

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar
Élelmiszertudományi Intézet

Intézetvezető: Prof. Dr. Kovács Béla
egyetemi tanár

**Aflatoxin ellenőrzés termőföldtől az asztalig az élelmiszerbiztonság
tükrében.**

Tóthné Horváth Ilona
Élelmiszerbiztonsági és minőségi mérnök jelölt

Konzulens:
Dr. Karaffa Erzsébet Mónika
egyetemi docens

Debrecen
2014

Tartalomjegyzék	
Bevezetés	3
1. Témafelvetés	4
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. Élelmiszer- biztonság	5
2.2 Mikotoxinok	5
2.2.1 Aflatoxin	7
2.2.2 Az Aflatoxin tartalomra vonatkozó jogi szabályozások	12
2.2.3 Időjárás és az aflatoxin megjelenése	14
2.2.4 Mikotoxin képződés megelőzésének lehetőségei	15
2.2.5 A mikotoxinok csökkentésének lehetőségei	15
2.2.6 Aflatoxin M ₁ tejben, tejtermékekben	17
2.3. Mintavétel jelentősége toxin vizsgálatoknál	18
2.4. Toxin vizsgálati módszerek	19
3. Anyag és módszer	20
3.2. Vizsgált minták és mintavétel	20
3.3. Alapanyagok, takarmányok aflatoxin B₁ vizsgálata ELISA-val	21
3.4. Toxintartalom kiszámítása 12 % nedvességtartalomra	22
3.5. Tej aflatoxin M₁ tartalmának meghatározása	22
4. Eredmények és azok értékelése	22
4.1. Magyarország régióinak időjárása 2004-2014	22
4.2. Alapanyagok, takarmányok aflatoxin B₁ tartalma	29
4.3. Vizsgált szarvasmarha telepen termelt tej aflatoxin M₁ tartalma	35
4.4. Vizsgált telep és a feldolgozó tejüzem ellenőrzéseinek elemzése	36
4.4. Független külső laboratórium aflatoxin M₁ vizsgálatainak elemzése	41
Következtetések és javaslatok	42
Összefoglalás	45
Irodalomjegyzék	46
Mellékletek	48
Nyilatkozat	50

Bevezetés

A környezeti és egyéb tényezők miatt az élelmiszereknek, takarmányoknak nemkívánatos anyagtartalma folyamatosan emelkedik, változik. Az élelmiszerek és takarmányok szennyező anyagainak összetételét, koncentrációját az élelmiszerbiztonság garantálhatósága végett ellenőrzés alatt kell tartani. Sok külső hatás éri az ember és az állatok szervezetét, a legnagyobb veszélyforrások egyike mégis az elfogyasztott táplálék. Az elmúlt évtizedekben az élelmiszerbiztonság jelentőségét kiemelten kezelték, különböző élelmiszerbiztonsági, takarmánybiztonsági, minőségügyi rendszerek bevezetésével, alkalmazásával, folyamatosan ellenőrzik az élelmiszer-, és takarmány előállító cégeket is. Ma már a minőség alapvető követelmény a gyártókkal szemben, az élelmiszer biztonság pedig elvárt követelmény, melyet a termőföldtől az asztalig kell biztosítani. A felügyeleti szervek gyakori ellenőrzéseinek ellenére mégis naponta hallhatunk élelmiszerbotrányokról, élelmiszer által előidézett betegségekről, mérgezésekről. Az éghajlati változások, a melegedés következtében hazánkban olyan toxinok ellenőrzése is előtérbe került, mint pl. aflatoxin B₁ (AFB₁), mely kialakulásának a hazai időjárási viszonyok eddig nem kedveztek. A mikotoxinok és az általunk kiváltott hatások vizsgálatai több évtizede elkezdődtek, napjainkban is folyamatos, hiszen az időjárás változás hatására a környezeti tényezők egyre inkább kedveznek a mikotoxinok termelésnek, illetve újabb toxinok megjelenésének. Ma az egyik legfontosabb toxin melyet ellenőrizni kell az AFB₁, és az aflatoxin M₁ (AFM₁), melyeknél az önellenőrzés ösztönzését, a hatósági ellenőrzések gyakoriságát, az élelmiszerbiztonság tudatosságát kiemelt feladatként kell kezelni. Ezek mellett egyéb mikotoxinok jelenlétének az ellenőrzése sem elhanyagolandó, hiszen nemkívánatos hatásuk összeadódhat és súlyos egészségügyi károsodás (betegség, mérgezés), gazdasági kár (termelési mutatók romlanak) keletkezhet. Az aflatoxin megjelenése nem új keletű, hiszen már a 60-as 70-es években is voltak aflatoxin mérgezések. Magyarországon eddig nem kellett számolni jelentős aflatoxin szintekkel, azonban a jövőben ajánlott a fokozott ellenőrzés.

Minden termelő, gyártó elsődleges feladata a megelőzés, a már megjelenő nemkívánatos anyagtartalom minimális szinten tartása. A felhasznált anyagok folyamatos toxin vizsgálataival kiszűrhetők a terhelt alapanyagok, illetve tételek, így azok kizárásával csökkenthető az élelmiszerek toxin tartalma.

1. Témafelvetés

A mikotoxinok jelenlétének ellenőrzése kiemelt fontosságú mind a takarmány, mind az élelmiszer előállítók számára. Az éghajlatváltozás, felmelegedés hatására egyre többféle nemkívánatos anyag megjelenésére kell számítani. 2012-ben az extrém meleg (sok napon magas hőmérséklet), továbbá a változó csapadék mennyiség és vélhetően növényvédelmi problémák (pl. rovarfertőzés) hatására a hazai termesztésű kukoricában is megjelent az *Aspergillus* penészgombák által termelt aflatoxin. Az aflatoxint tartalmazó tej miatti botrányok és a kukorica aflatoxin szennyezettsége sorra napvilágot láttak, és sok tej került megsemmisítésre. Saját vizsgálataimat, valamint a kapott adatok alapján elvégzett elemzéseket a magyarországi termesztésű alapanyagban, takarmányban és ennek következtében a tejben megjelent aflatoxin indokolta. Vizsgáltam a kialakulás okait, az alapanyagban megjelent toxin koncentrációt és a tejben megjelenő AFM₁ jelenlétét. Régióként elemeztem az időjárás változását az elmúlt tíz év adatai alapján, ezen belül a szaporodásához, és toxintermeléséhez szükséges optimális 25°C-ot meghaladó napok számát, az ezekhez a napokhoz tartozó átlagos hőmérséklet és csapadék mennyiségét. Saját vizsgálataim kiterjedtek továbbá a takarmányiparban felhasznált alapanyagok, majd a késztermékek AFB₁ vizsgálataira, valamint a tejben megjelenő AFM₁ ellenőrzésekre. Célom elemezni az Észak- Alföld régióban megtermelt és felhasznált alapanyagok vizsgálatait illetve olyan kukorica melléktermékek vizsgálatait, amelyek más régióból származnak. Célom továbbá az Észak-Alföld régió szarvasmarha telepeiről adott tejüzembe szállított tej AFM₁ terheltségének elemzése, továbbá annak vizsgálata, hogy az időjárásban bekövetkezett változás összefüggésbe hozható –e a tejben megjelent AFM₁ tartalommal. Elemzésem kitér arra is, hogy a tejbotrányok kirobbanását követően milyen mértékben emelkedett az önellenőrzések száma az előállítók és a feldolgozó üzemek által, valamint a vizsgálatok gyakoriságának változásait is elemeztem. Az aflatoxin vizsgálatok elemzéseit 2013-2014 év rendelkezésre álló adatai alapján végeztem. Napjainkban a felhasznált alapanyagok azonosítása, nyomonkövetése minimum követelmény, rutin feladattá vált főleg azoknál a cégeknél, akik felismerték, hogy a fogyasztók számára fontos, hogy az általuk megvásárolt termék biztonságos körülmények között, azonosított összetevőkből állították elő.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Élelmiszer- biztonság

Az élelmiszer – biztonság általános elve, hogy minden embernek joga van a megfelelő minőségű, mennyiségű élelmiszerhez az év minden szakában. Az élelmiszer biztonság azt jelenti, hogy akkor biztonságos, vagyis nincs káros hatással az egészségre egy élelmiszer, illetve termék, ha azt megfelelően, rendeltetésszerűen készítjük és fogyasztjuk el. Az élelmiszer-biztonság lényege, hogy olyan eljárásokat, technológiát, feldolgozási formákat alkalmazzunk, mely megszünteti, vagy minimális szintre csökkentik a veszélyeket. A veszélyek lehetnek kémiai, biológiai és fizikai eredetűek, melyek a termesztés, termelés minden fázisában befolyásolják az élelmiszer-biztonságot. (BALLA-SIRÓ, 2007. „a”). A különböző élelmiszer, takarmánybiztonsági rendszerek kiemelt fontosságú ellenőrzésként kezelik a mikotoxinok vizsgálatait. A QS, GMP Plus, ISO 22000 mind előírja a vizsgálatokat, külön kiemelten kezeli az aflatoxin ellenőrzését. A veszélyelemzéseknél mindig CCP pont a mikotoxin. Élelmiszerbiztonsági szempontból a mikotoxinokat biológiai és kémiai veszélyek közé soroljuk a veszélyelemzés során, mivel azok mikrobiológiai eredetűek, de kémiai szennyeződésnek kell tekinteni. (BALLA-SIRÓ, 2007. „a”).

2.2 Mikotoxinok

A mikotoxinok az állatok, és az ember egészségére egyaránt veszélyt jelentenek. „Az élelmiszertermelés, - feldolgozás, - tárolás és - forgalmazás szinte minden fázisában számolni kell a penészgombák és az általuk termelt mikotoxinok jelenlétével. Hazai viszonylatban elsősorban a gabonafélék fertőződhetnek penészgombával.” (AMBRUS – SZEITZNÉ SZABÓ, 2010.)

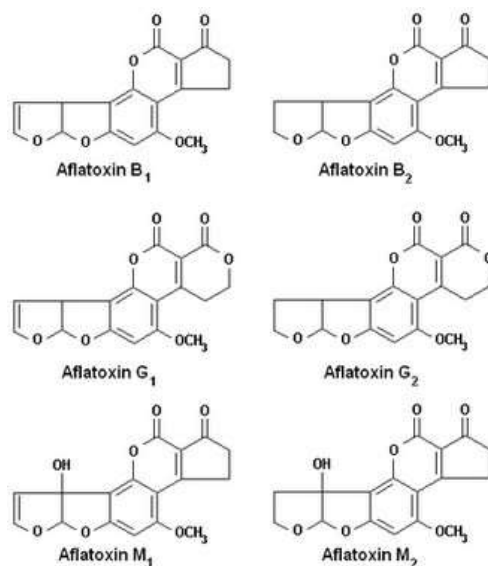
A mikotoxinoknak nincs szerepük a gombák normál anyagcseréjében, ezek másodlagos anyagcsere termékek (szekunder metabolitok). A mikotoxinok természetes eredetű toxikus hatású anyagok, melyek kémiai szerkezetüket és hatásukat tekintve nagyon változatosak. Fonális gombák másodlagos anyagcsere-termékei, melyek a környezetben nagy számban fordulnak elő, és az érzékeny fajokra kis mennyiségben is mérgezőek. A legtöbb mikotoxin a kémiai, fizikai hatásokkal szemben ellenálló, így az alapanyagok feldolgozását követően is számolni kell jelenlétükkel. Napjainkban több mint 350 mikotoxin ismert, számuk folyamatosan emelkedik (DEÁK, 2006.). A penészgombák megközelítőleg 100 féle mikotoxint termelnek, melyek közül legjelentősebbek a DON, T₂, zearalenon (F₂), ochratoxin, fumonisin, aflatoxin (CSAPÓ-CSAPÓNÉ, 2003.). A mikotoxinogén gombák az élelmiszer-

láncban gyakran fordulnak elő, és nagy gazdasági veszteséget okoznak mind a növénytermesztésben, mind a takarmányiparban (tárolás során csökken a gabona tápanyag tartalma), mind az állattenyésztésben. A mikotoxinok az egészséget veszélyeztethetik, így mindenképpen kiemelten kell foglalkozni velük. Az adott növények érzékenysége, főként az oxigén jelenléte és mennyisége, a hőmérséklet és nedvességtartalom határozza meg a penészek elszaporodásának mértékét. A mikotoxinokat termelő fonalas gombák heterotróf, obligát aerob élőlények, melyek számára a takarmányok és az élelmiszerek kitűnő szerves anyag forrást jelentenek. A toxint a gombák spórája, micéliuma (endotoxin) vagy maga a gomba szaporodását biztosító közeg (exotoxin) tartalmazhatja, és a gombával fertőzött alapanyag etetésével kerülnek az állat szervezetébe. (JÁVOR-SZIGETI, 2011). A legjelentősebb mikotoxin termelő penészgomba nemzetségek a következők: *Aspergillus* (aflatoxin, ochratoxin), *Penicillium* (citrinin, patulin), *Fusarium* (zearalenon (F_2) és trichotecének (T_2 , HT_2 , DON, DAS). Ugyanazt a toxint több faj is termelheti, illetve ugyan az a faj más toxinok termelésében is szerepet játszhat. Fontos azonban tudni, hogy a gomba jelenléte nem feltétlenül jelenti, hogy jelen van a toxin, illetve termelődik. Viszont, ha nincsenek jelen a penészgombák, attól még lehet toxinos pl. kukorica. A toxintermelést mindig befolyásolja az adott növény kémiai összetétele. Az atoxikus telepek nem termelnek toxinokat, míg a toxinogén telepek megfelelő körülmények között képesek toxinszintézisre (MÉZES, 2009.). A toxinokat szántóföldi illetve raktári toxinok szerint is csoportosítják, attól függően, hogy milyen penészgomba termeli. A két csoportot nem lehet sok esetben egyértelműen elkülöníteni, hiszen egy kedvezőtlen tárolás során a szántóföldi penészgombák is el tudnak szaporodni, ha szennyezésként a növényen maradtak. *Szántóföldi penészgombák* felszaporodásának kedvez a köztermesztésben lévő gabonafajták, penészekkel szembeni fogékonysága (rezisztencia-hiánya), az agrotechnikai hibák, a növényváltás hiánya (monokultúras termesztés), a talajsavanyodás, a növénytáplálási és növényvédelmi anomáliák, időjárás, környezet, stb. Ezek a penészek magas nedvességtartalmat igényelnek 20-30%. A raktározás során szaporodásukat nagymértékben befolyásolja a magas a nedvesség tartalom. Ide sorolják a *Fusarium* és az *Alternaria* fajokat, illetve toxinok közül jellemzőek a zearalenon (F_2), a trichotecéneknek (T_2 toxin, dezoxinivalenol (DON), a diacetoxiszcirpenol (DAS), a nivalenol (NIV), és a fumonizin B_1 . *Raktári penészgombák* szaporodása és toxintermelése tárolástechnikai hibákra utal (nem megfelelő páratartalom, hőmérséklet, nedvességtartalom). Azonban előfordulhat, hogy a termés talajszennyezésével bekerülhet a

gombaspóra a raktárba. Többek között ezért is fontos a tisztítás, rostálás, mivel ezzel kiküszöbölhető a szennyezés ezen formája. A raktári penészgombák szaporodásához kis nedvességtartalom is elegendő, *Aspergillus* fajok számára a 16%. (MÉZES, 2009.). Toxinok általános jellemzői, hogy kis molekulatömegűek, antigén hatásuk nincs, általában nem érzékenyek magas hőmérsékletre. Gyomornedv nem képes bontani így sejtmérgek formájában a szervezetben kumulálódni képes, májban, vesében. Toxinok metabolitjai bekerülhetnek állati eredetű élelmiszerekbe, mint tej, tojás, máj, ezzel az emberek egészséget közvetlenül veszélyeztetik. (JÁVOR - SZIGETI, 2011.).

2.2.1 Aflatoxin

Az első felfedezésről az évszámok eltérőek, szakirodalomtól függően. 1960 -ban Angliában, mintegy 100 000 pulyka pusztult el a „X pulyka kór”- nak elnevezett pulykavészben. Csak később derült ki, hogy a pusztulást toxinmérgezés okozta, melyet a takarmányozásra felhasznált penészes földimogyoróliszt váltott ki. Az aflatoxint termelő gombát 1961- ben Gerald Wogan azonosította be *Aspergillus flavus* néven, innen kapta a toxin a nevét is (A.flavus→Afla) (I.1.).



1. ábra: Leggyakoribb aflatoxin típusok kémiai szerkezete Forrás: (I.2.)

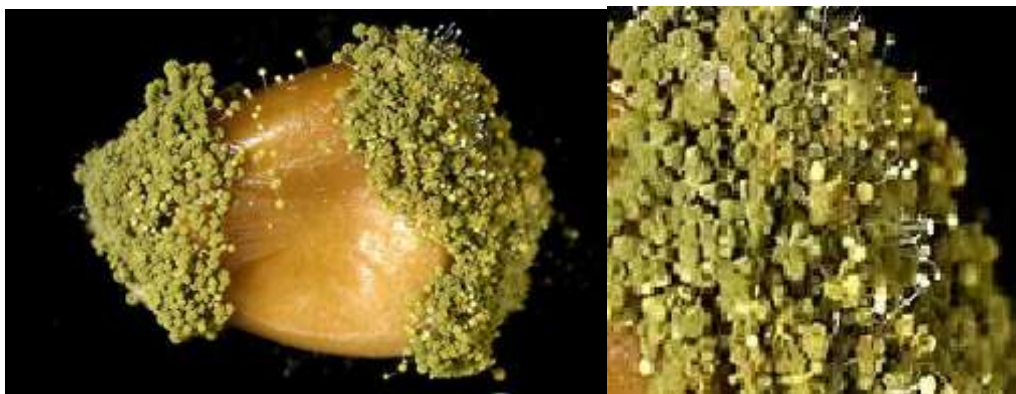
Leggyakoribb aflatoxin típusok a B₁, B₂, G₁, G₂, M₁, M₂ (1. ábra). A kémiailag eltérő formák, toxicitása is eltérő. Mérgező hatásuk tekintve szakirodalmanként eltérő sorrendeket találtam. A sejtekben lejátszódó fehérjeszintézis és enzimműködés megzavarásával fejtik ki mérgező hatásukat, mely a következő sorrendben csökken B₁ M₁, G₁, M₂, B₂, G₂. (CSAPÓ- CSAPÓNÉ, 2003.). A növényi eredetű élelmiszerekben az AFB₁, B₂, G₁, G₂, az állati eredetű

élelmiszerekben pl. tej M_1 , M_2 . Stabil vegyületek, főzésnek ellenállnak részben bomlanak magas hőmérsékleten. Egészségügyi kockázatuk jelentős, nagyon mérgező, mutagén (p53-as gén) immunszuppresszív, teratogén, karcinogén, mitózisgátló, májkárosító, sőt aflatoxinnal nagymértékben szennyezett élelmiszer fogyasztása letális is lehet (MÉZES, 2009.). Az IARC (International Agency for Research on Cancer) besorolása alapján az AFB₁ A1 kategóriájú humán karcinogén. Elsősorban a máj működését károsítják, rákkeltő potenciáljuk tekintve a következő sorrendben csökken $B_1 > B_2 > G_1 > G_2$. (SALMA, 2012.). Abban minden szakirodalom egyet ért, hogy a legkárosabb a B_1 . Az aflatoxinok elnevezését a vékonyréteg kromatográfiás vizsgálat során keletkező fluoreszcens szín alapján adták. A B_1 , B_2 kéken (blue) fluoreszkál, míg a G_1 , G_2 zölden (green). A tej vizsgálata során egy kékeslila színnel fluoreszkáló metabolitot fedeztek fel, amelyet AFM₁-nek (milk) nevezték el. A juhok vizeletében találtak a tejben talált metabolithoz nagyon hasonló vegyületet, amelyet AFM₂ –ként nevezték el. Toxicitás tekintetében a legújabb irodalmi forrás szerint B_1 , G_1 , M_1 , B_2 , G_2 , M_2 . (MÉZES, 2009.). Az aflatoxinokat az *Aspergillus* penészgombák közül az alábbi fajok termelik.

