



***Fusarium* mikotoxin szennyezettség alakulása Magyarországon különös tekintettel a klímaváltozásra**

**Szabóné Tima Helga**

**Budapest**

**2018**

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** **Dr. Vatai Gyula**  
egyetemi tanár, Dsc  
SZIE, Élelmiszertudományi Kar,  
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

**Témavezetők:** **Mohácsiné Dr. Farkas Csilla**  
egyetemi tanár  
SZIE, Élelmiszertudományi Kar,  
Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék

**Dr. Kiskó Gabriella**  
egyetemi docens  
SZIE, Élelmiszertudományi Kar,  
Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

## 1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

A klímaváltozás hatással van mindennapi életünkre, közvetlen környezetünkre - állatokra, növényekre - és ennek következtében közvetett módon érinti a mezőgazdaságot és az élelmiszeripart. Tudományos ismereteink alapján az éghajlatváltozás egy állandóan fennálló jelenség Földünk történetében, de a változások felgyorsulásának mértéke az utóbbi 40-50 évben jelentős mértékben növekedett. Ennek elsődleges oka az antropogén hatások nagymértékű megjelenése bolygónkon. A Föld átlaghőmérséklete 1905 és 2005 között +0,74 °C melegedést mutatott. Meteorológiai adatok alapján a hőmérséklet a kontinensek belsejében gyorsabban emelkedett, mint az óceánok felett, ezek a különbségek azonban legmarkánsabban az utóbbi évtizedekben jelentkeztek. Bolygónk átlaghőmérsékletének várható emelkedését csak becsülni tudják a kutatók klímamodellezéssel, melynek a legbizonytalanabb eleme az emberi-antropogén tevékenység jövőben várható mértéke. Ebből adódik, hogy ezzel kapcsolatban számos forgatókönyv létezik, van közöttük átlagos, optimista és pesszimista változat is. A pesszimistább lehetőséget talán erősítheti a Föld lakosságának robbanásszerű mértékben történő emelkedése. Napjainkban hozzávetőlegesen 7,5 milliárd ember él bolygónkon, a lakosság túlnyomó többsége a szegényebb, gazdaságilag elmaradottabb térségekben él. Ezek közül is Afrika lakossága ~ 1,2 milliárd fő, Ázsiáé ~ 4,4 milliárd, a fejlettebb Európa lakossága jelenleg „csupán” ~ 739.000 000 fő. Az adatok azért is félelmet keltőek, mert a lakosság nagy része olyan kontinenseken él, amelyek gazdasági teljesítményük növelése szempontjából - valamint az óriási emberlétszámból adódóan- valószerűsíthető környezetszennyező energiák felhasználását fogják alkalmazni a túlélésük, életben maradásuk érdekében.

A klímaváltozás jelentősége kiemelkedő, ezért is elengedhetetlen az élelmiszertudomány területein vizsgálni ennek hatását, hogy ezzel is próbáljunk felkészülni egy eddig még számunkra ismeretlen jelenségre, igyekezzünk csökkenteni az élelmiszeripart-élelmiszergazdaságot érintő károkat. Az élelmiszeripar sérülékenysége a gazdasági veszteségek előtt, elsősorban az emberi élet, az emberi egészség védelme kell, hogy szerepeljen. A klímaváltozással összefüggő élelmiszertudományi kutatások több ország számára stratégiai fontosságúak, Magyarország is elkötelezett az éghajlatváltozást okozó antropogén hatások csökkentésében, édesvíz készleteink megőrzésében.

Doktori értekezésem kiindulópontja a klímaváltozás, az éghajlatváltozás hatása a *Fusarium* mikotoxinok szennyezettségének alakulására Magyarországon. A *Fusarium* mikotoxinok közül céлом volt a deoxinivalenol (DON), zearalenon (ZEN), T-2 szennyezettség

változásának vizsgálata, amelyek egész Európa területén súlyos gazdasági és egészségügyi károkat okoznak.

Doktori értekezésemben élelmiszer- és takarmányipari alapanyagok DON, ZEN (F-2), T-2 mikotoxin szennyezettségének mértékét vizsgáltam kompetitív ELISA módszerrel. Kutatásom során az élelmezés szempontjából fontos alapanyagokat választottam, úgy, mint: búza, kukorica, árpa, zab; a takarmányozás területéről szója, lucerna-pellet, búza, árpa kukorica továbbá keveréktakarmány (sertéstáp) mintákkal dolgoztam.

Dolgozatom foglalkozik a Föld elmúlt évtizedekben tapasztalható hőmérséklet változásával, ezen belül Magyarország részletes éghajlatváltozásával 2008-2015 közötti időszakban. A 2008-2015 közötti időperiódushoz kapcsolódó DON mikotoxin szennyezettség alakulását vizsgáltam matematikai-statisztikai módszerekkel búzában, kukoricában, búzalisztben és szárzésztaiban.

