

**DON toxin content examination of milling byproduct generated after colour sorting procedure in terms of nutritional utilization**

Kecskésné Nagy Eleonóra<sup>1\*</sup>  
Tima Helga<sup>2</sup>  
Korzenszky Péter<sup>3</sup>  
Sembery Péter<sup>3</sup>

E. Kecskésné Nagy<sup>1\*</sup>  
H. Tima<sup>2</sup>  
P. Korzenszky<sup>3</sup>  
P. Sembery<sup>3</sup>

1. Kecskeméti Főiskola Kertészeti  
Főiskolai Kar  
H-6000 Kecskemét, Erdei Ferenc tér 1.

\* e-mail: nagy.nori@kfk.kefo.hu

2. Budapesti Corvinus Egyetem  
Élelmiszertudományi Kar

3. SZIE, Gépészmérnöki Kar, Gödöllő

# TAKARMÁNYOZÁS- TAN

## Színválogatás után keletkezett malmi melléktermék DON-toxintartalmának vizsgálata takarmányként való felhasználás szempontjából

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt években az évjáráthatásnak köszönhetően az étkezési búza fuzárium-szennyezettsége és ennek következtében a nagy DON-toxin-koncentrációja gyakran gondot okozott. A DON-toxin humán- és állat-egészségügyi szempontból komoly élelmiszer-biztonsági kockázati tényező. Fontos ezért, hogy a búza malmi feldolgozása során legyenek olyan módszerek, amelyekkel a toxinszint csökkenthető. A szerzők korábbi vizsgálataikkal igazolták, hogy korszerű színválogató gép segítségével az étkezési búzatételeknek hatékonyan csökkenthető a DON-toxin-tartalma. A kérdés az, hogyan változik a folyamatban párhuzamosan keletkező melléktermék mikotoxin-tartalma, amit elsődlegesen állati takarmányként használnak fel. A szerzők az erre vonatkozó kísérleti adatok elemzését mutatják be. Az eredményekből látszik, hogy a melléktermék toxintartalma meghaladja a kiinduló búzatétel toxintartalmát. Viszont a regresszióanalízis eredménye alapján lineáris összefüggés nincs a kiindulási alapanyag, a tisztított búza és a melléktermék toxinszintje között. Vagyis a feldolgozás során rendelkezésre álló adatokból nem lehet arra következtetni, hogy a takarmányként hasznosított melléktermék DON-toxin-tartalma megfelelő lesz, avagy sem. Ezt a felhasználók figyelembe kell venni, mert komoly állat-egészségügyi vonatkozásai lehetnek.

### SUMMARY

Thanks to the impact of vintage effect occurring in recent years the Fusarium contamination of wheat and consequently a high DON toxin concentration often cause problem. The DON toxin in terms of human and animal health is a serious food safety risk factor. Therefore, it is important to have methods during the wheat milling process, which reduce the level of toxin. The authors confirmed in earlier examinations, that using modern colour sorting machine the DON toxin content of wheat items can effectively be reduced. The question is, that how does the mycotoxin content of the resulting byproduct change, which is used primarily as animal feed. The authors presented an analysis of these relevant experimental data. The results show, that the toxin content of the by-product exceeds the starting wheat item's one. However, the result of the regression analysis shows that there is no correlation between the toxin contents of the starting raw material, the purified wheat and the by-product. This should be considered by the users when the resulting material is intended to utilize as feed ingredient.

A malmi technológia célja a közvetlen élelmiszer-előállítás, vagyis megfelelő minőségű alapanyagot felhasználva tészta, kenyér és még számtalan alapvető élelmiszer előállítására alkalmas liszt termelése. Mindeközben keletkeznek melléktermékek, amelyeket elsődlegesen állati takarmányként hasznosítanak. Ez azt jelenti, hogy ha közvetett úton is, de az emberi szervezettel kapcsolatba fognak kerülni ezek az anyagok is.