- *A. flavus* a B_1 , B_2 , illetve ciklopiazonsav termelésére képes
- *A. parasiticus* és az *A. nomius* a B_1 , B_2 , G_1 , G_2 termel, de nem képez ciklopiazonsavat (DEÁK, 2006.).

Egyes szakirodalmak szerint a *Penicillium* nemzetségből a *P. puberulum*, *P. variable*, stb. is képes aflatoxinokat termelni. Az *Aspergillus flavus* előfordulása főként gabonafélékben, kukoricában, olajos magvakban, pisztáciában, gyapotmagban, rizsben, szójabab, egyéb takarmánynövényekben jellemző (GASZTONYI-LÁSZTITY, 1992.). Az *Aspergillus* fajok a környezetben főként növényeken és talajokban megtalálható, másodlagos növényi kórokozók. Konídiumos formája általában tárolt terményeken fordul elő. Becslések szerint 50 mikotoxin termelő *Aspergillus* faj ismert, de a legfontosabbak az aflatoxin és az ochratoxin termelő fajok. Az *Aspergillus flavus* xerofil gomba így, alacsony vízaktivitási értéknél is képesek szaporodni elég széles pH tartományban, 2,1 - 11,2. Optimális hőmérsékleti igényük 15-37 °C között van. Telepei sárgászöld színűek (DEÁK, 2006.). Más szerző az optimális hőmérsékletet megosztja aflatoxin fajtája szerint, az AFB₁ termeléséhez optimális a 25-30 °C, míg a G_1 termeléséhez a 15 -20 °C is elegendő, főként, ha 70% fölötti a páratartalom. A toxintermelés már alacsony hőmérséklet és páratartalom mellett is beindulhat, ha az oxigén tartalom hirtelen csökken (MÉZES, 2009.). A 2. ábrán *Aspergillus flavus*sal fertőzött

kukoricaszem látható. Az *Aspergillus parasiticus* morfológiai megjelenésében nagyon hasonlít az *Aspergillus flavus*-ra.



2. ábra: *Aspergillus flavus*sal fertőzött kukoricaszem (Forrás I.3.)

Az aflatoxinok kumarin származékok, melyet a korábban felsorolt közeli rokonságban élő penészgombák termelnek. Az aflatoxin termelődését a terményeken, élelmiszereken sokáig a helytelen tárolás és szárítási műveleteknek tudták be, napjainkban azonban igazolódni látszik, hogy a betakarítás előtt is jelen lehetnek. A növényeket érő stressz hatás, mint aszály, meleg, rovarkárosítás, korábbi növényi szármaradványok, stb., kedveznek a penészek szaporodásának (BALLA-SIRÓ, 2007. „b”). Az aflatoxinok stabilitása a tárolás, feldolgozás során változhat. Csökken UV fény hatására, valamint az oxidáló hatással rendelkező, oldatok, mint pl. klór, hypoklorit képesek teljes mértékben inaktiválni (YANG, 1972., TRAGER, 1967.). Az AFB₁ magas hőmérsékleten nem stabil, sőt 160°C felett teljesen lebomlik (RATERS, 2008.). A mikotoxinok által okozott megbetegedést mikotoxikózisnak nevezzük, aflatoxin esetében aflatoxikózisról beszélhetünk. AFB₁ hatását úgy fejt ki, hogy kovalens kötést képez a sejt DNS-ével és a fehérjemolekuláival. Jellemző a kis dózisu, hosszan tartó toxinhatás, amelynek felismerése nagyon nehéz, mivel a szervezet immunrendszerét is legyengíti, így teret enged egyéb betegségek kialakulásának is. Az AFB₁ és M₁ élelmiszerrel jut be az emberek szervezetébe a májban kiválasztódnak, egy része a bélsárral kiürül, de bizonyos mértékben a máj akkumulálhatja a toxint (JÁVOR - SZIGETI, 2011.).

Aflatoxikózis tünetei lehetnek: étvágytalanság, anémia, májkárosodás, májelfajulás. Immunszuppresszív hatás következtében influenza, mycoplasma fertőzés alakulhat ki, amely a termelési mutatókat negatívan befolyásolja (MÉZES, 2009.). A kérődzőknél mikotoxin tünetei lehetnek a bendőmozgás csökkenése, a termelési mutatók romlása (alacsonyabb tejhozam, elmaradt súlygyarapodás) rossz kondíció, takarmány-visszautasítás, a bélsár

állagának, színének megváltozása, durva, fénytelen szőr, stb. Sajnos a tüneteket tekintve nem mindig gondolnak a toxikózisra a szakemberek, hiszen ezek a tünetek számos más betegségre is jellemzőek lehetnek (I.4.). Az állatok érzékenységét vizsgálva, a fiatal állomány nagyon érzékeny AFM₁-re (szoptatás), illetve a vemhes, együregű gyomrú állatok aflatoxin érzékenysége is jelentős. A baromfiak közül a tyúk, a fácán, a csibék kevésbé érzékenyek, a kacsá ellenben nagyon. A szarvasmarha kevésbé érzékeny, főként, ha egészséges az állat, bendő pH értéke megfelelő, ebben az esetben a mikotoxin gyorsan elbomlik. Az aflatoxin akkumulálódik a májban, vesében, izomban, megtalálható kisebb mennyiségben, a tejben, tojásban. Az aflatoxin mennyisége gyorsan változhat a tejben és a tojásban is, annak függvényében, hogy milyen takarmánnyal etetik az állományt (MÉZES, 2009.). A takarmányok toxin szennyezettsége tehát kedvezőtlen hatással vannak az állatok egészségére és termelési mutatóira. Napjainkban különösen fontos az AFB₁ ellenőrzése, kontroll alatt tartása, mivel a takarmány AFB₁ tartalmának 1,5 -2 %, de akár 6,2 %-a is megjelenhet a tejben M₁ formában. A magasabb érték az intenzíven termelő állatoknál jellemző. Fontos azonban a szakemberek által megadott AFB₁ szintet 40 µg/tehén/nap alatt tartani. (BÁRDOS, 2013.). „A szennyezett takarmány etetésével a tejben az aflatoxin 1 napon belül megjelenik, a szennyezett takarmány elhagyásával 2-3 napon belül eltűnik” (I.5.). A szarvasmarhák helyes takarmányozásának megválasztása nagyon fontos, hiszen az *Aspergillus* fajok a tömegtakarmányokban (szenázs, szilázs, fűszéna, stb.) is előfordulnak. A penészgombával történő fertőzés akár az erjesztés során is bekövetkezhet, ilyenkor a szaporodást befolyásolja a pH és az oxigén tartalom is. Az *Aspergillus* fajok oxigén toleránsak, a pH –ra kevésbé érzékenyek. A szilázsok erjesztése során keletkező savak egy része gombaölő illetve a gomba fejlődését gátló hatást fejt ki. Azonban a gombaölő hatást jelentősen befolyásolja a savak disszociált állapota. A tejsav általában disszociált, így nem gátolja a penészeket. A propionsav, vajsav részben disszociált, így jelentős penészgátló hatással bír. Az ecetsav penészgátló hatása jelentős mértékben függ a pH-tól, ezért gátló hatása változó. A szervezetbe kerülő gombatoxinok átalakulnak az anyagcsere folyamatok hatására, néha az eredetitől toxikusabb vegyület keletkezik, ekkor toxikus metabolizációról beszélhetünk (MÉZES, 2009.). Az aflatoxinok felszívódhatnak egyrészt a nyálkahártyán keresztül, másrészt a gyomor-bélszatórnából, jellemzően a vékonybélből, nyombélből (KUMAGAI, 1989.). Főként a májban zajlik az AFB₁ biotranszformációja, ahol a mitokondriális citokróm P450 oxidatív rendszer alakítja át AFM₁ formává. Az AFM₁ a tejben a takarmány etetését követően mintegy

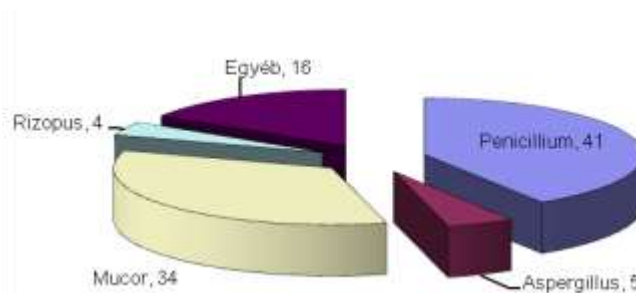
15–30 perccel kimutatható, koncentrációja az AFB₁ mennyiségtől függ, mely egy órán belül eléri a maximális értéket (I.6.). Az EFSA egy regressziós egyenlet alkalmazását javasolja, hogy kiszámolható legyen az átszennyezés („carry-over”) mértéke, vagyis a tejelő tehén tejébe naponta megjelenő AFM₁ mennyiségét, a takarmány szennyezettségének függvényében megközelítőleg ki lehet számolni (Forrás: I.6.):

$10,95 + 0,787 \times (\mu\text{g aflatoxin B}_1/\text{napi adag}) = \text{aflatoxin M}_1 (\mu\text{g/kg tej})$

Nehéz meghatározni a mikotoxinok bendőbeli metabolizációjának mértékét, hiszen függ a takarmányadag összetételétől (TMR). Azonban ha nem megfelelő a bendő mikroflórája, és a kémhatása semleges helyett savas, akkor a toxinokat csak részben képes lebontani, így azok fel tudnak szívódni a vékonybélben, és megjelennek a tejben. A megfelelő bendőmikroflóra akár a toxinok 90%-át is képes lebontani. Az aflatoxin esetében ez maximum 40% lehet. A takarmány áthaladásának ideje is fontos tényező. Ha a bendőben csökken a takarmány tartózkodási ideje, akkor kevesebb toxin lebontására képesek a bendőbaktériumok. Ezért el kell kerülni az acidózist (a bendőt megfelelő pH értéken kell tartani), mivel pH 5,8 alatt a toxinbontást végző baktériumok elpusztulnak, így csökken a toxinbontás hatékonysága. (Ismeretlen szerző, 2013.). Egyenletes takarmányozással, minél kisebb mértékű takarmányváltásokkal a tejtermelés volumene és minősége úgy biztosítható, hogy az állat egészségi állapota is megfelelő marad. A mikotoxinok ellenőrzését a betárolás, felhasználás előtt érdemes elvégezni, főként toxinos évjárat idején. A szarvasmarhák esetén kiemelt fontosságú a takarmánnyal bevitt AFB₁ mennyisége, melynek ~ 1,5 – 6,2 % -a a tejben M₁ formában megjelenik. Az önellenőrzést ösztönözték 2013-ban, amikor is az aflatoxin vizsgálatok, vizsgálati díjának 50%-át visszatérítették azoknak, akik igényelték, megfeleltek a kiírt feltételeknek, mellékelték a vizsgálati jegyzőkönyvek másolatát. Ezt a támogatást a 33/2013 (V.14) VM rendelet tette lehetővé, mely kukorica és kukorica melléktermékek, tej aflatoxin tartalmának vizsgálatára és a szennyezet tej ártalmatlanításának egyszeri csekély összegű támogatásáról szólt.

Az aflatoxin szennyezés hazai forrásai a szemes kukorica, a kukorica feldolgozás melléktermékei, mint CGF (Corn Gluten Feed), DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles - oldott anyagot tartalmazó szárított kukoricatörköly), kukorica takarmányliszt (KTL), kukoricacsíra, az ezekből készült takarmánykeverékek, tömegtakarmányok (széna, szilázs), szalastakarmányok (I.5). A kérődzők takarmányozásában a CGF-nek nagy jelentősége van természetes rost, fehérje és energia tartalomnak köszönhetően elősegíti a bendőben zajló

emésztési folyamatokat. A CGF továbbá olyan glükogén és aminogén összetevőkkel bír, melyek elősegítik a teheneknél a jó minőségű tej termelését. A glükogén anyagok laktózzá alakulva emelik a tejhozamot, míg az aminogén alkotóknak a tejfehérje szintézisben van szerepe. (I.7.). DDGS szárazanyag tartalma háromszor koncentráltabb, mint a kukoricáé, keményítőt nem tartalmaz, de kiváló fehérje, foszfor, rost, és aminosav forrás. Felhasználásának mégis határt szabhat a koncentrált összetétel mellett jelenlévő, koncentrált mikotoxin tartalom.(FÁBIÁN, 2008.). A toxin szennyezés szempontjából kiemelt fontosságúak a kukoricaszilázsban előforduló penészgombák. Korábbi tanulmány alapján (I.8.), melyben 24 silót elemeztek, a silók 87 %-a szennyezett volt *Penicillium* fajokkal, az aflatoxin szempontjából is fontos *Aspergillus* fajok pedig 5%- ban voltak jelen (3. ábra). Ha azzal is számolunk, hogy egyes penicillium fajok is képesek AFB₁ termelésre, akkor egyértelműen kijelenthető a magas kockázat, a silók etetésével kapcsolatban.



3. ábra: Vizsgált kukoricaszilázsban előfordult penészgombák megoszlása. (Forrás: I.8.)

2.2.2 Az Aflatoxin tartalomra vonatkozó jogi szabályozások

Az aflatoxin határértékei a világ különböző részein eltérőek, vannak országok ahol az Európai Unió által maximalizált érték többszöröse is elfogadott. Egyesült Államokban 500 ppt (0,5 µg/kg) a beavatkozási szint AM₁-re (TANYI et al, 2012.). A kereskedelemnek nincsenek határai, így érkezhet országunkba olyan termék, amely a hazai szabályozás révén nem megfelelő aflatoxin határértékkal rendelkezik, ezért fontos ezeknek a termékeknek az ellenőrzése felhasználás előtt. Magyarországon az aflatoxin határértékeit az EU által rendeletben rögzített értékeknek megfelelően harmonizálták, a hazai jogszabályokban. A takarmányok, alapanyagok AFB₁ határértékeit a 44/2003 (IV.26) FVM rendelet 2. számú mellékletének 1. fejezetében, a nemkívánatos anyagok közé sorolja a mikotoxinokat, azon belül is az AFB₁. Az Európai Unióban a takarmányiparra vonatkozóan a határértékeket az 574/2011 EU rendelet szabályozza 2011.07.07.-től. Kivonat 1. táblázat.

1. táblázat: Aflatoxin B₁ határértékei takarmányokban, alapanyagokban (Forrás: I.9.)

Nemkívánatos anyag	Takarmányozásra szánt termékek	Legnagyobb tartalom mg/kg-ban (ppm), 12 %-os nedvességtartalmú takarmányra vonatkozóan
1. Aflatoxin B ₁	Takarmány-alapanyagok	0,02
	Kiegészítő és teljes értékű takarmányok, kivéve:	0,01
	— tejelő teheneknek és borjaknak, tejelő juhoknak és bárányoknak, tejelő kecskéknél és gidáknál, valamint malacoknak és növendék baromfiknak szánt összetett takarmányok,	0,005
	— szarvasmarhának (a tejelő tehenek és a borjak kivételével), juhoknak (a tejelő juhok és a bárányok kivételével), kecskéknél (a tejelő kecskék a gidák kivételével), sertéseknek (a malacok kivételével) és baromfinak (a növendék állatok kivételével) szánt összetett takarmányok.	0,02

Fontos, hogy a határértékek mg/kg –ban (ppm) vannak megadva 12% nedvességtartalom mellett. Ez azt jelenti, hogy ha a nedvesség több vagy kevesebb, minden esetben át kell számolni a vizsgálat során kapott értéket, hogy a megfelelő szintekkel lehessen számolni.

2. táblázat: 165/2010 EU rendelet aflatoxinokra vonatkozó kivonata (Forrás: I. 10.)

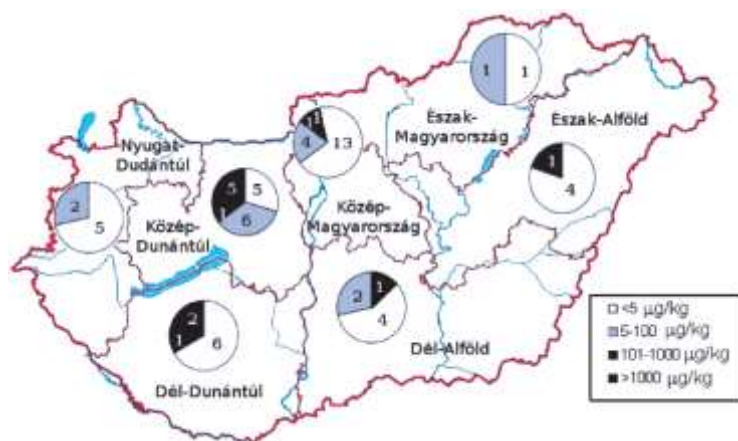
Élelmiszerek		Felső határértékek (µg/kg)		
Aflatoxinok		B1	B1, B2, G1 G2 összege	M1
13.	Nyers tej (6), hőkezelt tej és tejalapú termékek előállításához használt tej	—	—	0,050
16.	Anyatej-helyettesítő és anyatej-kiegészítő tápszerek, beleértve a tejalapú anyatej-helyettesítő tápszert és a tejalapú anyatej-kiegészítő tápszert (4) (8)	—	—	0,025
17.	Speciális gyógyászati célokra (9) (10) szánt diétás élelmiszerek kifejezetten csecsemők számára	0,10	—	0,025

A közvetlenül fogyasztásra szánt magvak, szárított gyümölcsök, feldolgozásra kerülő fűszerek, gabonák, nyers tej, stb. esetén, AFB₁, B₂, G₁, G₂, M₁ felső határértékét az EU szigorúan szabályozza a 165/2010 EU rendeletben, mely kötelező érvényű minden tagállam számára 2010.03.09.-től, kivonat (2. táblázat). Egyéb szennyező anyagokra a BIZOTTSÁG 1881/2006/EK RENDELETE (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szól. A vizsgált élelmiszerek, alapanyagok amennyiben határértéket meghaladó aflatoxin koncentrációt tartalmaznak, az EU Egészségügyi Főbizottsága által létrehozott, Élelmiszer és Takarmány Gyors Riasztó

Rendszeren (Rapid Alert System for Food and Feed /**RASFF**/) keresztül értesíti a hatóságokat és a fogyasztókat.

2.2.3 Időjárás és az aflatoxin megjelenése

A szélsőséges időjárások miatt a mikotoxinok fokozott jelenlétére számíthatunk a jövőben, Magyarországon is számolni kell aflatoxinnal. A legfontosabb feladat élelmiszerbiztonsági szempontból a megelőzés, melyet már a szántóföldön el kell kezdeni. A penészgombák a környezetünkben bárhol megtalálhatóak, így a termelés minden fázisában (betakarítás, tárolás, szállítás, feldolgozás, stb.) számolni kell a lehetséges szennyeződéssel, illetve optimális körülmények között a mikotoxinok termelődésével. 2012 év aflatoxin terheltségét az időjárásban kell keresni, hiszen sok volt a 25°C meghaladó napok száma, a hőmérsékletek is magasabbak voltak, a csapadék egyenetlen eloszlásban volt jellemző (14. ábra).



4. ábra: Magyarország régióinként elemzett kukorica minták koncentráció megoszlása (Forrás: DOBOLYI et al., 2011.)