A dolgozat célja Magyarország, a magyar élelmiszertudomány számára egy olyan kutatási terület megalapozása, amely a mikotoxin szennyezettségi eredmények klímaváltozással összefüggő elemzése (2008-2015 közötti időszakban) mellett összehasonlítási alapja lehet egy később - akár több év vagy évtized múlva - elvégzett ugyanilyen célú kutatásnak. Vizsgálataim során bemutatott eredmények, következtetések jelenleg és a jövőben is hasznosak a Magyarországot érintő klímaváltozás és a mikotoxin szennyezettség változásának összehasonlításához.

Doktori munkám során az alábbi célokat fogalmaztam meg:

1. Időjárási adatok elemzése, mikotoxin szennyezettség felmérése:

- DON, ZEN, T-2 mikotoxin szennyezettség vizsgálata hazai növényi alapanyagokban, keveréktakarmányokban, élelmiszerekben (liszt, szárzészta)
- az eredmények értékelése a három toxin átlagkoncentrációs eredményeinek összehasonlításával, statisztikai elemzésekkel, marker mikotoxin kutatás
- az értékelt eredményekből a három toxin esetében marker mikotoxin meghatározása statisztikai módszerekkel

2. DON mikotoxin szennyezettség felmérése Magyarországon, adatbányászat segítségével:

- 2008-2015-höz tartozó DON mérési eredményekből adattáblázat létrehozása
- a 2008-2015 közötti hazai időjárási viszonyok részletes elemzése, évszakonkénti lebontásban

- DON toxin eredmények összevetése és elemzése a hazai időjárási viszonyokkal (2008-2015)
- klímaváltozás – DON mikotoxin szennyezettség összefüggésének meghatározása, leírása, esetleges újabb időjárási tényezők azonosítása a szennyezettség mértékének fokozódásával kapcsolatban

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Mintavételezés, minta előkészítés*

#### *Minták*

A kutatásomhoz használt minták száma  $\Sigma n=1019$ . Ebből a kísérletek első részében (3.1. fejezetben) használt minták a következők voltak:  $n=29$  búza;  $n=29$  kukorica;  $n=29$  zab;  $n=29$  árpa, összesen  $\Sigma n=116$  minta került vizsgálatra és értékelésre.

A második részben (3.2. fejezetben) a mintákat két vizsgálati csoportra osztottam. Az első vizsgálati csoportban  $n=20$ : szója, lucerna-pellet; a második vizsgálati csoportban  $n=20$ : búza, árpa, és kukorica mintákat használtam,  $\Sigma n=40$ .

Vizsgálataim harmadik részéhez (3.3. fejezetben) három különböző gyártótól (X, Y, Z jelöléssel) származó sertéstáp mintákat használtam  $\Sigma n=45$ . A tápok különböző nem- és korcsoport szerint választottam, így malac- koca és kantápok kerültek vizsgálatra. Gyártónként  $n=15$  minta került a laboratóriumba.

A következő felmérésben (3.4. fejezetben)  $n=305$  búza;  $n=108$  kukorica,  $n=179$  búzaliszt,  $n=226$  száraztészta minták mérési eredményeit értékeltem  $\Sigma n = 818$ .

#### *Mintavétel*

A vizsgálandó tételek mikotoxin szennyezettségének objektív megítéléséhez a mintavételezés helyes végrehajtása alapvető fontosságú a mikotoxinok gócos elhelyezkedése miatt. A mintavétel a magyar hatósági mintavételezési eljárás alapján történt, amelyben gabonafélék és gabonakészítményekre vonatkozóan az 519/2014/EU uniós rendelet tartalmazza a módosításokat. A rendelet előírja a hatósági mintavételi módszereket és az ezekhez tartozó mennyiségeket valamint a Bizottság élelmiszerek mikotoxin - szennyezettségének hatósági ellenőrzéséhez használandó mintavételi és elemzési-meghatározási módszerek megállapításait. A fent említett szabályozás a 401/2006/EK rendelet módosítása, amely a mintavételezést gabonafélék és gabonakészítmények esetében két csoportra osztotta a mintázott tétel mennyisége alapján. Két főcsoport állapítható meg a tétel tömege, részminta számok és az egyesített mintatömegek tekintetében: az 50 tonnánál nagyobb valamint az 50 tonnánál kisebb tételek mintázása. Vizsgálataim során a részminták száma  $n=3$ , az egyesített mintatömeg 1 kg volt.

### ***Minta előkészítés***

Vizsgálataimat takarmánygyártó cég takarmányvizsgáló laboratóriumában végeztem.

A mintákat nem volt szükséges szárítani. A vizsgálati mintarészeket ledaráltam finom őrleményre 1,0 mm szemcseméretű darálón (Tecator, Sweden). A minta előkészítés DON, F-2, T-2 mikotoxinokra a gyártó által mellékelte útmutatás szerint történt (R-Biopharm).