**A takarmányként hasznosított malmi melléktermékek közvetett módon, de kapcsolatba kerülnek az emberi szervezettel**

A melléktermékek termeléséhez kapcsolódó kockázatok felmérése és kezelési lehetőségeinek a megállapítása ugyanolyan fontos, mint a liszt előállításában. Ezt főként akkor kell szem előtt tartani a gyártóknak, amikor a technológiai folyamatban fejlesztést, változtatást hajtanak végre. Nem elegendő csak a fő folyamatokra koncentrálni, hanem ezzel párhuzamosan a melléktermék-előállítási folyamatra gyakorolt hatást is elemezni kell, és fenn kell tartani a jogszabályi és az élelmiszer-biztonsági egyéb követelményeknek való megfelelést.

A fenti gondolatmenetnek megfelelően a malmi búza DON-toxin-tartalmának a csökkentési lehetőségeit vizsgáló kutatómunkánknak is két aspektusa van. A kutatás elsődleges célja annak vizsgálata, hogy a feldolgozás folyamatában van-e érdemi és megbízható lehetőség a búza mikotoxin-tartalmának a csökkentésére, ha korszerű eszközöket építünk be a folyamatba. Vizsgálati eredményeink azt mutatják, hogy megfelelő válogató és felülettisztító gépek, berendezések alkalmazásával a toxinszint biztonsággal csökkenthető (5, 6). Viszont felmerül a kérdés, hogy ebben az esetben hogyan változik a toxintartalma a takarmányként is hasznosítható mellékterméknek. Ez a kutatás második aspektusa. A cikkben az erre vonatkozó adatokat mutatjuk be, mivel ennek komoly állat-egészségügyi kockázatai lehetnek. A téma kifejezetten aktuális, hiszen a 2015. évben betakarított búzában több helyen erős fuzáriumfertőzés volt, ami maga után vonhatja az egyes búzafajták nagy DON-toxin-szennyezettségét.

**Az élelmiszerek mikotoxin-tartalmának csökkentésekor gondolni kell a melléktermékek szennyezettségére is**

## A DON-TOXIN ÁLLAT-EGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

A *Fusarium*-fajok által okozott mikotoxikózis legtöbbször vegyes tünetekben jelentkezik és szaporodásbiológiai problémákat is okozhat, akár a terméketlenség kialakulását is előidézhetik. A DON-toxin által okozott fertilitáscsökkenés oka lehet a petesejtek érésének, a termékenyülés és az embriók fejlődésének gátlása. A fuzariotoxinok iránt a legérzékenyebb állatfaj a sertés és a baromfi, amelyeknél a toxinok legtöbbször az immunrendszer károsítását okozzák, ennek következményeként másodlagos megbetegedések jelentkezhetnek, amiből nagy gazdasági és termelési veszteségek jelenhetnek meg (3). A trichotecén típusú toxinok (deoxivalenol [DON], T-2, HT-2, diacetoxyscirpenol [DAS], nivalenol [NIV]) eddig ismert káros hatásai lehetnek: gyomor-bélrendszeri zavarok (hasmenés, hányás), immunszuppresszív hatás, idegrendszeri elváltozások indukálása, dermatotoxikus hatások, módosíthatják a mellékvese működését, valamint befolyásolják a szaporítószervek működését (7, 10). Sejtszinten vizsgálva gátolják a DNS- és RNS-szintézist, károsan befolyásolják a membrántranszport-folyamatokat (aminosavak, glükóz, Ca-K csatorna), valamint a vér és nyiroksejtekben kimutatták apoptózist indukáló hatásukat (2, 7). A heveny deoxivalenol-toxikózist – amely hányingert, hányást, szédülést, fejfájást, hasi fájdalmat és lázat is okozhat – nehezen különíthetjük el bármely enteropatogén baktérium vagy toxinja okozta megbetegedésektől. Nagyon nehéz feladat a toxinfelvétel és az ok-okozati összefüggés bizonyítása (7). A mikotoxinok károsító hatásait azonban számos külső és belső tényező is befolyásolhatja, ezek lehetnek: kumulálódás, koncentráció, toxinok interakciói, szinergizmusa, addicionáló hatásuk, a toxinhatás időtartama, egyedi érzékenység, egészségi állapot, táplálóanyag, stresszhelyzet.

