, laboratórium is vizsgálja. Felkérésünkre részletes adatokat bocsátott a fogyasztói kockázatbecslés céljára a NÉBIH és a WESSLING Hungary Kft., összefoglaló adatokat a BIOMIN Kft., SGS Hungária Kft. és a Gabona Control Kft. Az utóbbi laboratóriumok az ISO17025 szabvány szerinti minősítéssel rendelkeznek és a termelők, forgalmazók megbízása alapján végzik a vizsgálatokat.

A NÉBIH 2008-2018 között 43480 vizsgálatot végzett 22 toxinra, illetve azok kombinációjára. Az eredmények összefoglalását a **2. táblázat** a kockázatbecsléshez felhasznált kombinációkat a **3. táblázat** tartalmazza.

A WESSLING Hungary Kft. 2017 februárjától 2018 márciusáig 59.888 vizsgálatot végzett 18 toxinra, illetve azok kombinációjára. Az eredmények egy részét a **4. táblázatban** foglaltuk össze.

A Kaposvári Egyetem 'Mikotoxin az élelmiszerláncban kutató csoportja' 122 AFM₁ - tej vizsgálati eredményt adott át, amelyek közül 10 volt a kimutatási határnál (5 ng/kg) magasabb (max. 31,6 ng/kg).

Az SGS Hungária Kft. kukoricában és őszi búzában végzett vizsgálati eredményeit a **5. táblázat** tartalmazza. Példaként az átlagos aflatoxin és DON szennyezés megyénkénti eloszlását a **5-7 ábrákon** mutatjuk be.

A BIOMIN Kft. 2017-ben 39 búzamintát vizsgált, melyek 67%-a tartalmazott kimutatási határ felett összes aflatoxint. BIOMIN Kft. 2019. évi 54 búza minta vizsgálati eredményeit a **6. táblázat** tartalmazza.

4. táblázat. A WESSLING Hungary Kft. laboratóriumában a kiválasztott termékekben vizsgált mikotoxinok (µg/kg)
Table 4. Mycotoxin examinations carried out by WESSLING Hungary Kft. laboratory in selected products

		N	N>LOQ	LOQ	Max	Átlag Average total	Átlag (N>LOQ) Average (N>LOQ)
AFB1	Búza / wheat	303	3	0.5	3.5	X	
	Liszt / flour	1058	4	0.1	3.4	X	
	Kukorica / corn	52	9	0.5	4.8	X	2.12
AFM1	Tej / milk	157	0	0.02	X	X	
	Sajt /cheese	60	1	0.1	0.11	X	
DON	Búza / wheat	332	86	50	14420	370	1299
	Liszt / flour	242	29	50	1064	74.6	255
	Kukorica / corn	601	129	100	818	90.76	240
FB1	Búza / wheat	272	8	50	73,3	53	63,2
	Liszt / flour	251	197	50	8296	544	639
	Kukorica / corn	388	34	50	308	56	118
FB1+2	Búza / wheat	297	5	50	254.4	50.1	154.4
	Liszt / flour						
	Kukorica / corn	388	26	100	518	108	196
F2	Búza / wheat	405	46	10	96.8	12.9	34.3
	Liszt / flour	274	29	10	360	14.9	56.4
	Kukorica /corn	517	267	10	77.7	14	21.6
OTA	Búza / wheat	44	10	0.2	2.5	0.655	1.04
	Liszt / flour	248	133	50	14160	544.7	945.5
	Kukorica / corn	499	24	0.2	2.7	0.845	1.05
	Anyatej / mother milk	159	67	0.0005	0.057	0.002	0.0047
T2	Búza / whet	53	3	10	29	10.6	26.8
	Kukorica / corn	296	44	10	115.1	14.94	43.24
	Liszt / flour	384	0	10			
T2+HT2	Búza / whet	50	0	10			
	Kukorica / corn	263	32	20	249.3	28	86.1
	Liszt / flour	384	0	10			

A különböző laboratóriumokban végzett DON és AFB₁ vizsgálatok eredményei nagyságrendileg közel azonos koncentráció tartományban vannak, de a NÉBIH átlagos eredményei a magasabbak.