DON mikotoxin esetében bemértem 5 gramm mintát (őrölt, elegyített) zárható üvegtégelybe, majd 100 ml desztillált vízzel 30 percig rázógépen (Tecator) erősen kevertetem az oldatot. Az elegyet üvegtölcsér és Whatman 1-es szűrőn leszűrtem 100 ml-es Erlenmeyer lombikba, a leszűrt elegyből 50 µl-t használtam a teszthez: RIDASCREEN® FAST DON.

F-2 és T-2 mikotoxinok esetében azonos a minta előkészítési protokoll, vagyis ugyanabból a munkaoldatból használtam a tesztekhez. Bemértem 5 gramm mintát, amelyet 100 ml-es lombikba töltöttem és 25 ml 70%-os MeOH adtam hozzá, majd 30 percig rázógépen erősen kevertetem az oldatot. Az elegyet üvegtölcsér és Whatman 1-es szűrőn leszűrtem 100 ml-es Erlenmeyer lombikba. A szűrletből 1 ml-t vettem ki, melyhez 1 ml desztillált vizet adtam. Ebből a hígított mintából 50 µl-t használtam a tesztekhez: RIDASCREEN® FAST Zearalenon, RIDASCREEN® FAST T-2. Vizsgálataim során párhuzamos ( $n=2$ ) minta előkészítést végeztem.

### ***Indirekt kompetitív ELISA kiték***

A DON kit: RIDASCREEN® FAST DON (Art. No.: R5902, 48 wells), standard oldatok: 0 - zero standard: mikotoxint nem tartalmazó, vak oldat - mg/kg, 0,222 mg/kg, 0,666 mg/kg, 2 mg/kg, 6 mg/kg.

A zearalenon kit: RIDASCREEN® FAST Zearalenon (Art. No.: R5502, 48 wells) standard oldatok: 0 - zero standard: mikotoxint nem tartalmazó, vak oldat - µg/kg, 50 µg/kg, 100 µg/kg, 200 µg/kg, 400 µg/kg.

A T-2 kit: RIDASCREEN® FAST T-2 (Art. No.: R5302, 48 wells) standard oldatok: 0 - zero standard: mikotoxint nem tartalmazó, vak oldat - µg/kg, 50 µg/kg, 100 µg/kg, 200 µg/kg, 400 µg/kg.

Minőségi tanúsítvány mellékelve volt mindegyik kitéhez. A gyártó/forgalmazó adatai: R-Biopharm DG, Darmstadt, Németország. Méréseimhez Metertech - 500 spektrofotométert (ELISA Reader) használtam, mérési abszorbancia 450 nm. A módszerek validálásához szükséges standard oldatok: Sigma-Aldrich Chemie GmbH minőségűek voltak (Steinheim,

Németország). Az eredmények értékelése speciális szoftver segítségével történt: RIDA<sup>®</sup> SOFT Win (Art. No.: Z9999).

### ***Statisztikai módszerek***

Mérési eredményeim statisztikai analíziseit *RStudio* (Version 0.99.447) valamint *SPSS* (IBM SPSS Statistics V24) programcsomagok segítségével végeztem.

Mérési eredményeim értékelése során az <LOQ mikotoxinokkal szennyezett mintákat is figyelembe vettem. Vizsgálataimat takarmánygyártó cég laboratóriumában végeztem, véleményem szerint ezzel magyarázható, hogy a vizsgált mintákban kimutatási határ feletti szennyezettségeket mértem. Számolás módszertana:  $LOD-LOQ=LOQ$  értéken számolva/mikotoxin.

### ***Időjárási adatok kategorizálása***

Az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján (kiadványok részben) elérhető *Léggör* című tudományos szakfolyóirat alapján összeállított magyarországi időjárási adatokat kategorizáltam. Erre azért volt szükség, mert nem minden esetben álltak rendelkezésemre adott évre, évszakra megadott átlagolt értékek (hőmérséklet- és csapadékmennyiség), hanem értéktartományokkal kellett dolgoznom. A kategorizálás segítségével azonban az évszakokat és az éveket is jellemezni tudtam az időjárás változás szempontjából.



### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. Gabonák mikotoxin szennyezettsége

Az adatok értékelésénél a kimutatási határok felett (>LOD) mikotoxint tartalmazó mintákat is figyelembe vettem, ezeket az eredményeket az adott toxin LOQ értékére állítottam be, és az átlagkoncentráció számolást ez alapján végeztem el.

A DON eredmények egy nagyságrenddel nagyobbak a ZEN és a T-2 eredményeknél, kivétel a kukorica DON és T-2 értékek esetében, ahol a különbség két nagyságrendbeli.

A bizottsági szabályozás szerint a kukoricára vonatkozóan DON toxin esetében 1750 µg/kg, a ZEN-re 350 µg/kg, és a T-2 toxinra 100 µg/kg a megállapított határérték. Mérési eredményeim között  $n=4$  minta volt DON mikotoxinnal határérték felett szennyezett.