**A *Fusarium*-fajok által okozott mikotoxikózis leginkább szaporodásbiológiai zavarokat és immunszuppressziót okoznak**

## A BÚZA MIKOTOXIN-KONCENTRÁCIÓJÁT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK

**A *Fusarium*-fajok leggyakrabban a gabonaféléket fertőzik meg, és az általuk termelt egyik gyakori mikotoxin a DON**

**A búza virágzásakor, ill. a betakarítás időszakában bekövetkezett csapadékos időjárás jelentősebb fertőzöttséget és nagyobb toxinszinteket eredményez**

A *Fusarium*-fajok számos haszonnövényen élőködhetnek. Leggyakrabban a gabonaféléket fertőzik meg. Így jelentős gazdasági kárt okozhatnak a növénytermesztésben és az állattenyésztésben egyaránt, de ezek eredményeként a humán egészségügyi következményük is számottevő lehet (8, 11). A fuzariotoxinok egyik gyakran előforduló képviselője a deoxinivalenol vagy vomitoxin, még ismertebb nevén DON-toxin. MESTERHÁZY szerint a búzában ez a toxin fordul elő leggyakrabban. Mivel e mikotoxin a gabonafélékben és a feldolgozott gabonatermékekben egyaránt jelen lehet, így élelmiszer-biztonsági szempontból jelentősnek mondható (8).

A fuzáriumfertőzés megjelenésében és a gabonák toxintartalmának alakulásában kiemelt szerepe van az időjárási tényezőknek. A gomba fertőzéséhez a csapadékos, párás időjárás a kedvező. A búza virágzásakor, ill. a betakarítás időszakában bekövetkezett csapadékos időjárás nagyobb toxinszintet eredményez. A fuzáriumfertőzés mértéke és jellege attól függ, hogy mely fenofázisban támadja meg a búzát a gomba, azaz melyik fejlődési fázisban kedvezőek a környezeti feltételek annak szaporodásához. Ez határozza meg, hogy a gombafertőzés a szemtermésnek a maghéját, vagy pedig a tápszövetét érinti. A fertőzés jellegétől függ az, hogy a búzaszem színe, sűrűsége eltér-e a normálistól, ami viszont a fertőzött, nagyobb toxintartalmú szemek kiválogatásának a lehetőségét vagy a toxinszintjének csökkentésére alkalmazott módszer kiválasztását határozza meg.

VERES kísérleti eredményei egyértelműen alátámasztják az előző bekezdésben leírt folyamatot. A fertőzött búzatételek vizsgálata során kimutatta, hogy a szem külső és belső fertőzöttsége között nincs szoros korreláció, vagyis azok egymástól független jelenségek következtében alakulnak ki. Ezen túlmenően megállapította, hogy az általa vizsgált tételben a külső és a belső fertőzöttség mértéke és a búza toxintartalma között nem állt fenn egyenes arányosság (13). Mindez azt igazolja, hogy egy hagyományos, konvencionális tisztítási, válogatási eljárással nem lehet megbízhatóan és hatékonyan csökkenteni a gabonátétel toxinkoncentrációját, ehhez korszerű berendezések alkalmazására van szükség.