A mikotoxinok koncentrációeloszlására általánosan jellemző, hogy a vizsgált minták jelentős részében a koncentrációjuk alacsony, illetve a módszer kimutatósi határa alatt van. A magas koncentrációk széles tartományban igen kis gyakorisággal fordulnak elő.

Magyarország egyes területein az aszpergillus és fuzárium fertőzésben az évenkénti és a területi eloszlásban is jelentős különbségek vannak.

3.1.1. Fogyasztói expozíció becslése, az eredmények értékelése

A fogyasztók expozícióját DON-búzaliszt és AFM₁-tehentej kombinációkra az előző részben ismertetett ellenőrző vizsgálatok eredményeiből, valamint a 2009-évi hazai fogyasztási adatokból számítottuk [100]. A lakosság expozíciójának számításánál csak az adott terméket fogyasztókat vettük figyelembe. A kimutatósi határ (KH) alatti koncentrációkat a KH/2 értékkel számítottuk.

A lisztből származó expozíciót a DON koncentrációadatokkal, illetve a liszt és a pékáru fogyasztási adataiból számítottuk. A fogyasztott kenyér, zsemle, kifli és kalács liszt tartalmát 70% illetve 50%-os részarányban vettük figyelembe száraz tömegre számolva. Bár a fogyasztási szokásaink alapján a búza alapú termékek hozzájárulása a legmagasabb, a teljes fogyasztói DON expozíció az összes gabona alapú élelmiszer szennyezettségéből tevődik össze.

Az AFM₁ expozíciót a különböző zsirtartalmú napi tejfogyasztások összegével és a különböző minőségű tehentejben mért koncentrációkkal számítottuk. Nem számoltunk a különböző feldolgozott tejtermékek (sajt, túró stb.) lehetséges szennyezettségével, mert nem álltak rendelkezésünkre kellő számban mérési eredmények.

Tekintve, hogy az AFM₁ rákkeltő, elfogadható napi expozíciót nem lehetett meghatározni. Az AFM₁ bevitel egészségügyi következményét a hepatitisz vírus-hordozóknál a májrák előfordulás gyakoriságával lehet jellemezni. A HBV előfordulás gyakoriságára nem áll rendelkezésre hivatalos adat. Egyes becslések szerint a fertőzöttek aránya 0,5-1% között valószínűsíthető [101]. Legjobb becslésnek a 0,7%-os szintet

5. táblázat. SGS Hungaria Kft. mikotoxin vizsgálati búza és kukorica mintákban
Table 5. Mycotoxin tests carried out by SGS Hungaria Kft. in wheat and corn samples

Kukorica / Corn		2012	2013	2014	2015	2016	2017
Minták száma Number of samples		429	2009	4743	5713	2010	2107
AFLA összes Aflatoxins total µg/kg	Átlag / Average		2.04	2.13	0.39	0.44	0.6
	Min		0	0	0	0	0
	Max		122.12	640.66	61.95	20.39	140.45
DON mg/kg	Átlag / Average	0.14	0.13	1.62	2.15	0.31	0.29
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	1.94	2.79	6.79	12.7	3.95	7.83
FB1 mg/kg	Átlag / Average	0.23	0.73	1.99	1.68	0.7	0.29
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	2.48	4.03	8.96	7.41	7.09	1.87
FB2 mg/kg	Átlag / Average	0.05	0.2	0.56	0.44	0.21	0.11
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0.62	1.6	4.26	1.99	1.84	0.74
FB3 mg/kg	Átlag / Average	0.02	0.08	0.23	0.17	0.07	0.03
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0.3	0.68	4.25	0.94	0.68	0.22
FB1+2+3 mg/kg	Átlag / Average		1.01	2.78	2.29	0.98	
	Min		0	0	0	0	
	Max		6.31	17.47	10.34	9.61	
Búza / Wheat		2012	2013	2014	2015	2016	2017
Minták száma Number of samples		185	689	560	869	2008	1495
DON mg/kg	Átlag / Average	0.29	0.31	0.10	0.75	0.34	0.14
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	5.04	3.95	2.29	6.15	5.21	3.22