A ZEN toxin szennyezettség szintén ugyanazon  $n=4$  kukorica minta esetében volt magasabb, határérték feletti. A T-2 toxin szennyezettség  $n=2$  mintánál volt megfigyelhető, amelyek a DON és a ZEN azonos szennyezettségű  $n=4$  mintái közül kerültek ki (mért legmagasabb átlagkoncentrációs érték: 146 µg/kg volt).

Búza mintáknál  $n=1$  minta volt DON határérték (1250 µg/kg) felett szennyezett, a mért eredmény 1880 µg/kg volt.

Eredményeim alapján megállapítható, hogy mely esetekben szükséges a DON vizsgálat mellett a ZEN valamint a T-2 toxinok vizsgálatait is elvégezni, ezek a DON toxinnal nagyobb mértékben illetve határérték felett szennyezett minták. Határérték felett DON toxinnal szennyezett minták további vizsgálata ZEN toxinra vonatkozóan állat és humán egészségügyi tünetek, problémák okainak azonosítására is szolgálhat. Ilyen például állati takarmányozás esetében a takarmány visszautasítás, gastrointestinális tünetek és a szaporodásbiológiai problémák együttes megjelenésének kutatása.

A DON toxin határérték feletti szennyezettség előfordulása esetén, marker a ZEN toxinra, a ZEN szennyezettségének előfordulására valamint határérték feletti megjelenésének lehetőségére. A T-2 toxin vizsgálata szükséges a DON és a ZEN együttes határérték feletti előfordulása esetén.

A 2013-as időjárási adatok értékelése alapján saját eredményeim arra mutatnak, hogy a meleg-csapadékos klíma előfordulása az egyes gabonák fejlődési szakaszában a DON, ZEN, T-2 mikotoxin szennyezettség alakulására hatással van.

### **3.2. Növényi alapanyagok *Fusarium* mikotoxin szennyezettsége**

Vizsgálataimhoz az első vizsgálati csoportban  $n=20$ : szója, lucerna-pellet; a második vizsgálati csoportban  $n=20$ : búza, árpa, és kukorica mintákat használtam ( $\Sigma n=40$ ). A két csoportot abból a célból alakítottam ki, hogy valószínűsíthető a takarmányozáshoz használt gabonák és más növényi alapanyagok különböző mértékű toxin szennyezettsége, így az összevont értékelések torzíthatják volna az eredményeimet. A mikotoxin koncentrációk itt is kimutatási határ felett voltak a vizsgált mintákban.

A kiértékelésből megállapítottam, hogy a deoxinivalenol mikotoxinok átlag- és medián értékei itt is nagyobbak (egy nagyságrenddel) a zearalenon, és T-2 mikotoxinokénál, amely a DON toxin marker jellegét bizonyítja a másik két toxinra vonatkozóan, összesített mintákat vizsgálva.

Ezekből az adatokból az a következtetés vonható le, hogy az alapanyagokat legnagyobb mértékben szennyező toxin a DON (hasonlóan a gabonákhoz), majd ezt követi a ZEN, és végül a T-2 toxin (itt a maximálisan mért értékeket is külön összehasonlítva).

Mind a két vizsgálati csoport esetében a minták toxinonként történő koncentrációs értékeinek összevonását azért tehettem meg, mert minden egyes mintánál hasonló (nagyságrendben) eredményeket kaptam. Az értékelésem célja nem a mátrixonkénti mikotoxin szennyezettség leírása, hanem a markertoxin kutatás volt.

### **3.3. Sertés takarmánykeverékek DON, ZEN, T-2 szennyezettsége**

Munkám során a mikotoxinok szennyezettségi összefüggéseit (marker mikotoxin), a sertéstápokban, mint keveréktakarmányokban való megjelenésüket kutattam.

Vizsgálataim során mindegyik mintában kimutatási határ felett voltak a toxin szennyezettségek.

A sertéstakarmány minták vizsgálata során megállapítottam, hogy a kocatápoknál mindegyik gyártó (X, Y, Z) esetében a takarmányok irányérték alatt voltak szennyezettek DON, F-2, T-2 toxinokkal.

A malactápok megfelelőek, depresszív érték alattiak voltak mindegyik gyártó esetében.

A kantápok esetében az Y gyártónál mindegyik sertéstáp depresszív érték feletti koncentrációban tartalmazott deoxinivalenol (depresszív érték: 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), és zearalenon (depresszív érték: 150  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) mikotoxinokat, de a szennyezettségi szintek nem érték el a toxikus értékeket. A T-2 toxin eredmények nem haladták meg a depresszív értéket. A másik

két (X, Z) előállító kantápjai a megengedett érték (depresszív) alatti szennyeződések mutattak.

A DON toxin irányérték (depresszív érték) felett mikotoxinokkal (DON, F-2, T-2) szennyezett sertés keveréktakarmányok esetében lehetségesen megjelölhető, mint marker toxin az F-2 toxinra vonatkozóan, de szükséges volt további elemző statisztika ennek feltárására.