Egy 2011-ben publikált kísérlet már igazolta, hogy az *Aspergillus* fajok a magyarországi területeken is jelen vannak, illetve toxintermelésre is képesek optimális körülmények között. Magyarország különböző régióiból származó 101 kukorica minta vizsgálatát végezték el, melyből 65,3% pozitív lett, megjelent a jellegzetes sárgászöld színű telep 26°C-on 10 nap után, laboratóriumi körülmények között (DOBOLYI et al., 2011.). A toxin koncentráció eltérő volt, melynek megoszlását a 4. ábra szemlélteti. A Dél-Dunántúl és Dél-Alföld régióból származó minták 69,2-77,3%-a pozitív volt.

Az aflatoxin és az összes mikotoxin „egy stressz termék”, mellyel a szélsőséges időjárás miatt a jövőben számolnunk kell. A túl sok és a túl kevés csapadék, egyéb hatások mellett, stressz hatást gyakorol a növényekre. (I.11.). Élelmiszer és takarmánybiztonságilag kockázat-

növekedéssel kell számolnunk a jövőben Magyarországon, mivel a klímaváltozás miatt folyamatosan emelkedik a hőmérséklet a Kárpát-medencében is (FARKAS et al., 2013.).

2.2.4 Mikotoxin képződés megelőzésének lehetőségei

Szántóföldön a megelőzés módjai lehetnek a megfelelő időben történő talajmunkák elvégzése, a korábbi növényi maradványok bedolgozása, eltakarítása, megfelelő talajerő utánpótlás alkalmazása, vetéskor jó minőségű vetőmag megfelelő tőszámmal történő használata. Megfelelő agrotechnika, mikotoxinogén gombákkal szemben rezisztens fajok termesztése, vetésforgó alkalmazása. Fontos a védekezés a gombák, rovarkártevők és a gyom ellen is. Aflatoxin szennyezés kialakulása ellen az egyik leghatékonyabb az öntözés lenne, erre azonban nem sok helyen van lehetőség, és jelentős a költségvonzata is. A betakarítás idejének helyes ütemezésével, a kombájnok törőinek megfelelő beállításával elkerülhető a szemek nagyobb mértékű mechanikai roncsolása, amelyek fertőzési kaput jelenthetnek a gombák számára. A betakarító, szállító járműveknek megfelelően tisztának kell lennie, a szárítást pedig szükséges lenne minél hamarabb elvégezni. (I.12.). Átvételkor a terményt minősítik, ellenőrizik. A fajsúly alapján főként *Fusarium* fajok esetén lehet következtetni toxin szennyezettségre (a fuzáriumos „léha szemek” a halom tetején maradnak). Tárolásra általában 13,5 -14 % nedvesség mellett kerül sor. Tárolás során el kell kerülni a termény bemelegedését, befülledését, amit szellőztetéssel, forgatással érnek el. A tárolási paraméterek (nedvesség, hőmérséklet, légtér páratartalma) folyamatos ellenőrzésem szintén elengedhetetlen. A terményt a tárolás, raktározás során védeni kell víztől (beázás), rovaroktól, rágcsálóktól, madaraktól és minden külső hatástól, mely a minőségét negatívan befolyásolná (BÍRÓ- BÍRÓ, 2000.). Az aflatoxinokat jellemzően termelő *Aspergillus flavus* és *Aspergillus parasiticus* ellen hatékony gombaölőszert, illetve vele szemben rezisztens kukorica fajták még nem ismertek (KOVÁCS et al., 2014.).

2.2.5 A mikotoxinok csökkentésének lehetőségei

A korábban leírt növénytermesztési és raktározási előírások betartása mellett a toxinok kialakulása megelőzhető, csökkenthető. A toxinos termények hígítása nem megengedett. A már toxinnal terhelt termények szerves savakkal (propionsav, hangyasav) történő tartósítása, kezelése ugyan a toxin szintet nem csökkenti, de a toxin további termelődését gátolja. A toxintartalom csökkentésének fizikai lehetőségei közé tartozik, a hőkezelés, az adszorpció eljárás, a különböző besugárzások (gamma, röntgen, UV). A savak, aldehidek, ammóniakezelés (kémiai módszerek) hatására az AFB₁ laktongyűrűje felnyílik, így ~ 98%-

ban lebontható a toxin. A biológiai módszerek lényege, hogy a toxinokat mikroorganizmusok bontják le. (BALLA – SIRÓ, 2007. „a”). A fizikai eljárások közé soroljuk a mechanikai szétválasztást is, azaz a szennyezett alapanyag eltávolítását bizonyos mértékig, ami a fuzáriummal fertőzött gabonák esetében hatékony. Részleges inaktiválás érhető el a hőközléssel (pörkölés). Besugárzást alkalmaztak tejnél, ahol az aflatoxin inaktiválása ~ 89%-ban sikerült, de kérdéses, hogy nem keletkezett –e veszélyesebb anyag a peroxidáció során. Az oldószeres eljárás a gyakorlatban nehezen kivitelezhető, egyrészt a nagy mennyiségű kukorica miatt, másrészt az eljárás drága és időigényes. A kémiai kezelések hatékonysága igazolt, de a használt vegyületek veszélyesek, mely bekorlátozza használatát, másrészt pl. ózon használatánál az alapanyagok tápértéke változik, romlik a minőség, toxikus melléktermékek is keletkezhetnek. Ammóniakezeléskor akár rákkeltő anyagok is létrejöhetnek az aflatoxin ~ 99%-os csökkenése mellett. (TANYI, et al., 2012).

Ma a piacokon nagyon sokféle toxinkötő anyag van, mely használatával csökkenthető a toxin szint, de kevés információ áll rendelkezésre, hogy a toxin megkötése mellett még milyen mértékben kötnek meg tápanyagokat (pl. a vitaminok, mikroelemek) és gátolják ezek felszívódását. Kísérletekkel igazolták premixekben, hogy a zeolit a Cu, Fe, Mn jelentős mennyiségét megkötik. Fontos tudni alkalmazás előtt, hogy egyes készítmények milyen mértékben kötik meg a toxinokat, illetve melyik milyen toxint köt meg hatékonyan. Vannak olyan glükomannán alapú készítmények, melyek az AFB₁-t 80-90%-ban is képesek megkötni. Más ásványi anyagok (pl. zeolit, bentonit) csak részben képesek megkötni az aflatoxint, DON esetében 2-27%, Zearalenon esetében 5-55% ez az arány (DUBLECZ,2011.). A toxinkötő anyagok közül pl. bentonitok és alumíniumszilikátok nagy mennyiségben alkalmazva a bélben történő felszívódását akadályozzák meg. Hatékonyságukat a pH befolyásolja, semleges közegben kevésbé jól működnek. Más fajtájú toxinkötő anyagok, mint a szerves abszorbensek (pl. a glükomannán polimer) esetében előnyös, hogy a mikotoxinok széles skálája ellen is hatékony, de csak ~ 30%-ban köti meg az aflatoxinokat (I. 13.,TANYI et al.,2012). A különböző toxinkötő szerek (aktív szén, HSCAS – Hydrated sodium calcium aluminosilicate) AFB₁ megkötő képessége eltérő. A kötés hatékonyságát befolyásolja a molekula méret, és a fizikai-kémiai tulajdonságok. A toxinkötőket takarmány adalékanyagként alkalmazzák, azaz kis mennyiségben is hatékonyak kell lennie. Aflatoxint közepes mértékben kötik meg, ezzel akadályozzák meg, hogy felszívódjanak a szervezetben a toxinok. Hátrányuk, hogy a vitaminokat, antibiotikumokat, aminosavakat is megkötik. A piacon megtalálható a különböző

toxinkötő anyagok kombinációja is. Vannak aflatoxin biotranszformáló szerek, ezek olyan baktériumok, amelyek az AFB₁-et képesek átalakítani. Laboratóriumi körülmények között tesztelték már ennek hatékonyságát, valamint csibék etetési kísérletével igazolták, hogy a felhalmozódás és a mérgezés mértéke csökkent. (I.14.). A biotranszformáció során a baktériumok, élesztők metabolizálják a toxint, ugyan úgy, mint a kérődző bendő baktériumai. Ezek a baktériumok képesek a mikotoxinok bizonyos kötéseit hasítani, a molekula szerkezet így megváltozik, és nem toxikus forma jön létre. Ez a toxinmentesítés nem magát a toxint köti meg és távolítja el a szervezetből, hanem a hatását, azaz a toxicitást csökkenti le vagy szünteti meg. Ezeket enzimmészítmény formájában forgalmazzák, melyet a takarmányhoz kevernek. Ez a módszer tűnik a gyakorlatban a legkivitelezhetőbbnek, nem gépigényes, nem károsítja a tápanyagokat, és nem keletkezik nem kívánatos anyag. (TANYI et al., 2012.). Az élelmiszereink mikotoxin szennyezettségével foglalkozni kell, ma az FVO becslése szerint a növényi eredetű élelmiszerek, gabonák mintegy 25%-a szennyezett mikotoxinokkal, ebből is a legközismertebb az aflatoxin. (I.15.).

2.2.6 Aflatoxin M₁ tejben, tejtermékekben

A tej és a tejtermékek AFM₁ tartalmának változásait több kísérlet is vizsgálta, az eredmények eltérőek. Az idő függvényében bizonyos mértékig bomlik az AFM₁, de ezt a hőmérséklet jelentősen befolyásolja. A fagyasztott (-18°C) mintákban 30 nap elteltével 14% volt az AFM₁ csökkenésének mértéke, míg 53 nap után már 85%. A sterilizálási kísérletben 121°C 15 perc alatt mindösszesen 12,2%-al csökkent a toxin szint, a pasztörözéssel ennél is kevesebb, 7,62 %. Korábbi kísérletben megfigyelték, hogy a tej 5°C-on mintegy 11-15%-ot csökken 3 nap után, 40%-ot 4 nap után illetve 80%-ot 6 nap után 0°C-on. Ez a hőmérsékleti tartomány ennyi napon keresztül azonban nem tartható, hiszen olyan mikrobiológiai változások következnek be, melyek nem kívánatosak. A nyers tejet eleve hűtve kell szállítani, ha 4 órán belül nem kerül feldolgozásra. Tehát a gyakorlatban ebből a kísérletből kiindulva minimális AFM₁ bomlásra számíthatunk a 4-5 °C-os szállítás esetén, de kérdéses, hogy a maximum 4 óra alatt, milyen mértékű a csökkenés (I. 16.). Az AFM₁ a tejben a fehérje (kazein) molekulákhoz kötődve találhatóak meg. Kísérletekkel igazolták, hogy a kefirben, joghurtban (fermentált termékek) jelentős AFM₁ csökkenés nem figyelhető meg. Sajtok esetében dúsulás, koncentrálódás tapasztalható, kemény sajtoknál ötszörös, lágy sajtoknál háromszoros, ezért sajtkészítéskor már a tej AFM₁ tartalma alapján következtetnek a később megjelenő koncentrációra (I. 12.).

2.3. Mintavétel jelentősége toxin vizsgálatoknál

Bármilyen vizsgálatnál az egyik legfontosabb tényező a mintavétel. Ha helytelen a mintavétel nem valós eredményt kaphatunk. A mikotoxinok eloszlása inhomogén úgynevezett góciókban jelenik meg a kukoricában, melléktermékeiben, így a takarmányokban is, ezért nagy jelentőséggel bír a megfelelő mintavétel. Egyetlen mintavételi hely nem reprezentálja az adott halmot, silót, gyártási tételt, így fals negatív vagy fals pozitív eredményeket kaphatunk, amely mindkét esetben a valós értékektől eltérő. A fals negatív eredmények gyakrabban fordulnak elő, mint a fals pozitív minták. A fals negatív minták aflatoxin esetén 5-90 % közé tehető. Fals negatív esetén a valós értéktől kevesebbet, fals pozitív esetén valós értéktől többet mérhetünk. Fals eredmények várhatóak, ha nem megfelelő a mintavétel (túl kevés, nem több ponton vett), ha a minta előkészítés nem megfelelő (szemcseméret, szűrőpapír) ha darálás előtt történik a rész minta, végső minta képzés (RICHARD, 2000.).



5. ábra: Mikotoxin vizsgálatok hibái (Forrás: WHITAKER et al., 1974, TANYI et al., 2012.)

A mikotoxinok vizsgálata nem egyszerű, egyrészt az eloszlásuk miatt, másrészt általában kis koncentrációban vannak jelen. A vizsgálati eredmények pontossága ~ 88%-ban a mintavétel hibájából adódik, további ~ 10% a további mintavételi hibából, míg a vizsgálat hibája pontatlansága csupán ~ 2%-ra tehető (5. ábra).

Az Európai Bizottság a **401/2006/EK rendelethez** az élelmiszerek mikotoxin tartalmának hatósági ellenőrzéséhez használandó mintavételi, módszereket határozott meg, amely előírja a minta súlyát, mintavételi módszert a különböző nagyságú gabonátételek esetén. A tétel mintázását minden esetben úgy kell elvégezni, hogy a végső minta reprezentálja a tételt, ez az egyik legnehezebb feladat, ezért mintavételi utasítást kell készíteni. Mintavételnél meg kell határozni, hogy milyen eszközzel, milyen rétegvastagságban, hány ponton végezzék el a mintavételt, valamint a minták képzését, osztását, homogenizálását. A részminták összessége adja az egyesített mintát, melyből homogenizálást követően lesz a laboratóriumi minta. A mintaképzést csak megfelelő, tiszta eszközökkel lehet végezni, hogy a mintát szennyeződésektől megvédjük. A mintavétel jelentős hibaforrás ezért mintavételi tervet

készítettek néhány alapanyagra pl. kukorica, földimogyoró, stb., ezeket alkalmazzák más olyan alapanyagok mintázására, melyekre nem készítettek külön tervet. A tervekben közös, hogy minden termék esetében a darált mintákat kell homogenizálni, majd abból készül a laboratóriumi végső minta (I. 17.).

2.4. Toxin vizsgálati módszerek

Kémiai, biológiai elemzésekkel megállapítható a mikotoxin tartalom. A mikotoxinok mérésére sokféle módszer áll rendelkezésre ELISA (enzimhez kötött immunoszorbens vizsgálat) HPLC (nagy teljesítményű folyadékkromatográfia), TLC (vékonyréteg kromatográfia) (BALLA, 2007. „b”). A vizsgálatok lehetőségei folyamatosan bővülnek, vannak már gyors tesztek (tesztcsík) is, melyekkel rövid időn belül információt kaphatunk a tétel toxin szennyezettségéről. Ezek a tesztcsíkok immunkromatográfiás (LFD) tesztcsíkok, melyek használatánál antitesteket használnak, azok specifikusak a vizsgálat mikotoxinra. Eredmény alapján lehetnek kvalitatívak, vagyis igen/nem választ adók. Ekkor a pozitív eredmény az adott kimutatási határral megegyező, vagy attól nagyobb értéket jelez. Gyártónként változik, hogy a kontrollvonalat pozitívnak, vagy negatívnak kell értékelni. Kvantitatív tesztcsíkok fotometrikus reflektancia elvén működő eredményolvasóval vannak kombinálva, így kvantitatív eredményeket kapunk, melyeket a gép tárol. Gyors vizsgálati módszer az ELISA módszer is, mely szintén a mikotoxinra specifikus antitestek használatán alapul. Az eredmény enzimátikus színreakció alapján értékelhető. AFB₁ esetén a szín intenzitása a toxin koncentrációjával fordítottan arányos. Értékelés a színreakció alapján történhet vizuálisan vagy fotométerrel. A vizuális értékelésnél nagyobb a tévedés lehetősége, hiszen befolyásolhatják a környezeti fényforrások, míg a fotométer pontosabb értéket ad. Az ELISA módszer választásánál mindig meg kell győződni, hogy a gyártó, forgalmazó által kínált termék, milyen alapanyagokra van validálva, és milyen validációval rendelkezik. Általánosságban elmondható, hogy nem használnak tisztító oszlopokat az ELISA módszernél. Megerősítő vizsgálatra alkalmas a HPLC, LC-MS/MS (folyadékkromatográfia - tömegspektroszkópia) csatolt rendszer. A HPLC és az LC-MS a mikotoxinokat kémiai és molekuláris tulajdonságaik alapján különíti el és mutatja ki. A legelterjedtebb HPLC vizsgálat hoz, tisztítás szükséges, hogy a zavaró komponenseket vizsgálat előtt eltávolítsák, hogy ne zavarja a mérést és ne befolyásolja az eredményt. A gyors módszerek alkalmazása főként alapanyag átvételi, feldolgozási helyeken történik, míg a fent említett berendezéseket (ELISA, HPLC) laboratóriumok használják. Az aflatoxinokra, mint fluoreszcens tulajdonságokkal

rendelkező vegyületek vizsgálatára a fluorimetria is alkalmas. A fluoreszcenciára képes molekula egy adott hullámhosszú fényt nyel el, majd nagyobb hullámhosszú fényt bocsát ki. Minden vizsgálati módszernek vannak előnyei, hátrányai, az viszont tény, hogy a pontosabb eredmény meghatározás költségesebb. Az ELISA tesztek előnye, hogy gyors, beruházási igénye alacsony, egyszerű a minta előkészítése, tisztítást nem igényel. Hátrányuk, hogy felhasználásuk mátrixfüggő, felléphetnek keresztreakciók. A gyors tesztek egyszerűek, és gyors eredményt mutatnak, akár negyedórán belül minta előkészítéssel együtt. A HPLC pontos, megbízható, nagy mintaszám vizsgálatára alkalmas, azonban költséges és szakképzett személyzet szükséges a működtetéséhez. Az ELISA tájékoztató eredményt ad, míg a HPLC referencia mérésneként elfogadott, mégis a gyakorlat (körmérések) azt mutatja, hogy ~ 10% eltérés van a mért értékek között.

3. Anyag és módszer

3.1. Időjárási adatok

Az időjárási adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) bocsátotta rendelkezésemre. Az elmúlt tíz év régióként jegyzett 25°C meghaladó napok számát, a hozzá rendelhető átlag hőmérsékletet, valamint ezekhez tartozó csapadék mennyiségét. Az adatokat évenkénti bontásban régióként, és a vizsgált 10 év átlagában is kiszámítottam. Az átlagértékek és szórások kiszámítása Excel program segítségével történt.

3.2. Vizsgált minták és mintavétel

Az aflatoxin tartalmat Észak-Alföldi régióból származó takarmány alapanyagokon, és takarmányon vizsgáltam. A mintavétel Észak-Alföld régió egyik takarmánykeverő üzem telephelyén történt, az előírt utasítások szerint. A minták ELISA vizsgálatát az üzem laborában végzik, míg a HPLC vizsgálatokat külső akkreditált laborban. A vizsgált tejminták szintén Észak-Alföld régió szarvasmarha állományoktól származik és a feldolgozó tejüzem is ott található. A tej vizsgálata minden esetben akkreditált külső laboratóriumban történt.

Az általam vizsgált üzem élelmiszerbiztonsági és takarmánybiztonsági rendszert is működtetett, így a kukorica a beszerzésekkel párhuzamosan külső laboratóriumi vizsgálatra került, mely eredményét folyamatosan rögzíteni kellett a takarmánybiztonsági rendszer központi adatbázisába. A minták meghatározott mennyiség alapján, az előírt mintaképzésnek megfelelően készültek. Követelmény volt, hogy 1000 tonnás tételeket kellett képezni, mely sok altételből állt. Az altételek homogenizálásával 4 végső mintát kellett képezni, mely reprezentálta az 1000 tonnás tételt.

