



Frecskáné Csáki Katalin, Szeitzné Szabó Mária, Szerleticsné Túri Mária¹

Érkezett/Received: 2013. november/November – Elfogadva/Accepted: 2014. január/January

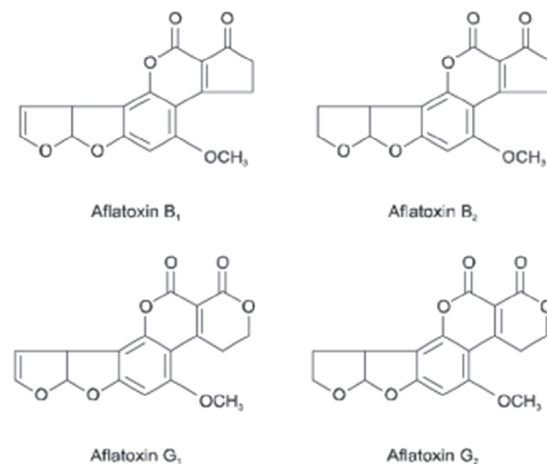
Az aflatoxinszennyezettség csökkentésének lehetőségei az élelmiszerláncban

Összefoglalás

Az aflatoxinok különböző *Aspergillus* penészgombafajok által termelt mikotoxinok. Az aflatoxinok genotoxikus karcinogén anyagok, amelyek elsősorban a máj daganatos betegségének kockázatát növelik meg. Korábban elsősorban a trópusi országokból származó növényi termékek (pl. földimogyoró, pisztácia, szárított gyümölcsök, fűszerek) aflatoxinszennyezettségével kellett csak számolnunk Magyarországon. Az éghajlatváltozásnak köszönhetően azonban mára már a hazai kukoricában is számítani kell az aflatoxin megjelenésére. Amennyiben a tejelő tehének aflatoxin B₁ tartalmú takarmányt fogyasztanak, tejükben annak metabolitja, az aflatoxin M₁ megjelenik. A tej és tejtermékek aflatoxin tartalma hatékonyan úgy csökkenthető, ha a takarmány aflatoxin tartalmát alacsony szinten tartjuk. Jelen tanulmány összefoglalja az aflatoxin egészségügyi kockázatát, a termelődésére ható tényezőket, azokat a módszereket, amelyekkel az *Aspergillus* penészgombák szaporodása és toxintermelése hatékonyan csökkenthető, valamint a hatóság eszköztárát. Ezeknek köszönhetően biztosítható, hogy a lakosság olyan élelmiszerekhez jusson, amelyek esetleges aflatoxin szennyezettsége a határértéket nem haladja meg.

Bevezetés

A mikotoxinok különböző penészgombák által termelt másodlagos anyagcseretermékek, amelyek elfogyasztva, azok mennyiségétől és a fogyasztás időtartamától függően, az állati és emberi szervezetre egyaránt toxikus/mérgező hatást fejtenek ki. Közülük talán a legsúlyosabb problémát okozó mikotoxinok az *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* és *Aspergillus nominus* gombák által termelt aflatoxinok. Az aflatoxinokat először az 1960-as évek elején azonosították, amikor Angliában váratlanul több mint száz ezer pulyka súlyosan megbetegedett és elpusztult. A vizsgálatok kimutatták, hogy a földimogyorólisztet tartalmazó takarmányban lévő *Aspergillus flavus* penészgomba által termelt toxin okozta az állatoknál a mérgezést [1]. Ezt az anyagot aflatoxinnak nevezték el, utalva a gomba nevére (A- *Aspergillus*, FLA- *flavus*, TOXIN). Azóta már több hasonló kémiai szerkezetű aflatoxint azonosítottak, amelyeket fluoreszcens tulajdonságaik alapján különböző nagybetűkkel jelölnek (B=blue, G=green) [2]. Az 1. ábra az élelmiszerekben leggyakrabban előforduló *Aspergillus* fajok által termelt aflatoxinok kémiai szerkezetét mutatja.



1. ábra Az élelmiszerekben leggyakrabban előforduló aflatoxinok szerkezete

Figure 1. Aflatoxins appearing most frequently in foodstuff

¹Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

¹National Food Chain Safety Office

Az aflatoxinok toxicitása

Az aflatoxinok már nagyon kis mennyiségben is mérgező, májkárosító, rákkeltő, a sejtek örökítő anyagát és a szervezet védekezőrendszerét károsan befolyásoló vegyületek. Nagy mennyiségben gyors lefolyású, akut mérgezést is okozhatnak, amelynek során a kialakuló súlyos májelégtelenség akár halálhoz is vezethet. Akut aflatoxinmérgezés elsősorban a fejlődő országokban fordul elő, ahol az éghajlat kedvez az *Aspergillus fajok szaporodásának és a toxintermelődésnek*. A legnagyobb tömeges aflatoxinmérgezést 1974-ben Indiában regisztráltak, ahol közel 400 ember betegedett meg, közülük több mint százan meghaltak aflatoxinnal nagymértékben szennyezett kukorica fogyasztását követően. Hasonló tömeges megbetegedés történt 2004-ben Kenyában is, amely 125 ember halálát okozta [1].

A fejlett országokban az akut aflatoxinmérgezés kockázata elhanyagolható, azonban a kis mennyiségű aflatoxin hosszú időn keresztül történő, rendszeres fogyasztása is súlyos következményekkel járhat. A máj krónikus gyulladásos és daganatos megbetegedésének valószínűségét növelheti, az immunrendszer gyengítése miatt pedig a fertőzésekkel szembeni ellenálló képességet csökkentheti. Különösen érzékenyek az aflatoxinokra a gyermekek, valamint azok, akik a hepatitisz B vírus által okozott májgyulladásban szenvednek [2]. Az aflatoxinok közül az aflatoxin B₁ a legerősebb rákkeltő, és szintén az aflatoxin B₁ a leggyakoribb szennyező az élelmiszerekben és takarmányokban. Ezért az aflatoxinok előfordulását az élelmiszerláncban a lehető legalacsonyabb szintre kell leszorítani.

Aflatoxinok előfordulása élelmiszerekben és takarmányokban

A penészgombák, ezek közül is az *Aspergillus* fajok, előfordulása a trópusi és szubtrópusi területeken a legnagyobb, ezért ezekről a vidékekről származó termények aflatoxin szennyezettsége is sokkal gyakoribb. Felmérések szerint az aflatoxinnal leginkább szennyezett termények az olajos magvak, mint például a földimogyoró, a pisztácia vagy a gyapotmag, illetve a szárított gyümölcsök. A fűszerek is gyakran szennyezettek aflatoxinnal, mivel a trópusi klíma kedvez a penészgombák szaporodásának, ezen kívül sokszor a terményeket a földre kiterítve szárítják, ami további penészgombával való fertőzéshez vezethet. A kukorica aflatoxin szennyezettsége is világszerte nagy jelentőségű, mivel nagy mennyiségben természetik takarmányozási és étkezési célra egyaránt [1].

A hazai lakosság a nagy sajtóvisszhangot kiváltó paprikaügy kapcsán 2004-ben találkozott az aflatoxin elnevezéssel, amikor magyar örölt fűszerpaprikába magas aflatoxintartalmú import paprikát keverték [3].

Az utóbbi időkig az aflatoxinszennyezettség elsősorban a fejlődő országokból importált termékeket érintette. A klímaváltozás hatására azonban Európa-szerte egyre nagyobb problémát jelent a kukorica aflatoxinszennyeződése. Míg korábban úgy tudtuk, hogy hazánk éghajlatán, a termőterületen nem kép-

ződik aflatoxin, a legutóbbi vizsgálatok alapján ez az álláspont felülvizsgálatra szorul [4].

Aflatoxin megjelenése az állati termékekben

Az állatok szervezetébe az aflatoxin a takarmánnyal kerül be, legnagyobb mértékű kiválasztódással a tejelő tehének esetében a tehéntejben lehet számítani. Húsban és tojásban általában csak elenyésző mennyiségben mutatható ki, és csak akkor, ha az állatok által fogyasztott takarmány a vágást megelőzően vagy a tojástermelés időszakában rendkívül szennyezett volt.

