

# *A magyar fogyasztók krónikus aflatoxin M1 expozíciója*

**Kulcsszavak:** determinisztikus expozícióbecslés, krónikus aflatoxin M1 expozíció, veszélyeztetett fogyasztói csoportok, karcinogén hatás, májrák kialakulásának veszélye

## 1. ÖSSZEFOGLALÁS

A takarmányok mikotoxin szennyezettsége megjelenik az élelmiszerláncban. Az aflatoxinok az állatok szervezetében metabolizálódnak és metabolitjuk, az aflatoxin M1 (AFM1) – amely az aflatoxin B1-hez (AFB1) hasonlóan, de annál tízszer kisebb mértékben genotoxikus és rákkeltő – megjelenik a tejben, a májban, valamint a tojásban is. Ezek közül a legjelentősebb élelmiszerbiztonsági kockázatot a tej AFM1 szennyezése jelenti. Cikkünkben bemutatjuk a magyar fogyasztók tej és tejtermékek AFM1 szennyezése alapján determinisztikus módszerrel számított expozícióbecslését. Az eredmények azt jelzik, hogy a három évnél fiatalabb gyermekek kitettsége egyértelműen egészségügyi kockázatot jelent, a 3-6 éves korcsoport expozíciója pedig határeset. Az idősebb korcsoportok ng/testtömeg kg-ban kifejezett expozíciója a növekvő testtömeg következtében közvetlen egészségügyi kockázatot nem jelent. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a rákkeltő vegyületek jelenlétét minden korcsoportban a lehető legalacsonyabb szinten kell tartani. Ennek érdekében a tej üzemi ellenőrzésének rendeleti módosítását javasoljuk.

<sup>1</sup> Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság

<sup>2</sup> Állatorvostudományi Egyetem, Digitális Élelmiszerlánc Oktatási, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Intézet

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

## 2. Bevezetés

A mikotoxin-szennyezéssel foglalkozó előző közleményünkben bemutattuk a hazai élelmiszerek és takarmányok mikotoxin-szennyezettségét, azok eltűrhető maximális koncentrációjának jogi szabályozását, a mintavételi eljárások korlátait és elemeztük a jelenlegi hazai gyakorlat tapasztalatait [1]. A 2009-ben végrehajtott élelmiszerfogyasztási felmérés adatait és a 2010-2018 időszakból rendelkezésünkre álló mérési eredményeket felhasználva becsültük a magyar fogyasztók expozícióját DON és aflatoxin M1 vonatkozásában. Előzetes becsléseink alapján megállapítottuk, hogy a fogyasztók egy részénél az aflatoxin M1 és a DON expozíciója az élelmiszerek szennyezésének évenként változó szintje miatt időszakonként meghaladhatja a toxikológiai referencia-értékeket, és ez humánegészségügyi kockázatot jelenthet.

Jelen közleményünkben bemutatjuk az újabb analitikai mérési eredmények és a 2018-2019 folyamán az Európában egységesen alkalmazott metodikával végrehajtott, magyar élelmiszerfogyasztási felmérés adatainak felhasználásával, determinisztikus módszerrel elvégzett számításaink eredményét, amely a különböző fogyasztói korcsoportok krónikus AFM1 expozíciójáról ad információt.

A mikotoxintermelő gombáknak a globális felmelegedés következtében várható terjedése, az általuk termelt toxinok okozta élelmiszer és takarmány szennyezettségi szintek növekedése, a nekik tulajdonítható egészségügyi problémák és gazdasági károk intenzív kutatómunkát indukáltak. Az eredményeket ismertető nagyszámú közleményt a rendszeresen közreadott összefoglaló cikkek kutatási területenként teszik könnyebben áttekinthetővé, mint például a mikotoxint termelő *Aspergillus* fajok kölcsönhatása a talaj mikroorganizmusaival [2], a mikotoxin expozíció humán fiziológiai hatásai [3], biokontroll technológiák alkalmazása az aflatoxin szennyezés csökkentésére, a silókészítési technológia és mikrobióta hatása az aflatoxin szennyezésre [4], a mikotoxin-szennyezés forrásai, előfordulása, szabályozása [5, 6], detektálási módszerei [7]. A *Frontiers in Microbiology* folyóirat 22 legújabb kutatási eredményt, összefoglalót tartalmazó különdiadását könyv formájában is megjelentette [8].

A fenti kiadványokra való tekintettel alábbiakban csak a közleményünk célkitűzéséhez szorosan tartozó szakirodalmi közleményeket foglaljuk össze.

### 2.1. Az aflatoxinok előfordulása

A nyers mezőgazdasági termékekben (elsősorban földimogyoró, kukorica, rizs, diófélék, füge, fűszerek, szárított gyümölcsök), takarmányokban előforduló aflatoxinok és egyéb mikotoxinok bekerülnek az élelmiszerláncba és detektálhatók tejben [9, 10, 11, 12], tojásban, húspan, belsőségeiben [6, 13]. Aflatoxikolt detektáltak broiler és tojó tyúkok májában, veséjében és húspanban [14, 15]. Az AFB1-nek a takarmányban lévő koncentrációjához viszonyítva a tyúkok májában, tojássárgájában és a tojásfehérjében >5700-, >4600-, >3800-szoros koncentrációkat mértek [16].

A takarmányból a tejbe jutó AFM1 koncentrációja az állatok AFB1 ( $\mu\text{g}/\text{ttkg}$ ) kitétségén túlmenően számos tényezőtől függ, mint például a tehén egészségi állapota, tejhozama, a laktációs időszak stb. [17]. A nagy tejhozamú egyedek esetén az átviteli arány nagyobb [18]. A szakirodalomban számos vizsgálat eredményét közölték, amelyek szerint az átviteli arány kerekítve 0,35-6% között változott. Juhokban alacsonyabb (0,08%-0,33%) átviteli arányt tapasztaltak [19].

Az aflatoxin májba, húspanba és tojásba történő átvitele kapcsán kevesebb kutatási eredmény áll rendelkezésre, azonban ezek a tejhez képest jelentősen kisebb átviteli arányról számolnak be, így továbbra is a tej tekinthető az állati eredetű élelmiszerek között a legjelentősebb aflatoxin-forrásnak [4, 20].

Az AFB1-gyel szennyezett élelmiszer fogyasztásakor a tehéntejhez hasonló mértékben kerül AFM1 az anyatejbe is [21, 22, 23, 24, 25, 26]. A tehéntej alapú tápszerrel, tejjalokkal táplált csecsemők és kisgyermekek szintén AFM1-expozíciónak lehetnek kitéve. Az európai felmérések eredményei jóval alacsonyabb expozíciós szintet jeleznek, mint az afrikai és az ázsiai publikációk [27].

Mint minden mikotoxin esetében, az aflatoxinoknál is megfigyelhető, hogy szintjük jelentős éves ingadozást mutat a gombák növekedését és a toxintermelést befolyásoló időjárási viszonyoktól függően [28].

Az EFSA a legutóbbi kockázatbecsléséhez [29] a tagországok által 2013 után jelentett aflatoxin M1 mérési eredményeket használta fel. Néhány fontosabb élelmiszer-kategóriára vonatkozó statisztikai adatot a **1. táblázatban** foglaltunk össze.

1. táblázat. AFM1 átlag és 95. percentilis koncentráció értékek az EFSA 2013-2020-as tagországi adatai alapján.

Élelmiszer kategória	N (db)	% LCD	Átlag LB (µg/kg)	Átlag UB (µg/kg)	P95 LB (µg/kg)	P95 UB (µg/kg)
Tej	6020	76	0,018	0,031	0,087	0,087
Sűrített tej/Tejpor	168	81	0,037	0,044	0,018	0,087
Tejszín	114	96	0,000	0,009	0,000	0,020
Fermentált tejkészítmények	96	94	0,052	0,069	1,00	1,00
Sajtok	359	53	0,097	0,107	0,415	0,415
Csecsemő tápszer	354	90	0,060	0,071	1,00	1,00
Egyéb	85	53	0,124	0,204	1,00	1,00

Megjegyzés:

N: mérési eredmények száma; % LCD (left censored data): kimutatási/mérési határ alatti eredmények aránya; P95: 95. percentilis; LB: lower bound - a legkisebb koncentrációval történő behelyettesítés eredménye; UB: upper bound - a legnagyobb koncentráció értékkel történő behelyettesítés eredménye; Egyéb: csecsemőknek és kisgyermekeknek szánt élelmiszerek.

## 2.2. Az aflatoxinok egészségügyi hatásai

Az aflatoxinok (különösképpen az AFB1, az AFG1 és az AFM1) valamennyi kísérleti állatfajban, például halak, kacsák, egerek, patkányok, majmok esetében rendkívül erős karcinogén, vese- és májkárosító, genotoxikus, fejlődési rendellenességet okozó, szaporodási képességet csökkentő, immunszuppresszív és idegrendszeri károsító vegyületnek bizonyultak [30]. Egy a közelmúltban közölt vizsgálat kimutatta, hogy a patogén gombák spórái a különböző madarak szervezetében súlyos, fatális fertőzést okoznak [31].

Az AFB1 nagy mennyiségben – mind emberek, mind állatok esetében – gyors lefolyású, akut mérgezést is okozhat, amely során a kialakuló súlyos májelégtelenség akár halálhoz is vezethet, ennek humán kockázata azonban a fejlett országokban elhanyagolható. Az aflatoxinok közül az aflatoxin B1 a legerősebb rákkeltő, genotoxikus vegyület, ez fordul elő leggyakrabban élelmiszerekben és takarmányokban. Legtöbbször hepatocelluláris karcinómát (HCC) okoz, ezért az IARC az AFB1-et az emberekre nézve rákkeltő, 1. csoportba sorolta. A tejelő tehenek AFB1-gyel szennyezett takarmány fogyasztását követően annak hidroximetabolitját, az aflatoxin M1-et választják ki a tejbe, amely szintén karcinogén vegyület, bár toxicitása körülbelül egytizede az AFB1-ének [32, 33].

Az aflatoxinok gyorsan és nagy arányban szívódnak fel a vékonybélben, majd a májba kerülve, az ott található citokróm P450 enzimrendszer katalizálja az aflatoxin metabolizmusát. Az AFB1, AFG1 és az AFM1 olyan reaktív elektrofil epoxiddá alakul, amely kovalensen képes kötődni mind a DNS-hez, mind a fehérjékhez. Ugyanakkor a glutation-S-transzferázok (GST) az AFB1 8,9-exo epoxiddal olyan konjugációs kapcsolatot képesek kialakítani, amely már így nem tud a szervezetben káros reakcióba lépni, és az epén és a vesén keresztül ürül. Az egyének közötti polimorfizmusok nagy variabilitást eredményeznek az enzimatisz folyamatok terén, ezáltal az aflatoxinnal szembeni érzékenység is egyéni eltéréseket mutat [30, 34, 35]. Az aflatoxin metabolitok nagy része optimális esetben pár nap alatt ürül ki a szervezetből, azonban megfigyelték, hogy fehérjéhez kötött formában (például aflatoxin-albumin adduktok esetében) hosszabb távon jelen van a perifériás keringésben, ahol 30-60 napos felezési idővel kell számolni [36].

Az aflatoxinok közvetlenül, illetve közvetve is, a lipid-metabolizmushoz kapcsolódó gének expressziójának megváltoztatásával károsítják a májsejteket. A megnövekedett koleszterin-, triglicerid- és lipoprotein-termelés a hepatociták szétesését okozhatja. A hepatociták pusztulása akut hepatitishez vezethet, amely májelégtelenséget, súlyosabb esetben halált eredményezhet. A hepatitisben szenvedő betegek felborult metabolizmusa következtében alultápláltság alakulhat ki, ez pedig közvetve hozzájárul a hepatociták antioxidáns kapacitásának általános csökkenéséhez, a májszövet regenerálódási képességének elvesztéséhez, végül pedig májelégtelenséghez vezethet [3].

Az EFSA szakértőinek állásfoglalása alapján az aflatoxinok kockázatbecslésének sarkalatos pontja annak értékelése, hogy ezeknek a toxinoknak mekkora szerepük van a májrak kialakulásában. Ebből a szempontból különösen érzékenyek az aflatoxinokra a gyermekek, akiknek kis testtömegük miatt magasabb az egy testtömeg kg-ra jutó élelmiszer bevitel, illetve magasabb a májrak kialakulásának kockázata a hepatitisz B (vagy C) vírussal fertőzött egyének és az idősek esetében. Az olyan területeken élő emberekben, ahol a hepatitis B vírus (HBV) fertőzés és az aflatoxin expozíció is gyakori, a hepatocelluláris karcinoma-minták (HCC-minták) mutációs (G-T transzformációt) hotspotot mutatnak a p53 gén 249. kodonjánál, amely mutációt az aflatoxin által kiváltott HCC ismertetőjelének tartanak [37]. Ennek valószínűsíthető oka, hogy a máj hepatitisz-fertőzése megváltoztatja az aflatoxinokat méregtelenítő enzimeket kódoló gének expresszióját eredményezi

– például a CYP enzimek indukcióját vagy a GST aktivitásának csökkenését okozza –, ezáltal a szervezet nem képes az aflatoxinok megfelelő mértékű eliminációjára [35]. Az aflatoxinok immunszuppresszív hatása miatt kiemelten veszélyeztetettek a krónikus betegségben szenvedő idős személyek, mert az ő esetükben a sejtszintű javító mechanizmusok hatékonysága rosszabb, így az aflatoxinok eliminációja is alacsonyabb hatékonyságú. Kiemelendő, hogy az aflatoxin átjut a placentán, tehát a várandós nők aflatoxin expozíciója veszélyeztetheti a magzatot is [38].