Feltáró statisztikai elemzéseket végeztem a DON toxin marker jellegének bizonyításához.

Az eredményeim azt mutatták, hogy a DON toxin marker a ZEN toxinra, ebben az esetben nemcsak az irányérték feletti szennyezettségre vonatkozóan, hanem jelző értékű a ZEN szennyezettség előfordulására az irányérték alatt szennyezett minták esetében (korrelációs kapcsolat). Következésképpen DON mikotoxin szennyezettség előfordulása esetében valószínűsíthető a ZEN toxin jelenléte is a mintamátrixokban.

Megállapítható, hogy a sertéstakarmányok DON toxin szennyezettsége egy nagyságrenddel nagyobb a másik két mikotoxinhoz képest. A zearalenon és a T-2 toxinok szennyezettségének mértéke hasonló volt, tízes nagyságrendben található (10-100 µg/kg). A deoxinivalenol toxin markernek bizonyult az  $n=5$  depresszív érték felett szennyezett kantáp esetében a zearalenon toxinra, de nem volt jelző értékű a T-2-re. Élelmiszer-biztonsági szempontból figyelemfelkeltő az a tény, hogy minden mintában kimutatható (>LOD) értékben voltak jelen a mikotoxinok.

### **3.4. DON szennyezettség**

Kutatásomban gabonák – búza, kukorica – valamint élelmiszerek – liszt, száraztészta – deoxinivalenol mikotoxin szennyezettségét vizsgáltam egy hosszabb, 2008-2015 közötti időperiódusban Magyarországon. Az eredmények adatbányászatból - hatósági adattáblázatból - származtak, amelyeket a magyar időjárási adatokkal vettem össze (adatok forrása a magyar Országos Meteorológiai Szolgálat hivatalos közlései alapján: *Légekör* tudományos folyóirat, 2008-2015 év/53-61 évfolyamok) és értékeltem (kategorizálással).

A hatósági adatbányászat során azzal a problémával szembesültem, hogy a különböző mérési módszerekkel történt eredményközlések során nincs feltüntetve, hogy detektálható vagy nem detektálható volt az érték. Az eredményközlések minden esetben akkor is, ha például nem detektálható a szennyezettség: *<LOQ-ként =használt vizsgálati módszer LOQ értéke-* tüntetik fel. Ennek következtében az eredmények ugyan értékelhetők, de így valószínűsíthető a koncentrációk felülbecslésének nagyobb aránya, mivel LOD értékre így nem tudjuk beállítani az esetlegesen nem detektálható mintákat. A hatósági adattáblázatokban a mintáknál

(eredményeiknél) azonban nyomon követhető a mérési módszerek szabványai, így az LOD értékek elérésének lehetőségei megvalósíthatók lennének.

Összességében elmondható, hogy az értékelésem során az összes mintát figyelembe tudtam venni, számolni tudtam velük a fent említett módszerrel.

Kutatásomból megállapítást nyert, hogy az időjárási körülmények, mint a hőmérséklet és csapadékmennyiség, eloszlás, hatással van a búza és a kukorica DON toxin szennyezettségének mértékére. A búza mintákat elemezve egy újabb kockázati tényezőt határozhattam meg, amely véleményem szerint a szélsőségesen száraz időjárás volt (igen alacsony évi átlagcsapadék mennyiséggel). Kukorica minták DON toxin szennyezettségét vizsgálva az éves csapadékeloszlás és mennyiség mellett újabb kockázatot jelölhettem meg, amely az igen meleg évi átlaghőmérséklet volt. Megállapítható, hogy az eddig meghatározott (korábbi kutatásokban búzánál, kukoricánál) időjárási viszonyok – mátrix - DON toxin szennyezettség összefüggésben a „más szélsőséges időjárási viszonyok” figyelembe vétele is szükséges lehet a monitoring vizsgálatok tervezésekor. Különösen fontos ez a jövőben, ahol előrejelzések (WMO, OMSZ alapján) a szélsőséges időjárási viszonyok gyakoriságára figyelmeztetnek, a Föld átlaghőmérsékleti értékének nagyobb mértékű emelkedése mellett.

### 3.5. Új tudományos eredmények/Tézisek

1. Saját mérések és a hazai időjárási adatok alapján bizonyítottam a gabonák magasabb toxin szennyezettségének összefüggését a meleg klímával.
2. Vizsgálataimmal a DON toxint, mint marker mikotoxint (a DON-ZEN-T-2 között) bizonyítottam a ZEN toxinra vonatkozóan, határérték felett szennyezett minták esetében. A T-2 toxinra vonatkoztatva a DON szennyezettség jelző értékű a T-2 mikotoxin szennyezettség jelenlétére.