3.3. Alapanyagok, takarmányok aflatoxin B₁ vizsgálata ELISA-val

A mintavétel random módon történt, több altételből, több mintavételi ponton különböző rétegvastagságban, melyből homogenizálást követően részmintákat képeztünk. A részmintákat is homogenizáltuk, melyből a tétel egyesített mintáját kaptuk. Az egyesített mintából lett az analitikai minta, mely vizsgálatra került. A minta előkészítés során ügyeltünk a megfelelő szemcseméret elérésére, melyet a vizsgálathoz ajánlottak. A szemcseméret megfelelő, ha 75%-a átesik a ~ 0,85 mm rostán. Mintahomogenizálást követően 20 g mintát lombikba mértünk, majd 70%-os metanol oldattal felöntöttük (kinyerjük az aflatoxint), szorosan lezártuk a lombikot, melyet meghatározott ideig ráztuk (3-5 perc). Az extrakciót követően a szűrletet vizsgálat előtt Whatman 1 szűrőpapíron átengedtük, az így nyert extraktum pH ellenőrzést követően került vizsgálatra. A vizsgálathoz a pH tartalomnak 6-8 között kell lennie, törekedtünk a semleges értéket (pH = 7) beállítani, Na-hidroxid oldattal. A vizsgálatokat ROMER cég ELISA tesztjeivel végeztük (RomerLabs® Diagnostic GmbH, Ausztria). Már a minta előkészítéskor a vizsgálathoz szükséges reagenseket hűtőből kivettük, szobahőmérsékleten hagytuk, hogy a vizsgálatra megfelelő legyen. A mikrocella tartóba annyi hígító cellát helyeztünk amennyi a vizsgálandó mintaszám, plusz a standard sor száma (ROMER által forgalmazott AFB₁ 5 standard, AF összes 6 standard). Ugyan ennyi antitesttel bevont mérőcellát helyeztünk a tartóba. Vizsgálat során nyolc csatornás pipettát használtunk, így viszonylag egyszerre történt a vizsgálat. A vizsgálat során fontos ellenőrizni, hogy a pipetta hegyből az összes folyadékot sikerült -e eltávolítani. Minden egyes művelet során a pipettahegyet ez előírás szerint cseréltük. Előírt mennyiségű (200 µl) konjugátot minden mérőcellába elhelyeztünk, melyet fel-le pipettázással összekevertünk. Ebből a homogenizált oldatból 100 µl-t az antitesttel bevont mérőcellába áthelyeztünk, majd 15 percig inkubáltuk szobahőmérsékleten. Majd a cellákat kiürítettük, desztillált vízzel többször átmostuk, végül nedvszívó papírvattára ütögettük, hogy a vizet a cellákból eltávolítsuk. Ezt követően 100 µl szubsztrátot mértünk be a mérőcellákba és 5 perc inkubációs időt követően 100 µl stop oldattal állítottuk le a reakciót. A kék szín megváltozik a reakció hatására sárgára, és a szín intenzitása fordítottan arányos a minta mikotoxin koncentrációjával (minél világosabb annál nagyobb a toxin mennyisége). Ezt a színintenzitást mértük ELISA olvasóval, mely a kapott értéket összeveti a standard sorozattal, hogy meghatározza a minta mikotoxin koncentrációját. Gyakorlatban szoktunk párhuzamos vizsgálatokat is végezni, így az eredmény egyértelműen megerősíthető. Etalon mintákkal történő egyidejű vizsgálat igazolhatja a vizsgálat

megfelelősségét, hiszen ott ismert a koncentráció, ha azt sikerül visszamérni, akkor az eredmény egyértelműen megfelelő. Vizsgálathoz a ROMER cég ELISA tesztjeit használtuk.

3.4. Toxintartalom kiszámítása 12 % nedvességtartalomra

Alapanyagok toxin vizsgálatánál a nedvesség tartalom is meghatározásra kerül, mivel a koncentrációt ennek függvényében számoljuk. A jogszabály által előírt maximális határérték is 12% nedvességtartalomra van megadva. A 12%-hoz képest több vagy kevesebb érték toxin tartalmát kiszámoljuk, melyet kivonunk (12% alatt esetén) vagy hozzáadunk a kapott toxin értékhez, így kapjuk meg a toxin tartalmat.

3.5. Tej aflatoxin M₁ tartalmának meghatározása

A toxin kimutatását ELISA gyorseszttel végezték, külső akkreditált (ISO 17025) laboratóriumban. A telep saját ellenőrzéseinek vizsgálati eredményeit, valamint a tejüzem 2. telepről származó vizsgálati eredményeit hasonlítottam össze. A vizsgálatok időpontjait a rendelkezésemre bocsátott vizsgálati jegyzőkönyvek szerint rendszereztem és dolgoztam fel. A tejüzem egyéb beszállítóinak ellenőrzéseit is feldolgoztam. Egy független akkreditált labor által vizsgált tejminták eredményeit is elemeztem, itt a vizsgálatokat HPLC módszerrel vizsgálták.

4. Eredmények és azok értékelése

4.1. Magyarország régióinak időjárása 2004-2014

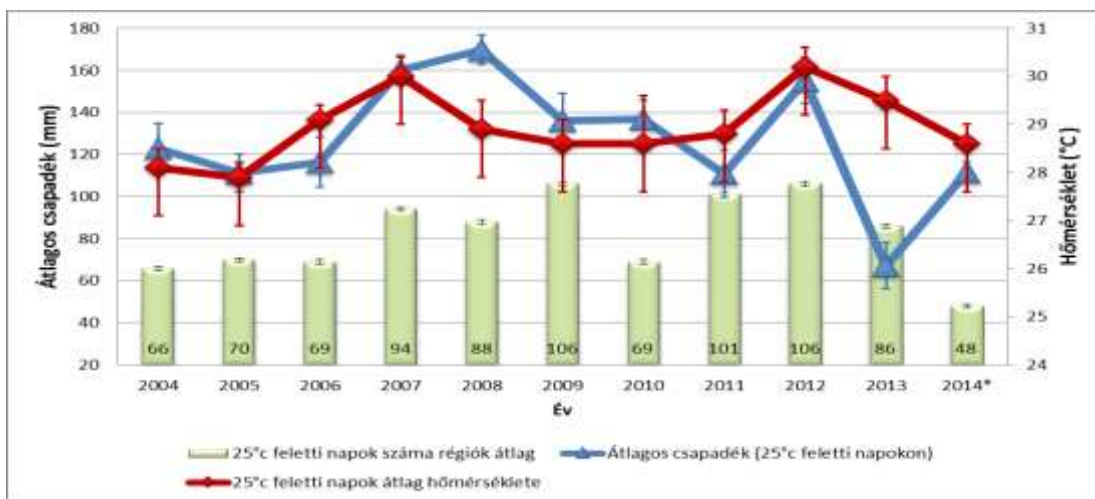
Magyarország időjárásának változását az elmúlt 10 évben jegyzett adatok alapján, a 25 °C-ot meghaladó hőmérsékletű napok adataiból régióként (6. ábra) gyűjtöttem össze.



6. ábra: Vizsgált régiók (Forrás: I. 18)

Az OMSZ a rendelkezésemre bocsátotta az elmúlt tíz év régióként jegyzett 25°C meghaladó napok számát, a hozzá rendelhető átlag hőmérsékletet, valamint ezekhez tartozó csapadék mennyiségét. Régiókon belül a következő mérőállomások adatai szerepelnek az

elemzéseimben. Közép – Magyarország: Budapest-Pestlőrinc, Észak- Alföld: Debrecen, Közép-Dunántúl: Székesfehérvár, Észak-Magyarország: Miskolc, Nyugat- Dunántúl: Szombathely, Dél-Dunántúl: Pécs-Pogány, Dél- Alföld: Szeged. A tíz év adatait vizsgálva az összes régió adott évre vonatkozó adatainak átlagát a 7. ábra szemlélteti. A régiók átlaga alapján következtethetünk a vizsgált évek 25°C-ot meghaladó napok számára, ezekhez a napokhoz tartozó csapadék mennyiségére, valamint az átlag hőmérsékletre.

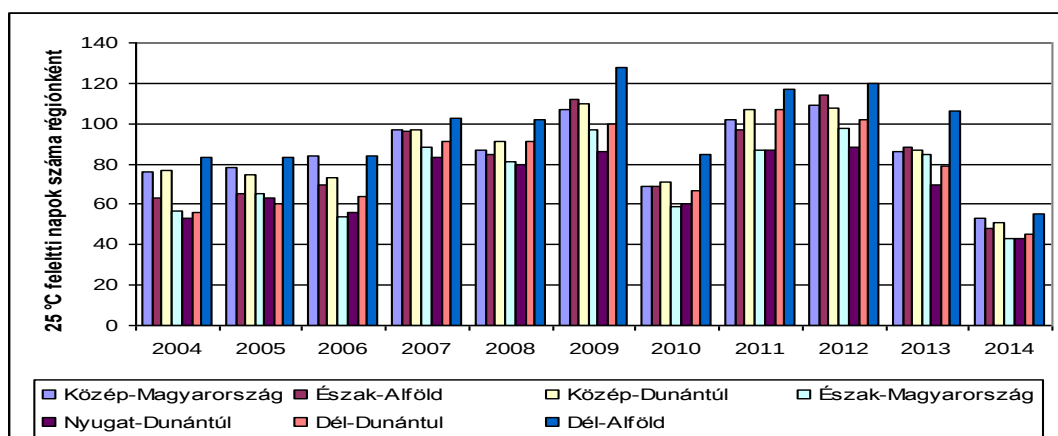


7. ábra: Magyarország **régiónkénti átlag értékei** 2004-2014 a 25°C meghaladó napok értékei alapján. 2014. évnél 1-7 havi adatokkal számolva.

Tíz év távlatában az átlag hőmérséklet a 25 °C-ot meghaladó napok értékeiből számolva 27,9-30,2 közé tehető. A legmagasabb érték a 2012 évhez tartozik, ugyan úgy, mint a 25°C feletti napok száma, mely átlagosan 106 nap volt. 2012-ben a csapadék mennyisége ugyan nem a legnagyobb a tíz év adatait elemezve, de a 155,2 mm jelentős mennyiség, főként a 2013 évhez képest, hiszen az volt tíz év alatt a legkevesebb. Vizsgálatok igazolták, hogy az AFB₁ jelentősebb mennyiségben is kimutatható volt 2012 végétől. Az átlag adatokat vizsgálva a 2012 évhez hasonló évnek mondható 2007, de kevesebb nap volt, amely meghaladta a 25°C. Kiugró értékeket mutatott még 2008, 2009, 2010, 2011, de ezeknél az éveknél nem minden érték olyan magas, mint 2012-ben. A 2014 év 1-7 hó adatait elemezve, látható, hogy a csapadék mennyisége már meghaladta néhány év átlag értékét. A tavalyi év 1-7 hónapjához viszonyítva több mint kétszeresével esett több eső a vizsgált napokra számolva. 2012 1-7 hónapjához viszonyítva is ~58%-al több eső volt. A legcsapadékosabb évek 2008, 2007, 2012, 2010, 2009 voltak. Ezek közül 2012 éveket aflatoxinos évnek tekinthető, 2007, 2009, 2010 pedig DON toxinnal terhelt évnek mondható a vizsgált keverőüzem mérései alapján (tapasztalati értékek).

A 25 °C feletti napok száma régiónként a 8. ábrán látható. Több mint 10 év adatait elemezve az átlag értékek alapján 2009 és 2012-ben volt a legtöbb nap, amelyen az átlag hőmérséklet meghaladta a 25 °C-ot. Ez igazolható a régiónkénti adatokat elemezve is. Éveket összehasonlítva elmondható, hogy a Dél-Alföldi régióban volt a legtöbb nap, amely a fent említett hőmérsékletet meghaladta, bár 2006-ban ez az érték a Közép-Magyarország régióval azonos (84 nap) volt. A 8. ábrán jól látható továbbá, hogy jelentősebb különbség 2007-től volt tapasztalható a régiók között. A legkevesebb 25 °C-ot meghaladó napok száma a vizsgált években jellemzően Észak-Magyarország és a Nyugat-Dunántúl régiókban volt. A későbbi aflatoxin vizsgálataim Észak-Alföld területeire tér ki, ahol ezen napok száma a régiók átlagaira vagy ahhoz közeli értékre tehető, azaz 82 nap.

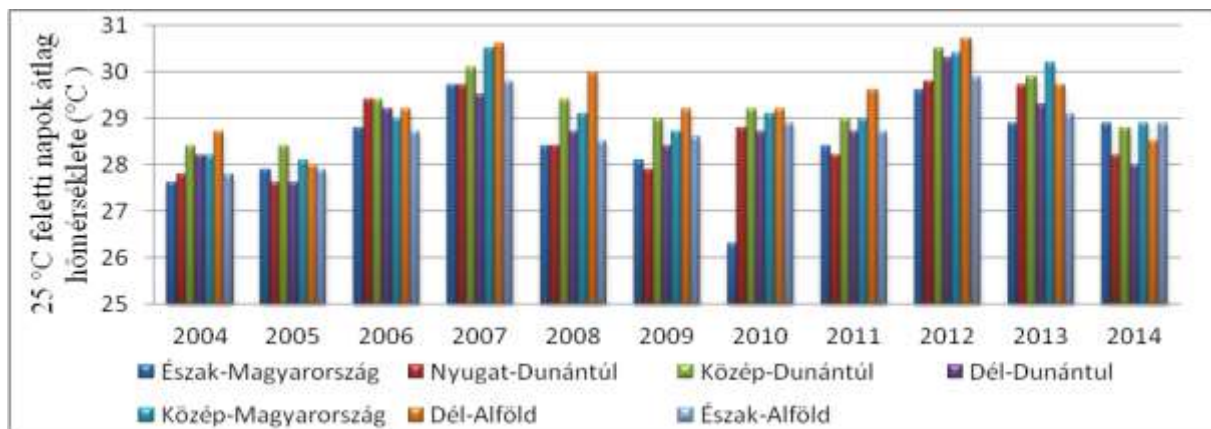
Dél-Dunántúl és Dél-Alföld régió vizsgálata, mint a két déli fekvésű régió mindenképpen indokolt, főként aflatoxin szempontjából. Tíz év adatait elemezve látható, hogy a Dél-Alföld régióban mindig magasabb értékek voltak, azaz több volt a 25 °C-ot meghaladó napok száma. A két régió közötti különbség évente változó volt. Egyes években (2004, 2009, 2013) akár 27-28 nap különbség is mutatkozott. Voltak évek (2007, 2008, 2010, 2011), amikor 10-12 nap különbség volt csak. A 2012. évben 18 nap volt a különbség.



8. ábra: 25 °C feletti napok száma 2004-2014. 2014. évnél 1-7 havi adatokkal számolva.

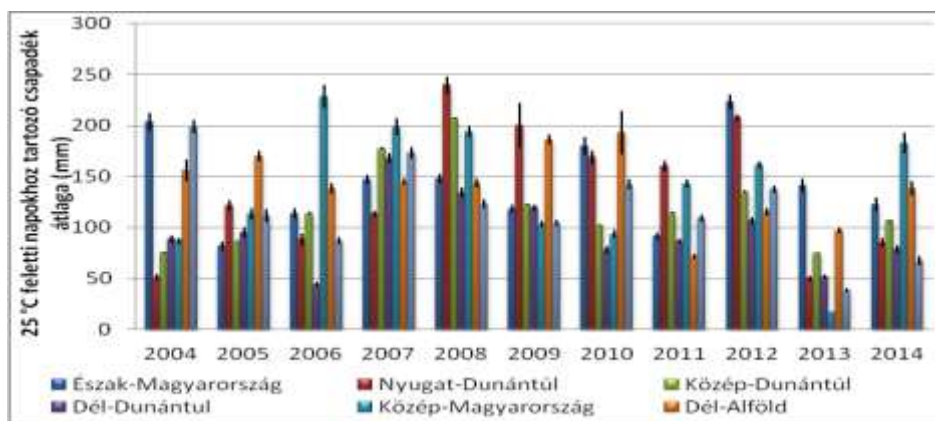
A régiók évenként átlagolt hőmérsékleti adatait a 9. ábra tartalmazza, mely a 25°C-ot meghaladó hőmérsékleti adatokat tartalmazza. Növekedés látható 2006-tól, majd 2008-2010 között csökkenés, ezt követően ismételt emelkedés 2012-ben, és újabb csökkenés. A periodikus változás egyértelmű. A régiók 25 °C fölötti napok átlag hőmérsékletét elemezve a legmagasabb hőmérséklet 2007-2012 között a Dél-Alföld régióban, 2013-2014-ben, a Közép-Magyarország régióban volt, míg 2006 és 2010 években, a Közép-Dunántúl régióban. A legalacsonyabb átlag hőmérséklet jellemzően Észak-Magyarországi és a Nyugat-Dunántúli

régióban volt. Hasonlóképpen itt volt a legkevesebb a 25 °C meghaladó napok száma is. A Dél-Dunántúl régióban annak ellenére, hogy déli fekvésű régió 2005, 2007 illetve 2014 1-7 hó adatai alapján itt volt a legalacsonyabb az átlag hőmérséklet.



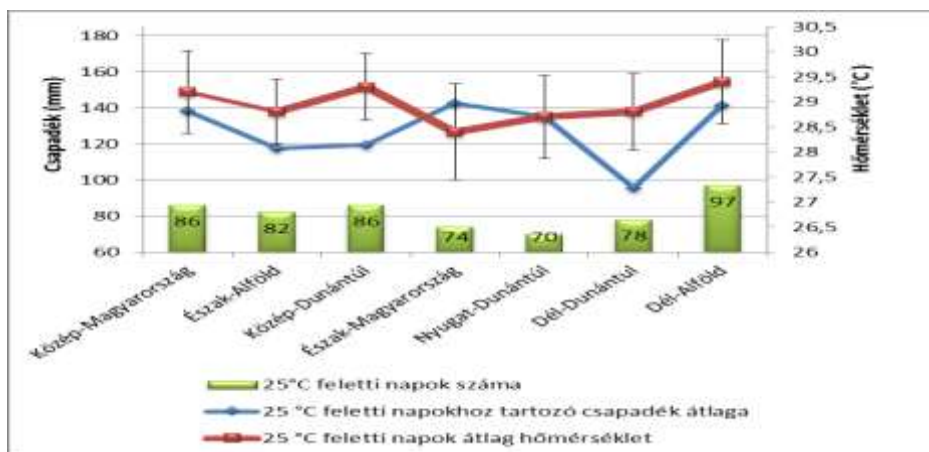
9. ábra: Átlag hőmérséklet régióként 2004-2014. 2014. évnél 1-7 havi adatokkal számolva.

Észak-Alföldi régiót elemezve az átlag hőmérséklet a régiók átlagának közelében volt, ugyan úgy, mint a 25°C meghaladó napok száma. A legalacsonyabb átlag hőmérséklet ebben a régióban 2004-2005 évben volt, jellemzően minden régió legalacsonyabb hőmérséklete erre a két évre tehető. Az Észak-Alföldi régió legmagasabb átlag hőmérséklete 2012-ben volt (29,9°C), a hét régióból 5 régióban a legmagasabb átlaghőmérséklet szintén 2012 évre tehető. Az idei év (2014. 1-7 hónap) eddigi adatai alapján azonos a Közép-Magyarország és Észak-Magyarország régiókkal, melyet Közép-Dunántúl régió követ. Dél-Alföld régióban a vizsgált években 2014 kivételével ugyan annyi vagy magasabb volt a hőmérséklet, mint a régiók átlaga. Az évek hőmérsékleti adatai változóak, átlagosan 0,44°C-al volt magasabb a Dél-Alföld régió hőmérséklete. A legnagyobb eltérés 2008 –ban volt 1,1°C, a legkevesebb 2005, 2013-ban 0,1°C.