Aflatoxinok húsokban, belsősegekben

A takarmánnyal bevitt aflatoxin csak nagyon kis mennyiségben halmozódik fel az állatok húsában illetve a belsősegekben, utóbbiak közül elsősorban a májban mutatható ki. A JECFA (a FAO és a WHO élelmiszer-szennyezőanyagok és adalékanyagok értékelésével foglalkozó testülete) aflatoxinokra vonatkozó értékelésében vizsgálta a takarmányokból különböző állati termékekbe átkerülő aflatoxin mennyiségét. A vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy adott aflatoxinkoncentrációjú takarmány hosszútávú fogyasztása esetén, a takarmány aflatoxin koncentrációjának csupán 14 000-ed része jelenik meg a marhamájban, 1200-ad része a csirkemájban, 2200-ad része a tojásban, míg 75-öd része a tehéntejben [5]. Ez azt jelenti, hogy a takarmányban lévő aflatoxinszennyezés, a tejjel ellentétben, más állati termékekben csak igen kis mértékben halmozódik fel. Összességében megállapítható, hogy az aflatoxin húsban (ill. májban) való számottevő, azaz potenciálisan veszélyt hordozó mennyiségben való megjelenésére csak magas szennyezettségű takarmány esetén kell számítani. Ez elsősorban olyan országokban fordulhat elő, ahol a takarmányok maximális aflatoxintartalmát nem szabályozzák, azt folyamatosan nem ellenőrzik.

Aflatoxinok kiválasztódása nyerstejbe

Ha a tejelő tehének aflatoxin B₁-gyel szennyezett takarmányt fogyasztanak, akkor annak hidroximetabolitját választják ki a tejbe, amely aflatoxin M₁ (AFM₁) néven ismert. A takarmányban jelenlévő aflatoxinok az állat szervezetébe jutva gyorsan átalakulnak, a szennyezett takarmány fogyasztása után az aflatoxin M₁ már néhány órán belül megjelenik a tejben. Ugyanakkor, ha az állat nem fogyaszt újra aflatoxinnal szennyezett takarmányt, az 2-3 napon belül kiürül a szervezetéből és a tejbe sem választódik ki [6].

Számos tanulmány vizsgálta, hogy a szennyezett takarmányban lévő aflatoxin B₁ milyen arányban kerül át a tejbe aflatoxin M₁ formájában. A vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a toxin tejbe történő átvitelének mértéke egyedenként nagy változatosságot mutat, és nagymértékben függ a tejhozamtól, illetve attól, hogy a tehén a laktáció mely szakaszában van. Az alacsony tejhozamú tehéneknél az elfogyasztott aflatoxinnak csak 1-2%-a kerül át a tejbe,

Possibilities for the decrease of aflatoxin contamination in food chain

Katalin Frecskáné Csáki, Mária Szeitzné Szabó, Mária Szerleticsné Túri

Abstract

Aflatoxins are mycotoxins produced by various species of *Aspergillus* moulds. Aflatoxins are genotoxic carcinogens which are associated with an increased risk of hepatic tumors. Previously, mainly plant products from tropical regions might contain aflatoxin contamination (e.g. peanuts, pistachios, dried fruits, spices) in the Hungarian market. However, owing to the climate change now we also have to expect the presence of aflatoxin contamination in the maize cultivated in Hungary. When dairy cattle eat aflatoxin B₁ contaminated feed, they excrete its metabolite aflatoxin M₁ into milk. The only effective way to decrease the aflatoxin content of milk and dairy products is to reduce the aflatoxin contamination of feed. This study reviews the health risk of aflatoxins, suitable methods preventing fungal infection and mycotoxin production during maize cultivation, harvest and storage and the official control measures that ensure the safe food products for public regarding aflatoxin contamination.

Introduction

Mycotoxins are secondary metabolites produced by mold and are toxic to humans and animals if ingested. Toxicity depends on the consumed amount. Aflatoxines, produced by *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus nominus fungi*, are causing the most serious problems. They were first identified in the early 1960s when unexpectedly more than a hundred thousand turkeys died of serious disease in England. Tests indicated the responsibility of toxin generating fungi, *Aspergillus flavus*, in feed containing peanut flour [1]. *The toxin itself was named after the fungus: A- Aspergillus, FLA- flavus, TOXIN. Several other aflatoxins with a similar chemical structure have been identified since then and named after fluorescent properties marked with capital letters (B=blue, G=green)* [2]. Chemical structures of aflatoxines that most frequently appear in foodstuff are shown in **Figure 1**.

Toxicity of aflatoxins

Even little amount of aflatoxins can cause cancer, damage in liver, in genetic information of cells and in the immune system. Acute poisoning with fast progression can occur when exposed to a high dose, the caused serious liver deficiency can lead to death. Accute aflatoxin intoxication occurs mostly in the developing countries where climate is optimal for the production of *Aspergillus* species and toxin generation. The greatest outbreak of aflatoxin poisoning was in India in 1947 because of the consumption of highly toxic corn resulting around 400 cases and 100 deaths. Similar widespread disease was recorded in Kenya, 2004 causing 125 deaths [1].

Risk of acute aflatoxin poisoning is minimal in the developed countries but regular long term consumption of little amounts of aflatoxin can also have serious outcome. Chronic liver infection and liver cancer may develop and immune deficiency decreases the resistance to other maladies.

Highly endangered are children and those with liver infection by hepatitis B [2]. The most carcinogenic is aflatoxin B₁ which is the most common in food and feed. According to the above mentioned, level of aflatoxins in food chain should be kept as low as possible.

Presence of aflatoxins in food and feed

Mold, especially *Aspergillus* fungi can mostly be found in tropic, subtropic climate. The aflatoxin contamination in plants of that origin is also frequent. Oilseeds such as peanut, pistachios, cotton and dried fruits are recorded as highly aflatoxin contaminated foodstuff. Some spices are also listed because tropic climate is favourable to mold spreading and crop is usually dried by laying it to the ground which leads to further fungi contamination. Aflatoxin content of corn is of great significance worldwide, as it is grown for human and animal consumption too [1].

It was in 2004 that Hungary became acquainted with aflatoxins when the press revealed that aflatoxin containing import paprika was added to Hungarian paprika [3]. Formerly risk of aflatoxin contamination was reserved for import products from the developing countries but due to climate change aflatoxin in corn is a growing problem all around Europe. The hypothesis that Hungarian climate and soil is insuitable for aflatoxin formation need to be reconsidered according to the latest investigations [4].

Appearance of aflatoxin in animal products

Aflatoxin is incorporated into animal body by feed. Excretion into the milk of dairy cattle is the most common. From egg and flesh it is hardly identifiable only if feed was highly contaminated just before harvest or during egg production.

Aflatoxines in flesh and viscera

Little amount of aflatoxin of feed origin accumulates in flesh or viscus: it is detectable mainly in liver. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) report on aflatoxins declares the amount of feed aflatoxin in animal products. It has been revealed that long term consumption of feed with low aflatoxin content results in 14000th of the original amount in cattle liver, 1200th in poultry liver, 2200th in egg, 75th in cattle milk [5]. This means that accumulation in animal products, excluding milk, is negligible. It can be concluded that health threatening amount of aflatoxin in flesh and liver can only originate from highly contaminated feed. Mostly endangered countries are those without any regulation or inspection limiting feed aflatoxin content.

Excretion of aflatoxins into raw milk

Dairy cattle fed with aflatoxin B₁ contaminated fodder excrete the hydroxilated metabolite of the toxin, called aflatoxin M₁ (AFM₁), into milk. Metabolism of the ingested aflatoxins happen quickly, AFM₁ appears in milk within a few hours after feeding. On the other hand, if aflatoxin intake is not continuous, toxines vanish from the organism within 2-3 days and are neither excreted into milk. [6].