### 2.3. A feldolgozás hatása az élelmiszerek aflatoxin tartalmára

Az aflatoxinok közös jellemzője, hogy stabilak, a feldolgozási hatásokkal, hőhatásokkal szemben ellenállóak. Ennek következménye, hogy jelenlétükkel a feldolgozott élelmiszerek esetében is számolni kell. Bizonyos feldolgozási lépések csökkenthetik a termények és a feldolgozott élelmiszerek mikotoxin koncentrációját például válogatás, tisztítás, őrlés, főzés, sütés, olajban sütés, pörkölés, konzerválás, pelyhesítés, lúgos főzés, nixtamalizáció (maghéj puhítása fahamu vagy Ca-hidroxid használatával – a szerk.), extrudálás, fermentálás, de nem elegendők ahhoz, hogy az összes szennyeződést eliminálják, ezért kiemelkedően fontos a megelőzés szerepe az élelmiszerlánc legelső pontjain [20]. Az AFM1 szennyezés szempontjából lényeges például a takarmányok AFM1 szennyezettségének csökkentése betakarítás előtti és utáni biotechnikai módszerek, valamint toxinkötők alkalmazásával [4, 17].

A hőkezeléssel járó eljárások közül a hagyományos főzésnek és a sütésnek csekély hatása van a mikotoxin szennyezettségre, míg a magasabb hőmérsékletű tartományban végzett, esetleg száraz hőt is alkalmazó módszerek [39] hatékonyabbak. A mikotoxinok bomlását fokozza a cukrok, például a glükóz jelenléte hőkezelés során [40].

A gabonafélék, például a kukorica nedves őrlése során az aflatoxin a következő arányban oszlik meg az őrlési frakciók között: áztató víz: 39-42%, rost: 30-38%, glutén: 13-17%, csíra, 6-10% és keményítő: 1%. Tehát a feldolgozott termékek összes aflatoxin szintje az áztató vízbe jutó hányaddal csökken. A kukorica száraz őrlése után a dara-, a korpa- és a lisztfrakciók az eredeti aflatoxin-mennyiség mindössze 6-10%-át tartalmazzák, a csíra- és a héjfrakciókba jut a legtöbb aflatoxin [20].

A rizs aflatoxin-szennyezése leggyakrabban a helytelen betakarítási, tárolási körülmények során alakul ki. A mikotoxinok elsősorban a rizs héjában és a korparétegben találhatóak. A hántolt barna rizs és a koptatással nyert fehér rizs a koptatás mértékével fokozatosan kisebb mértékben szennyezett [41].

A különböző hőkezelési eljárások, a pasztörizálás, a fagyasztás nincs számottevő hatással a tej, illetve tejtermékek aflatoxin tartalmára [42]. Néhány hőkezelési eljárás AFM1 csökkentő hatása számszerű értékekkel kifejezve: pasztörizálás: 7,6-12,9%-kal, forralás: 14,5-23,9%-kal [43], az UHT-kezelés: 32%-kal csökkenti a tej AFM1-szennyezettségét [44].

A tej vagy más folyékony halmazállapotú termékek AFM1 tartalmának csökkentésére különböző fizikai és kémiai eljárásokat alkalmaztak jó hatásfokkal: mikrohullámú sugárzás (52%) [43], membránszűrés (81%) [45], bioszűrés (81%) [46] centrifugálás és szűrés kombinációja (83%) [45], ózonos kezelés [47], adszorbensek használata (85-90%) [48, 49].

Intenzív kutatómunka folyik a mikroorganizmusok felhasználásával kapcsolatban. Biztató eredményt kaptak AFM1 szennyezettségének csökkentésére tejben *Saccharomyces cerevisiae* (90-93%) [50], *S. cerevisiae* + *L. rhamnosus*, *L. delbrueckii spp. bulgaricus*, *B. lactis* (100%) [49], különböző élesztőgombák keveréke (65-69%) [51], hőkezelt *L. plantarum* (94,5%) [44], *L. bulgaricus* (58%) [52] és joghurtban *S. thermophilus*, *L. bulgaricus* és *L. plantarium* törzsek [53] alkalmazásával. Élő mikrobák használata esetén megoldásra vár, hogy miként küszöbölhető ki az organoleptikus tulajdonságok kedvezőtlen megváltozása, amennyiben nem a hagyományos kultúrákat használják, és milyen módon távolítható el a termékből a kialakult tejsavbaktérium-AFM1 komplex [44].

### 3. A fogyasztók expozíciójának becsléséhez felhasznált adatok

Az expozíciót (g/ttkg vagy ng/ttkg) a fogyasztott élelmiszer (g/ttkg) és a benne mért szennyezőanyag koncentrációk (ng/kg) szorzata adja. A determinisztikus módszernél az átlagos (medián), esetenként egy felső percentilis (95,0; 97,5) értékeket szorozzuk össze. A számítás pontszerű becslést ad egy-egy konkrét értéket eredményezve [54, 55]. Finomabb becslést adnak a probabilisztikus módszerek [56, 57], amelyeknél a bemenő adatok eloszlását vesszük figyelembe és így az expozícióra is egy eloszlást kapunk. Körültekintést érdemel a kimutatási határ (LOQ) alatti vizsgálati eredmények értékelése. Amennyiben az LOQ alatti minták aránya 50-80% közé esik, a „maximum likelihood becslés” (maximum likelihood estimate, MLE) adja a legjobb eredményt [58].

Bármelyik módszerrel történjen is a becslés, mindenképpen fontos számba venni az egyes számítási lépések bizonytalanságát, azok mértékét és ezek összesített hatásának tükrében értékelni a kapott eredményeket [59]. A számított bizonytalansági intervallum egy bizonyos konfidenciaszinttel, vagyis adott bizonyossággal

valószínűsíthető módon magában foglalja a valós értékeket [60]. A fogyasztó szervezetébe jutó szennyező-anyag-mennyiséget (EDI) a toxikológiai referencia érték(ek)hez hasonlítva állapítjuk meg a várható egészségügyi kockázat mértékét.

Mind a rövid, mind a hosszú távú expozícióbecslésnél érdemes megvizsgálni az adott élelmiszer-szennyező kombináció fogyasztásának szempontjából különösen érintett fogyasztói csoportokat, azon belül pedig összehasonlítani az átlagos fogyasztók és a „nagy fogyasztók” expozícióját [61].

### 3.1. Referencia értékek a kitettség értékeléséhez

A referencia érték a szennyező specifikus tulajdonságai szerint lehet a megengedhető napi bevitel (ADI, Acceptable Daily Intake), ideiglenesen tolerálható heti vagy havi bevitel (PTW/MI, Provisionally Tolerable Weekly/Monthly Intake), vagy akut referencia dózis (ARfD, Acute Reference Dose). Élelmiszerszennyezők esetén a referencia érték általában a tolerálható napi bevitel (TDI, tolerable daily intake). A küszöbérték (BMD, benchmark dose) az a legkisebb dózis nagyság, amelyet az illesztett dózis-hatás görbéből becsülnek, és amelyen egy előre kiválasztott hatásszint (ez a benchmark response – BMR) megfigyelhető, ami általában 5 vagy 10%-os emelkedést vagy csökkenést jelent a kontroll csoporthoz képest. A BMD alsó konfidencia értéke a BMDL [62]. Az aflatoxinok esetében az expozíciós tőrészhatár (MoE, Margin of Exposure) elemzése használatos a kockázat jellemzésére, mivel nem állapítható meg TDI vagy más toxikológiai referencia érték. Ilyen esetben a BMDL bizonytalansági faktorról módosított értékét viszonyítjuk a becsült kitettséghez. A szennyezőnek tulajdonítható kockázat a kitettség mértékének egyéb referencia értékhez viszonyított arányával is kifejezhető, ez a veszélyességi hányados (HQ, Hazard Quotient), vagy a veszélyességi index (HI, Hazard Index), amely ugyanazon célszervre vagy szervrendszerre ható anyagok veszélyességi hányadosainak összege. Általában kumulatív becsléseknél alkalmazzák [63].

Az EFSA a 4 µg/ttkg/nap BMDL<sub>10</sub> érték használatát javasolja viszonyítási pontnak az AFM1 kockázat jellemzéshez [29]. A kapott eredmények 10 000 alatt számítanak aggályosnak, a 10 000 vagy annál nagyobb MoE közegészségügyi szempontból csekély kockázatra utal.

Az AFM1 kockázatának jellemzésére, a veszélyességi index (HI) számításához a Kuiper-Goodmann által javasolt biztonságos dózis is alkalmazható (0,2 ng/ttkg/nap), amely az állatok 50%-ánál tumort okozó dózis és egy 50 000-es biztonsági faktor hányadosa [64].

A JECFA 2018-as számításai szerint [20] napi 1 ng/ttkg AFB1 bevitel esetén a májrák-kialakulás valószínűsége átlagosan 0,269 évente. 100 000 személyre vonatkoztatva a becslés 95%-os konfidencia intervallumának felső határa pedig 0,562/100 000 fő/év HBsAg+ (hepatitis B felszíni antigénre nézve pozitív) egyéneknél. HBsAg- (hepatitis B felszíni antigén-negatív) egyéneknél az átlag érték 0,017 rákos megbetegedés/év/100 000 fő, a becslés 95%-os konfidencia intervallumának felső határa 0,049/100 000 fő/év. Az AFM1-re vonatkozó becsült átlag értékek ennél egy nagyságrenddel alacsonyabbak: 0,027/100 000 fő HBsAg-pozitív, illetve 0,002/100 000 fő ng/ttkg/nap HBsAg-negatív egyének esetén [20].

A JECFA az aflatoxin expozícióval összefüggő hepatocelluláris carcinoma (HCC) kockázatát az **1. egyenlet** felhasználásával becsülte meg:

$$R_i = [(P_{HBV+} \times HBV+) + (P_{HBV-} \times (1-HBV+))] \times AF \text{ bevitel (1)},$$

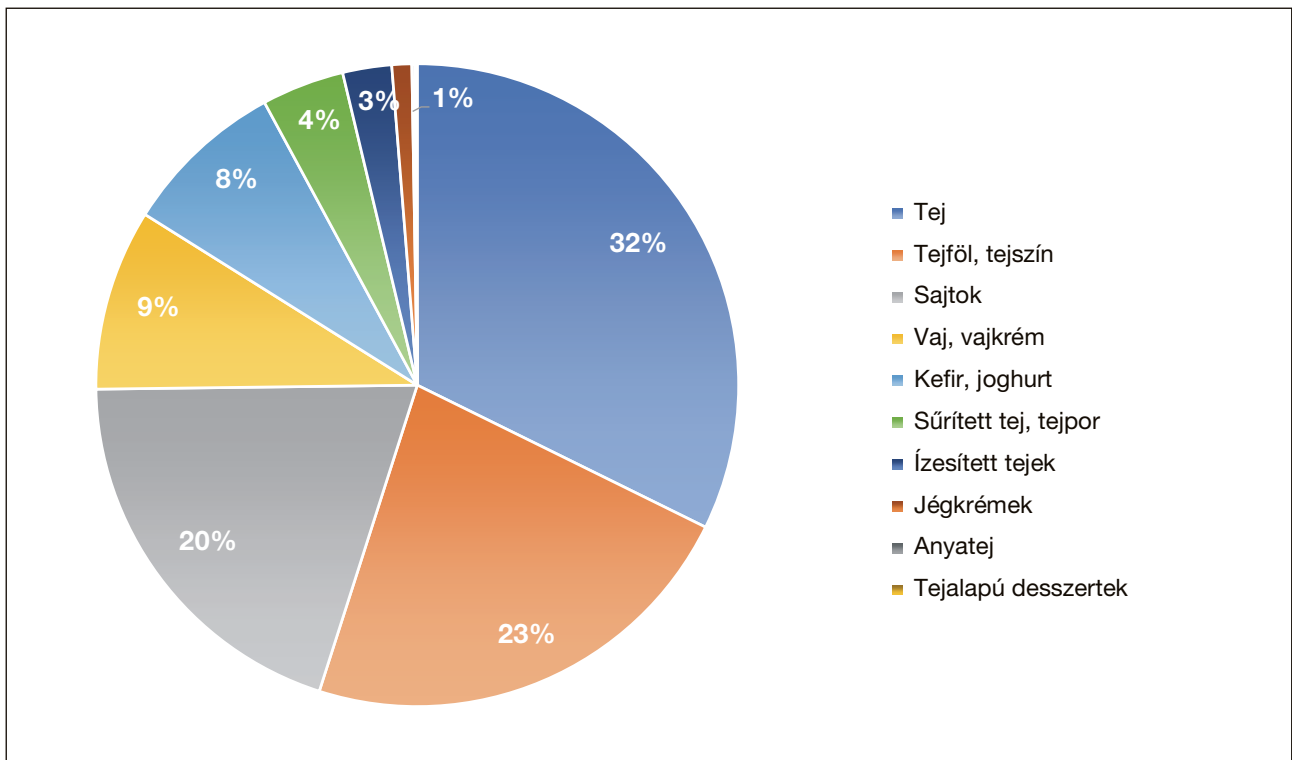
ahol  $R_i$  az  $i$  régióra vonatkozó HCC kockázat, HBV+ a vizsgált populációban a krónikus hepatitis B prevalenciája és  $P_{HBV+}$  a májrák kialakulásának a populáció e hányadára vonatkozó valószínűsége,  $P_{HBV-}$  pedig a populáció fennmaradó részében a májrák kialakulásának a valószínűsége.