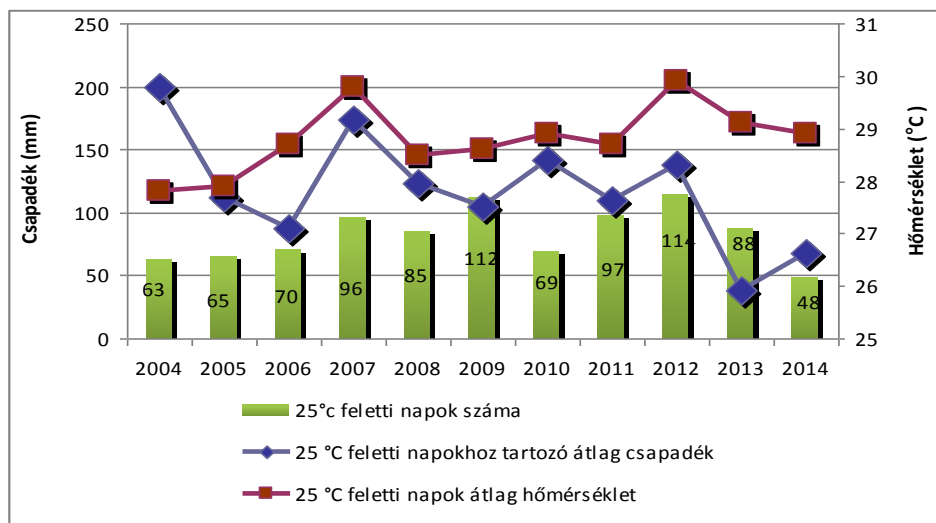
10. ábra: 25 °C fölötti napokhoz tartozó csapadék átlagos mennyisége régióként 2004-2014. 2014. évnél 1-7 havi adatokkal számolva.

Dél-Alföld régióban az átlagnál alacsonyabb hőfok volt 2014 1-7 hó adatai alapján. Jól látható, hogy 2012-től az Észak-Magyarország régió kivételével minden régióban csökkent a hőfok, 2013-ban 0,7°C-al kevesebb, mint 2012-ben. (I. melléklet). A 25 °C feletti napokhoz tartozó csapadék mennyisége régióként az 10. ábra szemlélteti. Nagyon látványos a különbség a régiók és az évek között, az átlag csapadék mennyisége alapján a tíz év adatait elemezve a legtöbb csapadék az Észak-Magyarország, Dél-Alföld, Közép-Magyarország, Nyugat-Dunántúl, Közép-Dunántúl régiókban volt, a legkevesebb a Dél-Dunántúl és az Észak-Alföld régióban. A legtöbb csapadék 2004-ben az Észak-Alföld régióban esett átlagosan ~ 200 mm, 63 nap alatt melyhez átlag 27,8°C tartozott. Ebben az évben volt a tíz év legnagyobb csapadék és a legkevesebb átlag hőmérséklet, és a legkevesebb nap, mely meghaladta a 25°C-ot. Jelentős csapadék mennyiség ebben a régióban 2007, 2010, 2012-ben volt.



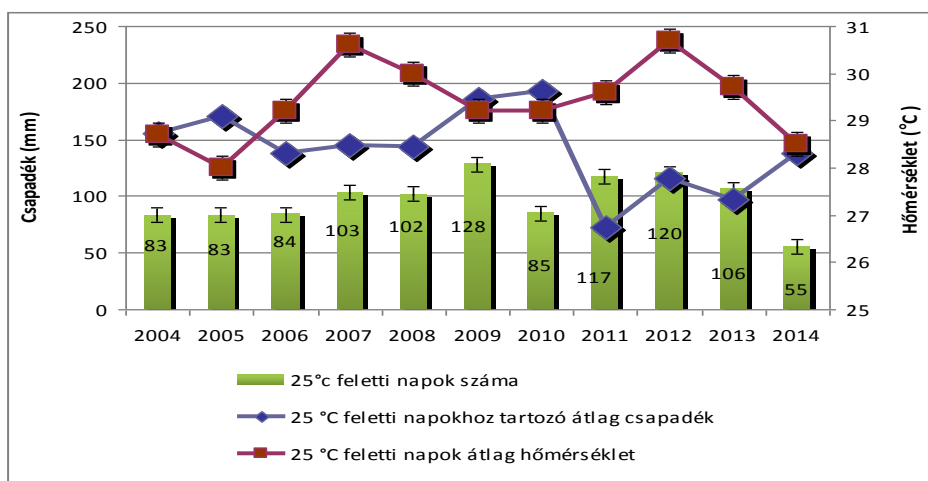
11. ábra: A 25°C fölötti napok száma és az ezekhez a napokhoz tartozó időjárás átlag értékek 2004-2014 között régióként.

A több mint tíz év adatait elemezve, 25°C fölötti napok adataiból számított átlag hőmérsékleti adatok az I. mellékletben található. Jól látható, hogy a legmagasabb értékek jellemzően három régióra tehetők. Legtöbb csapadék Észak-Magyarország, Dél-Alföld, Közép-Magyarország régiókban volt. A legmagasabb hőmérsékletet a Dél-Alföld, Közép-Dunántúl, Közép-Magyarország régiókban mérték. A legtöbb nap, amikor a hőmérséklet a 25°C meghaladta a Dél-Alföld, Közép-Magyarország, Közép-Dunántúl régiókra volt jellemző. Dél-Alföld az a régió, ahol az átlag adatok jellemzően mindhárom szempontot értékelve magasabbak voltak (11. ábra). Az általam vizsgált aflatoxin vizsgáltok részben az Észak-Alföld régióból származó alapanyagokra terjedt ki. Észak-Alföld régióban a legmagasabb hőmérséklet 2012-ben volt (átlagosan 29,9°C) a 25°C-ot meghaladó napok (összesen 114) adatai alapján.



12. ábra: 25°C fölötti napok száma és az ezekhez a napokhoz tartozó átlag hőmérséklet, csapadék 2004-2014 között *Észak-Alföldön*.

A csapadék ezeken a napokon 137,7 mm volt összesen (12. ábra). A vizsgált 2004-2014 közötti időszakban a legkevesebb csapadék 2013-ban volt, mindösszesen 38,5mm a 88 nap alatt. A régiók többségére jellemző volt a kevesebb csapadék ebben az évben, kivétel az Észak-Magyarország, Dél-Dunántúl, Dél-Alföld régió.

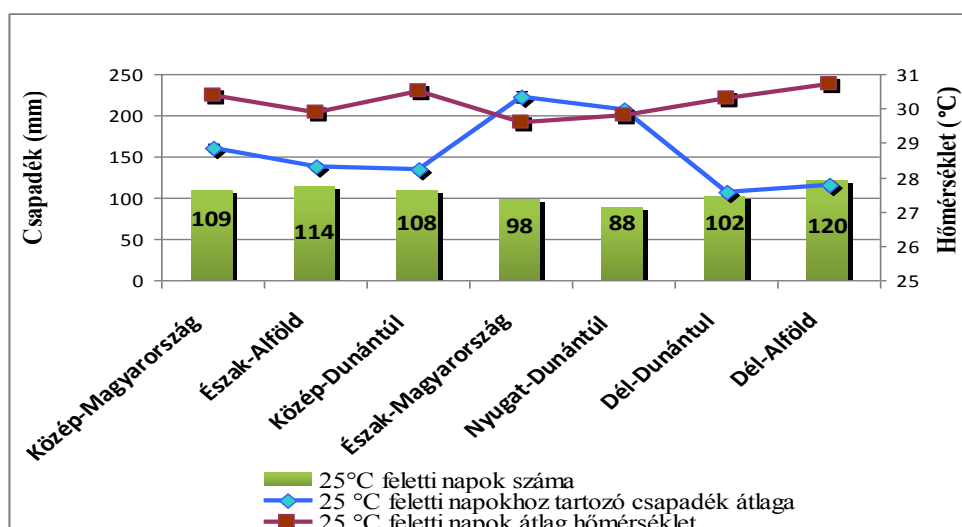


13. ábra: A 25°C fölötti napok száma, és az ezekhez a napokhoz tartozó átlag adatok 2004-2014 a Dél-Alföldi régióban.

A vizsgált Észak-Alföld régióban 100 mm alatti csapadék csak 2006 és 2013 volt. A toxikus éveknek nevezett (tapasztalati mérés) 2009 (DON), 2012 (aflatoxin) időszakban sok csapadék, átlag közeli hőmérséklet és sok napsütés volt jellemző (II. melléklet). Bár a régió aflatoxin vizsgálatai alapján emelkedett aflatoxin szintek voltak, de határértéket meghaladó vizsgálati eredmény nem volt. A DON toxin szennyezettség a 2009 évet szinte országosan jellemezte. A régió 2014 1-7 hó adatai alapján több mint háromszor annyi csapadék (mm)

esett, mint 2013 1-7 hó: 20,8 mm, illetve 2012 1-7 hó: 81,2 mm. A régióban 2004 –ben volt a legtöbb csapadék, ehhez viszonyítva az 1-7 hónap adatait az idei kevesebb, mint a 2004 1-7 hónap mennyisége, mely 150,7 mm volt. Sajnos dolgozatomban nem tartalmazza a 2014. augusztusi csapadék adatokat, de a korábbi évekkel ellentétben jelentős csapadék esett. A régióban az általam vizsgált területen a kukorica virágzásakor jelentős csapadék nem volt, inkább virágzás után volt tapasztalható. A vizsgált területen a második vetésű kukoricáknál már jelentősebb csapadék volt, mint az első vetésűeknél illetve korai fajtájúaknál. A Dél-Alföld régió vizsgálata azért célszerű, mert általában az itt termesztett kalászosok toxin szintjei magasabbak, mint más régiókban. 2011-2013 között a korábbi évekkel ellentétben alacsonyabb volt a csapadék mennyisége (aszályos év), magasabb volt a hőmérséklet és több a 25 °C-ot meghaladó napok száma (13. ábra). A két régiót összehasonlítva a 2014 év adatai alapján a Dél-Alföldi régióban kétszer annyi csapadék esett, mint az Észak-Alföld régióban, megközelítőleg egy héttel több napon volt meleg, de az átlag hőmérséklet 0,4°C melegebb volt az Észak-Alföld régióban.

2012 az aflatoxin szempontjából meghatározó év volt. A régiók adatait értékelve az Észak-Magyarországi, és a Nyugat-Dunántúli régióban volt a legkevesebb a 25 °C meghaladó napok száma, valamint az átlag hőmérséklet is. Azonban a csapadék mennyiségét vizsgálva, a többi régióhoz képest jelentősebb csapadék esett, az ország déli régióihoz viszonyítva, megközelítőleg kétszer annyi.



14. ábra: **2012** évben a 25°C fölötti napok száma és az ezekhez a napokhoz tartozó régiónkénti átlag adatok hőmérsékletre és csapadéokra vonatkozóan.

A legkevesebb csapadék 2012-ben a Dél-Dunántúl és a Dél-Alföld régióra volt jellemző. Az Észak-Alföld régiót vizsgáltam AFB₁, AFM₁ tartalomra, ezért fontos a régió 2012 év adatainak elemzése. A csapadék a régiók átlaga alatt volt 17,53 mm ~ 11,3%-al, a hőmérséklet 0,27°C-al volt, alacsonyabb az átlagtól, viszont az átlaghoz képest ~ 8 nappal több volt a 25°C-ot meghaladó napok száma (14. ábra). Ha a Dél-Alföldi régiót elemezzük, látható, hogy a legtöbb nap, a legmagasabb hőmérséklet és a második legkevesebb csapadék volt a régióra jellemző a 2012 évben. A legmagasabb hőmérséklet és a legtöbb nap, amelyen magasabb volt 25°C-nál a hőmérséklet a Dél-Alföldi, Közép-Magyarországi és Közép-Dunántúli régiókban volt. A magasabb csapadék és a 25°C feletti napok számát illetően egyezés volt a Közép-Magyarországi és Közép-Dunántúli régióknál, de nem ezek voltak a legmagasabb értékek (III. melléklet).

4.2. Alapanyagok, takarmányok aflatoxin B₁ tartalma

Az időjárási adatokat elemezve, nagy jelentősége van az alapanyagok, takarmányok toxin vizsgálatainak. Bizonyos években egyszerre több toxin (főként a deoxynivalenol- DON) is jelen volt. Napjainkban az aflatoxin vizsgálat kiemelt jelentőségű a takarmányokban és a tejben is. Aflatoxin szennyezettség 2012 évre volt jellemző, melyet a vizsgált időjárási adatok is igazoltak, hiszen a száraz, meleg (aszályos) időjárás kedvezett a toxin megjelenésnek. Az adatok alapján a déli országrész régióiban volt jellemző a magas hőmérséklet és ugyanakkor a kevés csapadék. A takarmányok minősége, toxin terheltsége minden állatfaj számára fontos, hiszen a termelési mutatókat illetve az állat egészségi állapotát is befolyásolja. Az utóbbi években az aflatoxin, főként a B₁ típus vizsgálata kiemelt jelentőségűvé vált, ami a tejben AFM₁ formájában eltérő mennyiségben jelenik meg. A takarmánygyártó cégek felelőssége, hogy az adott év toxin terheltségeivel folyamatosan tisztában legyenek, a betakarítástól a felhasználásig. Fontos továbbá tudni, hogy a magas kockázatú alapanyagok mivel helyettesíthetőek. A vizsgálatokat megköveteli a működtetett élelmiszer és takarmánybiztonsági rendszer is. A felhasználásra kerülő alapanyagok kockázatbecslésre kerülnek kémiai, biológiai, fizikai veszélyek szerint. Az elsődleges veszélyek a toxin tartalom, szalmonella, nehézfémek, stb. A monitoring tervet a veszélyek, és azok határértékei alapján kell elkészíteni, és az ellenőrzést végrehajtani. Az AFB₁ kiemelt kockázat alá esik, ezért annak vizsgálata az egyik legfontosabb. A vizsgálatokat hazánkban a kukorica és abból készült vagy feldolgozott melléktermékekből, származó termékekből kell vizsgálni. A

takarmányiparban használt termékek kukorica, kukoricacsíra, kukorica glutén, CGF, DDGS, kukorica takarmányliszt (KTL).

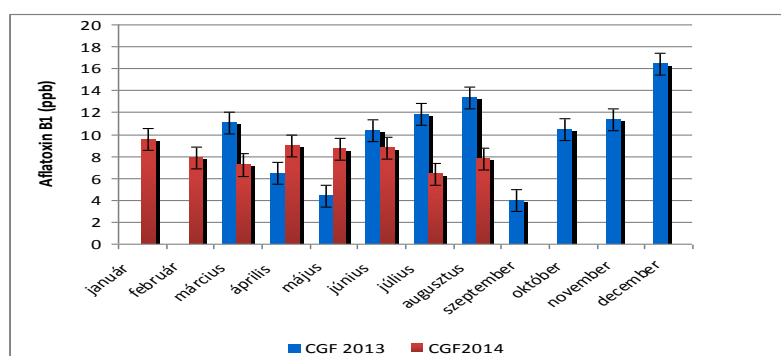
Az általam vizsgált takarmánykeverő üzemben az alapanyagok vizsgálata folyamatos, mind külső független laboratóriumban, mind az üzem saját laborjában. A külső laboratórium HPLC módszerrel végzi a vizsgálatokat, míg a keverőüzem ELISA módszert alkalmaz 1999 óta. A toxin vizsgálat az üzemi laborban a DON, T₂, zearalenon (F₂), Ochratoxin-A, fumonisin, az AFB₁ (2013 óta) vizsgálatokra terjed ki. A 2012 év végén megjelent AFB₁ arra sarkalta a takarmánygyártókat, alapanyag forgalmazókat, hogy vizsgálatokat végezzenek, biztosítva ezzel, hogy az általuk forgalmazott termék biztonságosak és a mindenkor határérték alattiak legyenek, melyet a vizsgálati jegyzőkönyvekkel igazolni is tudnak. Az általam vizsgált üzem AFB₁ vizsgálati felmérést végzett nemcsak a fent említett alapanyagokból, hanem a nagy mennyiségben használt alapanyagokat is ellenőrizték. A vizsgálat kitért az árpa, búza, extrudált szója, extrahált szója, napraforgó, repcedara és lucernapellet ellenőrzésére. Ezen alapanyagok vizsgálati eredményei AFB₁ <0 µg/kg volt. A vizsgálatok száma változó volt, 5-17/év/alapanyag ellenőrzési eredményei alapján (IV. melléklet) tudtuk kijelenteni, hogy negatív volt.

3. táblázat: CGF AFB₁ tartalom 12% nedvességtartalom alatt mért értékei ELISA módszerrel.

	aflatoxin B ₁ (ppb)											
	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szep.	okt.	nov.	dec.
CGF 2013	na	na	11.03	6.45	4.41	10.37	11.80	13.29	3.97	10.41	11.33	16.45
CGF 2014	9.57	7.82	7.22	8.98	8.70	8.73	6.33	7.79	na	na	na	na

A kukorica és abból készült melléktermékek vizsgálata a legfrekvenciáltabb, ezért ezek vizsgálata a saját laboratóriumban folyamatos a felhasználási időszakban. A kukorica vizsgálati eredményei szintén AFB₁ <0 µg/kg a vizsgált ~40db/év mintaszám alapján. A kukoricacsíra használata nem folyamatos, illetve a vizsgált üzemben nem jellemző. A vizsgált időszakban (2013) ellenőrizték, ekkor az AFB₁ ~ 5,87µg/kg meghatározott értéke 11,6% volt nedvességtartalom mellett. A keverőüzem vizsgálati eredményeit a 3. táblázat tartalmazza, 2013-ban átlagos AFB₁ 9,95 µg/kg volt 9,37% nedvességtartalom mellett, 2014-ben 8,14 µg/kg 9,17% nedvességtartalom mellett. A jogszabályi határértékek 12% nedvességtartalomra vannak megadva, így a kapott toxin értékek átszámítva kevesebbek voltak, mint a mért érték. Minden esetben a mért érték került feltüntetésre, nincs átszámítva 12% nedvesség tartalomra.

A 15. ábrán jól látható, hogy a 2013 évben mért toxin értékek magasabbak voltak, mint 2014-ben, kivétel az áprilisi hónap. Ebben az esetben a vizsgálat eredménye kevesebb volt, mint az 2013. évre jellemző átlag. Ebben az évben a mért eredmények alapján csökkenés volt megfigyelhető, bár ez nem volt jelentős mértékű, mivel a CGF egy koncentrált termék a toxinok is koncentráltan voltak kimutathatóak. Ezt igazolták egyéb toxinok (pl. DON toxin) eredményei is, mely 2013-ban átlagosan ~ 0,8 mg/kg, 2014-ben ~ 0,72 mg/kg volt. Ezek a szintek 12% nedvességtartalomra átszámítva kevesebbek, de még mindig magasabbak, mint a vizsgált kukoricák toxin szintjei. A kukorica takarmányliszt vizsgálata szintén indokolt, ha az AFB₁ szennyezettség ellenőrzését vizsgáljuk.



15. ábra: CGF aflatoxin B₁ vizsgálata 2013-2014

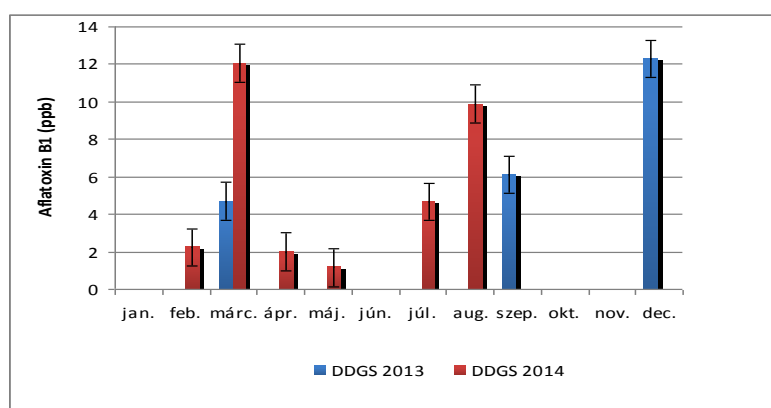
Vizsgálati eredményeket az 4. táblázat tartalmazza, melyben látható, hogy nem minden hónapban rendelkeztek adattal. Ez nem a vizsgálat „elhanyagolása” miatt hiányzik, hanem a vizsgált üzem ebben az időszakban nem használt kukorica takarmánylisztet. Az adatokat átlagolva elmondható, hogy 2014 évben mért értékek (~ 2,44 µg/kg 12,29 % nedvesség tartalom mellett) sokkal kevesebb AFB₁ szintet mutattak, mint 2013-ban (~ 7,76 µg/kg 13,35% nedvesség tartalom mellett).