tekintjük [102]. A FAO/WHO JECFA ajánlása alapján (1. táblázat) a májrakos esetek átlagos gyakorisága évente 100 000 személyre és átlagos AFM₁ koncentrációval számítva:

$$Ri_{ave} = (0,03 \times 0,007 + 0,001 \times 0,993) \times \bar{C}_{AFM1} \quad (1)$$

Az esetek száma a felső 95%-os valószínűségi szinten:

$$Ri_{p0,95} = (0,0562 \times 0,007 + 0,0049 \times 0,993) \times \bar{C}_{AFM1} \quad (2)$$

A májrák előfordulás kockázatának növeléséhez természetesen a búza és kukorica alapú feldolgozott élelmiszerek AFB₁ (ezerszer toxikusabb mint az AFM₁) tartalma is jelentős mértékben hozzájárul. A különböző forrásból származó aflatoxin terhelés hatása összeadódik. Az erre vonatkozó számítást adathiány miatt nem tudtuk elvégezni.

A számított fogyasztói expozíciók előzetes becslésnek tekinthetők. A tényleges expozíció valószínűleg magasabb, mivel az egyes napokon fogyasztott többféle feldolgozott élelmiszerben is előfordulhatnak az értékelt mikotoxinok. A nyers termékből a késztermékbe, az otthon készített élelmiszerekbe átkerülő toxinok aránya a feldolgozás (sütés, főzés) körülményeitől függ, amelyek számításba vétele a rendelkezésre álló nagyszámú, részben ellentmondásos, szakirodalmi közlemény adatainak kritikus feldolgozása után lehetséges.

Az élelmiszerekből származó kitétségekhez az aszpergillus és fuzarium gombákkal fertőzött termékekkel dolgozók (például: betakarítás, szállítás, raktározás, malomipari tevékenységek, állati takarmányok előállítás stb.) további jelentős expozíciónak lehetnek

kitéve [103-106], ha nem rendelkeznek megfelelő védőruházattal.

3.2. A jelenlegi helyzet értékelése

A gabonák fuzárium fertőzöttsége és az abból származó magas fogyasztói expozíció már régóta ismert probléma Magyarországon. Több figyelemfelkeltő elemzés [28, 33-36], és a fertőzés csökkentését célzó agrotechnikai [107,108] és növényvédelmi [109-113] gyakorlatot bemutató közlemény, tájékoztató [114] jelent meg. Mindezek ellenére a gabonáink fertőzöttségében és az élelmiszereink mikotoxin-szennyezettségében nem történt érdemi javulás [115]. Mindkét említett gombacsoporttal szemben vannak igen jó ellenállóságú hibridek, fajták, törzsek, és a kalászosoknál a permetezési technológia is készen van [116], amelyek gyakorlati alkalmazását elő kellene segíteni.