### 3.2. Élelmiszerfogyasztási adatok

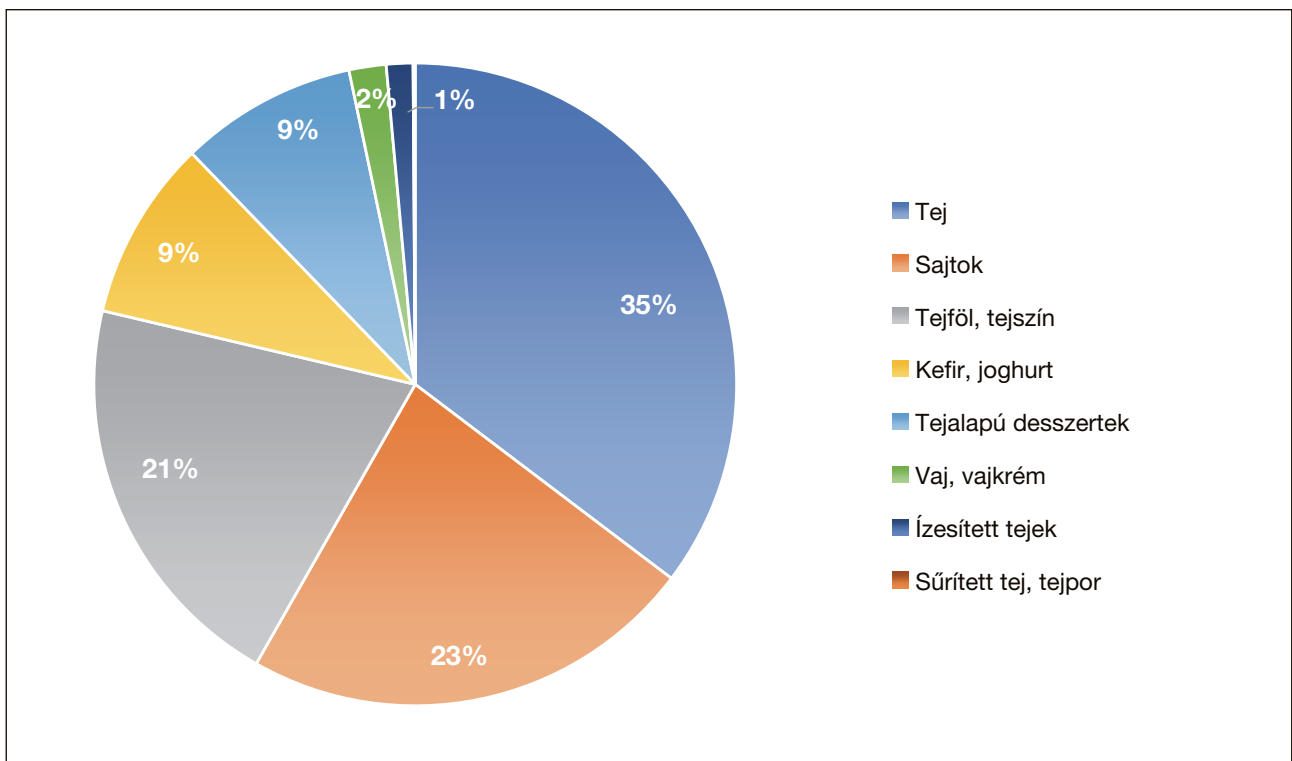
A számításokat két, 10 év különbséggel készült országos, reprezentatív élelmiszerfogyasztási felmérés adataival végeztük. A 2009. évi három napos felmérés során 4992 személy esetében összesen 14 976 fogyasztási nap – dietetikusok által feldolgozott és nyersanyagra lebontott – élelmiszerfogyasztási adatait szolgáltatja az élelmiszerfogyasztási szokások jellemzéséhez [65]. A tej és tejtermék fogyasztási napok arányát az **1. ábra** mutatja.

A 2009-es felmérés 14 976 fogyasztási napjából a tej-, tejföl-, tejszín-, sajt-, kefir- vagy joghurtfogyasztás gyakorisága [%] rendre 75,2, 52,8, 46,3, és 19,1 volt.

A 2018-2020-as felmérés az EFSA egész Európára kiterjedő EU MENU, avagy „Mi van terítéken Európában?” projektjének keretében az ajánlott, egységes módszertannak megfelelően valósult meg [66, 67]. A résztvevő személyeket a KSH *Háztartási költségvetési- és életkörülmények* adatfelvételben résztvevő háztartásokból választották ki. A program során 2657, 1 és 74 év közötti személy két fogyasztási napját rögzítették dietetikusok segítségével. Az 5314 fogyasztási napon a tej-, tejföl-, tejszín-, sajt-, kefir- vagy joghurtfogyasztás gyakorisága [%] 96,8, 54, 60,6 és 24 volt. A tej és tejtermék fogyasztási napok arányát a **2. ábra** mutatja.



1. ábra. A 2009-es felmérésben a tej és tejtermék fogyasztási napok aránya élelmiszercsoportonként



2. ábra. 2018-2020-as felmérésben a tej és tejtermék fogyasztási napok aránya élelmiszercsoportonként

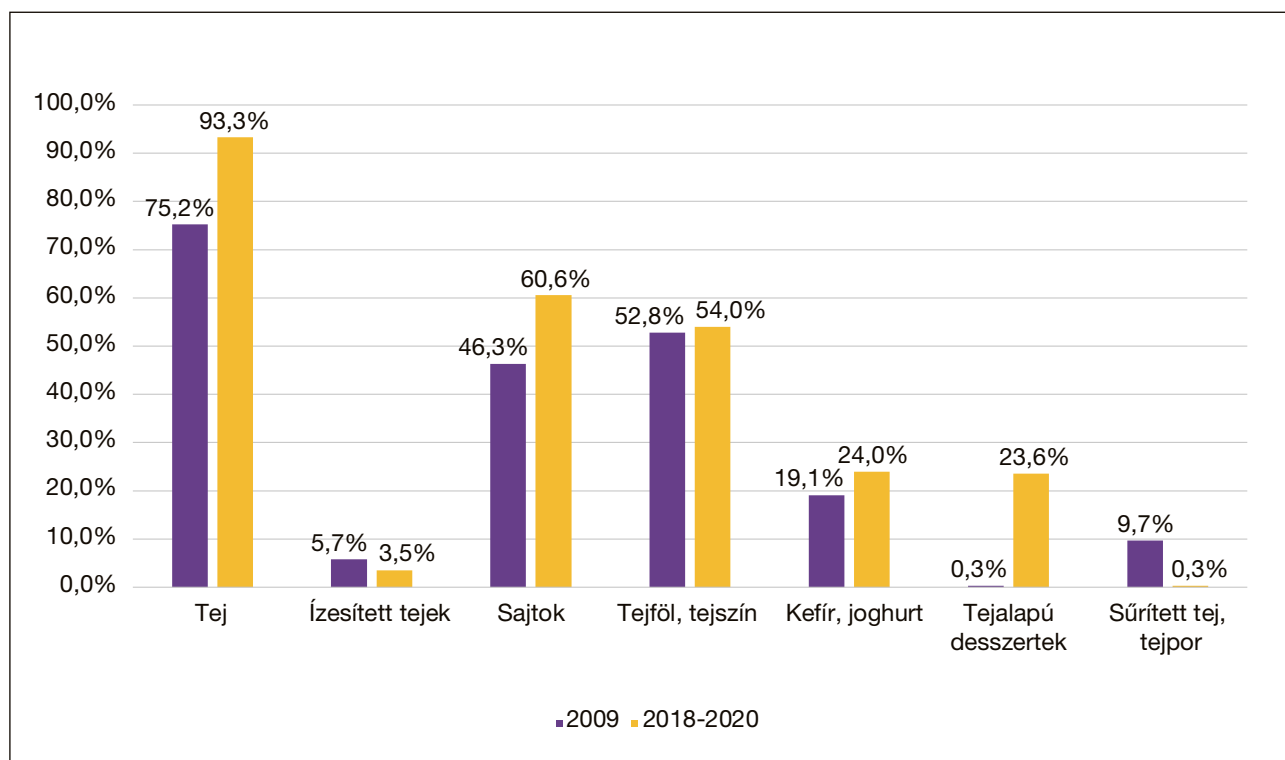
A fogyasztók korcsoportonkénti megoszlását a **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat. A 2009-es és a 2018-2020-as élelmiszerfogyasztási felmérés korcsoportjai és a tejterméket fogyasztók száma és aránya korcsoportonként

Korcsoport	Kor (év)	Fogyasztók 2009 (fő)	Tejtermék fogyasztók 2009		Fogyasztók 2018-2020 (fő)	Tejtermék fogyasztók 2018-2020	
			fő	%		fő	%
Csecsemők	0,0-0,9	26	-	-	0	0	0
Tipegők	1,0-2,9	90	90	100	535	482	90
Gyermekek	3,0-9,9	324	324	100	537	536	100
Serdülők	10,0-17,9	494	487	98	528	525	99
Felnőttek	18,0-64,9	3360	3297	98	529	515	97
Idősek	65,0-	698	691	99	527	509	96
Összesen		4966	4889	98	2654	2567	97

A tej és a különböző tejtermékek fogyasztási gyakoriságának változását a 2009-es és a 2018-2020-as élelmiszerfogyasztási felmérések tej és tejtermék fogyasztási napjainak segítségével hasonlítottuk össze. A különböző élelmiszerek fogyasztási napjainak számát az adott felmérés összes fogyasztási napjához viszonyítottuk (**3. ábra**). Az ábra a vizsgált felmérési időszakokban a különböző élelmiszerek fogyasztásának előfordulási gyakoriságát jellemzi. A vizsgált élelmiszerkategóriák közül a tej és a tejalapú desszertek fogyasztási gyakorisága több mint 20%-kal nőtt. A sajtok fogyasztási gyakorisága 14%-os emelkedést mutatott. A savanyított tejtermékek (kefir, joghurt, tejföl), a tejszín és az ízesített tejek fogyasztási gyakorisága közel állandó maradt (előbbiekké kissé nőttek, utóbbiak némileg csökkentek). A sűrített tej és tejpor fogyasztási gyakorisága jelentősen csökkent. Összességében megállapítható, hogy a tej és tejtermékek fogyasztási gyakorisága az elmúlt 10 év alatt kissé emelkedett.

A fogyasztási gyakoriságok 10 év alatt bekövetkező változásából kiindulva az aflatoxin expozíció növekedésére lehetne számítani, azonban ezt a hatást a fogyasztási mennyiségek változása ellensúlyozta. A feldolgozási és a feldúsulási faktorok medián értékével számított, tej ekvivalensben kifejezett átlagos fogyasztási mennyiség 2009-ben még 310,7 g/nap volt, ez az érték 2018-2020-ban 295,3 g/napra csökkent.