(**H. Tima**, A. Taczmann-Brückner, Cs. Mohácsi-Farkas, G. Kiskó: *Fusarium mycotoxins in cereals harvested from Hungarian fields. FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE* 9:(2) pp. 127-131. (2016), **IF:1,723**)

Független idéző: 10 Független idéző: 2 Összesen: 12

3. A takarmányozáshoz használt növényi alapanyagok *Fusarium* mikotoxin (DON, ZEN, T-2) szennyezettségének vizsgálatai során is a DON-t, mint marker toxint tudtam kijelölni és marker jellegét bizonyítani különböző mintamátrixokban, irányérték alatt szennyezett minták esetében is. A DON toxin marker toxinként való alkalmazása a mikotoxinok ELISA módszerrel történő mikotoxin mérések költségtervezését és hatékonyságát segíti.

(**H. Tima**, E. Kecskésné Nagy, A. Rácz, G. Kiskó, Cs. Mohácsi-Farkas: *Takarmányozásra használt növényi alapanyagok DON, F-2, T-2 mikotoxin vizsgálata ELISA-módszerrel/ DON, F-2 and T-2 mycotoxin assay of plant-based feedstock raw materials using the ELISA method. ÉLELMISZERVIZSGÁLATI KÖZLEMÉNYEK* 63:(2) pp. 1548-1563. (2017).)

4. Sertés takarmánykeverékek DON, ZEN, T-2 szennyezettségének vizsgálata során a DON toxin marker volt a ZEN toxinra, depresszív irányérték alatt és felett szennyezett minták esetében is. A DON toxin marker tulajdonságát általánosságban vizsgálva többféle mintamátrixban (gabonákban, különböző növényi eredetű takarmányozási alapanyagokban, gabonaalapú sertés keveréktakarmányokban) megállapítást nyert, hogy kiküszöbölhető a mátrixhatás/mátrixösszetétel a marker toxin meghatározás során.

(**H. Tima**, A. Rácz, Zs. Guld, Cs. Mohácsi-Farkas, G. Kiskó: *Deoxynivalenol, zearalenone and T-2 in grain based swine feed in Hungary. FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE* 9:(4) pp. 275-280. (2016), **IF= 1,723**)

Független idéző: 4 Összesen: 4

5. A szélsőséges időjárási hatásokat újabb kockázati tényezőként azonosítottam a magas DON szennyezettségre vonatkozóan. Kutatásommal olyan adattáblázatot hoztam létre, amelynek segítségével a jövőben is folytatható és az elmúlt időkkel összehasonlítható eredmények állnak rendelkezésre, ezzel segítve a DON szennyezettség kockázatának előrejelzését a klímaváltozással összefüggésben.

*(H. Tima, A. Berkics, Z. Hannig, A. Ittzés, E. Kecskésné Nagy, Cs. Mohácsi-Farkas, G. Kiskó: Deoxynivalenol in wheat, maize, wheat flour and pasta: surveys in Hungary in 2008-2015. **FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE** 11(1): pp. 37-42. (2018), 2017:IF=2,407)*

*Független idéző: 1 Összesen: 1*

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A *Fusarium* mikotoxinok között is kiemelkedő jelentőségű a DON, ZEN, T-2 toxinok multitoxikus előfordulása és ezek tényleges megjelenése, szennyezettségük mértéke az egyes mintamátrixokban, amely olyan új, széleskörű képet ad a *Fusarium* mikotoxinokról, amelyeket eddig kevésbé vizsgáltak. Ezzel egy időben mivel hazai termesztésű és feldolgozású mintákat használtam fel kísérleteimhez, átfogó képet ad a Magyarországon előforduló *Fusarium* mikotoxin helyzetről (2008-2015).

Kutatásaim során bebizonyosodott, hogy a DON, ZEN, T-2 mikotoxinok közül a DON marker toxin, amelyet nemcsak korábbi kutatásokból származó kémiai stabilitása igazol, hanem magas mintaszámmal végzett kísérleteim is. A mérések során bizonyítást nyert, hogy a DON toxin markernek jelölhető ki a három mikotoxin: DON, ZEN, T-2 összefüggésében. További elemzések a jövőben is szükségesek más analitikai módszerekkel is. Azonban kutatásom utat nyitott ezen, terület mélyebb elmélyülésére, ilyen irányú további kutatások szükségességére.

A marker toxinok meghatározása, kijelölése a gyakorlati felhasználásban a költséghatékonyságot a gyorsabb elemzéseket, eredményeket szolgálják, így közvetett módon segíthetik az állategészségügy, állattenyésztés és laboratóriumi munka területeit. A jövőben, szükség van többféle matematikai –statisztikai módszer DON, ZEN, T-2 mikotoxin szennyezettség összefüggésének elemzésére és ezek összehasonlítására.