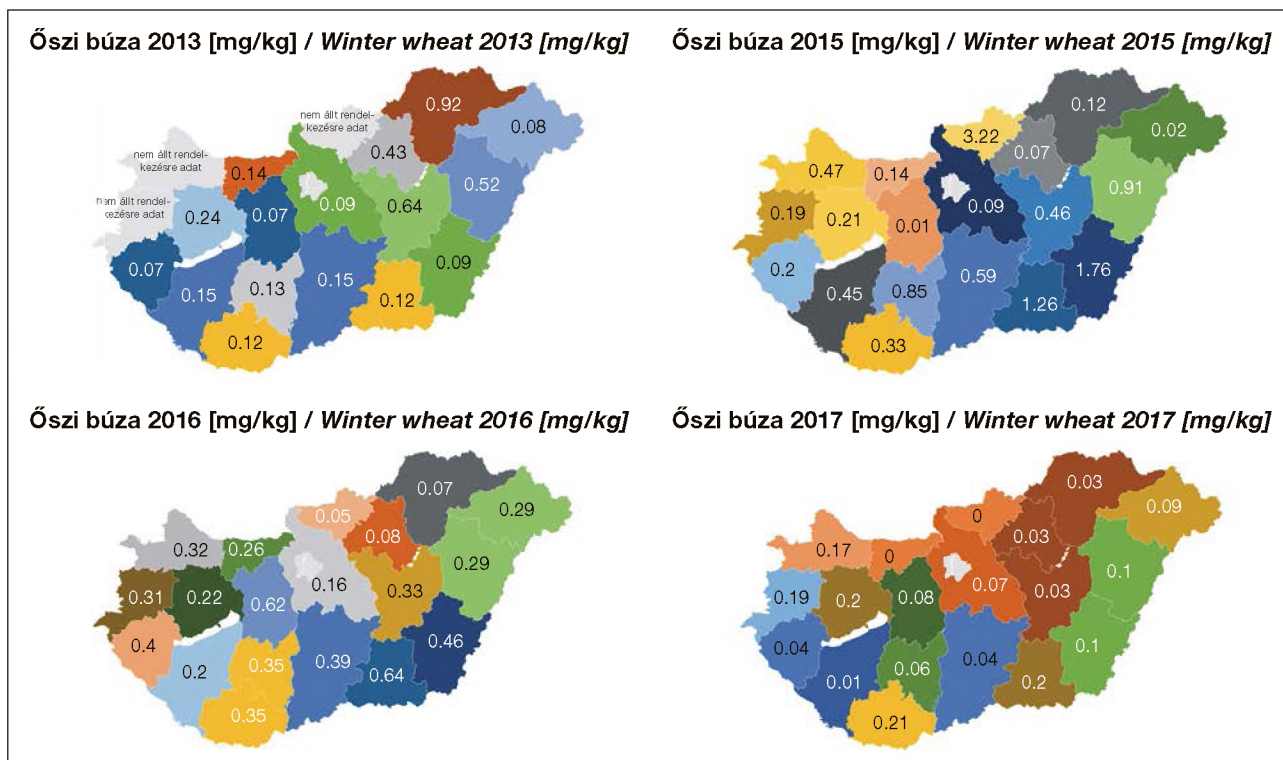
A fuzárium fertőzés mellett országosan megjelent, a korábban a magyar éghajlati viszonyok miatt nem várt, aszpergillus fertőzés is, amely jelentős aflatoxin szennyezést és élelmiszerbiztonsági, egészségügyi kockázatot eredményezhet. A globális felmelegedés miatt a fertőzés gyakorisága és szintje, amennyiben a gabonák fuzárium és aszpergillus fertőzöttségének csökkentésére hatékony megelőző intézkedések nem történnek, a jövőben tovább növekszik.

Célszerű továbbá a fogyasztók expozíciójának rendszeres időközönkénti ellenőrzése a folyamatban lévő országos, egységes uniós metodika szerint végzett élelmiszerfogyasztási felmérés [117, 118], valamint az elemzési időszakokra vonatkozó mikotoxin-vizsgálati eredmények felhasználásával.