The extent of AFM₁ transfer from feed to milk has been studied recently. Transfer efficiency is diverse and varies with the stage of lactation and milk yield. Low milk yield cattle excreted 1-2% of ingested aflatoxin into milk, those with high milk yield may excrete up to 6% [7,8]. Amount of mycotoxin excreted during the initial period of lactation is 3.3-3.5 times higher than later. This way it is possible to gain milk with AFM₁ amount exceeding the regulated

míg a magas tejhozamú állatok esetén az átkerülés mértéke akár 6% is lehet [7, 8]. Másik fontos tényező a laktáció stádiuma, a laktáció kezdetekor a tejjel kiválasztott mikotoxin mennyisége 3,3-3,5-ször nagyobb, mint a laktáció későbbi szakaszaiban. Emiatt az intenzív tejtermelő állományokban a tehenek által elfogyasztott nagymennyiségű takarmány akár határérték alatti aflatoxin B₁ tartalom esetén is eredményezheti a tejben határérték feletti aflatoxin M₁ megjelenését. Általánosságban megállapítható, hogy abban az esetben lesz a tej aflatoxin M₁ koncentrációja határérték alatt, ha a tehenek 40 µg/állat/nap mennyiségnél kevesebb aflatoxin B₁-et vesznek fel a takarmányokkal [5, 6].

Az aflatoxin megjelenése a tejtermékekben

A tejben lévő aflatoxin M₁ a különböző tejtermékekben is kimutatható. A hőkezelési eljárások, mint pl. a pasztórizálás vagy a sterilizálás a kezelt termékek aflatoxin M₁-tartalmában nem okoznak érzékelhető változást. A néhány hónapos fagyasztás szintén nem befolyásolja a tej ill. tejtermékek aflatoxin M₁ tartalmát.

Megvizsgálták a fermentált tejtermékek aflatoxintartalmát is (pl. kefir, joghurt), és a kísérletek azt mutatták, hogy a fermentálási eljárás során nem csökkent szignifikáns mértékben az AFM₁ mennyisége. Mivel az aflatoxin elsősorban a tej vizes fázisában (többnyire fehérjékhez kötve) van jelen, ezért a tejszínbe és a vajba az aflatoxinnak csak kis része kerül bele. Az aflatoxin M₁ főként a tej fehérjéihez, elsősorban a kazeinhez kötődik, ezért a túróban, illetve sajtgyártás során az alvadékban, magasabb az aflatoxin M₁ koncentráció, mint a savóban. Ennek mértéke a sajt készítés során egy, az aflatoxin M₁-re vonatkozó dúsulási arányszámmal fejezhető ki. Több tanulmány szerint az aflatoxin M₁ koncentráció lágy sajtokban 3-szorosára, kemény sajtokban 5-szörösére dúsul a tejben lévő koncentrációhoz képest [6].

Élelmiszerbiztonsági értékelés

Az aflatoxinok genotoxikus karcinogén anyagok. Ezen anyagokra nem állapítható meg biztonságos dózis, a genotoxikus rákkeltő hatásnak ugyanis nincs küszöbértéke. Az összes forrásból bevitt aflatoxin mennyiségét az ésszerűen elérhető lehető legalsó csontyabb értéken kell tartani (ALARA /As Low As Reasonable Achievable/ elv) [3]. Fontos a szigorú szabályozás és ellenőrzés, az élelmiszerekben és a takarmányalapanyagokban és takarmányokban egyaránt. Prioritás az erősen szennyezett tételek piacra kerülésének megakadályozása/arányának csökkentése. Az intézkedések mértéke függ az adott ország lehetőségeitől is, ugyanis minél szigorúbb határértéket tudnak betartatni, annál magasabb a lakosság egészségvédelmének szintje. Minél kisebb a toxin szintje az élelmiszerekben, és minél ritkábban találkozik a lakosság ilyen élelmiszerekkel, annál kisebb a késői megbetegedések kialakulásának a kockázata. Az Európai Unióban, így hazánkban is rendkívül szigorú az aflatoxinokra vonatkozó jogi szabályozás. Az

ellenőrzés rendszeres és folyamatos, amelynek eredményei azt mutatják, hogy azonnali megbetegedéssel, mérgezéssel hazai körülmények között nem kell számolni.

A tej és tejtermékek aflatoxin M₁ tartalma leghatékonyabban úgy csökkenthető, ha a tejelő tehenek takarmányának aflatoxin B₁ szennyezettségét, illetve a takarmányban lévő aflatoxin felszívódásának és/vagy annak aflatoxin M₁-é történő átalakulásának mértékét csökkentjük. Az állatok takarmányozására szánt mezőgazdasági terményekben a penészgombák elszaporodásának megakadályozására, és az aflatoxin B₁ termelődés mértékének csökkentésére mindenképpen megelőző intézkedésekre van szükség a Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat (GAP, Good Agricultural Practice) alkalmazásával [7, 9].

Aflatoxinok szabályozása élelmiszerekben és takarmányokban

Az aflatoxinok előfordulásának eltérhető felső határértékét a világ legtöbb országában szabályozzák valamilyen módon és mértékben. A szabályozáshoz segítséget és támpontot jelent az ENSZ két nemzetközi szervezete, a FAO (Élelmezési és Mezőgazdasági Világszervezet) és a WHO (Egészségügyi Világszervezet) által közösen működtetett Codex Alimentarius Bizottság, amely nemzetközileg elfogadott határértékeket és gyakorlati útmutatókat dolgoz ki többek között aflatoxinokra is. A tejben előforduló aflatoxin M₁-re vonatkozó Codex határérték 0,5 µg/kg [10].

Európai uniós aflatoxin határértékek

Az Európai Bizottság az 1881/2006/EK rendeletben, illetve annak módosításaiban (165/2010/EU, 1058/2010/EU) szabályozza az élelmiszerekben előforduló szennyezőanyagok, köztük az aflatoxinok felső határértékeit, amelyek hazánkra is érvényesek. A rendelet külön határértéket ír elő az aflatoxin B₁ és az összes aflatoxin (B₁, B₂, G₁ és G₂ aflatoxinok összege) tartalomra különböző élelmiszerekben/élelmiszer csoportokban. Miután szemes terményeknél a válogatás, tisztítás nagymértékben csökkentheti a mikotoxinok mennyiségét, más határérték vonatkozik a fogyasztásra kész termékre, mint a további tisztításra kerülőre. Tejnél, anyatej-helyettesítő és anyatej-kiegészítő tápszereknél az aflatoxin M₁ tartalomra, csecsemők számára készített speciális gyógyászati célokra szánt diétás élelmiszerek esetén aflatoxin B₁-re és M₁-re is van kötelező érvényű határérték előírás.

Az AFM₁ jelenléte a tejben, főként a tehéntejben kiemelten veszélyes, mivel a tej a felnőttek, de még inkább a gyermekek étrendjének szerves részét képezi. Állatkísérletek igazolták, hogy a fiatal emlősök sokkal érzékenyebbek az aflatoxinokra, mint a felnőttek, ezért az AFM₁ jelenléte tejben és tejtermékekben hangsúlyozottan kerülendő. Bár az aflatoxin M₁ sokkal kevésbé rákkeltő, mint az aflatoxin B₁, toxikológiai tulajdonságai hasonlóak, ezért az európai aflatoxin M₁ határérték igen szigorú, 0,05 µg/kg (összehasonlításként a Codex és az Egyesült Államokban alkalmazott határérték ennek tízszerese: 0,5 µg/kg) [7]. Ennek a határértéknek a betartása csak a tejelő tehe-

level from cattle fed with frodd of authorised aflatoxin B₁ content if milk production is intense. Generally it is advisable for cattle to ingest at most 40 µg/day of aflatoxin B₁ from fodder to ensure acceptable concentration of metabolites in milk [5,6].