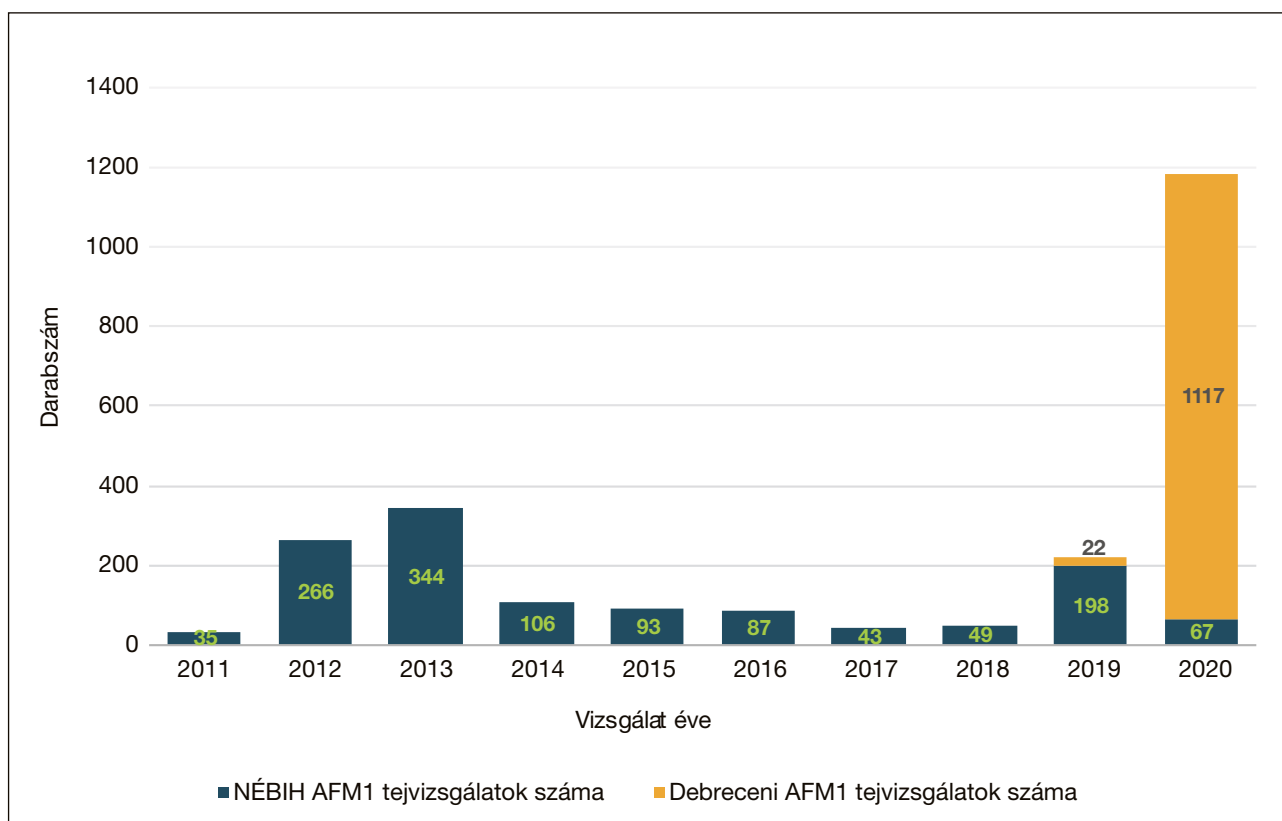
3. ábra. A fogyasztási napok aránya az összes fogyasztási naphoz viszonyítva; A különböző élelmiszercsoportok fogyasztási gyakoriságának változása a 2009-es és a 2018-2020-as élelmiszerfogyasztási felmérés eredményei alapján

A feldolgozott tejtermékekben az AFM1 koncentrációkra nagyon kevés adat állt rendelkezésre, ezért a savanyított tejtermékekre (például kefir, joghurt, tejföl), valamint a különböző sajtokra (kemény, félkemény, lágy és feldolgozott sajtok, friss sajtok) vonatkozó AFM1 feldolgozási és feldúsulási faktorok adatbázisát a legfrissebb szakirodalmi adatok alapján összeállítottuk és ezen termékek fogyasztott mennyiségeinek tej ekvivalensével számítottuk a fogyasztók expozícióját.

### 3.3. Aflatoxin koncentráció adatok

Az AFM1 vizsgálati adatok részben a NÉBIH 2011-2020 közötti országos monitoring felméréséből származnak (1288 db). A minták 40%-a tartalmazott mérhető mennyiségű AFM1-et. A mérések zömét tejtermelő gazdaságok és magántermelők termékéből, kis arányban pedig boltokban kapható elegytejből vett mintákból, ELISA és HPLC módszerrel végezték. A nagyszámú LOQ alatti (60%) szennyezést mutató tételek mellett az átlaghoz viszonyítva nagyon magas szennyezetségi tételek is előfordultak. A 100 ng/kg feletti értékek rendre: 110, 122, 141, 149, 150, 190, 238, 240, 252, 260, 292, 376, 513, 740 és 860 ng/kg. Az eredmények realitását nem volt módunk ellenőrizni, de nem láttunk okot a kihagyásukra sem, ezért a teljes adatsort felhasználtuk a további számításainkban. További 1177 minta vizsgálatára a Debreceni Egyetem és a NÉBIH „A magyar fogyasztók rövid és hosszútávú aflatoxin terhelésének meghatározása a tejtermékláncban és a kockázatkezelő intézkedések megalapozása” című közös projektjének keretében 2021 januárjáig került sor. Az utóbbi esetben a projektben közreműködő 9 tehenészeti telepről származó tejet a tejipari vállalat munkatársai által közvetlenül a szállító tankerből vett mintákban, 2019-2021 között, a Debreceni Egyetem Műszerközpont laboratóriuma ELISA módszerrel vizsgálta. A 20 ng/kg „cselekvési szintet” meghaladó mintákban a pontos AFM1 koncentrációt a NÉBIH laboratóriumában HPLC vizsgálattal erősítették meg. Az LOQ fölötti minták száma 672 (57,1%). A 20 ng/kg koncentrációt meghaladó minták esetén a tejtermelő gazdaságot értesítették, javasolva a megfelelő megelőző intézkedések megtételét. Ezen beavatkozás eredményeként sikerült a tej szennyezésének emelkedését megállítani és a termelt tej AFM1 szennyezését az 50 ng/kg szint alatt tartani. A részletes eredményekről a projekt zárójelentésében számolunk be.

A vizsgált tejminták számát évenkénti bontásban a **4. ábra** mutatja.



4. ábra. A NÉBIH országos felmérésből és a közös projektben résztvevő tejtermelő gazdaságokból származó minták éves vizsgálati száma



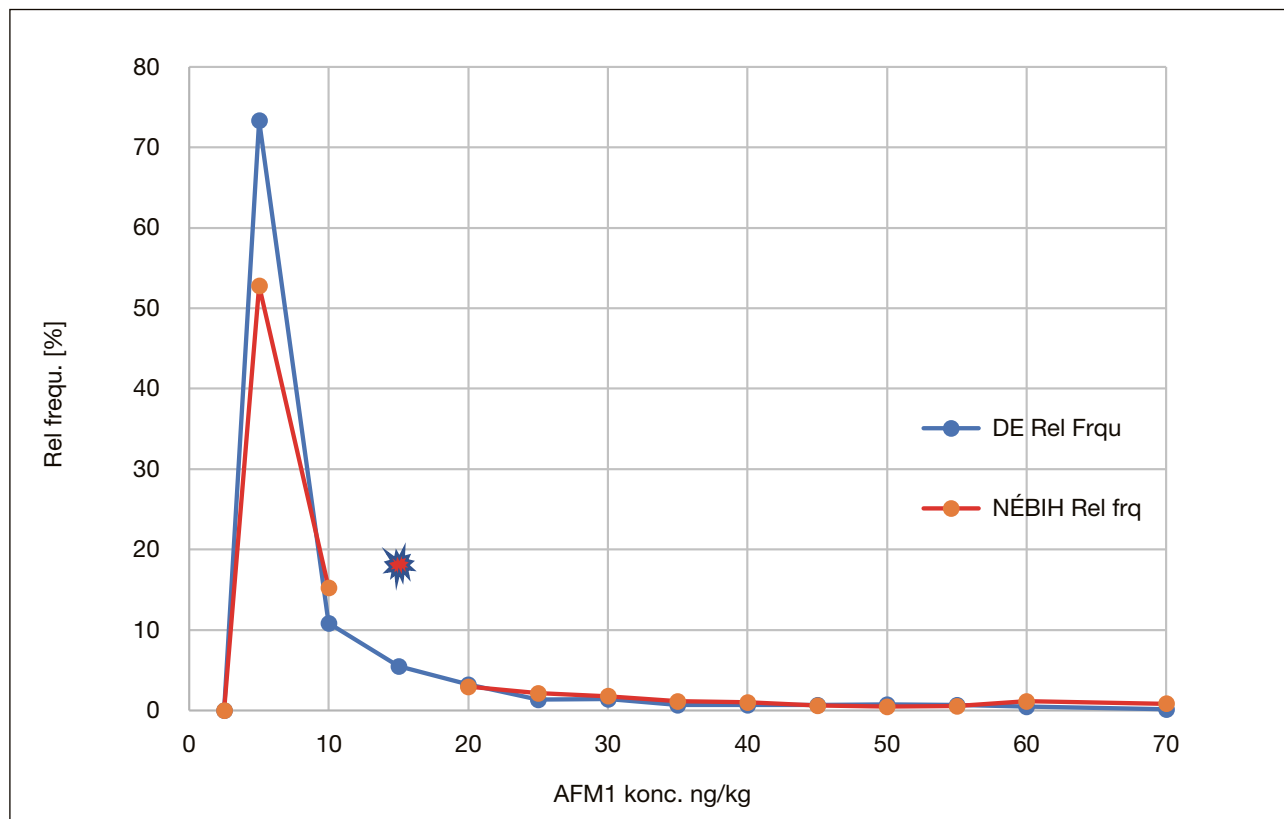
A becslésünk finomítására, a nagyarányú LOQ alatti értékek kompenzálására a szokásos LOQ, LOQ=0 és LOQ/2 közelítések helyett a koncentráció adatok LOQ alatti értékeit a mérési eredmények számával megegyező elemű, eloszlás segítségével generált adatok értékével is figyelembe vettük. Az LOQ feletti mérési eredményekre az R statisztikai szoftver maximum likelihood becslést alkalmazó GAMLSS és GAMLSS. dist csomagjainak használatával különböző eloszlásokat illesztettünk, majd az illeszkedés jóságát leíró paraméterek (AIC – Akaike’s Information Criterion, BIC – Bayesian Information Criterion és teljes eltérés – Global Deviance) segítségével kiválasztottuk az optimális illesztést adó eloszlásokat. Az illesztések megfelelőségét az adatokból készített hisztogram és a kapott eloszlás vizuális összevetésével, valamint az eltérések normalitás vizsgálatával és Q-Q plot segítségével is kiértékeljük. A két legjobban illeszkedő eloszlás a két paraméteres lognormális (6. ábra) és a négy paraméterrel jellemezhető Box-Cox t-eloszlás (BCT) (7. ábra) volt, amely alkalmas az aflatoxinokhoz hasonló, pozitív vagy negatív torzulást mutató, lassan lecsengő, folyamatos eloszlással jellemezhető adatok modellezésére [68, 69]. Az expozíció számításokat az LOQ=5 feltételezéssel generált lognormál eloszlással végeztük. A kiválasztott eloszlásokat ezt követően a teljes AFM1 adatsorra illesztettük, a kiértékelést újra elvégeztük. Tekintve, hogy az illesztés jóságát leíró paraméterekben pozitív változást figyeltünk meg, a választott eloszlásokat elfogadhatónak ítéltük.

Az AFM1 vizsgálati eredmények és az illesztett eloszlás leíró statisztikáit a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat. A számításokhoz felhasznált AFM1 vizsgálati eredmények (ng/kg) leíró statisztikája

	DE	NÉBIH	Összes	LogLOQ5
Darab	1177	1176	2465	2465
Minimum	2,90	3,00	2,90	0,50
P0,05	2,90	3,00	2,90	1,60
Medián	3,17	7,00	4,19	3,80
Átlag	6,96	15,3	10,9	9,66
P=0,975	42,0	68,5	56,0	55,4
Maximum	71,0	860	860	860

A NÉBIH és a DEE vizsgálati eredményeinek relatív gyakorisági eloszlását az 5. ábra mutatja.



5. ábra. A NÉBIH ellenőrzési programjában és a DE-NÉBIH együttműködés keretében vett tejminták AFM1 szennyezésének relatív gyakorisági eloszlása

A 10-15 ng/kg tartományba eső NÉBIH mérési eredmények kiugró értékének (kék keretes piros csillaggal jelölve) kivételével az AFM1 koncentrációk gyakorisága az LOQ-70 ng/kg tartományban a két méréssorozatban nagyon hasonló és indokolja a mérési eredmények együttes értékelését. A 70 ng/kg koncentráció feletti AFM1-et tartalmazó minták relatív gyakorisága a NÉBIH vizsgálatainál <0,5%.