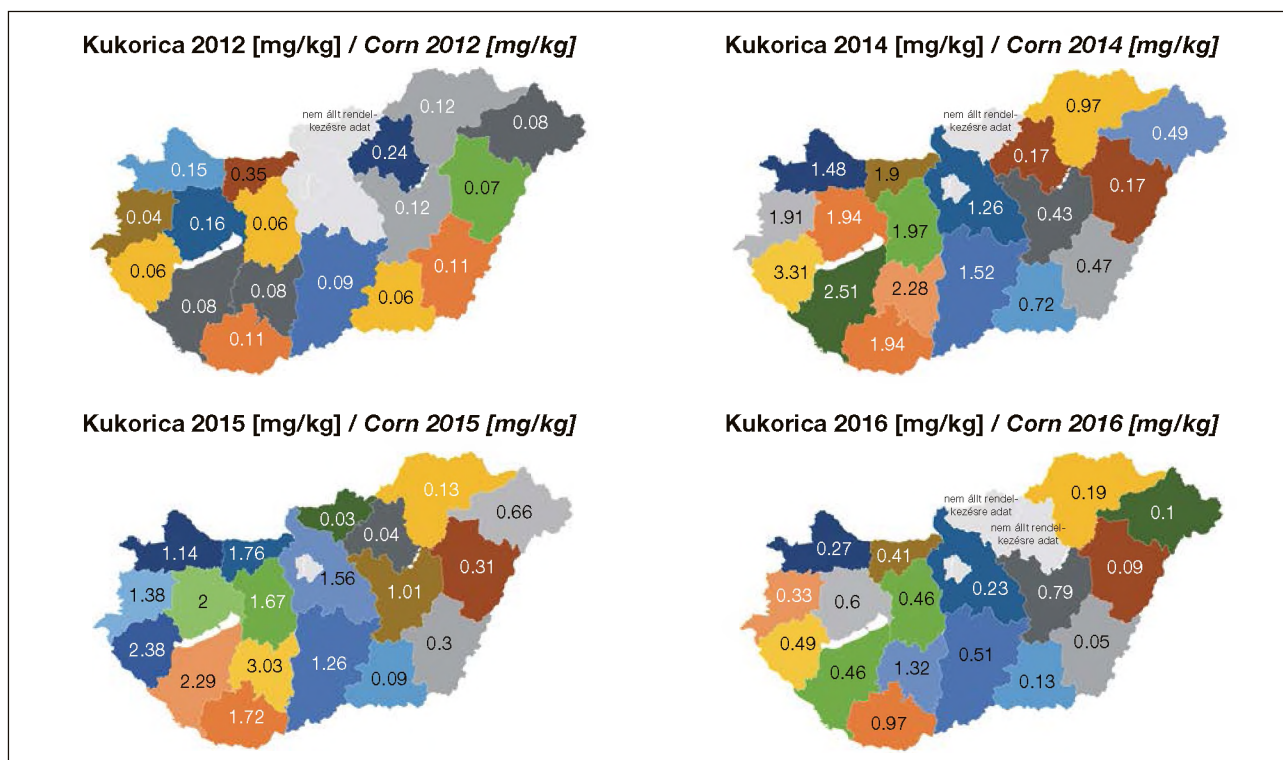
6. táblázat. BIOMIN Kft. 2019 évi 54 búza minta vizsgálati eredményei
Table 6. Results of the analyses of 54 wheat samples performed by BIOMIN Kft. in 2019

AFLA [µg/kg]	ZEN [µg/kg]	DON [µg/kg]		OTA [µg/kg]		T2- [µg/kg]	
4	171	14182	495	6	3	54	26
3	33	3806	460	4	3	47	25
3	31	2000	396	4	3	40	25
2	30	1830	351	4	3	39	25
2	29	940	320	4	2.8	37	22
2	27	921	306	3.7		34	20
2	26	810	260	3.6		30	20
2	26	597	217.9	3		29	20
2	26	569	175.3	3		29	
1.5	25	552		3		28	
	25	540		3		26	
	25					26	
2.35^a	42.4		2620.7		3.83		36.7

^a: átlag értékek / average values



5. ábra. Példák DON átlagszintek [mg/kg] megyei eloszlására őszi búzában Magyarországon
 A szerzők engedélyével felhasznált forrás: Mesterházy Ákos, Tóth Beáta és Szieberth Dénes (2019)
 Toxintermelő gombák okozta növénybetegségek búzában és kukoricában.
 In: Szieberth D. (Ed.) Magyar Kukoricaklub, Kukorica Barométer, Különszám 2019.
 Figure 5. Distribution of average concentration of DON [mg/kg] in winter wheat in Hungary
 (Taken with the permission of the authors)