Appearance of aflatoxins in dairy products

Aflatoxin M₁ present in milk can be detected in dairy product too. Neither heat treatment processes like pasteurization or sterilization nor several months of freezing affect AFM₁ content thereof. Studies on cultured dairy foods (kefir, yoghurt) reveal that fermentation is also ineffective. The toxin binds mostly to peptides like casein this way remaining in the aqueous phase of milk. As a consequence cream and butter products are poor but quark and whay are rich in AFM₁. There is a value set for the definition of the enrichment of AFM₁ concentration during the processes of cheese manufacturing from milk. Studies revealed that enrichment factor is 3 in the case of soft and 5 in the case of hard cheese [6].

Food safety considerations

Aflatoxine are genotoxic carcinogenic substances. Without treshold of carcinogenicity no safe dose can be determined. Total amount of ingested aflatoxin should be kept ALARA (As Low As Reasonable Achievable) [3]. Austere regulations and inspection is needed regarding food and feed also. Priority is the prevention/diminishing of appearance of contaminated product on the market. Extent of measures shall meet the counties' potentials: the lower tresholds inacted, the higher the health protection. Chronic cases can be avoided if the community is prevented from getting in touch with contaminated products. In Hungary, just like in other members of the EU, severe regulations are in force.

Inspection is regular and the risk of acute poisoning is negligible.

Effective methods to ensure low AFM₁ milk and dairy products are to avoid/diminish aflatoxin B₁ in fodder for dairy cattle or preventing distribution/metabolism after feed indigestion. Preventive measures following Goog Agricultural Practice (GAP) are needed to minimize aflatoxin B₁ formation in agricultural products intended to serve for animal feeding [7, 9].

Limitation of aflatoxin in food and feed

Acceptable level for aflatoxins is regulated in most countries worldwide, which are based on FAO (Food and Agriculture Organisation) and WHO (World Health Organisation) directives elaborated by the Codex Alimentarius Commission setting up international tresholds and plans of act eg. about aflatoxins. The referring (AFM₁) treshold in milk samples is 0,5 µg/kg [10].

Treshold for aflatoxins in the European Union

Regulations of the European Commission 1881/2006/EC, 165/2010/EU, 1058/2010/EU, which are in force in Hungary too, maximize the level of contaminants (eg. aflatoxins) in foodstuff.

The total aflatoxin content of food (sum of aflatoxines B₁, B₂, G₁ and G₂) is limited as well as the aflatoxin B₁ content alone.

As sorting and cleaning decreases the amount of mycotoxines in seeds, different values of the maximum tolerable levels are set for seeds to be subjected to sorting or other physical treatment and the ones for direct (human) consumption. Limitations for AFM₁ in milk and brest milk substituents are declared as well as for aflatoxin B₁, M₁ in infant/follow-on formulae

and dietary food for special medical purposes. Presence of AFM₁ in milk, especially cattle milk, is the most dangerous because it serves as integral part of nutrition for adults and children too. Animal tests showed that juvenile mammals are more sensitive to aflatoxins than elderly, that is why AFM₁ in milk shall be avoided. Although AFM₁ is less carcinogenic than aflatoxin B₁, their toxicological properties are similar, this way the european AFM₁ treshold is severe: 0,05 µg/kg (by comparison in the United States it is ten times higher: 0,5 µg/kg) [7]. This can only be achieved by keeping aflatoxin B₁ in dairy cattle fodder the lowest possible. 2002/32/EC (modified and restricted in 2011 by 574/2011/EU) regulates the maximum levels of aflatoxin B₁ in feed. Guidelines are adopted in domestic law by the 44/2003. (IV. 26.) FVM regulation of the Hungarian Ministry of Rural Development. It should be noted that decreasing the contaminant concentration by mixing contaminated products with pure supply is strictly forbidden.

Requirements for mold contamination and aflatoxin generation

Mold reproduction and toxin production are most of all affected by temperature and humidity. Not all *Aspergillus* species are mycotoxin producers and the extent of toxin generation is also determined by several conditions. The amount of mycotoxines in crop varies every year with weather and stress. Effects of climate change eg. extreme high temperature or prolonged drought increases toxin content. The ideal temperature for the growth and toxin generation of *Aspergillus flavus* is 28-37°C. *Aspergillus species* settle on plant remains, produce spore, which are transferred to maize by the wind. *A. parasiticus* prefers soil and is found mostly on peanut whilst *A. flavus*, dominant in dried fruits, cotton and corn, cultivates windy environment. The latter one settles on damaged seed but can also produce enzymes (pectinase, kinase) making it possible to penetrate intact seeds too [6]. Preharvest *Aspergillus flavus* contamination of maize is usually due to high temperature, drought and insect parasites but it can also occur later by mistreatment and malstorage.

According to the predictions published in 2012 on the website of the European Food Safety Authority +2°C change of the average temperature on Earth would result elevated maize aflatoxin hazard in Southern Europe but would moderately affect Hungary [4,5]. No other plants would be more endangered in Hungary. Maize (silage and grains) are the major fodder for cattle that is why appearance of aflatoxin M₁ is expected in milk and dairy products. Aflatoxin amount can be three times higher in processed maize byproducts eg. bioethanol byproducts, corn gluten feed or distillers dried grains with solubles.

Prevention of aflatoxin contamination of maize

Aflatoxins are stable compounds and the elimination from dairy products is not possible yet. The simplest and most effective way of decreasing aflatoxin content is to prevent the spreading and toxin production of *Aspergillus* fungi throughout maize cultivation, harvest and storage. Best practice is the pre-harvest prevention of contamination that occurs mostly in the fields. Stress to the plants shall be minimized by GAP ensuring stronger resistance to contamination and less mycotoxin generation also [2,6,9,13,14].

Appropriate crop rotation

Aspergillus fungi, just like other mold species, mainly settle on plant remains. Plants insensitive for *Aspergillus* shall be sowed in crop rotation to mini-

nekel etetett takarmányok alacsony aflatoxin B₁ tartalmával biztosítható. A takarmányokban megengedhető aflatoxin B₁ mennyiségét a 2002/32/EK irányelv szabályozza (az aflatoxinra vonatkozó határértékeket legutóbb 2011-ben módosították, szigorították; az 574/2011/EU rendeletben leírtak szerint). Az irányelv nemzeti jogszabályba történő beépülésének a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól szóló többször módosított 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet tesz eleget. Fontos megjegyezni, hogy a vonatkozó szabályozás tiltja a határértéket túllépő tételek tisztább tételekkel történő keverését, a szennyeződés határérték alá szorítása ily módon nem megengedett.

A penészgomba fertőzés és aflatoxin képződés feltételei

A penészgombák szaporodását és toxinképzését számos tényező befolyásolja, a legfontosabb ezek közül a hőmérséklet és a páratartalom. Fontos megjegyezni, hogy nem minden *Aspergillus* faj termel mikotoxint, és még az arra képes fajok toxintermelése is sokféle tényezőtől függ. A mikotoxinok mennyisége a terményekben évről évre változik, amelyet elsősorban az időjárás és a növényet érő stresszhatások befolyásolnak. A klímaváltozás hatásai, így például az extrém magas hőmérséklet vagy a hosszan tartó aszály, a termények mikotoxin tartalmát nagymértékben megnövelhetik. Az *Aspergillus flavus* növekedéséhez és a toxintermeléshez az ideális hőmérséklet 28 °C és 37 °C között van. Az *Aspergillus* fajok a földben lévő növényi maradványokon könnyen megtelepsznek, spórákat termelnek, amelyek a széllel eljutnak a kukoricacsövekhez, és megfertőzik azt. Az *A. parasiticus* inkább talajkedvelő, és főként földmogyorón fordul elő, míg az *A. flavus* a levegős környezethez alkalmazkodott jobban olyannyira, hogy ez a faj dominál szárított gyümölcsökön, gyapoton és kukoricán is. Ez a penészgomba általában a sérült szemeken képez telepeket, de néhány esetben olyan enzimeket (pektinázt és kutinázt) is termel, amelyek lehetővé teszik, hogy sérülésmentes szembe is bekerülhessen [6]. A kukorica *Aspergillus flavus* betakarítás előtti fertőződéséhez leginkább a magas hőmérséklet és a szárazság, valamint a rovarfertőzöttség járul hozzá.