Dolgozatomban a fő irányvonal a magyarországi *Fusarium* mikotoxin helyzetkép, ezen belül is a DON, ZEN, T-2 toxinok bemutatása, továbbá az időjárási tényezők hazai összefüggésének vizsgálata a mikotoxin szennyezettség szempontjából. A széleskörű, magas mintaszámot felhasználó kutatásomból a hazai mikotoxin szennyezettségről kaphatunk reprezentatív képet. Ez az elemzés bizonyíthatja a mikotoxin szennyezettség és a klímaváltozás összefüggését. Szükségesnek tartom a jövőben az ilyen irányú kutatás folytatását. Munkám alapjául szolgálhat egy 2008-2015 közötti idővonalon elindított magyarországi DON szennyezettség kutatásának az időjárási viszonyok változásával összefüggésben, így ennek hasznossága a jövő számára fog megtérülni. Az ebben rejlő információk a hazai klímaváltozás felgyorsulásának mértékére - valamint ezek befolyására a mikotoxin szennyezettség alakulásában - adhat válaszokat, így megteremti a magasabb mikotoxin szennyezettségre való felkészülés és ellene való védekezés lehetőségeit.

Elemzéseim alapján bizonyítást nyert, hogy a hatósági adatbázisokban rejlő hatalmas mérési eredményhalmaz kutatási célokra is hasznosítható. Nemcsak több évre visszamenőleg tudunk

adatokhoz jutni, hanem ezek a mérések hitelesek, továbbá megbízható mintavételből származnak. Azonban, hogy az eredményeket célirányosan fel tudjuk használni, szükséges lenne a mérési eredmények közlése mellett jelezni, hogy az adott mikotoxin detektálható vagy nem detektálható volt-e a mintában és nemcsak az adott mérési módszer szerinti <LOQ/mikotoxin értéket megadni.



## 5. ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

### Impakt faktorral rendelkező angol nyelvű folyóiratcikkek

**Helga Tima**, Adrienn Berkics, Zoltán Hannig, András Ittész, Eleonóra Kecskésné Nagy, Csilla Mohácsi-Farkas, Gabriella Kiskó

*Deoxynivalenol in wheat, maize, wheat flour and pasta: surveys in Hungary in 2008-2015*  
**FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE 11:(1)** pp. 37-42. (2018) (2017: **IF=2,402**)

**Helga Tima**, Andrea Brückner, Csilla Mohácsi-Farkas, Gabriella Kiskó

*Fusarium mycotoxins in cereals harvested from Hungarian fields*  
**FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE 9:(2)** pp. 127-131. (2016) (**IF=1,723**)

**Helga Tima**, Anita Rácz, Zsuzsanna Guld, Csilla Mohácsi-Farkas, Gabriella Kiskó,

*Deoxynivalenol, zearalenone and T-2 in grain based swine feed in Hungary*  
**FOOD ADDITIVES AND CONTAMINANTS PART B - SURVEILLANCE 9:(4)** pp. 275-280. (2016) (**IF=1,723**)

### Impakt faktorral rendelkező magyar nyelvű folyóiratcikkek (angol nyelvű összefoglalóval)

E Kecskésné Nagy, **Helga Tima**, P Korzenszky, P Sembery

*Színválogatás után keletkezett malmi melléktermék DON-toxin-tartalmának vizsgálata takarmányként való felhasználás szempontjából*

**MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA 138:(7)** pp. 421-430. (2016) (**IF=0,212**)

### Magyar és angol nyelvű folyóiratcikkek

**Tima Helga**, Kecskésné Nagy Eleonóra, Rácz Anita, Kiskó Gabriella, Mohácsiné Farkas Csilla

*Takarmányozásra használt növényi alapanyagok DON, F-2, T-2 mikotoxin vizsgálata ELISA-módszerrel/DON, F-2 and T-2 mycotoxin assay of plant-based feedstock raw materials using the ELISA method*

**ÉLELMISZERVIZSGÁLATI KÖZLEMÉNYEK 63:(2)** pp. 1548-1563. (2017)

### Magyar nyelvű folyóiratcikkek

**Tima Helga**, Radványi Dalma

*Penészes romlások kimutatásának lehetőségei*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 2015:(4)** pp. 39-41. (2015)

**Szabóné Tima Helga**

*Penészesedés és mikotoxin termelés hatása a gabonafélékre*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 1:** pp. 52-53. (2014)

Szabóné Tima Helga

*Klímaváltozás hatása a penészgombákra és a mikotoxin termelésre*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 3:** pp. 32-33. (2014)

Szabóné Tima Helga

*DON, F-2, T-2 mikotoxinok megjelenésének kockázata az élelmiszerláncban*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 6:** pp. 119-120. (2014)

Szabóné Tima Helga

*Sertések mikotoxin érzékenysége*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 5:** pp. 110-111. (2013)

Szabóné Tima Helga

*Mikotoxinok élelmiszerbiztonsági kockázata*

**ŐSTERMELŐ: GAZDÁLKODÓK LAPJA 6:** pp. 134-135. (2013)

Szabóné Tima Helga

*Baromfiak mikotoxin érzékenysége*

**GALAMB ÉS KISÁLLAT MAGAZIN 27:(11)** pp. 10-11. (2013)

### **Angol nyelvű konferencia közlemény**

Tima Helga, Rácz Anita, Mohácsi-Farkas Csilla, Kiskó Gabriella

*Exploration of DON, F-2, T-2 contamination of vegetal raw materials used for feeding, analysis of their food safety risks*

In: Ács Kamilla, Bencze Noémi, Bódog Ferenc, Haffner Tamás, Hegyi Dávid, Horváth Orsolya Melinda, Hüber Gabriella Margit, Kis Kelemen Bence, Lajkó Adrienn, Mátyás Mónika, Szendi Anna, Szilágyi Tamás Gábor (szerk.)

V. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia Konferenciakötet: **5th Interdisciplinary**

**Doctoral Conference Book** 514 p.

Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2016.05.27-2016.05.29.

(ISBN:978-963-429-039-1)

Tima Helga, Taczmanné Brückner Andrea, Mohácsi-Farkas Csilla, Kiskó Gabriella

*The occurrence of Fusarium mycotoxins in case of cereals harvested from two regions of Hungary*

In: Engelhardt Tekla, Dalmadi István, Baranyai László, Mohácsi-Farkas Csilla (szerk.)

**Food Science Conference 2015** - Integration of science in food chain: **Book of proceedings.**

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2015.11.18-2015.11.19.

Budapest: Corvinus University of Budapest, 2015. pp. 253-255.

(ISBN:[978-963-503-603-5](#))

## Angol nyelvű konferencia összefoglaló

Tima Helga, Rácz Anita, Guld Zsuzsanna, Mohácsiné Farkas Csilla, Kiskó Gabriella  
*Food safety risk of Deoxynivalenol, Zearalenone, T-2 Mycotoxins in swine feed from three manufacturers in Hungary*

In: K. Márialigeti, O. Dobay (szerk.)

**17 th International Congress of the Hungarian Society for Microbiology.** 241 p.

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2015.07.08-2015.07.10.

Budapest: Akadémiai Kiadó, pp. 228-229.

## Magyar nyelvű konferencia összefoglaló

Szabóné Tima Helga

*Deoxinivalenol, zearalenon, és T-2 mikotoxinok szennyezettségi összefüggésének vizsgálata sertés tápokban*

In: Szabó István, Bohonyi Noémi, Haffner Tamás, Horváth Orsolya, Márhoffer Nikolett, Molnár Emese, Pál Eszter, Schaub Anita, Varga Zoltán (szerk.)

IV. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2015: **4th Interdisciplinary Doctoral**

**Conference** 2015. 570 p.

Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2015.05.14-2015.05.15. (Pécsi

Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat)

Pécs: Pécsi Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat, 2015. p. 25.

(ISBN:[978-963-642-830-3](#))

Tima Helga, Berkics Adrienn, Hannig Zoltán, Ittész András, Kecskésné Nagy Eleonóra, Mohácsi-Farkas Csilla, Kiskó Gabriella

*Deoxinivalenol mikotoxin szennyezettség elemzése búzában, kukoricában, búzalisztben és szárastésztaiban: felmérés Magyarországon, 2008-2015 között.*

In: **Akadémiai beszámoló: Élelmiszer-higiéniá: Állategészségügyi igazgatás.** 13 p.

Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2018.01.22-2018.01.25. Budapest: MTA

Állatorvos-tudományi Kutatóintézet, p. 9.44.

Tima Helga

Konferencia címe: **Adatelemzés és Élelmiszerbiztonság:** Előadás címe: *Mikotoxin adatelemzésben rejlő lehetőségek.*

Konferencia helye: Budapest, Könyves Kálmán krt. 12-14,

ideje: 2018.03.01.

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Hálás köszönettel tartozom témavezetőimnek Mohácsiné Dr. Farkas Csillának és Dr. Kiskó Gabriellának mindenekelőtt azért, hogy diákjuk lehettem és azért a szakmai segítségért, belém vetett bizalomért, ami nélkül ez a doktori értekezés nem készülhetett volna el.

Hálás szívvel gondolok és köszönettel tartozom Dr. Farkas József akadémikus Professzor Úr emlékének, aki bölcs és hasznos tanácsaival iránymutatást adott a kutatásomhoz.

Köszönettel tartozom Dr. Fodor Péter Professzor Úrnak a munkám során nyújtott sok segítségért.

Külön köszönettel tartozom opponenseimnek Dr. Szeitzné dr. Szabó Mária és Nádaskiné dr. Szakmár Katalin Professzor Asszonyoknak, akik építő jellegű, hasznos tanácsokkal, útmutatásokkal látták el dolgozatomat.

Szeretném megköszönni a családom összes tagjának, hogy támogattak, bátorítottak döntéseimben a doktorandusz éveim alatt is.

*„Amit a cél elérésével kapunk, közel sem olyan fontos, mint amivé válunk, amíg azt elérjük.”*

*Zig Ziglar*