6. ábra. Példák a DON átlagos koncentráció eloszlására [mg/kg] kukoricában Magyarországon
 A szerzők engedélyével felhasznált forrás: Mesterházy Ákos, Tóth Beáta és Szieberth Dénes (2019)
 Toxintermelő gombák okozta növénybetegségek búzában és kukoricában.
 In: Szieberth D. (Ed.) Magyar Kukoricaklub, Kukorica Barométer, Különszám 2019.
 Figure 6. Examples for the distribution of average DON concentration [mg/kg] in corn in Hungary
 (Taken with the permission of authors)

4. Összefoglalás, javaslatok

A fuzárium toxinok mellett az aszpergillusz gombák által termelt aflatoxin szennyeződés az utóbbi években Magyarországon is megjelent. A meleg, száraz időjárás, a helytelen mezőgazdasági, tárolási gyakorlat különösen kedvez a kukorica, búza fertőződésének, áttételesen az aflatoxin és minden mikotoxin képződésnek. A nyers mezőgazdasági termékekben előforduló mikotoxinok bekerülnek a táplálékláncba és kimutathatók pl. az anyatejben, tejtermékekben, tojásban, húspan, májban, vesében.

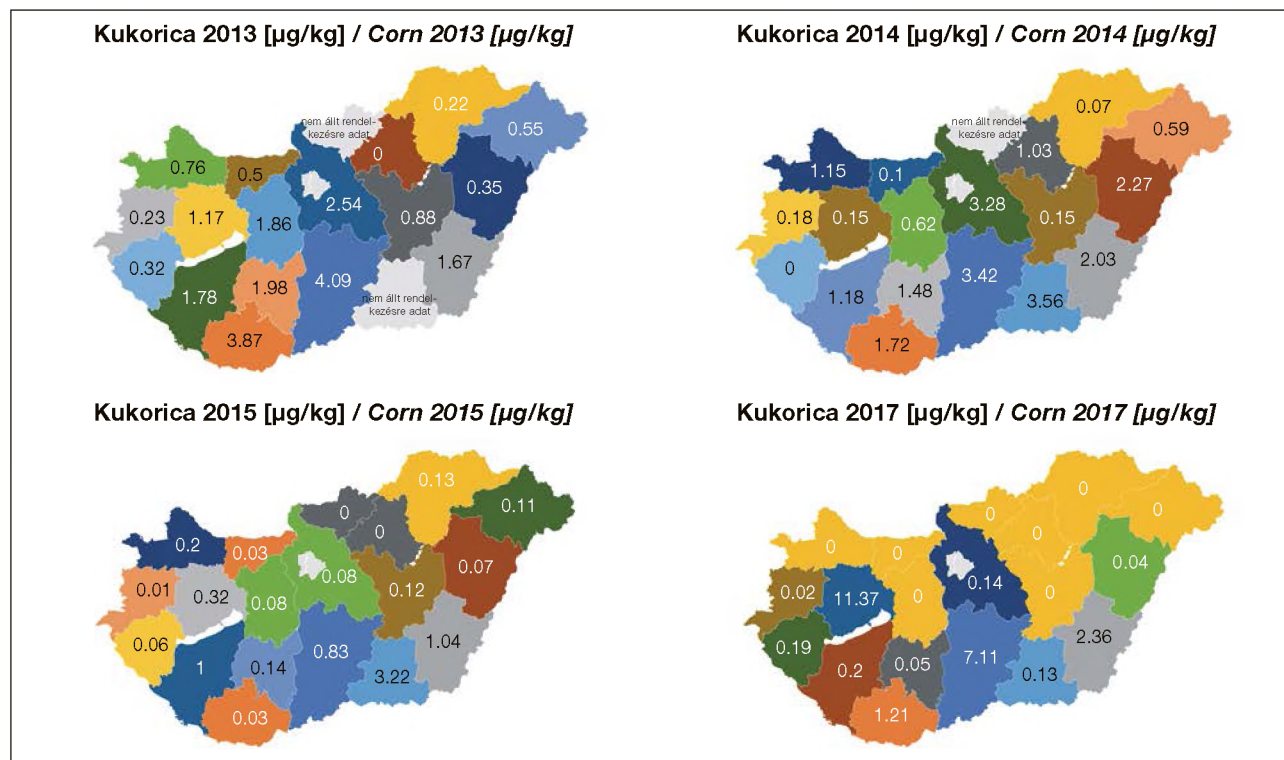
A forgalomba kerülő élelmiszerek, takarmányok mikotoxin-tartalmát hazánkban hatósági jogkörrel a NÉBIH laboratóriumai, kockázat alapú komplex mintavételi terv alapján vett nagyszámú mintában, a legkorszerűbb vizsgálati módszerekkel, a vonatkozó rendeletek szerint végrehajtott mintavétellel ellenőrzik. A megbízók felkérésére a BIOMIN Kft., a Gabona Control Kft., SGS Hungaria Kft. és a WESSLING Hungary Kft. is végez nagyszámú mintában mikotoxin-vizsgálatokat.