A penészgomba-fertőzés és a toxintermelés a kukorica helytelen tárolása, kezelése esetén a raktározás során is kialakulhat, illetve folytatódhat.

Az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) honlapján 2012-ben megjelent modellszámítások szerint, ha az átlaghőmérséklet +2 °C-kal nő, akkor a kukorica aflatoxin szennyeződésének kockázata a Dél-Európai régióban nagymértékben, míg hazánkban mérsékelten növekszik [11, 12]. A többi gabonaféle aflatoxin szennyeződésével hazánkban nem kell számolni. Mivel a kukorica (a teljes érésben lévő csöveket is tartalmazó teljes kukoricánövény szilázs, illetve a kukoricaszem) képezi a tejelő szarvasmarhák takarmányának jelentős részét, ezért a tejben illetve a tejtermékekben számítanunk kell az aflatoxin M₁ megjelenésére is. Érdemes megjegyezni, hogy bizonyos, kukoricából készült takarmány alapanyagok-

ban (pl. a bioetanol gyártásának melléktermékeiben – kukorica glutén takarmány – Corn Gluten Feed, CGF; valamint a szárított gabonatorkőly – Distillers Dried Grains with Solubles, DDGS) az aflatoxin akár háromszoros mértékben is feldúsulhat.

A kukorica aflatoxin szennyeződésének megelőzése

Az aflatoxinok nagyon stabil vegyületek, eltávolításuk a terményekből jelenleg nem megoldott. A legegyszerűbb és egyben leghatékonyabb módja az aflatoxin tartalom csökkentésének az *Aspergillus* gombák elszaporodásának és toxintermelésének megelőzése. Ennek érdekében mind a kukorica termesztése, mind a betakarítása és a tárolása során meg kell előznünk a penészgombák fejlődését és mikotoxin képzését.

Mivel a kukorica *A. flavus*-szal főként a termőterületen fertőződik, ezért a betakarítás előtti gombás fertőzés megelőzése a legjobb módszer az aflatoxin szennyeződés kockázatának csökkentésére. Az *Aspergillus* penészek ellen teljes mértékben hatásos növényvédőszeresek jelenleg ugyan nem állnak rendelkezésre, de a Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat (GMP) alkalmazásával csökkenthető a növényeket érő stressz, így a fertőzésekkel szemben is ellenállóbbak lesznek. Minden olyan technológiai művelet, amely csökkenti a növényeket érő stresszhatásokat, ellenállóbbá teszi azokat a penészgombákkal szemben is, egyúttal csökkenti a mikotoxin képződés esélyét [2, 6, 9, 13, 14].

Megfelelő vetésforgó alkalmazása

Mivel az *Aspergillus* gombák, ahogy egyéb penészgombák is, a termőterületen elsősorban a növényi maradványokon telepednek meg, ezért ha vetésforgóban az *Aspergillus* fertőzésre nem érzékeny növényeket vetünk, nagymértékben csökkenthetjük a földben túlélő aflatoxint termelő penészgombák spóráinak mennyiségét [11].

Talajművelés

A magágyakat a következő vetésre az előző betakarítást követően visszamaradt növényi részek eltávolításával elő kell készíteni, mert ezeken az *Aspergillus* gombák megtelepedhetnek [9]. A talajművelés során figyelni kell a talaj minőségére is, a homokos talaj mélyművelése például fokozza a vízhiányt a növényeknél. Fontos a nitrogén, a foszfor és kálium megfelelő arányával végzett, kiegyensúlyozott műtrágyázás is [6].

Ellenálló hibridek termesztése

A különböző kukoricafajták különböző mértékben képesek a gombafertőzéseknek ellenállni, ezért ellenálló (rezisztens) fajták választásával sokat tehetünk az *Aspergillus* fertőződés megakadályozására. [11].

mize the surviving spores of fungi in the soil [11]

Soil treatment

Seed beds shall be prepared by the removal of plant remains of the last harvest to avoid *Aspergillus* settling [9]. Quality of the soil should be kept optimal: deep cultivation of sandy soil increases the dehydration of plants. Fertilizing with balanced ratio of nitrogen, phosphorus and potassium is essential [6].

Cultivation of resistant hybrids

Resistance of maize to fungal contamination differs by type. Cultivation of the appropriate maize type decreases the hazard of *Aspergillus* poisoning [11].

Seeding: method and timing

High temperature is the most favorable for *Aspergillus* contamination. Early seeding ensures lower temperature during the most sensitive growth period (seed formation) [9, 11]. Proper distances, in-line and between the rows, should be kept to avoid the cluttering of roots [9].

Weeding

Weed-free environment should be provided by the application of herbicides or other measures because weed deprives maize from nutrients, water and sunshine (in the early phase of growth) [9, 11].

Irrigation

Drought gives huge stress to plants resulting in vulnerability to *Aspergillus* contamination. This shall be avoided by even irrigation equally supplying all roots with the necessary amount of water [9,11].

Protection against insectile-pests

Damaged seeds are most susceptible of *A. flavus* and *A. parasiticus* contamination. Insects feeding on top of the corn cobs are causing seed injuries that lead to fungal proliferation and toxin production [6,9,11].

Soft harvest

Mechanical injuries during harvest shall be minimized [9]. Damage to the seeds resulting in aflatoxin appearance can be avoided by cutting the crop in a more hydrated state (that still allows long term storage) [6].

Drying

Harvest should be timed to dry weather and moisture of the crop should be decreased below 14% as quickly as possible [13].

Sorting, purification, winnowing

Aflatoxin contamination can be decreased by the removal of the visibly moldy moiety. Some, inexpensive, winnowing techniques are suitable for the removal of mycotoxins [6].

Hygienic storage

Aspergillus fungi may survive on plant residues remaining on storage and transport tools. All tools, devices, transport containers intended to get into contact with maize should be cleaned and disinfected (eg. by 5% sodium hypochlorite solution) [13].

Humidity, temperature

Having been dried, maize should be kept in a clean, mold-free, well ventilated area with low humidity at moderate temperature ensuring the moisture of the crop to remain under 14%. Homogenous temperature should be provided to avoid condensation. For this purpose regular ventilation of storing areas is essential.

Protection against pests

Crop should not be exposed to the damage done by insects, birds or rodents under storage [9].

Role of the RASFF

Members of the European Union apply a Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) notifying each other about records of unsafe food/feed exceeding the permitted level of any contaminant. Presence of the system was ordered in the 178/2002/EC directive (50. §). Hungarian contact authority is the Risk Assessment Directorate of the National Food Chain Safety Office (NÉBIH-ÉKI) evaluating and forwarding interior or related announcements, for example those of aflatoxins.

The 669/200/EC directive implements measures for imported products coming from a third country with special regard to aflatoxin control.

Inspection at the borders of the EU are regular and constant. 86% of notifications report denied entry (average of the past five years) meaning that products with high toxin content can not enter the EU. Products in question are mostly walnut, oilseeds, dried fruits, spices, feed. Thanks to the intensified controlling aflatoxin notifications within the past five years were reduced by half (902 records in 2008, 485 in 2012). The most aflatoxin records in 2012 concerned Turkish fruit (mainly fig: 134 notifications) and vegetables, Chinese walnut and oilseeds (mainly peanut: 59 notifications and Indian feed (58 notifications). Alerts about aflatoxin M1 in milk are rare.

Responsibility and duty of the contractor

Obligation of the producers to follow the directions and prohibition to endanger the health of the consumers (considering further processing steps also) is enacted. Prior responsibility of the contractor for food and feed safety is also coded in food law of the EU. Food safety should be provided throughout the process from farming to consumption by law abiding behaviour, with respect to the set acceptable levels of contaminants, with Good Agricultural and Hygiene Practice.

Traceability

Food business operators are obliged to assure the ability to trace and follow food, feed, food-producing animal or substance intended to be or expected to be incorporated into a food or feed throughout all stages of production, processing and distribution.