## A TAKARMÁNYOZÁSI ALAPANYAGOK ÉS TAKARMÁNYKEVERÉKEK TOXINTARTALMÁRA VONATKOZÓ ADATOK

**A mikotoxinok az élelmiszerláncban gyakran fordulnak elő, és az előfordulás egyik forrása a takarmányozás lehet**

A mikotoxinok az élelmiszerláncban gyakran fordulnak elő, és az előfordulás egyik forrása a takarmányozás lehet (9). A mikotoxinokkal kapcsolatos feladatok (megelőzés, szennyezettségi mértékek csökkentésének lehetőségei) multidiszciplináris összefogást kíván (6). A deoxinivalenol (DON) toxin tekintetében, állati takarmányozásra az Európai Unióban a szakirodalom szerint becslések szerint 5–10 között van azon országok száma, ahol bevezettek valamilyen szabályozást (köztük Magyarországon is) (1). Míg csak Észak-Amerikában található a DON-toxinra (és az aflatoxin B<sub>1</sub>-re) teljes körű szabályozás, addig a világ többi országában, általánosságban kizárólag az aflatoxin B<sub>1</sub> szabályozott, a többi toxin tekintetében csak néhány országban léteznek határértékek, ill. irányértékek (1, 14). Az Európai Unió által meghatározott takarmányozási irányértékeket a 2006/576/EK ajánlás tartalmazza, amelyben a takarmányozásra használt alapanyagok is szerepelnek (15).

Deoxinivalenol-toxinra vonatkozó mérési adatokat hazánkban a NÉBIH közölt takarmányozási alapanyagok és takarmánykeverékek tekintetében. Míg az alapanyagok tekintetében 2003-ban, DON-toxinra a 222 vizsgált minta 10,4%-a volt 0,040–0,100 mg/kg koncentrációs tartományban, addig 2008-ban ez a szám már

**A DON-toxin jelző értékű lehet más toxinok jelenlétére vonatkozóan**

16,1% volt 118 megvizsgált minta esetében. Amennyiben a 2004-es (94 minta) és a 2008-as év (118 minta) mérési adatait vetjük össze, akkor azt láthatjuk, hogy 0,040 mg/kg alatti tartományban a minták 73,4%-a 50%-ra csökkent, ami szintén a koncentrációs értékek növekedését jelzi. 2,000 mg/kg koncentráció felett 2007-et (144 minta) és 2008-at (118 minta) összehasonlítva a vizsgált minták százalékos eloszlása 4,2-ről 6,8%-ra nőtt. Takarmánykeverékek mérési eredményeit elemezve 0,040 mg/kg alatti DON-koncentrációs tartományban 2004-ben a 92 vizsgált minta 63%-a volt megtalálható, viszont 2008-ban már csak 25,5% 1449 megvizsgált tápminta esetében. Két év adatait összehasonlítva (2003-ban 165 mintát és 2008-ban 1449 mintát) 0,040-0,100 mg/kg mérési tartományban a százalékos megoszlás 10,3-ről 32%-ra nőtt. 2,000 mg/kg feletti koncentrációs értékek megoszlása szerint 2003-ban 0% (165 minta), 2006-ban 6,4% (94 minta) volt (1). Az összes eredményt, valamint korábbi kutatásokat is értékelve megállapítható, hogy a deoxinivalenol toxint megkülönböztetett figyelem illeti, mert jelző értékű lehet más toxinok jelenlétére vonatkozóan (pl. zearalenon és T-2). A DON-toxin stabilabb a többi trichotecénvázis mikotoxinhoz képest (T-2, HT-2, DAS) ezért is tekinthető markernek.

## SAJÁT VIZSGÁLATOK

A kutatás fő vizsgálati vonala az, hogy a malmi búza DON-toxin-szennyezettségét lehet-e csökkenteni a feldolgozás során, amennyiben megfelelő és korszerű gépeket építenek be a folyamatba.

A kísérleteink egyik ágában vizsgáltuk azt, hogy a búzatételek színválogatásával elérhető-e pozitív eredmény. Ehhez a Sortex Z+ színválogató gépen végeztünk halmaztisztítást (1. ábra), majd a tisztítás előtt és után mértük meg a minták DON-toxin-tartalmát.