A megbízható eredményekhez elengedhetetlen a szakszerűen, és a vonatkozó rendeletek előírásainak megfelelően végrehajtott mintavétel és mintafeldolgozás. A termelők, forgalmazók által vizsgálatra bevitt, az előírtól sokkal kisebb tömegű és elemszámú minta alapján nem lehet a mintázott termény megfele-

lőségét megtélni és az eredményt e célból felhasználni. A mintavételt képzett szakembereknek, akkreditált módszerekkel kellene végrehajtani. Továbbá, a teljes laboratóriumi mintát úgy kellene feldolgozni, hogy az analízisre kerülő hányad a teljes mintát reprezentálja.

Az élelmiszerek mikotoxin-szennyezésének átfogó elemzéséhez nem rendelkezünk kellő számú vizsgálati eredménnyel. A NÉBIH hatósági vizsgálataival mellett a forgalomba kerülő élelmiszereket vagy alapanyagait, továbbá a takarmányokat nagyszámban vizsgáló magán laboratóriumok vizsgálati eredményeit, amelyek a mikotoxinok figyelmeztető koncentráció szintjét jelzik, nem tudtuk felhasználni kockázatbecslési elemzéseinkhez: mivel összesített formában kaptuk meg illetve esetenként nem lehetett megkülönböztetni az élelmiszer felhasználású vagy takarmányozásra szánt termények vizsgálati eredményeit.

A NÉBIH vizsgálati eredményei alapján végzett előzetes becslésünk jelzi, hogy a fogyasztók egy részének, különösen a csecsemők, kis gyerekek és serdülők esetében az AFM₁ illetve a DON expozíciója időszakonként meghaladhatja a még eltűrhetőnek tekintett toxikológiai referenciá értékeket, ami humánegészségügyi kockázatot jelent. Megállapításunkat megerősítik az uniós felmérések és az EFSA elemzésének eredményei.



7. Ábra. Példák az összes aflatoxin átlagos koncentráció [µg/kg] megyei eloszlására kukorica mintákban
A szerzők engedélyével felhasznált forrás: Mesterházy Ákos, Tóth Beáta és Szieberth Dénes (2019)
Toxintermelő gombák okozta növénybetegségek búzában és kukoricában.
In: Szieberth D. (Ed.) Magyar Kukoricaklub, Kukorica Barométer, Különszám 2019.
Figure 7. Examples for the distribution of average total aflatoxin concentration [µg/kg] in corn in Hungary
(Taken with the permission of authors)

A globális felmelegedés miatt a fertőzés gyakorisága és szintje, amennyiben hatékony megelőző intézkedések nem történnek, időjárási viszonyoktól és a gombafajoktól függően évenként változó mértékben, de tendenciájában tovább növekszik, mely jelentős mikotoxin-szennyezés növekedését és élelmiszerbiztonsági, egészségügyi kockázatot eredményez.