They shall be able to identify any business from whom they have been supplied, shall have in place systems and procedures which allow for this information to be made available to the competent authorities on demand. They should also have the ability not only to follow products but also to carry out the withdrawal if needed and to inform the competent authority thereof.

Vetés módja, időzítése

A környezeti hatások közül leginkább a magas hőmérséklet járul hozzá a kukorica *Aspergillus* fertőzéséhez és a mikotoxin termeléséhez. Korai vetéssel elkerülhető, hogy a kukorica fejlődésének fertőződésre igen érzékeny szakaszában, a szemképződés-kor a hőmérséklet túl magas legyen [9, 11]. El kell kerülni a növénytövek zsúfoltságát is úgy, hogy vetés során a fajtára ajánlott sortávolságot és soron belül a növények közötti távolságot betartjuk [9].

Gyomirtás

A növények számára gyommentes környezetet kell biztosítani, megfelelő herbicidek alkalmazásával, vagy más erre alkalmas technikával, mivel a gyomnövények elvonják a kukoricától a tápanyagot, a vizet és a fejlődés korai szakaszában a napfényt [9, 11].

Öntözés

A szárazság nagymértékű stresszt jelent a növény számára, ami miatt az *Aspergillus*-fertőzésre fokozottan fogékonyá válik, ezért öntözéssel nagymértékben csökkenthető a fertőzés kialakulása. Az öntözés legyen egyenletes, hogy minden növény egyformán kapja meg a szükséges mennyiségű vizet [9, 11].

Rovarkártevők elleni védekezés

Az *A. flavus* és az *A. parasiticus* fertőzés előfordulása jelentősen magasabb sérült magokban, mint az egészségesekben. A rovarok a kukoricacsövek csúcsi részén táplálkozva sebéseket hoznak létre, ami kedvez a mikotoxin-termelő gombák elszaporodásának és a toxintermelésnek. [6, 9, 11].

Kíméletes betakarítás

A kukorica betakarításakor lehetőség szerint minimálisra kell csökkenteni a mechanikai sérüléseket [9].

A szemek sérülése és az ennek következtében kialakuló aflatoxin termelődés csökkenthető, ha a termést magasabb, de a hosszan tartó tároláshoz még megfelelő nedvességtartalomnál takarítják be [6].

Szárítás

A penészgombák szaporodásának és toxintermelésének megakadályozására a kukorica betakarítását lehetőleg száraz időben kell végezni. A kukorica nedvesség tartalmát a lehető leggyorsabban 14% alá kell csökkenteni [13].

Válogatás, tisztítás, rostálás

Tisztítással, a láthatóan penészes részek eltávolítá-

sával is hatékonyan csökkenthető az aflatoxin szennyezettség. Léteznek nem túl költséges rostálási eljárások, amelyek a mikotoxinok egy részét képesek eltávolítani [6].

Higiénikus tárolás

Az *Aspergillus* gombák a tároló illetve szállító eszközökön visszamaradt növényi maradványokon is túlélhetnek, ezért a termény fertőződésének megakadályozása érdekében nagyon fontos a kukoricával érintkezésbe kerülő összes tároló és szállító konténer tisztítása, fertőtlenítése (például 5%-os nátrium-hipoklorit oldattal) [13].

Páratartalom, hőmérséklet

Szárítás után a kukoricát tiszta, alacsony hőmérsékletű, penésztől mentesített, jól szellőző, alacsony páratartalmú helyen kell tárolni, amely biztosítja, hogy a kukorica nedvességtartalma 14% alatt maradjon. Fontos, hogy a tárolótérben a hőmérséklet mindenütt közel azonos legyen, hogy megakadályozzuk a páralecsapódást. Ennek biztosítása érdekében a tárolóterek időközönkénti átszellőztetése feltétlenül indokolt.

Védelem a kártevőktől

A terményt a tárolás során meg kell óvni a raktári rovarok, madarak és rágcsálók kártételétől [9].

A RASFF rendszer szerepe, működése és az aflatoxinok

Az Európai Unió tagországai az élelmiszerekre és a takarmányokra vonatkozó gyorsriasztó rendszeren (RASFF, Rapid Alert System for Food and Feed) értesítik egymást, ha nem biztonságos, határértéket meghaladó szennyezetté váló élelmiszert vagy takarmányt találnak ellenőrzésük során. A rendszer létrehozását az 178/2002/EK rendelet 50. cikke rendelte el. A rendszer hazai kapcsolattartó szerve a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Élelmiszerbiztonsági Kockázatértékelési Igazgatósága (NÉBIH-ÉKI), amely értékeli és továbbítja a hazánkra vonatkozó, vagy hazánkban észlelt eseményekkel kapcsolatos bejelentéseket, így az aflatoxinokra vonatkozó riasztásokat is.

A Bizottság 669/2009/EK rendeletében rendelkezik a harmadik országokból érkező termékek fokozott ellenőrzéséről, kiemelten azok aflatoxin tartalmára vonatkozóan. Az ellenőrzések az Unió külső határain rendszeresek, folyamatosak. Ezt az is igazolja, hogy az aflatoxin miatt kifogásolt tételekre vonatkozó bejelentések 86%-a határ-visszautasítás (az utóbbi öt év átlagát tekintve) ami azt jelenti, hogy már az EU határán visszafordították a magas toxintartalmú termékeket. Ezek döntően dió és olajos magvak, valamint szárított gyümölcsök, fűszerek és takarmányok. A fokozott ellenőrzés eredményeként az elmúlt öt évben az aflatoxinos bejelentések száma folyamatosan, közel felére csökkent (2008-ban 902, 2012-ben

Self control of the food business

The food business operator should ensure that their product is in compliance with the food safety requirements in all stages of production, processing and distribution. If a contractor considers or has reason to believe that a food which was imported, produced, processed, manufactured or distributed endangers health, it shall immediately initiate procedures to withdraw the food in question from the market where the food has left its immediate control and inform the competent authorities thereof. (178/2002/EC) They shall report to the competent authority the measures done for the prevention of the final consumer, shall cooperate with the authorities if the risk can be prevented, reduced or abolished by these means.

Product withdrawal and informing the authority

If a food/feed is not in compliance with the food safety regulations and it has left immediate control of the contractor, it shall initiate procedures to withdraw the food in question from the market and inform the competent authorities thereof. Where the product may have reached the consumer, the contractor shall effectively and accurately inform the consumers of the reason for its withdrawal, and if necessary, recall from consumers products already supplied to them when other measures are not sufficient to achieve a high level of health protection.

Duties of the authority

The competent authority is responsible for the implementation of the regulations by all means including inspection and sanction to the contractors. 'The Member States shall enforce food law and monitor and verify that the relevant requirements of food law are fulfilled by food and feed business operators at all stages of production, processing and distribution.'(178/2002/EC)

Monitoring

Official monitoring of the implementation of community regulations regarding aflatoxins should be in accordance with the available guideline [19]. Sampling and laboratory examination following food law restrictions are also important in aflatoxin monitoring.

Sampling

Proper sampling is fundamental for the objective judgement on the contamination in the given supply. Mycotoxins have heterogenous distribution.

Representativity of the contamination should be ensured by parallel sampling on different points of the supply then the samples should be homogenized. Related sampling technologies for mycotoxin measurements are summarized in the 401/2006/EC and 178/2010/EU directives of the European Commission. Sampling requirements for aflatoxin B₁ and total aflatoxins are enacted with regard to cereal, cereal products, dried fruit, dried fig, peanut, walnut, spices and vegetable oil. Additional sampling technique is required for infant formulae and processed cereal intended to be consumed by infants and children.

Laboratory measurements

Several instruments and methods are suitable for the determination of aflatoxins. ELISA tests and high performance liquid chromatography (HPLC) have been preferred recently. Today parallel determination of several mycotoxins is also possible by modern techniques (HPLC-MS-MS).