A kísérletek helyszíne Magyarország egyik legkorszerűbb technológiájával rendelkező malma. Az élelmiszer-biztonsági technológiai feltételek biztosítását, azaz a kockázatok csökkentését érintő kutatás esetében fontosnak tartottuk, hogy a kísérleteket termelési környezetbe állítsuk be, és a folyamat képességét tudjuk felmérni a modellkísérlet helyett. A helyszín megválasztásakor fontos szempont volt, hogy a kísérletek ellenőrzött körülmények között végrehajthatóak legyenek, a folyamat teljes mechanizmusa és annak környezete jól átlátható, feltérképezhető és mérhető legyen. Mindemellett a feltételek, a kísérleti beállítások megváltoztathatók és megismételhetők legyenek.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérlet alapanyaga a durumbúza (*Triticum durum*). A kísérletbe a szakirodalomban megjelenő termesztési tapasztalatok alapján választottuk a fajt. A termesztése során megfigyelték, hogy a durumbúza a fuzáriumfertőzésre érzékenyebben reagál, mint az egyéb búzafélék (13). A fuzáriumfertőzés jellegére az évjáráthatásnak



**1. ÁBRA.** Sortex Z+ színválogató gép

**FIGURE 1.** Sortex Z+ Optical Sorter



**A munka során egy színválogató gép működése során keletkező frakciók DON-tartalmát mérték durumbúza esetén**

**Arra keresték a választ, hogy a takarmányként hasznosított 3. frakció toxintartalmának az alakulása összefüggésbe hozható-e a kiinduló alapanyag vagy a tisztított búza toxin-koncentrációjával**

van nagy szerepe, ezért a vizsgálatok tárgyát a különböző években betakarított búzák analízise jelenti.

Jelen dolgozatban a 2013-ban és a 2014-ben betakarított búzatételek mintáinak az eddigi kiértékelési eredményeit foglaltuk össze. A mintavételi rendet a folyamatos üzemelés miatt a technológiai lépéseknek megfelelően alakítottuk ki. A cél az volt, hogy egy búzatétel toxintartalmának a változását nyomon lehessen követni a feldolgozási folyamatban. A Sortex színválogató gépnél három mintavételi helyet alakítottunk ki. Az első mintát közvetlenül a válogatás előtt gyűjtöttük. Ez tükrözte az alapanyag kiinduló toxintartalmát. A kiértékelés során ezt 1. frakciónak neveztük el. A tisztítást követően két frakció keletkezett. A 2. frakciót a malmi búza jelentette, amelyből a technológiai folyamat végén a lisztet őrlik. A 3. frakció a kiválogatott melléktermék, ami takarmány-alapanyagként is felhasználható. Az egyes frakciók DON-toxin-tartalmát megmértük és statisztikai módszerek (regresszióanalízis) alkalmazásával kiértékeljük. A toxin-koncentráció meghatározása a Romer Labs által forgalmazott, ELISA-módszerrel működő AgraQuant Deoxynivalenol vizsgálati kittel történt.