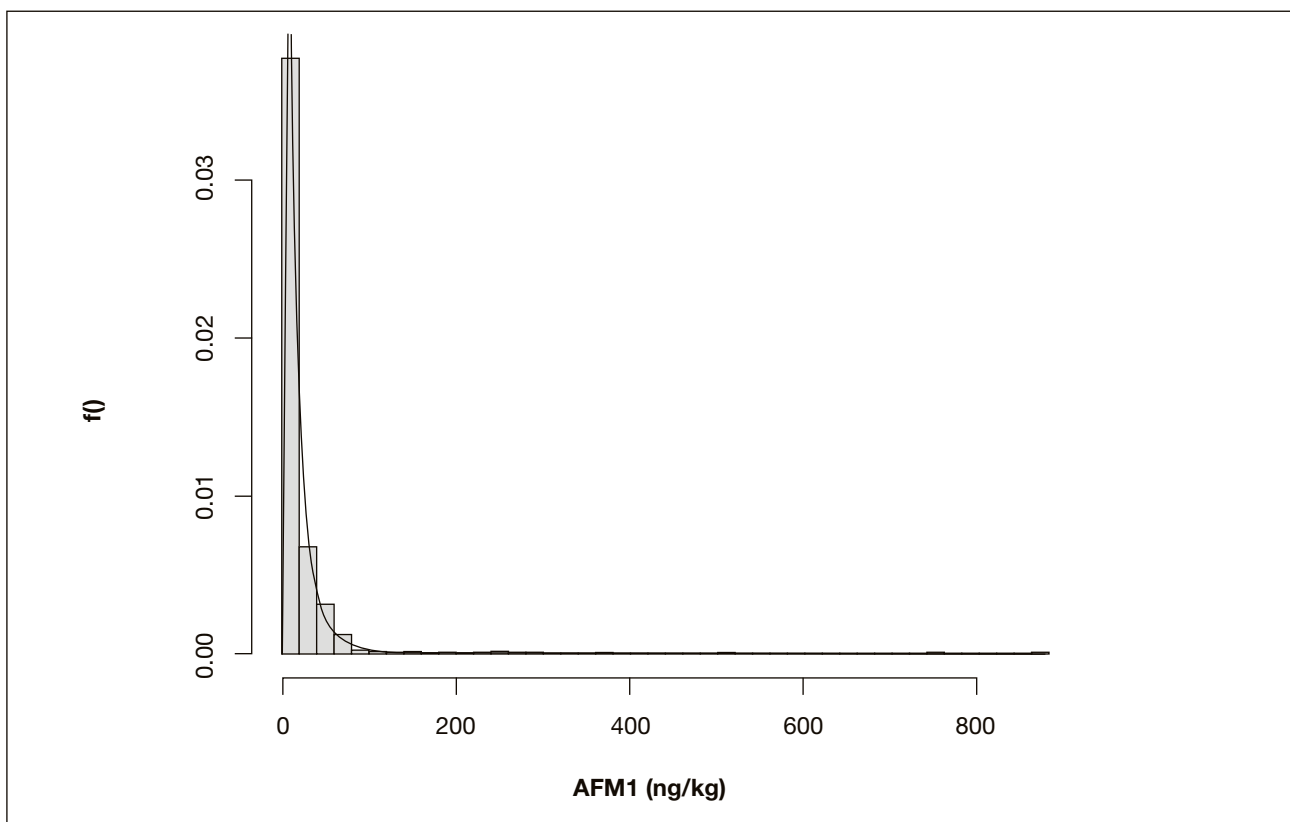
Az aflatoxinok kockázatbecslése szempontjából limitáló tényező a szennyező adatok hiánya volt. Az EFSA ajánlása [29] alapján ki kell zárni azokat az élelmiszer kategóriákat, amelyek esetében a pozitív minták száma nem haladja meg a 25-öt, vagy a meghatározási határ alatti minták aránya nagyobb, mint 80%. Az AFM1 eredmények tekintetében csak a tejvizsgálatok feleltek meg ennek a kritériumnak (**4. táblázat**), a feldolgozott tejtermékek vizsgálatainak száma igen csekélynek bizonyult.

4. táblázat. A vizsgált minták száma és az >LOQ értékek %-os aránya

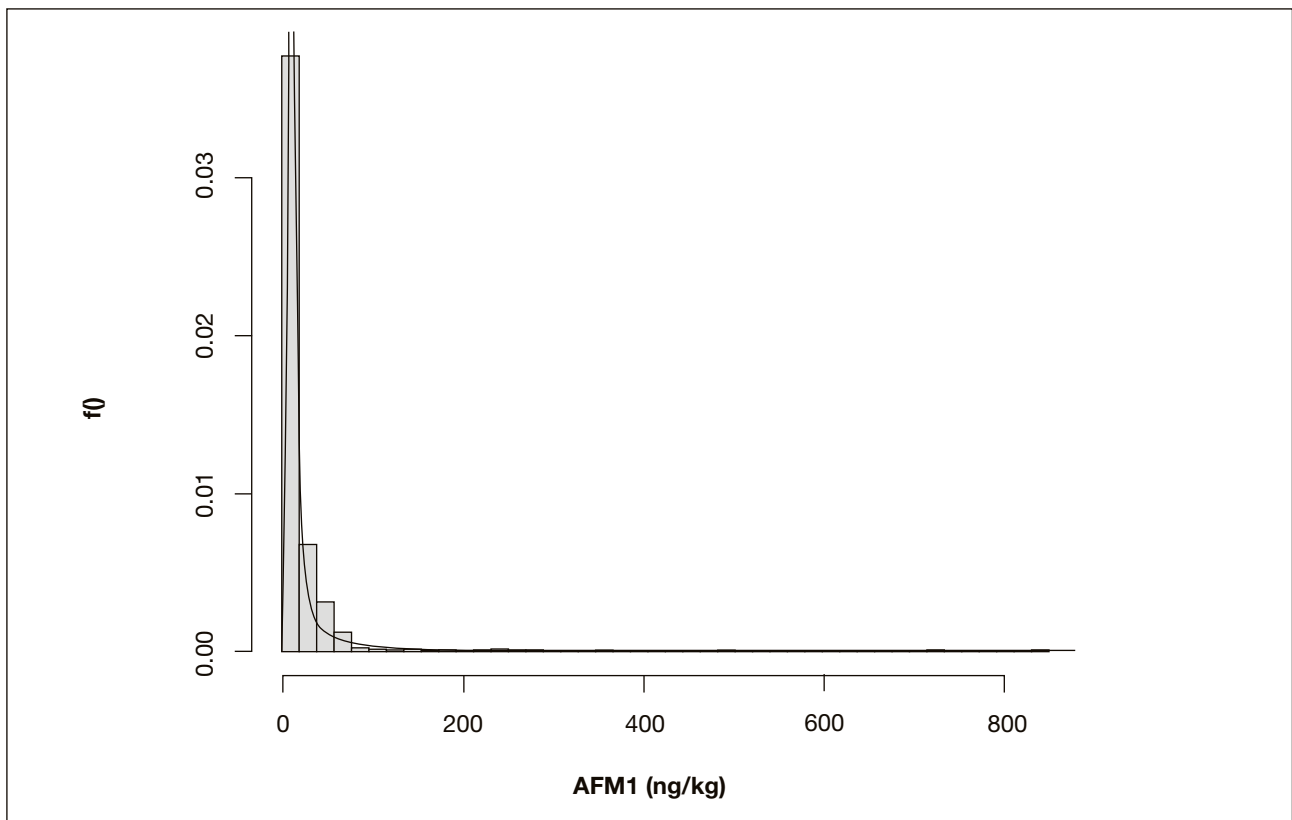
	Tehéntej	Egyéb tej	Tápszer <sup>1</sup>	Sajt, túró	Joghurt, kefir	Egyéb <sup>2</sup>
Mintaszám	1288	61	193	30	28	12
>LOQ [%]	25	16,4	0	6,7	0	0

<sup>1</sup>: Tápszer: csecsemőtápszer és egyéb kisgyermek élelmiszer

<sup>2</sup>: Tejalapú élelmiszer



6. ábra. A tejben mért LOQ feletti AFM1 koncentráció eredményekre illesztett lognormális eloszlás



7. ábra. A tejben mért LOQ feletti AFM1 koncentráció eredményekre illesztett Box-Cox t-eloszlás

#### 4. A fogyasztók expozíciója

Az élelmiszerfogyasztási adatok esetében a hosszútávú becsléshez ajánlott OIM (Observed Individual Means, megfigyelt egyéni átlag) módszert alkalmaztuk. Először valamennyi tej és tejtermék fogyasztási adatot átszámítottuk tej ekvivalensre, az adott élelmiszerkategóriára jellemző dúsulási és feldolgozási faktorok segítségével (2. és 3. egyenlet).

Az  $e_1, \dots, e_j$  élelmiszerek g/ttkg-ban kifejezett bevitel ( $B$ ) adott ( $n$ ) fogyasztási napon, tej ekvivalensben kifejezve:

$$B_n = \frac{\sum_{e=1}^j (m_e \times F_e)}{ttkg_n} \quad (2),$$

ahol

$m_e$  = a fogyasztott  $e$  élelmiszer tömege ( $g$ )  $n_i$  fogyasztási napon,

$F$  az  $e$  élelmiszere vonatkozó feldolgozási (például dúsulási) faktor,

$ttkg$  az adott fogyasztási naphoz tartozó személy testtömege,

$$F = \frac{C_{AFM1e}}{C_{AFM1tej}} \quad (3),$$

ahol az  $e$  élelmiszer készítéséhez felhasznált tejben a feldolgozott élelmiszerben az AFM1 koncentráció.

Az  $F_e$  a kísérletekben kapott min., med., max. eredményekből számított érték.

A g/ttkg/napban kifejezett fogyasztott mennyiségeket megszorozva az illesztett eloszlásfüggvények értékeiből számított átlag AFM1 koncentrációval (ng/kg), megkaptuk az egyes fogyasztási napokra vonatkozó expozícióértékeket (ng/kg ttkg/nap). A fogyasztásban résztvevő személyek – a 2018-2020-as felmérés esetében 2, a 2009-es felmérés esetében 3 – fogyasztási napjaihoz tartozó beviteli értékeket átlagoltuk. Az eredményeket fogyasztói korcsoportonként összesítettük és mindkét élelmiszerfogyasztási felmérés adataival kiszámoltuk a fogyasztók expozícióját.

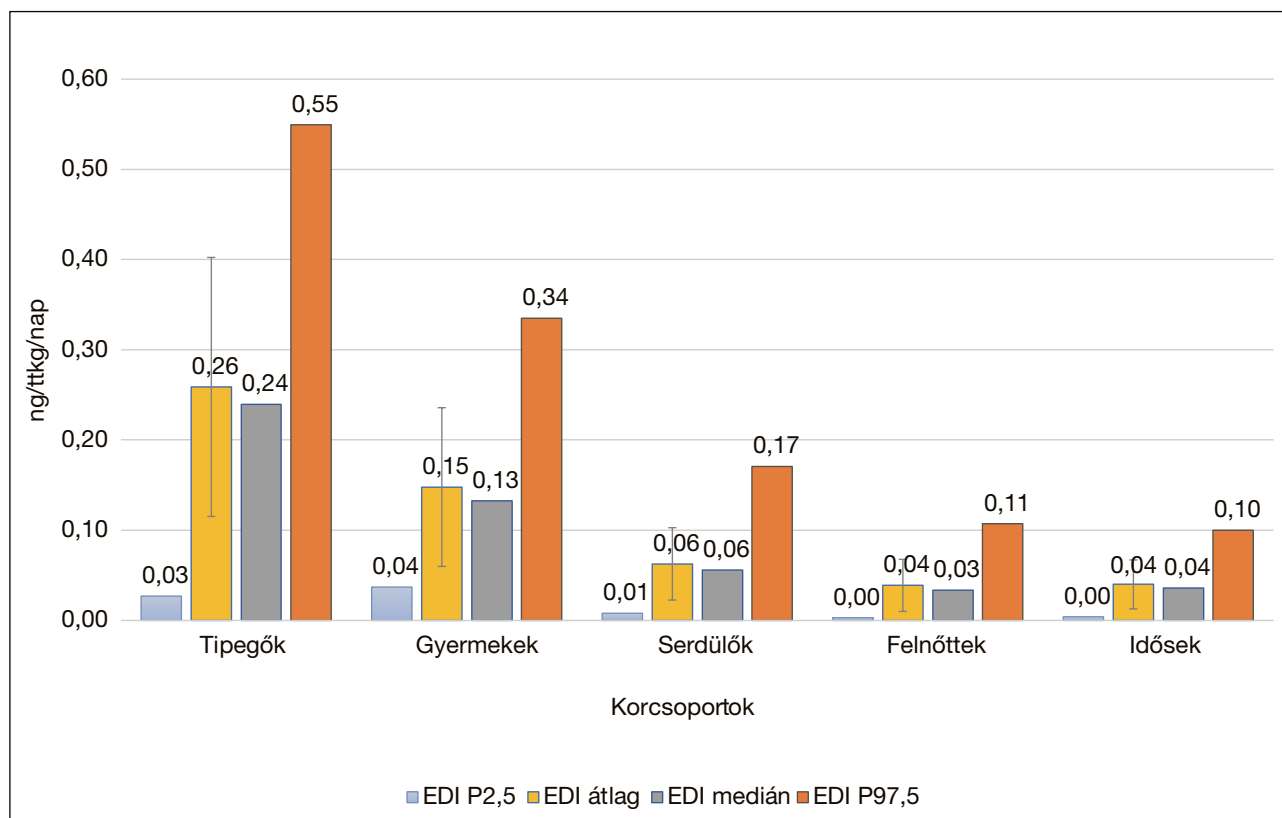
Először a feldolgozási faktorok minimum ( $F_{\min}$ ), medián ( $F_{\text{med}}$ ), maximum ( $F_{\max}$ ) értékeinek hatását vizsgáltuk az expozícióbecslés eredményére. A számítást az illetékt lognormális AFM1 átlag adatokkal, valamint 2018-2020-as felmérés átlagos ( $EDI_{\text{átl}}$ ) és 97,5. percentilis ( $EDI_{0,975}$ ) tejfogyasztási értékeivel végeztük. Az eredményeket az **5. táblázatban** foglaltuk össze. A táblázat a determinisztikus módszerrel számított átlag és 97,5. percentilis eredmények közötti különbségeket szemlélteti a 2018-2020-as (EU MENU) felmérés alapján.