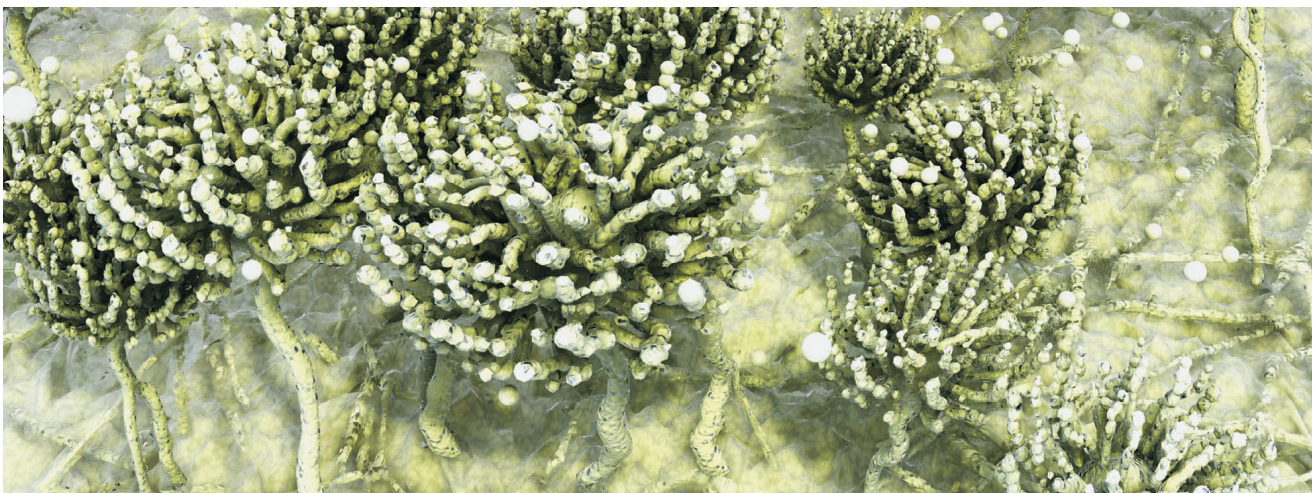
There is no legal restriction on the method of determination of mycotoxins in food but sample preparation and the performance of the applied analytical method (blank samples, recovery, accuracy etc.) should meet the requirements of 178/2010/EU and 401/2006/EC regulations.

It is important for the investigating laboratory to be experienced and accredited. Ringtest are of great importance: with a proper analytical method the measurement of the same sample in different laboratories should give the same results (within a certain confidence interval). Errors, inaccuracies in laboratory practice may have serious economical consequences.

Authority measures

There is no unified practice in the EU for authority actions, there are only general expectations. Authority action shall be proportional to the risk caused by the malpractice, shall be deterring and shall guarantee the right to appeal. According to the XLVI/2008 law of Hungary (on food chain and the inspection thereof) authorities are entitled to limit or end activities, withdraw or destroy products. The National Food Chain Safety Office may also inflict a fine for malpractice.

It can be concluded that cultivating/storing enterprises have prior role in decreasing aflatoxin contamination and authorities shall follow their acts by constant supervision and monitoring and shall enforce implementation of law if necessary.



485 bejelentés). A legtöbb esetszámot aflatoxinnal kapcsolatosan 2012-ben a Törökországból származó gyümölcsök és zöldségek, elsősorban füge (134 értesítés), a kínai dió és olajos magvak, elsősorban földimogyoró (59 értesítés) és az indiai takarmányok jelentették (58 értesítés). A tejek aflatoxin M1 tartalmára vonatkozó bejelentések száma egyelőre kevés.

A vállalkozók felelőssége és kötelezettségei

A jogszabályok a termelőket, előállítókat arra kötelezik, hogy tartsák be az előírásokat, és olyan terméket állítsanak elő, amely – figyelembe véve a további feldolgozási lépéseket is – nem veszélyezteti a fogyasztók egészségét. Ennek érdekében önellenőrzést is kell végezniük.

Az európai uniós élelmiszerjog alapján az élelmiszer- és takarmánybiztonságért elsődlegesen a vállalkozó felelős. Az élelmiszer-biztonságot a termőföldtől az asztalig tartó folyamatban kell biztosítani, a vonatkozó jogszabályok, határértékek betartásával, a Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat, és a Jó Higiéniai Gyakorlat útján.

Nyomonkövethetőség

A vállalkozóknak a jogszabályokban foglaltak szerint biztosítaniuk kell a termelés, a feldolgozás és a forgalmazás minden szakaszában az élelmiszerek, a takarmányok, az élelmiszertermelésre szánt állatok, valamilyen élelmiszerbe vagy takarmányba bekerülő vagy vélhetően bekerülő egyéb anyagok útjának nyomon követhetőségét. A vállalkozóknak rendelkezniük kell olyan rendszerekkel és eljárásokkal, amelyek lehetővé teszik azoknak a vállalkozásoknak az azonosítását, akikől a termékeket vásárolták, vagy akiknek azokat értékesítették, illetve biztosítaniuk kell az ilyen információk eljuttatását az illetékes hatóságokhoz, azok kérelmére. Ezekbe a rendszerekbe be kell építeni, és megfelelően működtetni kell azokat a „felületeket”, amelyekkel szükség esetén nemcsak a nyomon követésre vonatkozóan, hanem a piacról történő kivonásnak, termékviszահívásnak, és tájékoztatási kötelezettségnek is eleget tudnak tenni.

Vállalkozások önellenőrzése

A vállalkozóknak ellenőrizniük kell, hogy termékeik megfelelnek-e az előírásoknak. „Az élelmiszereket és takarmányokat előállító vállalkozások működtetői vállalkozásaik termelő, feldolgozó és elosztó tevékenységének minden szakaszában kötelesek gondoskodni arról, hogy az élelmiszerek vagy takarmányok megfeleljenek a tevékenységükre vonatkozó élelmiszer-törvény követelményeinek, és kötelesek ellenőrizni e követelmények teljesülését” (178/2002/EK rendelet).

Az élelmiszer- ill. takarmányipari vállalkozóknak haladéktalanul tájékoztatni kell az illetékes hatóságokat, amennyiben úgy vélik, vagy okkal feltételezik, hogy az általuk forgalomba hozott, ellenőrzésük alól kike-

rült élelmiszer ártalmas lehet az egészségre. A vállalkozónak tehát be kell jelentenie az illetékes területi, illetve nemzeti hatóságoknak a végső fogyasztót fenyegető veszély megelőzésére tett intézkedéseket, együtt kell működnie az illetékes hatóságokkal, amennyiben ezzel megelőzhető, csökkenthető vagy megszüntethető egy élelmiszerral vagy takarmánnyal kapcsolatos veszély.

Termékviszahívás és a hatóság tájékoztatása

Amennyiben egy élelmiszer vagy takarmány nem felel meg az élelmiszer- és takarmánybiztonsági követelményeknek, és a kérdéses élelmiszer vagy takarmány már kikerült a vállalkozás működtetőjének közvetlen ellenőrzése alól, a vállalkozás működtetője köteles haladéktalanul kezdeményezni az élelmiszer vagy takarmány kivonását a piacról, és erről tájékoztatni az illetékes hatóságot. Ha a termék eljuthatott a fogyasztóhoz, a vállalkozás működtetője köteles hatékony eszközökkel és pontosan tájékoztatni a fogyasztókat a kivonás okáról, valamint szükség esetén – amennyiben egyéb intézkedések nem elegendőek a magas szintű egészségvédelem megvalósításához – a terméket vissza kell vásárolnia a fogyasztóktól.

Hatósági feladatok

A hatóság feladata, hogy ellenőrzéssel, fokozott odafigyeléssel, szükség esetén szankciókkal elérje, hogy a vállalkozók eleget tegyenek jogszabályban foglalt kötelezettségeiknek.

„A tagállamok betartatják az élelmiszer-törvényt, illetve megfigyelik és ellenőrzik, hogy az élelmiszeripari és takarmánytermelő vállalkozások működtetői a termelés, feldolgozás és elosztás minden szakaszában eleget tesznek-e az élelmiszer-törvény követelményeinek” (178/2002/EK).