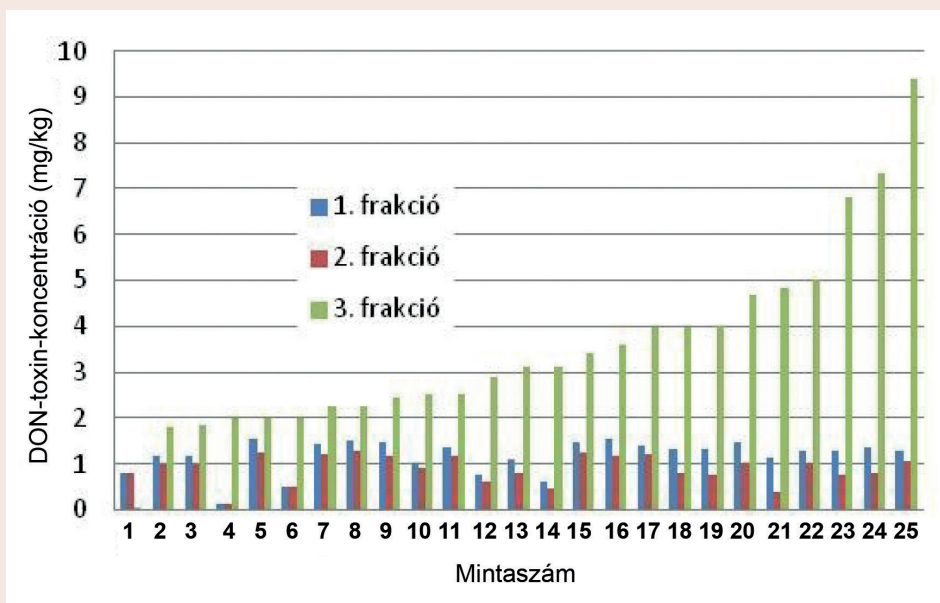
## EREDMÉNYEK

Az eddigi vizsgálati eredményekből egyértelműen kiderült, hogy a Sortex Z+ színválogató gép alkalmazásával csökkenthető a búzatétel DON-toxin-tartalma. Korábban megjelent publikációinkban az erre vonatkozó elemzéseket részletesen ismertettük (5, 6). Most arra keressük a választ, hogy a takarmányként hasznosított 3. frakció toxintartalmának az alakulása összefüggésbe hozható-e a kiinduló alapanyag (1. frakció) vagy a tisztított búza (2. frakció) toxinkoncentrációjával. A kérdés megválaszolása azért lényeges, mert ha találunk összefüggést, akkor a feldolgozás során rendelkezésre álló adatok segítségével gyorsan és egyszerűen megállapítható, hogy a melléktermék takarmányként felhasználható, avagy sem. Ez fontos lépés lenne az állat-egészségügyi kockázatok megelőzésében.

Amint az a 2. és 3. ábrából egyértelműen látszik, a kiválogatás után a 3. frakcióban mért toxinszint mindig nagyobb, mint az első két frakcióban mért értékek. Ahhoz, hogy az előzőekben feltett kérdésre a választ megkapjuk,

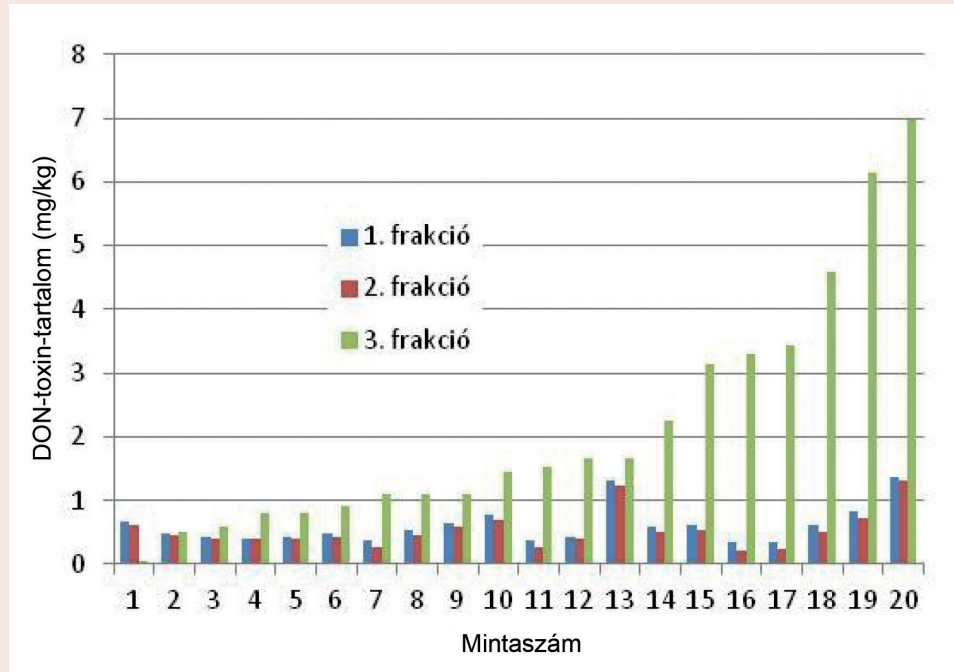
**2. ÁBRA.** A színválogatás során keletkezett frakciók DON-toxin-tartalma (2013. évjárat)