5. táblázat. A különböző korcsoportok becsült napi együttes tej és tejtermék fogyasztása a tejtermékek feldolgozási faktorainak a függvényében

	Tipegők	Gyerekek	Serdülők	Felnőttek	Idősek
$EDI_{\text{átlag}} (F_{\min})$	0,16	0,12	0,05	0,03	0,03
$EDI_{\text{átlag}} (F_{\text{med}})$	0,19	0,14	0,06	0,04	0,03
$EDI_{\text{átlag}} (F_{\max})$	0,21	0,15	0,07	0,04	0,03
$EDI_{0,975} (F_{\min})$	0,54	0,36	0,14	0,10	0,08
$EDI_{0,975} (F_{\text{med}})$	0,55	0,39	0,15	0,11	0,09
$EDI_{0,975} (F_{\max})$	0,56	0,40	0,16	0,12	0,10

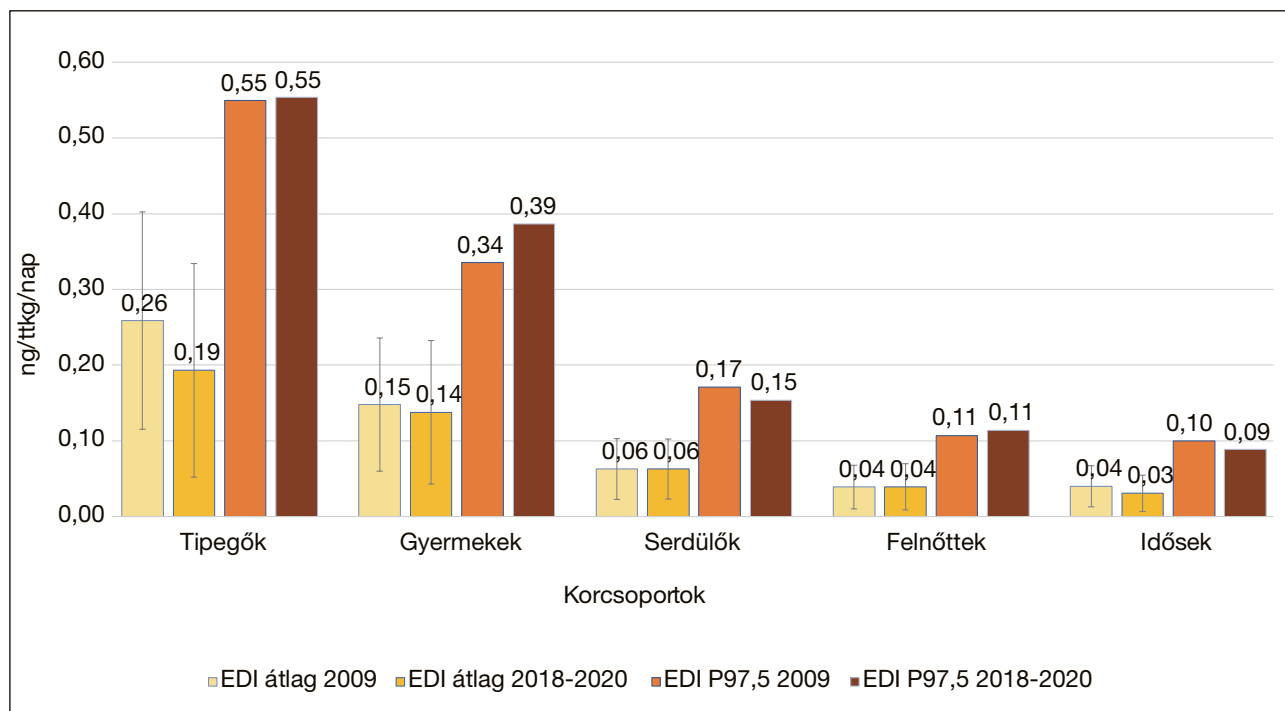
A feldolgozási faktorok minimum-medián-maximum értékeinek figyelembevétele nem befolyásolta számottevően az eredményeket. Szignifikáns különbség csak a tipegők korcsoportjának átlag értékeinél, a minimum és medián faktorok esetében adódott, ezért a továbbiakban a különböző expozícióbecslési eredmények bemutatásához a feldolgozási és feldúsulási faktorok mediánjával számolt értékeket használjuk.

A különböző korcsoportok expozícióját a 2009-es élelmiszerfogyasztási felmérés P0,05, átlag, medián és P0,975 percentilis becsült napi beviteli értékek (EDI), a medián feldolgozási faktorok és az AFM1 koncentráció adatok átlaga alapján számítottuk. A különböző fogyasztói korcsoportok expozícióját a számított EDI alapján hasonlítottuk össze (**8. ábra**).



8. ábra. Becsült napi beviteli értékek (ng/ttkg/nap), determinisztikus becslés; Különböző korcsoportok P0,025, átlag, medián és P0,95 EDI értékeinek összehasonlítása a 2009-es fogyasztási adatok alapján

A 2018-2020-as felmérés korcsoportjainak becsült napi beviteli értékei a 2009-es adatokhoz hasonló tendenciát mutatnak (9. ábra).



9. ábra. Becsült napi beviteli értékek (ng/ttkg/nap), determinisztikus becslés;  
A különböző korcsoportok P0,025, átlag, medián és P0,95 EDI értékeinek összehasonlítása  
a 2009 és 2018-2020-as fogyasztási adatok alapján

Mind az átlag, mind a 97,5. percentilis becsült napi beviteli értékeket összehasonlítva azt láthatjuk, hogy az egyes korcsoportok expozíciója az elmúlt 10 évben többnyire állandónak bizonyult. Szembetűnő különbség csak a tipegők korcsoportjának átlagértékei és a gyermekek korcsoportjának 97,5. percentilis értékei között figyelhető meg, de a különbségek nem szignifikánsak. A 2009-es felmérés tipegők korcsoportjának elemszáma nagyon alacsony (90 fő) a 2018-2020-as felméréshez (482 fő) viszonyítva. A kisebb elemszámmal számított értékek nagyobb bizonytalansággal terheltek.

#### 4.1. A fogyasztói expozíció értékelése

A kapott expozíció értékek alapján a magyar lakosság kockázatának értékelésére az expozíciós túrérték (Margin of Exposure, MoE) megközelítést (**3. egyenlet**), a veszélyességi indexet (hazard index, HI) (**4. egyenlet**), valamint a AFM1 bevitelnek tulajdonítható májrák-előfordulás valószínűségének növekedését alkalmaztuk. A MoE módszerhez az AFM1-re vonatkozó BMDL<sub>10</sub>=4 µg/ttkg/nap értéket vettük figyelembe:

$$MoE = \frac{BMDL_{10}}{EDI} \quad (4).$$

A fogyasztók expozíciója akkor tekinthető kockázatosnak, ha a MoE értéke <10.000. A 2018-2020 élelmiszerfogyasztási felmérés fogyasztási adataiból determinisztikus becsléssel számított kitettségi értékek MoE értékeit a **6. táblázat** mutatja.

6. táblázat. Az átlagos és nagy fogyasztók (97,5. percentilis) MoE értékei korcsoportonként

	Tipegők	Gyermekek	Serdülők	Felnőttek	Idősek
MoE EDI átlag	20722	29056	63779	101949	130605
MoE EDI P0,975	7179	10353	26059	35082	45182

Az egészségügyi kockázatot kifejező határ (10 000) alatt csak a tipegők, és gyermekek „nagy fogyasztói” (97,5 percentilis) korcsoportjai érik el, illetve közelítik. A többi korcsoport esetében ezzel a kockázatjellemzési metodikával nem állapítható meg jelentős kockázat.

A veszélyességi index számítására a Kuiper-Goodmann által javasolt [59] biztonságos dózist alkalmaztuk (0,2 ng/ttkg):

$$HI = \frac{EDI \text{ (ng ttkg}^{-1}\text{)}}{0,2 \text{ ng ttkg}^{-1}} \quad (5).$$

A veszélyességi index (HI) számítása esetében a kockázat mértéke az EDI értékekkel egyenesen arányos és 1 vagy annál nagyobb értékek esetén minősül aggályosnak. Példaként a 2018-2020-as élelmiszerfogyasztási felmérés fogyasztási adataival végzett determinisztikus becslések eredményeit korcsoportonként a **7. táblázat** tartalmazza.

7. táblázat. A különböző korcsoportok EDI értékeiből számított veszélyességi indexek (HI)

	Tipegők	Gyermekek	Serülők	Felnőttek	Idősek
HI Átlag	1,0	0,7	0,3	0,2	0,2
HI P0,975	2,8	1,9	0,8	0,6	0,4

Megjegyzés: Az egészségügyi kockázatot jelentő HI értékeket félkövér számok jelzik

A korcsoportok becsült napi beviteli értékeinek átlagából és 97,5. percentilis értékeiből számított HI értékek azt mutatják, hogy a serülők, a felnőttek és az idősek korcsoportjának kitétségből adódó kockázat nem minősül aggályosnak. Azonban a tipegők és gyermekek esetében a 97,5. percentilis értékek (nagy fogyasztók) esetében az expozíció jelentősen meghaladja a biztonságosnak tekinthető szintet. A fenti eredmények közül az egyik legfontosabb a tipegők átlagos bevitelét jellemző 1-es HI érték, mivel ez arra enged következtetni, hogy ennek a korosztálynak a jelentős hányada egészségügyi szempontból aggályos mértékű AFM1 expozíciónak van kitéve.

A májrák aflatoxin expozícióval összefüggő incidenciáját, 0,7%-os magyar hepatitis B prevalenciát [70] feltételezve az 1-es egyenlettel számítottuk. A számításokat a májrák-kialakulás valószínűségének az átlagos és a felső 95%-os konfidencia értékével is elvégeztük:

$$\text{Átlag } R_{Mo} = [(0,0269 \times 0,007) + (0,0017 \times 0,993)] \times EDI,$$

$$CI_{,95} R_{Mo} = [(0,0562 \times 0,007) + (0,0049 \times 0,993)] \times EDI.$$

A 2018-2020 élelmiszerfogyasztási felmérés fogyasztási adataiból determinisztikus (DET) becsléssel számított AFM1 expozíció értékek átlag és 97,5. percentilis eredményeiből származtatott, aflatoxin kitétségnek tulajdonítható májrák incidencia (HCCi) értékeket (megbetegedés/100 000 fő/év) korcsoportonként a **8. táblázatban** foglaltuk össze.

8. táblázat. Májrák incidencia EDI függvényében korcsoportonként

	Tipegők	Gyermekek	Serülők	Felnőttek	Idősek
R (EDI átlag)	0,00036	0,00026	0,00012	0,000074	0,000057
R (EDI átlag, CI0.95)	0,0010	0,00072	0,00033	0,00021	0,00016
R (EDI 0.975)	0,00083	0,00062	0,00025	0,00018	0,00014
R (EDI 0.975, CI0.95)	0,0023	0,0017	0,00069	0,00050	0,00039

A HCC kialakulásának kockázatát az aflatoxin-kitétség a krónikus hepatitis B előfordulása mellett a sokszorosára növeli. Mivel a hepatitis B prevalenciája Magyarországon (és általánosságban Európában) alacsony, az aflatoxin indukált HCCi növekedése sem mutat magas értékeket. Ugyan a becsült májrák incidenciák számszerű értéke nagyon alacsonynak bizonyult, a **8. táblázat** egymáshoz viszonyított értékei ebben az esetben is megmutatják a tipegők és a gyermekek „nagy fogyasztóinak” kiemelt kockázatát a többi korcsoporthoz viszonyítva.

## 5. Helyzetértékelés, javaslatok

A determinisztikus módszerrel számított AFM1 krónikus expozíció különböző referenciaértékekhez viszonyítva egybehangzóan azt jelzi, hogy a vizsgált korcsoportokban az 1-3 éves gyermekek kitétsége a legmagasabb. Legalacsonyabb kitétségi értékek a legidősebb korcsoportok esetében figyelhetők meg. Adathiány miatt nem lehetett a <1 éves csecsemők expozícióját vizsgálni. Az összefüggés azonban nem közvetlenül a kor és a beviteli mennyiségek, hanem az idősödő korcsoportok (jellemzően növekvő) testtömegében megfigyelhető változás és a bevitt mennyiségek között van.

Tekintve, hogy az aflatoxinok toxicitása elsődlegesen a fejlődő szervezeteknél jelent egészségügyi kockázatot, különös figyelmet kell fordítani az expozíciójuk csökkentésére, lehető legalacsonyabb szinten tartására. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a rákkeltő vegyületek jelenlétét minden korcsoportban a lehető legalacsonyabb szinten kell tartani.

A szervezetet nem csak az anyatej és egyéb tej vagy tej alapú készítmény AFM1 szennyezése terheli, hanem az egyéb élelmiszerekkel bevitt, az AFM1-nél közel 10-szer toxikusabb AFB1 is. Mivel a hatásmechanizmusuk azonos, az aflatoxinok és az AFM1 hatása összeadódik. Ezért figyelni kell az élelmiszereink minőségére, a felbontott csomagolású termékek tárolási körülményeire. A dohos szagú, penésznyomokat mutató termékeket fogyasztani még főzés, sütés után sem szabad. Az éves monitoring vizsgálatok során mért, a jogszabályban eltűrhető maximális szintet 10-15-ször meghaladó szennyezettségű tejek is forgalomba kerülnek. Különösen veszélyeztetett csoportba tartoznak azok a személyek, akik rendszeresen olyan, azonos forrásból származó tejet fogyasztanak, ahol az állatokat aflatoxinnal szennyezett takarmánnyal etetik.