4. táblázat: Kukorica takarmányliszt (KTL) aflatoxin B₁ vizsgálat 2013-2014.

	aflatoxin B ₁ (ppb)											
	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
KTL 2013	na	na	na	12.3	3.22	na	na	na	na	na	na	na
KTL 2014	1.837	1.33	4.8	5.265	na	2.47	1.545	2.28	na	na	na	na

2014. márciusi és áprilisi toxinszintek magasabb értéket mutatnak az átlaghoz képest, de alatta voltak a 2013 év átlag értékekhez képest. A KTL a toxin vizsgálatok szempontjából szintén kiemelt fontosságú, hiszen összetételét tekintve, a kiörlés fokától függően bizonyos százalékban héjrészt is tartalmazhat, amelyben a penészgombák toxin termelése történik. A

DDGS felhasználása a takarmányszektorban, mint lehetséges fehérje forrás jelent meg, felhasználhatóságát a magas rosttartalma bekorlátozza. Tekintve, hogy szintén egy koncentrált alapanyag, a toxin szintek ellenőrzése elengedhetetlen. A vizsgált üzemben a DDGS felhasználása sem folyamatos, így a vizsgálati eredmények korlátozottan álltak rendelkezésre. A 2014 év értékeit tekintve kimagaslóak voltak a márciusban és augusztusban mért értékek (16. ábra). A két év adatát átlagolva, 2014-ben fele annyi volt a mért érték ($5,33 \mu\text{g/kg}$ 9,3% nedvesség tartalommal), mint 2013-ban ($10,3 \mu\text{g/kg}$ 9,57% nedvesség tartalommal). A toxin szinteket 12% nedvességtartalomra átszámítva a mért értékeknél kevesebb átlagos toxin tartalmat kaptunk mind a két évben.



16. ábra: DDGS aflatoxin B₁ tartalma 2013-2014.

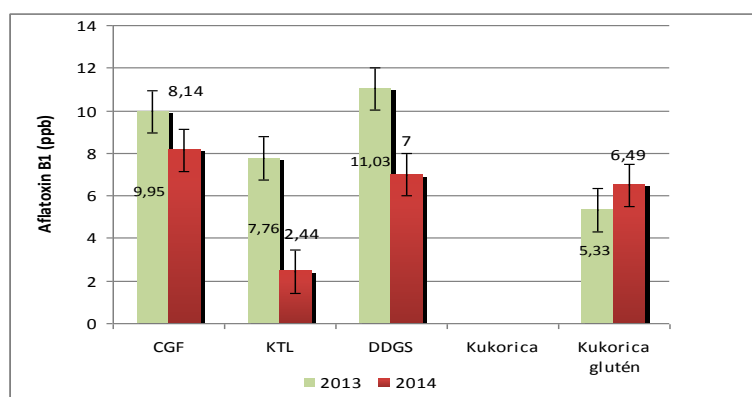
A keverőüzem által vizsgált alapanyagok AFB₁ tartalmának éves átlag eredményei (5. táblázat) alapján a kukorica glutén kivételével minden vizsgált alapanyag toxin tartalma kevesebb volt, mint a 2013 évben felhasznált és vizsgált alapanyagok értékei.

5. táblázat: Vizsgált alapanyagok átlagos aflatoxin B₁ tartalma

	aflatoxin B ₁ tartalma (ppb)				
	CGF	KTL	DDGS	Kukorica	Kukorica glutén
2013	9.95	7.76	11.03	0	5.33
2014	8.14	2.44	5,33	0	6.49

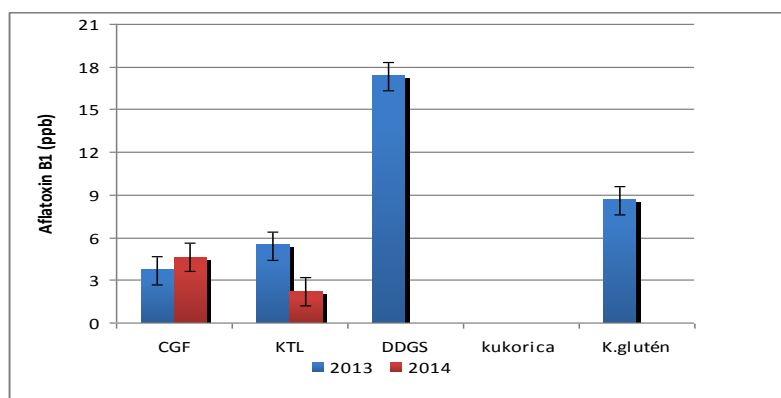
A kukorica vizsgálatok eredményei egyértelműen $<0 \mu\text{g/kg}$ értéket mutattak. A vizsgált üzem által felhasznált kukorica ~ 80%-a a régióból származott, így kijelenthető, hogy megfelelő, AFB₁ mentes kukorica került gyártásba. A működtetett takarmánybiztonsági rendszer egyik főbb követelménye a kukorica aflatixin B₁ vizsgálata, mivel Magyarország veszélyes országnak van minősítve (Forrás: GMP Plus). A veszélyességbe sorolás sok esetben vitatott és sok vizsgálat is megkérdőjelezi a kategóriába sorolását. Ugyan voltak kukorica szállítmányok (export) melyek toxin tartalma meghaladta a jogszabály által előírt maximális

értéket, ezért a vizsgálati követelményeket fenntartják. A kukorica külső laboratóriumi vizsgálatához 1000 tonnánként 4 reprezentatív végső minta lett beküldve. Egy tétel akkor volt megfelelőnek tekinthető, ha mind a 4 végső minta vizsgálati eredménye negatív volt. A vizsgálati eredmények megérkezéséig az adott tételt zárolták, és csak a megfelelő minősítésű eredmény alapján volt felszabadítható a silónaplóban. A vizsgálat elkerülhető abban az esetben, ha a kukorica beszállítója rendelkezik megfelelő minősítésű, 30 napnál nem régebbi vizsgálati jegyzőkönyvvel (forrás: GMP Plus).



17. ábra: ELISA vizsgálatok aflatoxin B₁ átlag értéki 2013-2014.

Minden vizsgált kukorica tétel eredménye negatív volt a vizsgált időszakban (17. ábra), de a kukorica melléktermékeknek volt AFB₁ tartalma. Utóbbiak vizsgálata tehát mindenképpen indokolt. Egy beszállítói audit keretében ellenőrizhető lenne a kukorica származása, melyből a termékek készülnek, így a nyomkövetés során a beszállítóra, származási helyre (ország bármely része) lehetne a toxin szinteket származtatni. A szakemberek szerint a fel-felbukkanó emelkedett AFB₁ koncentráció annak volt köszönhető, hogy a magasabb AFB₁ tartalmú, 2012-ben betakarított kukorica, szabálytalanul „behígításra” kerülhetett a melléktermék gyártóknál.



18. ábra: Aflatoxin B₁ átlag értékek 2013-2014 HPLC vizsgálat eredményei.

Alapanyagok külső laboratóriumban végzett HPLC vizsgálatai alapján (18. ábra) a kukorica melléktermékeknek volt kimutatható toxin tartalma, a kukoricában azonban nem. Egyéb alapanyagok, mint pl. BTL, búza, korpa, szója külső laboratóriumi vizsgálata is megtörtént, de minden esetben <1 µg/kg mért értéket igazolt vissza a laboratórium. Mind a két vizsgálati módszer (ELISA és HPLC) negatív vizsgálati eredményt mutatott.

2014- ben kukoricából 32 külső labor vizsgálat történt, ebből 31 minta <1 µg/kg egyetlen mintába 7,1 µg/kg AFB₁ tartalmat mutattak ki, amely jóval a határérték alatt volt. Az idei év kukorica termése még a szántóföldön van, szeptember közepén a korai fajtákból voltak vágások, mely vizsgálatát az előírásoknak megfelelően külső laboratóriumban elvégeztette az üzem. A vizsgálati eredmények ugyan úgy, mint 2012, 2013- ban szintén <1 µg/kg értékeket mutatott (12,5-13,09 % nedvesség tartalom mellett). Habár ez nem reprezentálja a 2014 év termését, hiszen kis területről történt a betakarítás, mégis elmondható, hogy az Észak-Alföld régió úgynevezett „előmintája” negatív volt. Az ELISA és a HPLC mért értékei között jelentős az eltérés, hiszen a két vizsgálati módszer eltér egymástól, ezért nem is lehet összehasonlítani, másrészt a minták származása, és a vizsgált időszak is eltérő volt. Ennek ellenére a HPLC vizsgálati eredmények alapján is kimutatható volt AFB₁ a kukorica melléktermékekben. A KTL „szennyezettsége” nagyságrendileg azonos volt mindkét évben, mind ELISA, mind HPLC eredmények alapján. A DDGS rendelkezett az ellenőrzött alapanyagok közül a legnagyobb AFB₁ tartalommal, mind a két vizsgálati módszerrel.

Az alapanyagok ellenőrzése után a legfontosabb a takarmányok AFB₁ tartalmának az ellenőrzése, hiszen maximális határérték szigorúan meg van határozva. A takarmányok ELISA teszttel történő ellenőrzése ugyan elvégezhető, de nem minden esetben tekinthető biztonságosnak a kapott érték, hiszen egyéb szennyező részecskék miatt fals eredményt kaphatunk. Az üzem által használt ELISA tesztek alapanyagok és takarmány ellenőrzésére is validálva van. A keverő üzem a tejelő takarmányok AFB₁ vizsgálatát elvégezte, mely 2013 – ban <2,0 µg/kg, míg 2014-ben <0,0µg/kg volt a mért érték. A takarmánykeverő üzem által vizsgáltatott tejelő takarmányok HPLC módszerrel készült vizsgálati eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: Tejelő takarmányok aflatoxin B₁ tartalma HPLC mérések alapján 2013-2014.

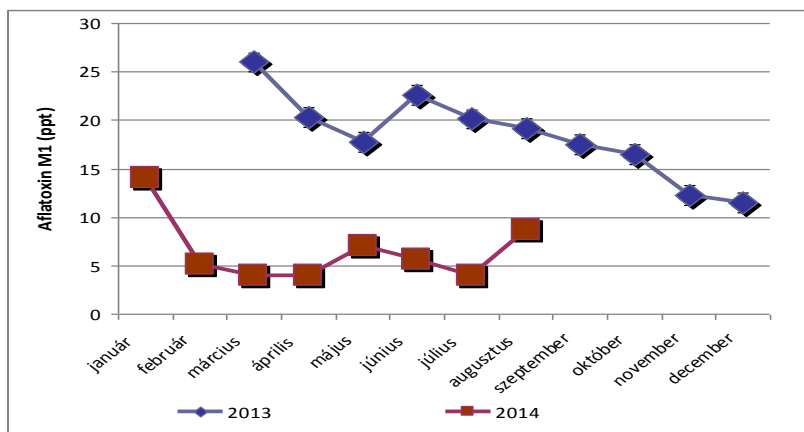
	Aflatoxin B ₁ (ppb)					
2013	<1	1	1.85	2.04	1.38	2.25
2014	1.4	<1.0	<1.0	1.4	<1.0	<1.0

A mért értékek a jogszabály által meghatározott értékek alatt (1. táblázat) voltak. A 2014 évben mért értékek kisebbek voltak, mint 2013-ban, hiszen a vizsgálatok ~ 67% kevesebb, mint 1 µg/kg AFB₁-et tartalmazott.

4.3. Vizsgált szarvasmarha telepen termelt tej aflatoxin M₁ tartalma

Az AFB₁ tartalom ellenőrzése mellett fontos az AFM₁ tartalom ellenőrzése is. Vannak alapanyagok, amelyek terheltek AFB₁ toxinnal, a tejben pedig az elfogyasztott aflatoxin ~ 1,5 – 6,2 %-a kiválasztódik (BÁRDOS, 2013.). A vizsgálataimban egy szarvasmarha telep tejmintáinak, valamint egy feldolgozó tejüzem tejmintáinak ellenőrzéseit is elemeztem. A vizsgált szarvasmarha telepet a korábban elemzett takarmánykeverő üzem takarmányozta. Ezt a szarvasmarha telepet 2. telepként neveztem el a későbbi tejüzemi vizsgálatok beazonosíthatósága miatt. A vizsgált telep az etetett takarmányát (TMR) meghatározott időszakonként ellenőriztette külső laboratóriumban, ahol véleményezték a kapott beltartalmi adatokat. A véleményezés kitért az alacsony vagy magas fehérjetartalomra, keményítő tartalomra, stb. A vizsgált telep nagy figyelmet fordított a szenázs, szilázs minőségére, már a „betakarítás” betárolás során is. A megfelelő tömörítéssel megelőzhető a nagyobb biológiai romlás. Toxinnal terhelt években a gombák aktivitását és a további minőségromlást tartósítószeres (propionsav, hangyasav) alkalmazásával gátolták a vizsgált telepen. A telepen a tej ellenőrzéséhez a mintát a fejések során vették egy akkreditált külső labor szakemberei. A vizsgálatok eredményeit a telep a rendelkezésemre bocsátotta. A vizsgálatok kezdetén (2013. március) az AFM₁ tartalom emelkedett volt (~ 25,0 ng/kg), mely az év folyamán eltérő mértékben, de csökkent (19. ábra). A 2014-ben a legmagasabb érték augusztusban volt, de ez is a maximális határérték (50 ng/kg) ~ 18 %-a, illetve ~ 55%-al kevesebb volt, mint a 2013. év augusztusában mért. A vizsgált időszakban nem volt pozitív, a határértéket meghaladó toxin szint. Míg 2013-ban nem volt a kimutatási határérték alatti érték, addig 2014-ben a vizsgálat minták ~37% -a illetve ~25% -a volt a kimutatási határ fölött. 2013-ban átlagosan ~18,36 ng/kg, 2014-ben az átlagérték jóval alacsonyabb (~7,0 ng/kg) volt (19. ábra). Ezek az értékek is igazolták a 2012 évben betakarított kukorica vagy abból készült melléktermék aflatoxin terheltségét. A toxin tartalom a telepvezető és a takarmánykeverő üzem szakembereinek összehangolt munkájának eredményeként folyamatosan csökkent. Az alapanyagok ellenőrzésének eredményei jó támpontot adtak, hogy mely alapanyag felhasználását kell csökkenteni vagy teljesen megszüntetni a takarmányban. Ilyen alapanyag volt a CGF, mely

csökkentése igazolhatja a tej AFM₁ csökkenését. A CGF AFB₁ tartalma ugyan nem indokolta az AFM₁ értékét, de számolni lehetett még a szilázs, szenázs terheltségével is.

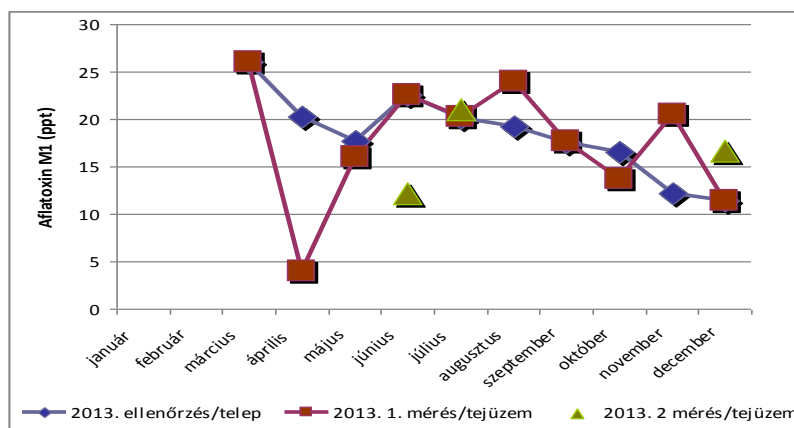


19. ábra: Ellenőrzött 2. telep aflatoxin M₁ vizsgálati eredményei 2013-2014 telepi ellenőrzés.

A csökkentést okozhatta a takarmányba kevert toxinkötő is, mely a szakemberek szerint jelentős mértékben képes volt megkötni a takarmány (TMR) toxinját, így az nem választódott ki a tejjel (I. 14.). Az alkalmazott toxinkötő fő összetevője bentonit- kovaföld keverék volt.

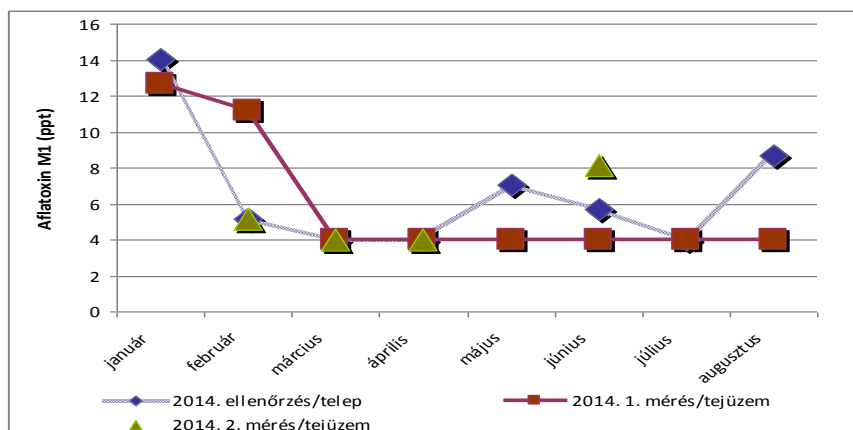
4.4. Vizsgált telep és a feldolgozó tejüzem ellenőrzéseinek elemzése

A vizsgált telep a friss tejet az általam vizsgált tejüzembe szállítja, naponta kétszer. A tejüzem átvételkor a nyers tejet ellenőrzi minden alkalommal, érzékszervileg és mikrobiológiai paraméterekre. Az AFM₁ vizsgálatokat szűrőpróbaszerűen végzik, melyről a beszállítót utólag tájékoztatják. Az ellenőrzések gyakorisága havonta minimum egy, de több ellenőrzés is történhet. A takarmányozás folyamatos megfelelősége alapvető, hiszen ez nagymértékben befolyásolja a tej AFM₁ tartalmát. Mivel a vizsgálatok ideje nem publikus, így a beszállítónak sem érdeke, hogy penészes, rossz minőségű takarmányt etessen kockáztatva, egy magas toxin szint megjelenését.



20. ábra: szarvasmarha telep és a tejüzem aflatoxin M₁ vizsgálati eredményei, 2013-ban.