**FIGURE 2.** DON toxin content of the generated fractions during the colour sorting (2013. vintage)



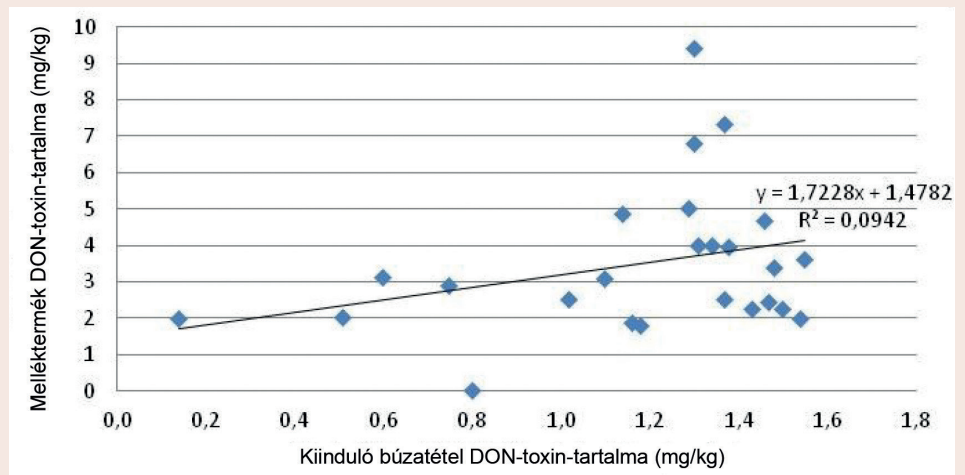
**3. ÁBRA.** A színválogatás során keletkezett frakciók DON-toxin-tartalma (2014. évjárat)

**FIGURE 3.** DON toxin content of generated fractions during the colour sorting (2014. vintage)



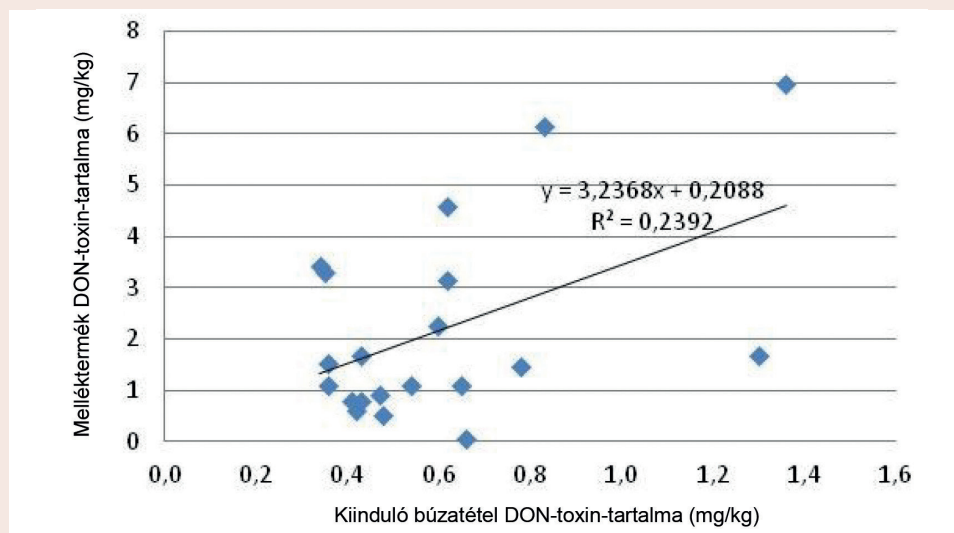
**4. ÁBRA.** Összefüggés-vizsgálat a színválogatás előtti (1. frakció) búzatétel és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2013. évjárat)