Az élelmiszereink mikotoxin-szennyezettsége a legnagyobb mértékben a várandós és szoptatós anyák, a csecsemők és a fejlődő korban lévő gyermekek, fiatalok egészségét veszélyeztetik. Ezért fokozott figyelmet szükséges fordítani az általuk fogyasztott élelmiszerek szennyezettségének lehetőség szerint legalacsonyabb szinten tartására. A fogyasztói oldalról pedig a napi élelmiszerkosár összeállításakor előnyben kell részesíteni a változatos, sok gyümölcsöt és zöldséget tartalmazó étrendet. A vásárolt termék friss, kifogástalan minőségű legyen. Ha egy élelmiszer penészes, avas, akkor azt ne fogyasszák el, ne készítsenek belőle ételt.

Ahhoz, hogy az asztalunkra kerülő élelmiszer biztonságos legyen, a termőföldtől az asztalig az élelmiszerlánc minden szereplőjének meg kell tenni a szükséges és lehetséges intézkedéseket, de a legfontosabb lépés a gabonák fuzárium és aszpergillusz fertőzöttségének, és a toxin kialakulásának csökkentése.

Az általános felhívások és tájékoztatók mellett szükségesnek látszik hatékony gazdasági érdekeltségi rendszer bevezetése a fertőzés kialakulását vagy csökkentését eredményező növénytermesztési, gabona tárolási és feldolgozási gyakorlat célzott támogatására összekapcsolva azt a végrehajtás hatósági ellenőrzésével.

Továbbá fontos lenne a toxin szennyezés élelmiszer-egészségügyi, népegészségügyi hatásaival foglalkozó intézetek kutatásának, vizsgálatainak az összehangolása, támogatása.

Javasoljuk továbbá:

A folyamatban lévő országos élelmiszer-fogyasztási felmérés és az utolsó 4-5 év vizsgálati eredményeinek felhasználásával pontosabban és rendszeresen meghatározni a fogyasztókat érő expozíciót, amely alapján ellenőrizhető az addig megtett megelőző intézkedések hatékonysága és meghatározhatók a szükséges további célirányos megelőző intézkedések.

Megjegyezzük, hogy a lakosságunk egészségét nem csak a növényvédőszer-maradékok, mikotoxinok, az élelmiszerek egyéb különböző biológiai, kémiai szennyezettsége, hanem a környezeti szennyezők, elsősorban az egyes területeken veszélyes szinthez közelítő légszennyezés hasonló vagy nagyobb mértékben károsíthatja. A különböző tényezők együttesen, esetenként egymást felerősítve fejtik ki káros hatásukat.

Az együttes hatást csak a veszélyeztetett körzetek lakossága egészségének célzott felmérésével és a különböző eredetű szennyezés szintjének monitorozásával lehet behatárolni és az egészségkárosító okok célirányos javítására az intézkedéseket megtenni.

5. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a NÉBIH, WESSLING Hungary Kft. vezetőinek, dr. Nagy Attilának (NÉBIH), dr. Jakab Istvánnak (BIOMIN Kft.), Párkányi Gábornak, (SGS Hungaria Kft.) a mérési eredményeik átadásáért. Kovács Melinda és Mesterházy Ákos professzoroknak az AFM₁ mérési eredmények átadásáért, illetve a tárgyhoz tartozó kiadvány adatai felhasználásának az engedélyezéséért. Köszönettel tartozunk Tóthné Csáki Katalin könyvtárosunknak a szakirodalom kutatáshoz nyújtott nélkülözhetetlen segítségéért.

Kutatási programunkat 2018-1.2.1-NKP-2018-00002 (AÁ, KK and MG) jelzéssel a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alap támogatatta a 2018-1.2.1-NKP alapítványi rendszerben.

Az 5., 6. és 7. ábra megyetérképeiben megadott átlagos mikotoxin-koncentráció értékeket a forrásmunkában megjelölt számábrázolások (egész-, törtértékek) karaktereivel vettük át az adatgazda szíves engedélyével.

(A Szerk.)