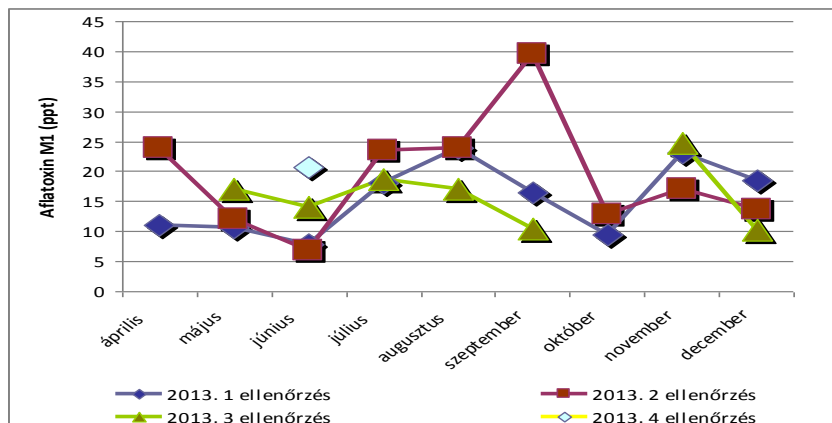
A 2. telep és a tejüzemi ellenőrzésből származó tej esetében 2013-ban megközelítőleg azonos toxintartalmat mutattak ki (20. ábra), az április és a novemberi hónapok kivételével. A telep tejvizsgálatának átlag értéke 2013-ban ~18,4 ng/kg, a tejüzem által ellenőrzött telepi tej első ellenőrzés átlag értéke ~ 18,5 ng/kg, a második ellenőrzés ~16,6 ng/kg. A három érték közötti különbség minimális volt. 2014 - év első hónapjában magasabb toxin szintet mértek, ami az év folyamán folyamatosan csökkent. Míg 2013-ban a vizsgálatok ~4,3% -a volt <5 ng/kg, addig 2014-ben a vizsgálatok ~55%-a. Ebben az évben a minták ~15%-a nem sokkal a kimutathatósági határ fölött volt. Az átlagértékeket összehasonlítva, minimális eltérés volt a telepi és a tejüzemi vizsgálatok között. 2014 telepi ellenőrzés átlaga ~ 6,94 ng/kg, a tejüzemi első ellenőrzés ~6,72 ng/kg, a tejüzemi második ellenőrzés átlaga ~ 5,8 ng/kg. Az átlagértékek számításánál a <5 érték esetén 5-tel számoltam, mivel, ha a <5 ng/kg nulla értéknek tekintem, akkor a tejüzemi ellenőrzések eredményei sokkal magasabbak lettek volna, annak ellenére, hogy sok volt a kimutatási határ alatti toxin szint. A 21. ábrán látható, hogy 2014-ben sok esetben volt a kimutatási határ alatti toxin szint, melyet 4 értéként ábrázoltam, mert így látható a különbség.



21. ábra: Tejüzembe szállított telepi tej és a telep ellenőrzése 2014

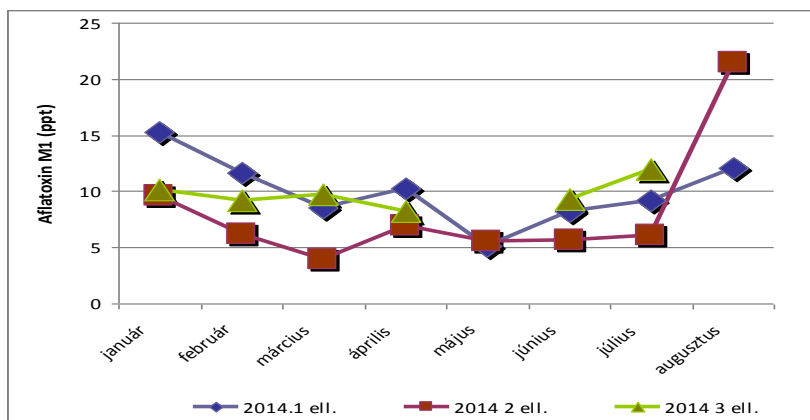
4.5. Tejüzem aflatoxin M₁ vizsgálatai, beszállítók ellenőrzése

A tejüzem, amelybe a vizsgált 2. telep is beszállít, nemcsak a beszállítások alkalmával, ellenőrizték a nyerstejet, hanem a tartályba helyezés után, feldolgozás előtt is. Az üzemben a folyamatos, tervezett AFM₁ vizsgálatok 2013. áprilisban kezdődtek. A vizsgálatok gyakorisága havonta minimum kettő volt, de inkább többször végeztetett vizsgálatot az üzem. Az üzemi tároló silóból vett átlagminta 2013-as adatait a 22. ábra tartalmazza, a <25ng/kg értéket az ábrán 24-nek ábrázoltam. Adatokat az V. melléklet tartalmazza.



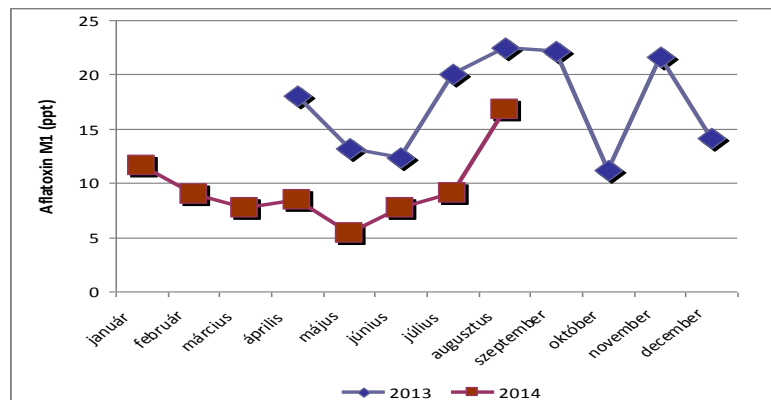
22. ábra: Tejüzem tároló silókból vett átlagminta aflatoxin M₁ ellenőrzés 2013.

A szeptemberi második ellenőrzése során mérték a legmagasabb toxin szintet a vizsgált két évben. Ez még határérték alatt voltak, de látványosan kiemelkedtek a 2013-as és 2014-es év adatai közül. Az azonos hónapon belül mért minták eredményei is mutattak eltérést, a legnagyobb szórás az említett szeptemberi hónapban volt, de kisebb nagyobb eltérés minden hónapot jellemzett. Nem lehet kijelenteni, hogy mindig csak az első, második, stb. mérés eredménye volt magasabb, mint a többi. Ez is alátámasztja a szűrőpróbaszerű ellenőrzések fontosságát. 2014-ben a toxin szintek alacsonyabbak voltak, mint 2013-ban, bár augusztus hónapban, a második mérésnél volt egy kimagasló eredmény (23. ábra).



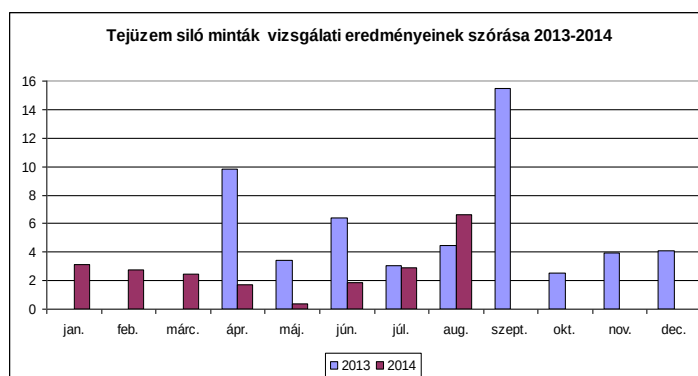
23. ábra: Tejüzem tároló silókból vett átlagminta aflatoxin M₁ ellenőrzés 2014.

A mérések átlagait kiszámítottam úgy, hogy nem vettem figyelembe a <mint tartományt. Ezzel számolva viszont annyi a gond, hogy a maximum értékkel számoltam, pl. <25 esetén, 25 ng/kg, de mért érték ettől kevesebb volt. A 24. ábrán ezeket az értékeket 24-el jelöltem, megközelítőleg így kaptam információt az átlageredményekre vonatkozóan.



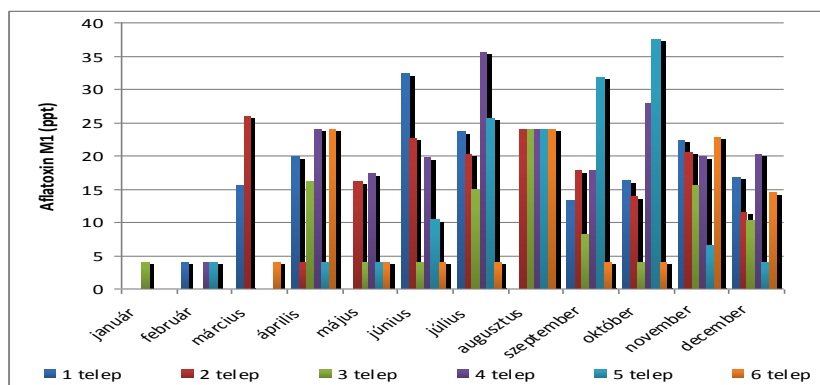
24. ábra: Aflatoxin M₁ 2013-2014 átlageredmények a tejüzem siló minták ellenőrzése alapján.

A 24. ábrán látható, hogy a 2013-ban az AFM₁ értékek magasabbak voltak, mint 2014-ben. Az átlagolt hónapok eredményeit éves szintre átlagolva a 2013-ban az AFM₁ tartalom 17,25 ng/kg, míg a 2014-ben 9,47 ng/kg volt, vagyis megközelítőleg felére csökkent a toxin szint. Az azonos hónapon belül mért minták eredményei több - kevesebb, eltérést mutattak egymáshoz képest. Az adott hónapon belül mért vizsgálati eredmények szórása (25. ábra) a legnagyobb eltérést a 2013. április és szeptember mutatta. 2014 év közepétől mind a toxin szintekben, mind a vizsgálati eredmények szórásában folyamatos emelkedés volt megfigyelhető.



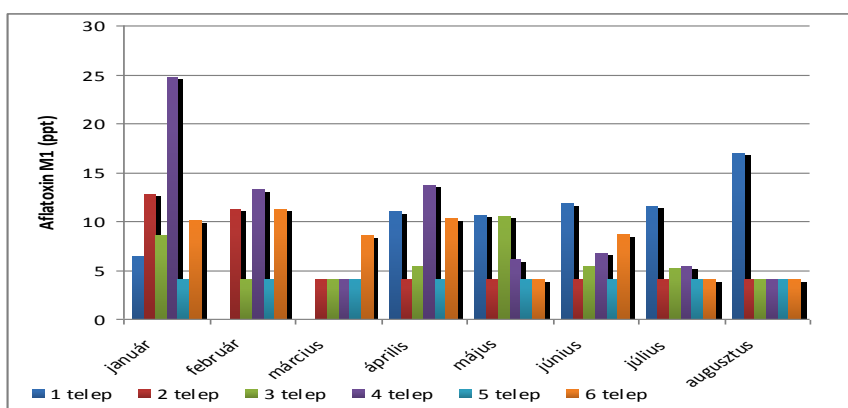
25. ábra: Tejüzemi siló minták vizsgálati eredményeinek szórása 2013-2014

A vizsgált tejüzembe több telepről kerül beszállításra a nyers tej. A tej ellenőrzése folyamatos, az AFM₁ ellenőrzés szűrőpróbaszerű volt. A hat beszállító telep tej vizsgálatait a beszállítás hónapjában minimum egy alkalommal a tejüzem vizsgálhatta. A mintavétel során egyedi azonosítót használtak, gondoskodtak a megfelelő mintakezelésről. A vizsgálati eredményeket telepenként, adott hónapra átlagoltam. A < mint értékeket itt is alapértéknek tekintettem, átlagszámítás miatt.



26. ábra: Beszállítónként átlag aflatoxin M₁ tartalom 2013 tejüzem ellenőrzése.

A 26. ábrán jól látható, hogy melyik hónapban melyik telep mintái voltak < 5 ng/kg, azaz a kimutathatósági határ alatt, ezt az ábrán 4-es értéként jelöltem. Az évet értékelve a legmagasabb értékek különböző telepeken voltak, de a legtöbbször a 4. telepnek volt magasabb a toxin szintje a többi beszállítóhoz képest több alkalommal is. A legkevesebb AFM₁ tartalmú tej a 6. telepről származott, itt a beszállítások ellenőrzésének ~50%-a <5 ng/kg, az 5 telepről ~40% a kevesebb, mint 5 ng/kg volt.



27. ábra: Beszállítónként átlag aflatoxin M₁ tartalom 2014

A beszállítók tejmintáinak 2014. év eredményei alapján (27. ábra), az AFM₁ tartalom sokkal alacsonyabb volt (átlagosan ~ 15,37 ng/kg), mint előző évben (átlagosan 7,74 ng/kg). 2014-ben sokkal több volt a < 5 ng/kg alatti érték is.

A legmagasabb AFM₁ értéket 2014-ben, az 1. telep által beszállított tej átlaga (~11,37 ng/kg) mutatta, ahol nem volt <5 ng/kg alatti toxin szint a vizsgált időszakban. A 4 telep által beszállított tej toxin szennyezettsége az előző évi ~ 20,62 ng/kg szinthez képest jelentősen csökkent ~ 9,5 ng/kg –ra. A legkevesebb toxin tartalmú tej az 5 telepről származott, ahol a vizsgált időszak ellenőrzéseinek ~ 87,5%-a <5 ng/kg volt.

A tejüzem beszállítóinak AFM₁ 2013-2014 év eredményeit a VI. melléklet tartalmazza.

Határértéket meghaladó érték nem volt.

4.4. Független külső laboratórium aflatoxin M₁ vizsgálatainak elemzése

Egy akkreditált laboratórium a rendelkezésemre bocsátotta a 2013-2014 évek AFM₁ vizsgálati eredményeit. A 2014 évben a vizsgálatok augusztus közepéig állnak a rendelkezésre. A vizsgálatok többsége jellemzően 2013. február és augusztus hónapban történtek (7. táblázat), ezen időszak alatt került bevizsgálásra az összes minta ~ 87% -a. A két év azonos időszakát vizsgálva több mint 50%-al kevesebb vizsgálat volt 2014- ben az előző évhez képest. Ennek több oka is volt, egyrészt a tejbotrányok napvilágot láttak, sok termelő, feldolgozó a megelőzést választotta, vizsgálatokat végeztek. Másrészt jogszabály írta elő, hogy állami támogatás járt a vizsgálatokra valamint a toxinnal terhelt tej megsemmisítésére. A támogatás csekély mértékben kártalanította a gazdákat a díjak értékének 50%-ig. A vizsgálatokat a felügyelő hatóságok is ellenőrizték a telepeken, feldolgozó egységeknél.

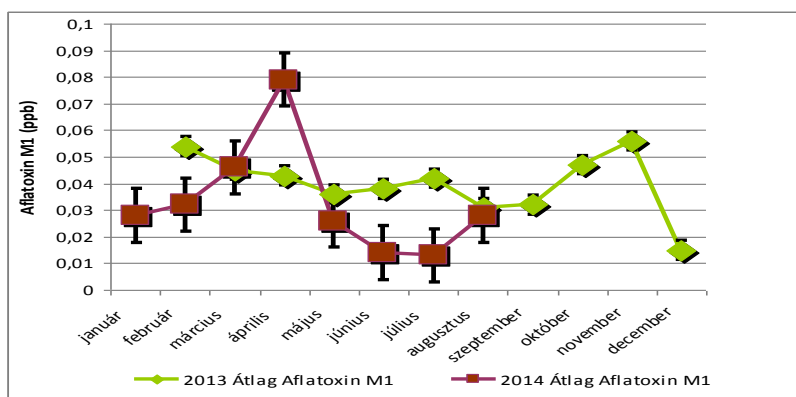
7. táblázat Aflatoxin M₁ vizsgálatok száma a vizsgált laboratóriumban 2013-2014

	aflatoxin M ₁ vizsgálati mintaszám (db)											
	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
2013	na	255	585	278	137	69	101	171	73	77	77	8
2014	85	62	146	70	68	54	60	18	na	na	na	na

A vizsgálatok mért értékeit adott év adott hónapjára átlagoltam, mely értékeit a 8. táblázat tartalmazza. Az értékelés ~1,5 év vizsgálatainak eredményei alapján végeztem ~ 2394 mérés alapján.

8. táblázat: Laboratórium mért átlagos aflatoxin M₁ eredmények 2013-2014

	aflatoxin M ₁ (ppb)											
	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
2013	0	0.05	0.045	0.04	0.036	0.038	0.042	0.031	0.032	0.047	0.056	0.015
2014	0.03	0.03	0.046	0.079	0.026	0.014	0.013	0.028	na	na	na	na



28. ábra: Laboratórium átlag aflatoxin M₁ értékei 2013-2014

A legmagasabb átlag érték meglepően 2014 áprilisában volt, mely egy átlagnál magasabb vizsgálati eredmény miatt alakult így. 2013. február és november hónapban volt még emelkedettebb az eredmény, de ezek is még jóval a határértékek alatt voltak. Az évek átlag értékei alapján 2013- ban 0,037 $\mu\text{g/kg}$, míg 2014-ben 0,033 $\mu\text{g/kg}$ volt. A két év átlag eredményei között alig volt különbség, azonban ha a 2014. áprilisi eredményeit kihagyom az átlagszámításból, akkor $\sim 0,026 \mu\text{g/kg}$ értéket kaptam. Így jelentősebb különbség mutatkozott a két év átlag értékei között (28. ábra) jól szemléltet. A vizsgálati eredmények között sok eredmény $<0,005 \mu\text{g/kg}$ volt, melyet a vizsgált minták számához viszonyítva %- os értékben rögzítettem (9. táblázat).

9. táblázat: Aflatoxin $M_1 < 0,005 \mu\text{g/kg}$ %-os megoszlása

	Aflatoxin $M_1 < 0,005 \mu\text{g/kg}$ (%)											
	Jan.	Feb.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
2013	0	4.71	6.67	5.76	6.57	10.14	1.98	14.62	17.81	10.39	10.39	37.50
2014	10.6	12.9	26.03	14.3	13.24	18.52	23.33	0	na	na	na	na

A kimutatási határ alatt lévő eredmények megoszlása eltérő, 2013 –ban átlagosan a vizsgált minták $\sim 10,5\%$, míg 2014-ben a vizsgált mintaszám $\sim 16,9 \%$ -a volt kevesebb a kimutatási határnál (9. táblázat) jól látható, hogy 2013 augusztusától eltérő mértékben, de emelkedik a teljesen negatív eredmények száma, mely 2014 néhány hónapjában a vizsgált mintaszámok $\sim 25\%$ -át elérte. Tehát a vizsgálati mintaszámok csökkenése azzal is magyarázható a 2013 augusztusa után nem volt magas aflatoxin szennyezettség a vizsgált tejmintáknál. A szűrőpróbaszerű ellenőrzéseket azonban elvégeztetik a termelők és a gyártók.