A mai napig nincs olyan rutinszerűen és ipari szinten, nagy tételben alkalmazott eljárás, amellyel megbízhatóan és tökéletesen lehet eliminálni az élelmiszerek aflatoxin tartalmát, ezért a hangsúly továbbra is a szennyeződés megelőzésén van. Ez egy komplex, az élelmiszerlánc valamennyi szereplőjének közreműködését igénylő feladat, amely a jó mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazásával, a termőföldek megfelelő előkészítésével és kezelésével kezdődik. Ezt követi a penészgombák ellenálló hibridek kiválasztása, a termények aratása, szállítása és tárolása során tett intézkedések sora, amelyek megakadályozhatják a penészgombák elszaporodását (megfelelő hőmérsékleti és nedvességi szintek beállítása, a termények átválogatása, hántolása, fizikai kezelése). Nem utolsó sorban a takarmányozásra szánt gabonák, szilázs vagy más feldolgozott takarmány-készítmények megfelelő tárolása, kezelése és aflatoxin tartalmának ellenőrzése, szükség szerint fizikai, kémiai vagy biológiai detoxifikálása [4].

A prevenció sikeressége, a tejszállítmányok megfelelősége a tejtermelő tehenészeti telepek és a tejtermelő üzemek szintjén is ellenőrizhető. A nyers tej aflatoxin M1 tartalmának detektálására kidolgozott mintavételi terv és korai előrejelzési rendszer segítségével, az Olaszországban már a gyakorlatban bevált 20 ng/kg cselekvési küszöb alkalmazásával hatékonyan előre lehet jelezni a szennyeződés mértékének emelkedését. A tejtermelő gazdaság a jelzés alapján a helyi körülményeknek megfelelő módon, például a takarmányösszetétel módosításával, toxinkötők alkalmazásával megelőzheti a jogszabályban meghatározott, eltűrhető maximális (50 ng/kg) AFM1 koncentráció elérését. Ezáltal csökkenthető a szennyezett tejtételek felhasználása az elsődleges és másodlagos tejfeldolgozásban és ez következképpen csökkentené a fogyasztók expozícióját [1, 10, 71].

Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy az 50 ng/kg AFM1 koncentráció jelzésére beállított ELISA kitek a detektálás bizonytalanságából adódóan a  $\leq 65-70$  ng/kg szennyezettségű tej tételt még az esetek 50%-ban megfelelőnek minősíthetik.

Az AFM1 expozíciónak leginkább kitett és egyúttal a legérzékenyebb csecsemők és kisgyerekek, de a teljes lakosság egészségvédelme érdekében javasoljuk a tejüzemek ellenőrzésének rendeleti módosítását úgy, hogy a beszállított tej  $\geq 20$  ng/kg AFM1 szennyezettsége esetén a tejüzem köteles értesíteni a tejtermelő gazdaságot valamint a NÉBIH-et, és a továbbiakban a gazdaságból beszállított tej szennyezettségének napi ellenőrzésével figyelemmel kísérni a szennyezés csökkentésére tett tejgazdasági intézkedés hatékonyságát.

Javasoljuk továbbá a tejgazdaságok önellenőrzésénél a jelzési küszöböt a 20 ng/kg-os értékre beállítani a jelenlegi 50 ng/kg helyett. Mind a tejüzemi, mind a termelői ellenőrzéshez rendelkezésre állnak az AFM1-t 5-10 ng/kg koncentrációban detektáló ELISA kitek, tehát az új jelzési küszöb előírásának metodikai akadálya nincs.

## 6. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Sali Juditnak és Csizmadia Katalinnak a NÉBIH 2018-2020-as fogyasztási felmérése vonatkozó adatainak az átadásáért, a DE Műszerközpont, valamint a NÉBIH munkatársainak a tejminták AFM1 analitikai vizsgálatainak elvégzéséért, Nagy Attilának és Miklós Gabriellának, a NÉBIH munkatársainak hasznos megjegyzéseikért, a DE-NÉBIH projektben közreműködő Béri Bélának, valamint az Alföldi Tej és a tejtermelő gazdaságok vezetőinek és munkatársainak az együttműködésért.

Kutatási programunkat 2018-1.2.1-NKP-2018-00002 (AA, KK) jelzéssel a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alap támogatta a 2018-1.2.1-NKP alapítványi rendszerben.

## 7. Irodalom

- [1] Ambrus Á., Szenczi-Cseh, J., Griff, T., Kerekes K., Miklós G., Szigeti, T., Vásárhelyi, A. (2020): Élelmiszereink mikotoxin és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszerbiztonsági megítélése 2. rész Mikotoxinok; Food safety assessment of the mycotoxin and pesticide residue contamination of our foods, Part 2. Mycotoxins. *Journal of food Investigation*, **LXVI** (2) pp. 2923-2949.
- [2] Pfliegler, W. P., Pócsi, I., Győri, Z., & Pusztahelyi, T. (2020): The Aspergilli and Their Mycotoxins: Metabolic Interactions With Plants and the Soil Biota. *Frontiers in Microbiology*, Vol. **10** 2908. doi:10.3389/fmicb.2019.02921
- [3] Ráduly, Z., Szabó, L., Madar, A., Pócsi, I., & Csernoch, L. (2020): Toxicological and Medical Aspects of Aspergillus-Derived Mycotoxins Entering the Feed and Food Chain. *Frontiers in Microbiology* **10**. doi:10.3389/fmicb.2019.02908
- [4] Peles, F., Sipos, P., Kovács, S., Győri, Z., Pócsi, I., Pusztahelyi, T. (2021): Biological Control and Mitigation of Aflatoxin Contamination in Commodities. *Toxins* **13** (104). <https://doi.org/10.3390/toxins13020104>
- [5] Mahato, D.K., Lee, K.E., Kamle, M., Devi, S., Dewangan, K.N., Kumar, P, Kang, S.G. (2019): Aflatoxins in Food and Feed: An Overview on Prevalence, Detection and Control Strategies. *Front. Microbiol.* Vol. **10** (2266) doi: 10.3389/fmicb.2019.02266
- [6] Filazi, A., Tansel, U. (2019): Occurrence of Aflatoxins in Food (2013): in Mehdi Razzaghi, Abyaneh (Szerk.), *Aflatoxins - Recent Advances and Future Prospects*. doi:10.5772/51031
- [7] Mikló, G., Angeli, C., Ambrus, Á., Nagy, A., Kardos, V., Zentai, A., Kerekes, K., Farkas, Z., Józwiak, Á., Bartók, T. (2020): Detection of Aflatoxins in Different matrices and Food-Chain Positions. *Front. Microbiol* **11** (1916) doi: 10.3389/fmicb.2020.01916
- [8] Pócsi, I., Giacometti, F., Ambrus, Á. and Logrieco, A.F. (2020): Editorial: Aspergillus-Derived Mycotoxins in the Feed and Food Chain. *Front. Microbiol* **11** (606108). doi: 10.3389/fmicb.2020.606108
- [9] Martinez-Miranda, M. M., Rosero-Moreano, M., and Taborada-Ocampo, G. (2019): Occurrence, dietary exposure and risk assessment of aflatoxins in arepa, bread and rice. *Food Control* **98** pp. 359–366. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.11.046
- [10] Serraino, A., Bonilauri, P., Kerekes, K., Farkas, Z., Giacometti, F., Canever, A., Zambrini, A.V., Ambrus, Á. (2019): Occurrence of Aflatoxin M1 in raw milk marketed in Italy: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Front. Microbiol.* **10** (2516) doi: 10.3389/fmicb.2019.02516
- [11] Udovicki, B., Ilija Djekic, I., Eleni P., Kalogianni, E.P., Rajkovic, A. (2019): Exposure assessment and risk characterization of aflatoxin m1 intake through consumption of milk and yoghurt by student population in Serbia and Greece. *Toxins* **11** (4) pp. 205-216. <https://doi.org/10.3390/toxins11040205>
- [12] Peles, F., Sipos, P., Győri, Z., Pfliegler, W.P., Giacometti, F., Serraino, A., Pagliuca, G., Gazzotti, T., Pócsi, I. (2019): Adverse Effects, Transformation and Channeling of Aflatoxins Into Food Raw Materials in Livestock. *Front. Microbiol.* **10** (2861) doi: 10.3389/fmicb.2019.02861
- [13] Campagnollo, F. B., Ganev, K. C., Khaneghah, A. M., Portela, J. B., Cruz, A. G., Granato, D., Corassin, C. H., Oliveira, C. A. F., Sant'Ana, A. S. (2016): The occurrence and effect of unit operations for dairy products processing on the fate of aflatoxin M1: A review. *Food Control* **68** pp. 310-329. doi:10.1016/j.foodcont.2016.04.007
- [14] Wolzak, A., Pearson, A. M., Coleman, T. H. (1986): Aflatoxin carry-over and clearance from tissues of laying hens. *Food and Chemical Toxicology* **24** pp. 37-41. doi: 10.1016/0278-6915(86)90262-0
- [15] Hussain, Z., Khan, M. Z., Khan, A., Javed, I., Saleemi, M. K., Mahmood, S., Asi, M. R. (2010): Residues of aflatoxin B1 in broiler meat: Effect of age and dietary aflatoxin B1 levels. *Food and Chemical Toxicology* **48** pp. 3304-3307. doi: 10.1016/j.fct.2010.08.016
- [16] Bintvihok, A., Thiengnin, S., Doi, K., & Kumagai, S. (2002): Residues of Aflatoxins in the Liver, Muscle and Eggs of Domestic Fowls. *Journal of Veterinary Medical Science* **64** (11) pp. 1037–1039. doi:10.1292/jvms.64.1037
- [17] Moran, C. A., Kettunen, H., Yiannikouris, A., Ojanperä, S., Pennala, E., Helander, I. M., & Apajalahti, J. (2013): A dairy cow model to assess aflatoxin transmission from feed into milk – Evaluating efficacy of the mycotoxin binder Mycosorb®. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 2. doi:10.1017/jan.2013.12
- [18] Britzi, M., Friedman, S., Miron, J., Solomon, R., Cuneah, O., Shimshoni, J., Shlosberg, A. (2013): Carry-Over of Aflatoxin B1 to Aflatoxin M1 in High Yielding Israeli Cows in Mid- and Late-Lactation. *Toxins* **5**(1), pp. 173–183. doi:10.3390/toxins5010173