Ellenőrzés

Az aflatoxinokról szóló közösségi jogszabályoknak való megfelelés hatósági ellenőrzéséhez az illetékes hatóságok számára szóló útmutató készült, és áll rendelkezésre [15]. Az aflatoxin szennyezettség ellenőrzésében a rendelkezéseknek megfelelően elvégzett mintavételezésnek és a laboratóriumi vizsgálatnak is jelentős szerepe van.

Mintavételezés

A mintavételezés helyes végrehajtása alapvetően fontos a tétel szennyezettségének objektív megítéléséhez. Egy tételen belül a mikotoxinok jellemzően egyenetlen eloszlásúak, azaz góciókban helyezkednek el. Ahhoz, hogy egy tétel szennyezettségére vonatkozóan reprezentatív eredményt lehessen kapni, a tételből több helyről kell mintát venni, majd azokat megfelelően homogenizálni. A hatósági mintavételi módszereket az Európai Bizottság által kiadott, az élelmiszerek mikotoxintartalmának hatósági ellenőrzéséhez használandó mintavételi és elemzési mód-

szerek megállapításáról szóló 401/2006/EK rendelet és módosítása (178/2010/EU rendelet) tartalmazza. Az aflatoxinok (aflatoxin B₁ és összes aflatoxin) tekintetében a mintavételi módszereket a rendelet gabonafélékre és gabonakészítményekre, szárított gyümölcsökre, szárított fűgére, földimogyoróra, diófélékre, fűszerekre és növényi olajokra szabályozza.

Külön mintavételi előírások vonatkoznak a bébiételekre valamint a csecsemőknek és kisgyermekeknek szánt gabonaalapú feldolgozott élelmiszerekre is.

Laboratóriumi vizsgálatok

Az aflatoxinok kimutatására többféle eszköz és módszer alkalmazható. Az utóbbi időben előtérbe kerültek az ELISA, valamint a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás (HPLC) módszerek. Új, modern műszerek alkalmazásával (HPLC-MS-MS) lehetőség van többféle mikotoxin egyidejű meghatározására is.

Nincs jogszabályban meghatározva, hogy milyen módszerrel történjen a vizsgálat, azonban a 178/2010/EU rendelettel módosított 401/2006/EK rendelet az élelmiszerek mikotoxintartalmának hatósági ellenőrzéséhez használandó mintaelőkészítési és analitikai módszerek kritériumai között alkalmassági kritériumokat állapít meg az aflatoxinokra is. Az alkalmazott vizsgálati módszernek meg kell felelnie a rendeletben előírt követelményeknek (vak minta, visszanyerés, pontosság, stb. tekintetében).

Fontos, hogy a laboratórium rendelkezzen megfelelő jártassággal, és az adott módszer tekintetében akkreditált legyen. Nagy jelentőségűek a körvizsgálatok, hiszen biztosítani kell, hogy ugyanaz a minta minden vizsgáló laboratóriumban – a hibahatáron belül – azonos eredményt adjon. A laboratóriumi vizsgálat során elkövetett hibának, pontatlanságnak ugyanis komoly gazdasági következményei lehetnek.

Hatósági intézkedések

A hatósági intézkedésekre vonatkozóan nincs egységes európai uniós gyakorlat, csak általános jellegű elvárás. Eszerint a hatósági intézkedésnek a mulasztás által jelentett kockázattal arányosnak, és visszatartó erejűnek kell lenni, egyúttal biztosítani kell a fellebbezés jogát.

A hazai intézkedési lehetőségeket az élelmiszerláncról és annak hatósági ellenőrzéséről szóló 2008. évi XLVI. törvény foglalja össze, amely szerint a hatóság jogosult – többek között – a tevékenység korlátozására vagy megtiltására, a termékek forgalomból történő visszavonásának vagy megsemmisítésének elrendelésére. Az élelmiszerlánc-felügyeleti hatóság (NÉBIH) bírságot is kiszab.

Fentiek alapján az aflatoxin szennyezettség csökkentésében elsődleges szerepe van a növénytermesztéssel, tárolással valamint az állatok takarmányozásával foglalkozó vállalkozásoknak, míg a hatóság

feladata, hogy rendszeres felügyelettel és monitorozással figyelemmel kísérelje a helyzet alakulását, és amennyiben szükséges, hatósági intézkedésekkel ösztönözze a termelőket a szabályok betartására.

Irodalom/References

- [1] Deshpande, S. szerk. (2002): Handbook of Food Toxicology. Marcel Dekker, Inc., NY, ISBN 0-8247-0760-5.
- [2] Razzaghi-Abyaneh, M. szerk. (2013): Aflatoxins - Recent Advances and Future Prospects, InTech, ISBN 978-953-51-0904-4
- [3] Szeitzné Szabó, M. (2007): A táplálékláncba került mikotoxinok populációs szintű egészségkockázatának elemzése, különös tekintettel a hazai forgalmazású paprika aflatoxin és ochratoxin tartalmára, doktori értekezés.
- [4] Dobolyi, Cs., Sebők, F., Varga, J., Kocsubé, S., Szigeti, Gy., Baranyi, N., Szécsi, Á., Lustyik, Gy., Micsinai, A., Tóth, B., Varga, M., Kriszt, B., Kukolya, J. (2011): Aflatoxin-termelő *Aspergillus flavus* törzsek előfordulása hazai kukorica szemtermésben, Növényvédelem, 47/4, 125-133.
- [5] JECFA (2001): Aflatoxin M1 JECFA 47, 2001. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je02.htm>
- [6] Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Filippi, L., Laporta, M., Piva, G. (2009): On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. Food and Chemical Toxicology. 47 984–991
- [7] EFSA (2004): Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Aflatoxin B1 as undesirable substance in animal feed. EFSA Journal. 39, 1-27 <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/39.pdf>
- [8] Britzi, M., Friedman, S., Miron, J., Solomon, R., Cuneah, O., Shimshoni, J.A., Soback, S., Ashkenazi, R., Armer, S., Shlosberg, A. (2013): Carry-Over of Aflatoxin B1 to Aflatoxin M1 in High Yielding Israeli Cows in Mid- and Late-Lactation. Toxins. 5, 173-183.
- [9] Codex Alimentarius Commission (1997): Code of Practice for the Reduction of Aflatoxin B1 in Raw Materials and Supplemental Feedstuffs for Milk Producing Animals. CAC/RCP 45-1997 <https://apps.who.int/fsf/Codex/CodepracticereductionAflatoxin.pdf>
- [10] CODEX STAN 232-2001 Maximum level for aflatoxin M1 in milk <http://down.40777.cn/stardard/10/CODEX%20STAN%20232-2001%20MAXIMUM%20LEVEL%20FOR%20AFLATOXIN%20M1%20IN%20MILK.pdf>
- [11] EFSA (2012): Modelling, predicting and mapping the emergence of aflatoxins in cereals in the EU due to climate change. Question No EFSA-Q-2009-00812 <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/223e.htm>
- [12] Farkas, J., Bencze, J., Szeitzné Szabó, M., Kovács, M., Varga, J., Varga, L. (2013): Kárpát-medence éghajlat változásának kihatása élelmiszerbiztonságunkra. Magyar Tudomány. 2, 147
- [13] Tóth, K., Balogh, K., Bócsai, A., Mézes, M. (2012): Reduction of the mycotoxin contamination of forage plants during cultivation, storage and processing. Mini-Review. Acta Alimentaria. 41, 465-474.
- [14] Cassel, E.K., Campbell, B., Draper, M., Epperson, B. (2001): Aflatoxins, Hazards in Grain/Aflatoxicosis and Livestock. South Dakota State University, Cooperative Extension Service / College of Agriculture & Biological Sciences / USDA <http://igrow.org/up/resources/02-2033-2012.pdf>
- [15] Útmutató az illetékes hatóságok számára az aflatoxinokról szóló uniós jogszabályok betartásának ellenőrzéséhez (2010). http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/guidance-2010_hu.pdf