Következtetések és javaslatok

A klímaváltozás az általam vizsgált több mint tíz év elemzett adatai alapján egyértelműen igazolható. A vizsgálat során a 25°C feletti napok és a hozzá tartozó hőmérséklet, csapadék mennyiségét elemeztem Magyarország régióinak, hét mérőállomás adatai alapján. 2007-től jelentősen emelkedett a hőmérséklet és a csapadék mennyisége a korábbi időszakhoz képest, illetve ugrásszerűen megemelkedett a 25°C feletti napok száma. Periódikusan változott a hőmérséklet, de a csapadék mennyisége nem. A 2012 évben volt a legmagasabb a hőmérséklet az elemzett tíz év alatt, 2004-hez képest több mint 60%-al volt több napon a hőmérséklet 25°C felett, mindehhez a tíz év harmadik legtöbb csapadéka tartozott. Ezekkel az adatokkal alátámasztható, hogy az aflatoxin megjelenését egyértelműen segítette az időjárás kedvezőtlen változása. A szélsőség 2013-ban folytatódott, amikor az elemzett időszakban az átlagosan a legkevesebb csapadék esett ~40-50%-al kevesebb, mint korábban. Ennek eloszlása régióként eltért, sőt Észak-Magyarország régióban négyszer annyi csapadék volt, mint az Észak-Alföldi régióban. Három régióban (Észak-Alföld, Közép-Magyarország, Nyugat-Dunántúl) a tíz év legkevesebb csapadéka ebben az évben volt. 2014. 1-7 hó adatai már igazolták, hogy átlag feletti csapadék mennyiség realizálható az idei évben, mely egyéb toxinok emelkedését okozhatja. A klímaváltozás miatt az aflatoxin termelődését a déli régiókra vonatkoztatták, melyet a Dél-Alföld adatai alátámasztanak, hiszen a több mint tíz adata alapján a legmagasabb hőmérséklet, legtöbb 25°C fölötti nap és jelentős csapadék mennyiség igazolható, kiugró hőmérséklet és csapadék mennyiségekkel. Egyértelműen az időjárásban bekövetkezett változást nem lehet csak a déli régiókra realizálni, hiszen átlag fölötti hőmérsékletet és napok számát mutatta a Közép-Magyarország, Közép-Dunántúl régió is. A 2012 évi aflatoxin botrányokból kiindulva, ezekből a régiókból is származtak aflatoxinnal terhelt termékek (kukorica, tej). Mivel ennyire szélsőséges az időjárás, mindent el kell követni a szántóföldi növénytermesztésben, hogy megelőzzük vagy minimálisra csökkentsük a penészgombák megtelepedését, túlélését. Számos tényező van még, mely növelheti a toxintermelődést, mint az idei év kései kukorica betakarítása, magas nedvességtartalom mellett. A hazai felhasználású alapanyagok közül, melyek AFB₁ forrásai lehetnek határértéket meghaladó mennyiségben nem voltak kimutathatóak az elemzett vizsgálatok során. A kukorica, amely az egyik legnagyobb volumenben felhasznált alapanyag az országban, a vizsgált Észak-Alföld régióban negatív volt mind a két vizsgált éven. A kukorica melléktermékekben már mérhető volt az AFB₁ ELISA és HPLC módszerrel is,

hiszen a kukorica melléktermékek, koncentráltan tartalmazták az AFB₁ toxint. Fontos, hogy a jövőben a felhasználási helyeken ezeknek a termékeknek a bedolgozhatósági %-át optimalizálni kell, a cél állatcsoport érzékenysége és a toxintartalomnak megfelelően. Az időjárás alakulása miatt egyre jobban indokoltá vált olyan fajták nemesítése, amelyek tolerálni tudják a szélsőséges viszonyokat. *Aspergillus* rezisztens fajtákkal lehet az aflatoxin szennyeződés további terjedését mérsékelni. Az élelmiszerbiztonság tovább fokozható lenne már a szántóföldön, ahol az alkalmazott vegyszerektől a vetőmagig, az elvégzett szántóföldi műveletekig oktatásokat lehetne tartani, a veszélyek fokozott következményeiről. A jövőben indokoltá válhat a rövid(ebb) tenyészedejű kukoricák vetésének használata, hogy elkerülhető legyen a magas nedvességtartalma, kései kukorica betakarítás, hiszen ez egy stressz faktor a toxin termelődéséhez. Az idei év a példa rá, hogy hiába lehetett tavasszal a szántóföldi munkákat, vetést időben elkezdni, a betakarítás mégis később kezdődött, mint tavaly, a szélsőséges időjárások miatt.

A két elemzett évben (2013-2014) takarmány alapanyagokban kimutatható volt a toxin terheltség, de határérték alatt, illetve látványosan kevesebb volt a 2014-ben felhasznált alapanyagok toxin szintje. Ezek a tendenciák a tejvizsgálatok során is igazolhatóak. A vizsgált szarvasmarha telep által termelt tej AFM₁ szintje a vizsgálatok kezdetéhez képest folyamatosan csökkent, 2014-ben megközelítőleg fele annyi AFM₁ volt mérhető a tejben, mint 2013 évben. A 2013 évben nem volt kimutatási határ alatt mért érték (<5ng/kg), addig 2014-ben ~ 37%-a a vizsgálatoknak, további ~25% éppen a kimutathatósági határ fölött voltak.

A toxinkötők alkalmazása segítheti a toxinok megkötését, esetleg lebontását, ezért annak alkalmazása javasolt, főként, ha ismertén magasabb a toxin tartalom. Mivel a jövőben is számolni lehet szennyezéssel, ösztönözni és támogatni kellene a feldolgozó helyeken történő AFM₁ gyorsmódszerekkel történő ellenőrző mérés alkalmazását. A tej aflatoxin szennyezettségét ellenőrizni kell, hogy biztonságos termék előállítás és forgalmazás megvalósítható legyen. A gyermekek védelme érdekében ugyan alacsonyabb a maximális megengedhető aflatoxin szint, de nincs szabályozva a gyermekek által kedvelt tejdesszertek határértékei, melyet a jövőben érdemes lenne felülvizsgálni.

Összefoglalás

Élelmiszerbiztonság szempontjából a mikotoxinok ellenőrzése kiemelt fontosságú feladat a termelés, feldolgozás minden fázisában. A mikotoxinok a penészgombák által termelt olyan mérgeanyagok, melyek veszélyt jelentenek az egészségre, jelentős mértékben befolyásolják a termelési mutatókat. A penészgombák a környezetben bárhol megtalálhatóak, de toxintermelés csak optimális környezeti feltételek mellett következik be. A mikotoxinok száma folyamatosan emelkedik, jelenleg megközelítőleg 350 különböző toxint írtak le.

A klímaváltozásnak köszönhetően, Magyarországon is számolni kell olyan toxinok jelenlétével, amelyek eddig nem voltak jellemzőek. Az aflatoxin terjedésének kedvez a felmelegedés. Több mint tíz év magyarországi adatot elemezve, igazolható a hőmérséklet emelkedése, a változó csapadék mennyiség, továbbá a 2012. évi aszály. Az aflatoxin az egyik legveszélyesebb mikotoxin, mely igen kis mennyiségben is megbetegedést okozhat, mutagén, karcinogén, májkárosító, sőt aflatoxinnal nagymértékben szennyezett élelmiszer fogyasztása letális is lehet. Az aflatoxinok szerkezetileg és toxicitás szerint eltérőek. Aflatoxin maximálisan megengedhető határértéke az EU-ban a legszigorúbb. Az élelmiszer és takarmánybiztonsági rendszerek által megkövetelt veszélyelemzésben CCP pont a mikotoxin, főként az aflatoxin B₁, M₁. Az aflatoxinok stabil vegyületek a B₁ mennyisége csak kismértékben csökkenthető fizikai, vagy kémiai módszerekkel, így a megelőzés a legfontosabb, melyet már a szántóföldön el kell kezdeni. A 2012. évi tejbotrányok alátámasztják, hogy az *Aspergillus* fajok hazánkban is képesek aflatoxin termelésre. A szennyezés lehetséges hazai forrásai kukorica, kukorica melléktermékek (CGT, DDGS, KTL, stb.), tömegtakarmányok, szalastakarmányok.

Az általam vizsgált Észak-Alföldi régióban a kukorica AFB₁ tartalma <1 µg/kg volt. A koncentrált termékek, mint CGF, DDGS tartalmazott ugyan AFB₁-et, de határérték alatt maradtak. A szarvasmarhák esetén kiemelt fontosságú a takarmánnyal bevitt AFB₁ mennyisége, melynek ~ 2-6% -a a tejben M₁ formában jelenik meg. Az általam vizsgált telep és tejüzem AFM₁ tartalma határérték alatt volt. A jövőben fontos feladat a toxin szennyezettség felmérése megfelelő mintavételi és vizsgálati módszerekkel, hiszen eredmények függvényében lehet a csökkentés alternatíváit megválasztani.

Irodalomjegyzék

- AMBRUS Á.- SZEITZNÉ SZABÓ M.:2010, Gabona alapú termékek mikotoxin szennyezettségének élelmiszer-biztonsági értékelés. Élelmiszer Tudomány Technológia. Budapest. LXIV. évf. 1. szám 10-14.p.)
- BALLA CS. –SIRÓ I. 2007. „a” Élelmiszer-biztonság és minőség II. Élelmiszer-technológiák. Mezőgazda kiadó, Budapest, 93-103.p
- BALLA CS. –SIRÓ I. 2007. „b” Élelmiszer-biztonság és minőség I. Alapismeret. Mezőgazda kiadó, Budapest, 124-146.p.
- BÁRDOS B.E. : 2013, Aflatoxin- menedzsment három lépésben. Magyar mezőgazdaság (68.évf.) 26. sz. 34-36p
- BÍRÓ G. - BÍRÓ GY., 2000. Élelmiszer-biztonság táplálkozás- egészségügy. Agroinform kiadó, Budapest, 90-93.p.
- CSAPÓ J.-CSAPÓNÉ K.Zs.:2003. Élelmiszer-kémia. Mezőgazda kiadó, Budapest,400-401.p.
- DEÁK T.:2006. Élelmiszer mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest,125-132.p.
- DOBOLYI ,CS.-SEBŐK F.-VARGA J.: 2011. Aflatoxin-termelő Aspergillus flavus törzsek előfordulása hazai kukorica szemtermésben. Növényvédelem. 47, 127-133. p.
- DUBLECZ K.: 2011, Takarmányozástan. Egyetemi jegyzet 66-69 p.
- FARKAS J. et al: Kárpát medence éghajlatváltozásának hatása az élelmiszerbiztonságra. Magyar Tudomány (174. évf.) 2013/2 szám. 147-157 p.
- FÁBIÁN J.:2008. A szárított gabonatönköly (DDGS) felhasználhatósága a gazdasági állatok takarmányozásában. Állattenyésztés. 4.sz. 128-130p.
- GASZTONYI K.-LÁSZTITY R.:1992. Élelmiszer-kémia 1. Mezőgazda kiadó,Bp., 691-693p.
- Ismeretlen szerző 2013. Oldjuk meg a többi problémát is az aflatoxin mellett. Agronapló, (17. évf.) 3.sz.116.p.
- JÁVOR A.-SZIGETI J.,2011)Termékminősítés és termékhygiéniai. Egyetemi jegyzet 18-22 p.
- KOVÁCS SZ. – PUSZTAHELYI T. – BORBÉLYNÉ V. M. 2014. az aflatoxin képződés mezőgazdasági termékeken. Agrártudományi közlemények, 56: 67-71. p.
- KUMAGAI S. 1989: Intestinal absorption and excretion of aflatoxin in rats Toxicol Appl Pharmacol. 1989, 97 (1):88-97.)
- MÉZES M.:2009. Takarmánytoxikológia. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 56-67.p.
- RATERS 2008: Raters, Matissek, Mycotoxin Res. 24, 130-134 (2008)

RICHARD J. 2000.Sampling and Sample Preparation for Mycotoxin Analysis. In: RomerLabs Guide to Mycotoxins,Anytime Publishing Services,Leicestershire,England.6- 8 p.

SALMA I.:2012. Környezetkémia. Typotex kiadó, Tankönyvtár.332.p.

TANYI E., JAKAB G.,LIMERT I. :2012, Az aflatoxinok kimutatása és az ellenük való védekezés lehetőségei. Holstein magazin (20) 6.sz. 16-22p.

TRAGER1967, STOLOFF J. Agr. Food Chem. 15. 679-681 (1967)

WHITAKER. T.B., DICKENS J.W.,MONROE R.J.:1974, Variability of aflatoxin test results. Journal of the american oil chemists society, Vol. 51, No.5, 214-218 p.

YANG 1972: Yang, Appl. Microbiol. 24. 885-890 (1972)

I.1.<http://www.food-info.net/uk/tox/afla.htm>

I.2.http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Aflatoxin+M1&lang=1

I.3.http://www.plantpath.cornell.edu/labs/nelson_r/A_flavus3.html

I.4.www.knowmycotoxins.com/hu/documents/AsherHU_Fink_000.pdf

I.5.http://www.nebih.gov.hu/akadalymentes/aktualitasok/hirek/archivum/2013_hirek_kozlemenyek/03_27_aflatoxin_tajekoztato.html

I.6.https://hu.wesslinggroup.com/fileadmin/media/Hungary/Aflatoxin_WESSLING_Mintavetel_Szipola.pdf

I.7.<http://www.hungrana.hu/hu/products/46/48/corngold-232-234-236-cgf>

I. 8. <http://www.knowmycotoxins.com/hu/documents/AskTheExpert-NickAdams-HUN.pdf>

I.9.www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:159:0007:0024:HU:PDF

I.10.www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:050:0008:0012:HU:PDF

I.11.<http://www.mezohir.hu/mezohir/2013/03/celkeresztben-az-aflatoxinok/>

I.12.http://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/eki/szakmai_sarok/biologiai_veszelyek/aflatoxin.html

I.13.http://www.knowmycotoxins.com/hu/documents/FeaturedExpert_Santin2HU_-_000.pdf

I.14.<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/22e.pdf>

I.15.<http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/aflatoxin/aflatoxin.html>

I.16.<http://www.intechopen.com/books/aflatoxins-biochemistry-and-molecular-biology/a-review-of-aflatoxin-m1-milk-and-milk-products>

I.17.<http://www.garj.org/garjcms/pdf/2012/december/Saini%20and%20Kaur.pdf>

I.18. http://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_r%C3%A9gi%C3%B3i

ISO 22000, GMP Plus előírásai

Mellékletek

I. melléklet: Régiók átlag hőmérsékleti adatai 2004-2014 (Me.:°C)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Közép-Magyarország	28.2	28.1	29	30.5	29.1	28.7	29.1	29	30.4	30.2	28.9
Észak-Alföld	27.8	27.9	28.7	29.8	28.5	28.6	28.9	28.7	29.9	29.1	28.9
Közép-Dunántúl	28.4	28.4	29.4	30.1	29.4	29	29.2	29	30.5	29.9	28.8
Észak-Magyarország	27.6	27.9	28.8	29.7	28.4	28.1	26.3	28.4	29.6	28.9	28.9
Nyugat-Dunántúl	27.8	27.6	29.4	29.7	28.4	27.9	28.8	28.2	29.8	29.7	28.2
Dél-Dunántúl	28.2	27.6	29.2	29.5	28.7	28.4	28.7	28.7	30.3	29.3	28
Dél-Alföld	28.7	28	29.2	30.6	30	29.2	29.2	29.6	30.7	29.7	28.5
Átlag hőmérséklet Összes régió	28.1	27.9	29.1	30.0	28.9	28.6	28.6	28.8	30.2	29.5	28.6
Szórás	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	1.0	0.5	0.4	0.5	0.4

*1-7 havi adat

II. melléklet: Észak-Alföld régió átlag adatai 2004-2014

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Észak-Alföld átlag hőmérséklet	27,8	27,9	28,7	29,8	28,5	28,6	28,9	28,7	29,9	29,1	28,9
Észak-Alföld 25°C feletti napok	63	65	70	96	85	112	69	97	114	88	48
Észak-Alföld összes csapadék	199	111,6	87,2	173,2	123,3	104,1	142,1	109,3	137,7	38,5	67,7

*1-7 havi adat

III. melléklet: 2012 év átlag adatai régióként.

	Átlag hőmérséklet	25°C feletti napok	Összes csapadék
Közép-Magyarország	30.4	109	161.2
Észak-Alföld	29.9	114	137.7
Közép-Dunántúl	30.5	108	135.1
Észak-Magyarország	29.6	98	223.1
Nyugat-Dunántúl	29.8	88	207.6
Dél-Dunántúl	30.3	102	106.5
Dél-Alföld	30.7	120	115.4

IV. melléklet Alapanyagok AFB₁ vizsgálati eredménye ELISA módszerrel

		vizsgálatok száma (db)	érték <0 (db)	érték >0 (db)
Aflatoxin B ₁	Árpa	15	15	0
	Búza	17	17	0
	Repce	5	5	0
	Napra	5	5	0
	Extrudált szója	5	5	0
	Extrahált szója	5	5	0
	Lucerna	5	5	0

V. melléklet Tejüzem tároló silókból vett átlagminta aflatoxin M₁ ellenőrzés 2013-2014.

	aflatoxin M1 (ppt)*											
	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
2013. 1 ellenőrzés	na	na	na	11.11	10.62	7.92	17.99	<25	16.57	9.38	23.14	18.48
2013. 2 ellenőrzés	na	na	na	<25	11.96	6.78	23.59	<25	39.53	12.94	17.17	13.61
2013. 3 ellenőrzés	na	na	na	na	17.12	14.14	18.69	<17.25	10.39	na	24.62	10.28
2013. 4 ellenőrzés	na	na	na	na	na	20.7	na	na	na	na	na	na
2014.1 ellenőrzés	15.24	11.68	8.52	10.28	5.1	8.19	9.14	12,09	na	na	na	na
2014 2 ellenőrzés	9.61	6.15	<5	6.92	5.6	5.67	6.14	21,43	na	na	na	na
2014 3 ellenőrzés	10.11	9.21	9.69	8.21	0	9.26	11.92	na	na	na	na	na

*,na=nincs adat”

VI. melléklet Tejüzem beszállítóinak aflatoxin M₁ vizsgálati eredményei 2013-2014

1. telep	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
2013/1. ell.	na	<5	15,43	19,86	na	32,33	23,58	na	13,34	16,19	22,29	16,7
2013/2. ell.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
2014/1 ell	6,41	na	na	10,9	10,57	11,76	11,56	16,95				
2 telep												
2013/1. ell.	na	na	25,98	<5	16,01	22,57	20,23	<25	17,67	13,77	20,57	11,47
2013/2. ell	na	na	na	na	na	12,16	20,97	na	na	na	na	16,68
2014/1. ell	12,65	11,16	< 5	< 5	<5	<5	<5	<5				
2014/2. ell	na	5,13	<5	<5	na	8,13	na					
3 telep												
2013/1. ell.	<5	na	na	16,09	<5	<5	14,97	<25	7,97	<5	15,36	10,2
2013/2.ell	na	na	na	<25	na	6,24	11,94	13,31	<5	7,68	22,41	5,32
2014/1.ell	8,5	<5	<5	5,3	10,44	5,28	5,22	<5	na	na	na	na
2014/2..ell	<5	5,19	7,47	5,82	15,65	5,81	<5	na	na	na	na	na
4 telep												
2013/1. ell.	na	<5	na	<25	17,28	19,65	35,6	<25	17,67	27,9	19,86	20,1
2013/2. ell.	na	na	na	na	na	19,11	20,73	27,94	20,14	35,28	20,25	8,55
2014./1. ell	24,67	13,21	<5	13,7	5,95	6,68	5,28	<5				
2014/2. ell	18,53	11,74	12,26	5,57	14,41	na	<5					
5. telep												
2013/1. ell.	na	<5	na	<5	<5	10,37	25,62	<25	31,83	37,49	6,33	<5
2013/2. ell	na	na	na	na	na	23,07	na	<5	11,13	9,08	5,65	<5
2014/1. ell	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5				
2014/2. ell	<5	<5	9,12	<5	<5	<5	<5					
6. telep												
2013/1. ell.	na	na	<5	<25	<5	<5	<5	<25	<5	<5	22,76	14,39
2013/2. ell	na	na	na	na	na	14,46	<5	26,59	<5	<5	27,55	5,69
2014/1. ell	10,04	11,2	8,46	10,28	<5	8,57	<5	<5				
2014/2. ell	<5	11,18	9,32	<5	<5	6,41	<5					

Nyilatkozat

Tóthné Horváth Ilona büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a diplomadolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, az irodalmi források korrekt kezelésének módját a szabályzatból megismertem, a diplomamunkára vonatkozó jogszabályokat betartottam. Tudomásul veszem, hogy ezen követelmények megszegése esetén a dolgozatom visszautasításra kerül.

.....
aláírás

Születési idő:1977.03.05.