- [19] Battacone, G., Nudda, A., Palomba, M., Pascale, M., Nicolussi, P., Pulina, G. (2005): Transfer of Aflatoxin B1 from Feed to Milk and from Milk to Curd and Whey in Dairy Sheep Fed Artificially Contaminated Concentrates. *J. Dairy Sci.* **88** (9) pp. 3063–3069. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72987-8
- [20] JECFA (2018): Aflatoxins. In: Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the eighty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). *FAO JECFA Monographs*, pp. 3-280. SBN (PDF) 978-92-4-069847-5
- [21] Fakhri, Y., Ghorbani, R., Taghavi, M., Keramati, H., Amanidaz, N., Moradi, B., Nazari, S.H., Shariatifar, N., Khaneghah, A.M. (2019): Concentration and Prevalence of Aflatoxin M1 in Human Breast Milk in Iran: Systematic Review, Meta-Analysis, and Carcinogenic Risk Assessment: A Review. *Journal of Food Protection* **82** (5) pp. 785–795. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-18-367
- [22] Fakhri, Y., Rahmani, J., Oliveira, C.A.F., Franco, L.T., Corassin, C.H., Saba, S., Rafique, J., Khaneghah, A.M. (2019): Aflatoxin M1 in human breast milk: a global systematic review, metaanalysis, and risk assessment study (Monte Carlo simulation). *Trends in Food Science & Technology* **88** (5) pp. 333-342. doi:10.1016/j.tifs.2019.03.013
- [23] Radonić, J. R., Kocić Tanackov, S. D., Mihajlović, I. J., Grujić, Z. S., Vojinović Miloradov, M. B., Škrinjar, M. M., & Turk Sekulić, M. M. (2017): Occurrence of aflatoxin M1 in human milk samples in Vojvodina, Serbia: Estimation of average daily intake by babies. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* **52** (1) pp. 59-63. doi: 10.1080/03601234.2016.1229454
- [24] Kunter, I., Hürer, N., Gülcan, H. O., Öztürk, B., Dogan, I., Sahin, G. (2017): Assessment of Aflatoxin M1 and Heavy Metal Levels in Mothers Breast Milk in Famagusta, Cyprus. *Biol Trace Elem Res.* **175** pp. 42-49. doi:10.1007/s12011-016-0750-z
- [25] Valitutti, F., De Santis, B., Trovato, C.M., Montuori, M., Gatti, S., Oliva, S., Brera, C., Catassi, C. (2018): Assessment of Mycotoxin Exposure in Breastfeeding Mothers with Celiac Disease. *Nutrients* **10** (3) doi:10.3390/nu10030336.
- [26] Bogalho, F., Duarte, S., Cardoso, M., Almeida, A., Cabeças, R., Lino, C., Pena, A. (2018): Exposure assessment of Portuguese infants to Aflatoxin M1 in breast milk and maternal social-demographical and food consumption determinants, *Food Control* doi: 10.1016/j.foodcont.2018.02.043
- [27] Csapó, J., Albert, C., Sipos, P. (2020): The aflatoxin content of milk and dairy products as well as breast milk and the possibilities of detoxification. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, **13** pp. 99-117. doi:10.2478/ausal-2020-0006
- [28] Trevisani, M., Farkas, Z., Serraino, A., Zambrini, A. V., Pizzamiglio, V., Giacometti, F. Ambrus, A. (2014): Analysis of industry-generated data. Part 1: a baseline for the development of a tool to assist the milk industry in designing sampling plans for controlling aflatoxin M1 in milk. *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* **31** (7) pp. 1246-1256. doi: 10.1080/19440049.2014.925587
- [29] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (2020): Scientific opinion - Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA Journal* **18** (e06040) pp. 1-112. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6040
- [30] IARC (2012): Aflatoxins. Chemical Agents and Related Occupations. A review of Human Carcinogens. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*.
- [31] Pascal, A., Risco-Castillo, V., Jouvion, G., Le Barzic, C. and Guillot, J. (2021): Aspergillosis in Wild Birds. *J. Fungi* **7** (3) p. 241; doi:10.3390/jof7030241
- [32] JECFA, (2001): Aflatoxin M1. In: Safety evaluation of certain mycotoxins in food. *FAO Food and Nutrition Paper* **74** pp. 1-102.
- [33] WHO (2002): Evaluation of certain mycotoxins in food TRS 906-JECFA 56/8 *WHO technical report series* 906 [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42448/WHO\\_TRS\\_906.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42448/WHO_TRS_906.pdf?sequence=1) (Hozzáférés: 2021.01.28.)
- [34] Bedard, L. L., Massey, T. E. (2006): Aflatoxin B1-induced DNA damage and its repair. *Cancer Letters*, **241** (2) pp. 174-83. doi: 10.1016/j.canlet.2005.11.018
- [35] EFSA (2007): Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain (CONTAM) related to the potential increase of consumer health risk by a possible increase of the existing maximum levels for aflatoxins in almonds, hazelnuts and pistachios and derived products. *EFSA Journal* **5** 446. doi: 10.2903/j.efsa.2007.446

- [36] Williams, J. H., Phillips, T. D., Jolly, P. E., Stiles, J. K., Jolly, C. M. & Aggarwal, D. (2004): Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *The American Journal of Clinical Nutrition* **80** pp. 1106-1122. doi:10.1093/ajcn/80.5.1106
- [37] Wang, J. S. & Groopman, J. D. (1999): DNA damage by mycotoxins. *Mutation Research* **424** (1-2) pp. 167-181. doi: 10.1016/s0027-5107(99)00017-2
- [38] Denning, D. W., Allen, R., Wilkinson, A. P. & Morgan, M. R. (1990): Transplacental transfer of aflatoxin in humans. *Carcinogenesis* **11** (6) pp. 1033-1035. doi: 10.1093/carcin/11.6.1033
- [39] Serrano-Niño, J. C., Cavazos-Garduño, A., Hernandez-Mendoza, A., Applegate, B., Ferruzzi, M. G., San Martin-González, M. F., García, H. S. (2013): Assessment of probiotic strains ability to reduce the bioaccessibility of aflatoxin M1 in artificially contaminated milk using an in vitro digestive model. *Food Control* **31** (1) pp. 202-207. doi:10.1016/j.foodcont.2012.09.023
- [40] Bullerman, L. B., Bianchini, A. (2014): Good Food-Processing Techniques: Stability of Mycotoxins in Processed Maize-Based Foods. In: LESLIE, J. F. (Szerk.) *Mycotoxin Reduction in Grain Chains*. Ames, Iowa, USA: Wiley Blackwell, John Wiley & Sons, Inc. p. 92-97 ISBN 978-0-8138-2083-5
- [41] Ali, N. (2019): *Aflatoxins in rice: worldwide occurrence and public health perspectives*. *Toxicology Reports*. doi:10.1016/j.toxrep.2019.11.007
- [42] Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Filippi, L., Laporta, M., Piva, G. (2009): On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, **47** (5) pp. 984-991. doi: 10.1016/j.fct.2007.10.005.
- [43] Yosef, T. A., Al-Julaifi, M. Z., Salah-El-Dein, W. M., Al-Rizqi, A. M. (2013): Assessment of Aflatoxin M1 Residues in Raw Cow Milk at Al- Riyadh Area with Reference to Some Detoxification Applications. *Life Science Journal - Acta Zhengzhou University Overseas Edition*, **10** pp. 3365-3369.
- [44] Iqbal, S. Z., Jinap, S., Pirouz, A. A. & Faizal, A. R. A. (2015): Aflatoxin M-1 in milk and dairy products, occurrence and recent challenges: A review. *Trends in Food Science and Technology*, **46** pp. 110-119. doi: 10.1016/j.tifs.2015.08.005
- [45] Kuharic, Z., Jakopovic, Z., Canak, I., Frece, J., Bosnir, J., Pavlek, Z., Ivesic, M., Markov, K. (2018): Removing aflatoxin M1 from milk with native lactic acid bacteria, centrifugation, and filtration. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* **69** (4) pp. 334-339. doi: 10.2478/aiht-2018-69-3160
- [46] Foroughi, M., Jamab, M. S., Keramat, J. & Foroughi, M. (2018): Immobilization of *Saccharomyces cerevisiae* on Perlite Beads for the Decontamination of Aflatoxin M1 in Milk. *Journal of Food Science* **83** (7) pp. 2008-2013. doi:10.1111/1750-3841.14100
- [47] Mohammadi, H., Mazloomi, S. M., Eskandari, M. H., Aminlari, M., Niakousari, M. (2017): The Effect of Ozone on Aflatoxin M1, Oxidative Stability, Carotenoid Content and the Microbial Count of Milk. *Ozone: Science & Engineering* **39**(6) pp. 447-453. doi:10.1080/01919512.2017.1329647
- [48] Assaf, J. C., El Houry, A., Atoui, A., Louka, N., Chokr, A. (2018): A novel technique for aflatoxin M1 detoxification using chitin or treated shrimp shells: in vitro effect of physical and kinetic parameters on the binding stability. *Applied Microbiology & Biotechnology* **102** pp. 6687-6697. doi:10.1007/s00253-018-9124-0
- [49] Womack, E. D., Sparks, D. L., Brown, A. E. (2016): Aflatoxin M-1 in milk and milk products: a short review. *World Mycotoxin Journal* **9** (2) pp. 305-315. doi:10.3920/WMJ2014.1867
- [50] Corassin, C. H., Bovo, F., Rosim, R. E., Oliveira, C. A. F. (2013): Efficiency of *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria strains to bind aflatoxin M-1 in UHT skim milk. *Food Control*, **31** (1) pp. 80-83. doi:10.1016/j.foodcont.2012.09.033
- [51] Kamyar, S., Movassaghazani, M. (2017): Reduction of Aflatoxin M1 in Milk Using Kefir Starter. *Iranian Journal of Toxicology* **11** (6) pp. 27-31. doi:10.29252/arakmu.11.6.27
- [52] Rad, M. N., Razavilar, V., Anvar, S. A. A., Akbari-Adergani, B. (2018): Selected bio-physical factors affecting the efficiency of *Bifidobacterium animalis lactis* and *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* to degrade aflatoxin M-1 in artificially contaminated milk. *Journal of Food Safety*, **38** (4) (e12463) doi:10.1111/jfs.12463
- [53] Elsanhoty, R. M., Salam, S. A., Ramadan, M. F., Badr, F. H. (2014): Detoxification of aflatoxin M1 in yoghurt using probiotics and lactic acid bacteria. *Food Control* **43** pp. 129-134. doi:10.1016/j.foodcont.2014.03.002
- [54] Hamilton, D., Murray, B., Ambrus, Á., Baptista, G., Ohlin, B., Kovacicova, J. (1997): Optimum use of available residue data in the estimation of dietary intake of pesticides. *Pure & Applied Chemistry* **69** (6) pp. 1373-1410. doi:/10.1351/pac199769061373

- [55] Zentai, A., Szeitzné Szabó, M., Mihucz, G., Szeli, N., Szabó, A., Kovács, M. (2019): Occurrence and risk assessment of fumonisin B1 and B2 mycotoxins in maize-based food products in Hungary. *Toxins* **11** (12) p. 709. doi: 10.3390/toxins11120709
- [56] Zentai, A., Sali, J., Szabó, I.J., Szeitzné-Szabó, M., Ambrus, Á., Vászárhelyi, A. (2013): Factors affecting the estimated probabilistic acute exposure to captan from apple consumption. *Food Additives & Contaminants: Part A* **30** (5) pp. 833-842. doi:10.1080/19440049.2013.794977
- [57] Zentai, A., Kerekes, K., Szabó, I., Ambrus, Á. (2015): A fogyasztók növényvédőszermaradékokból származó expozíciójának finomítása, 1. rész. *Élelmiszervizsgálati Közlemények* **LXI** (3) pp. 681-719.
- [58] EFSA (2010): Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal* **8** (3) p. 1557 doi:10.2903/j.efsa.2010.1557
- [59] Szenczi-Cseh, J. & Ambrus, A. (2017): Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed. *Journal of Environmental Science and Health B*, **52** (9) pp. 658-670. doi: 10.1080/03601234.2017.1331671
- [60] EFSA (2006): Opinion of the Scientific Committee related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. *EFSA Journal* **438** pp. 1-54. doi:https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.438
- [61] Delmaar, C., Heinemeyer, G., Jantunen, M., Schneide, K., Schumann, M. (2020): General Aspects of Exposure Evaluation. In: Heinemeyer, G. (Szerk.) *The Practice of Consumer Exposure Assessment*. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG., pp. 55-155. ISBN 978-3-319-96148-4
- [62] Gürtler, R. (2020): Hazard Assessment and Derivation of Health-Based Guidance Values. In: Heinemeyer, G. (Szerk.) *The Practice of Consumer Exposure Assessment*. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. pp. 253-254. ISBN 978-3-319-96148-4
- [63] Sieke, C. (2020): Principles of Consumer Exposure Assessment for Pesticide Residues. In: Heinemeyer, G. (Szerk.) *The Practice of Consumer Exposure Assessment*. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. pp. 315-322. ISBN 978-3-319-96148-4
- [64] Kuiper-Goodman, T. (1990): Uncertainties in the risk assessment of three mycotoxins: aflatoxin, ochratoxin, and zearalenone. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* **68** pp. 1017-1024. doi: 10.1139/y90-155
- [65] Szeitzne Szabo, M., Bíró, L., Bíró, Gy., Sali, J. (2011): Dietary survey in Hungary, 2009. Part I. Macronutrients, alcohol, caffeine, fibre. *Acta Alimentaria* **40** (1) pp. 142-152. doi: 10.1556/AAlim.40.2011.1.16
- [66] Csizmadia, K., Larnsak, L., Pfaff, N., Sali, J., (2020): Hungarian national food consumption survey on adults. *EFSA supporting publication* **17** (12)EN-1981. p. 26.
- [67] Csizmadia, K., Larnsak, L., Pfaff, N., Sali, J. (2020): Hungarian national food consumption survey on toddlers and other children. *EFSA supporting publication* **17** (12)EN-1982. p. 26. doi:10.2903/sp.efsa.2020.EN-1982
- [68] Ferrari, S.L.P., Fumes, G. (2017): Box-Cox symmetric distributions and applications to nutritional data. *AStA Adv. Stat. Anal.* **101** pp. 321-344. doi:10.1007/s10182-017-0291-6
- [69] Rigby, R.A., Gillian, M. D. S., Heller, Z., De Bastiani, F. (2019): Continuous three parameter distribution on  $(0, \infty)$ . *Distributions for Modelling Location, Scale and Shape: Using GAMLSS in R*. 1 ed.: Chapman and Hall/CRC. ISBN 9780367278847
- [70] Horváth, G., Gerlei, Zs., Gervain, J., Lengyel, G., Makara, M., Pár, A., Rókus, L., Szalay, F., Tornai, I., Werling, K., Hunyady, B. (2018): Diagnosis and treatment of chronic hepatitis B and D. National consensus guideline in Hungary from 22 September 2017. *Orvosi Hetilap* **159** (1) pp. 24-37. doi: 10.1556/650.2018.31004
- [71] Kerekes, K., Bonilauri, P., Serraino, A., Giacometti, F., Piva, S., Zambrini, V., Canever, A., Farkas, Z., Ambrus, A. (2016): An effective self-control strategy for the reduction of aflatoxin M1 content in milk and to decrease the exposure of consumers. *Food Additives and Contaminants Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* **33** (12) pp. 1840-1849. doi: 10.1080/19440049.2016.1241895