**FIGURE 4.** Correlation examination of the DON toxin content of the wheat item before colour selection (1. fraction) and the milling byproduct (3. fraction) (2013. vintage)



**5. ÁBRA.** Összefüggés-vizsgálat a színválogatás előtti (1. frakció) búzatétel és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2014. évjárat)

**FIGURE 5.** Correlation examination of the DON toxin content of the wheat item before colour selection (1. fraction) and of the milling byproduct (3. fraction) (2014. vintage)



a 2–3. ábrákban a minták sorrendjét a 3. frakció DON-toxin-tartalmának növekvő sorrendje alapján alakítottuk ki. Így egyszerűen szemléltethető, hogy az egyes frakciók koncentrációjának az alakulása mutat-e szemmel látható összefüggést. A válasz első látásra egyértelmű nem. Emeljünk ki a 2013. évben betakarított (vö. 2. ábra) és a 2014-ben betakarított (vö. 3. ábra) mintasorokból egy-egy adatként, és vessük össze azokat. A 2. ábrán például az 5. mintánál mért eredményeket a 25. minta eredményeivel, míg a 3. ábrán a 17. és a 20. minta toxintartalmának alakulását hasonlítsuk össze. Az előzőekben tett megállapításunk igazolódik. Sem a 2013-ban, sem a 2014-ben betakarított búzatételeknél nem látszik összefüggés a három frakció toxintartalmának alakulásában. Az eddigi okfejtésünk minden kétséget kizáró igazolásához vagy elvetéséhez a biostatistikai módszereket hívtuk segítségül. A regresszióanalízissel részletesebb elemzést végzünk. Az elvégzett összefüggésvizsgálat adhat választ arra a kérdésre, hogy a búzatétel kiinduló DON-toxin-koncentrációjából vagy a tisztított búza DON-toxin-tartalmából következtethetünk-e a melléktermékben várható toxintartalomra.

A jogszabályi előírásoknak való megfelelés érdekében a malomipari feldolgozás során a kiinduló alapanyag toxinszennyezettségének a mértékét ismerni kell ahhoz, hogy a határértéket meghaladó búzatételek ne kerüljenek őrlésre. Ezért a legegyszerűbb megoldást a melléktermék-szennyezettség mértékének a megbecslése, ez alapján pedig a továbbhasznosításának a meghatározása szempontjából az jelentené, ha a kiinduló alapanyag és a melléktermék toxinkoncentrációja között valamilyen szintű statisztikai összefüggést ki lehetne mutatni. Ennek érdekében e két adat regresszióanalízisét végeztük el elsőként mindkét évjáratra vonatkozóan (4–5. ábra).

A 4. ábra (2013. évjárat) tanúbizonysága szerint a kiinduló búzatételnek (1. frakció) csak 9%-ban van befolyása a melléktermék (3. frakció) DON-toxin-koncentrációjára, 81%-ban pedig véletlen hatásoknak köszönhető annak mértéke. Az 5. ábra azt mutatja, hogy a 2014. évjáratú búzák esetén mintegy 24%-ban függ az egyes frakció kiinduló toxintartalmától a melléktermék toxinszennyezettsége. Azt mondhatjuk mindkét esetben, hogy nincs lineáris korreláció az adatként között, így a kiinduló búza toxintartalmából nem tudunk következtetni a melléktermék toxikus hatására. Vizsgáljuk meg, hogy a 2. frakció (színválogatás utáni búza) és 3. frakció között találunk-e összefüggést (6–7. ábra).

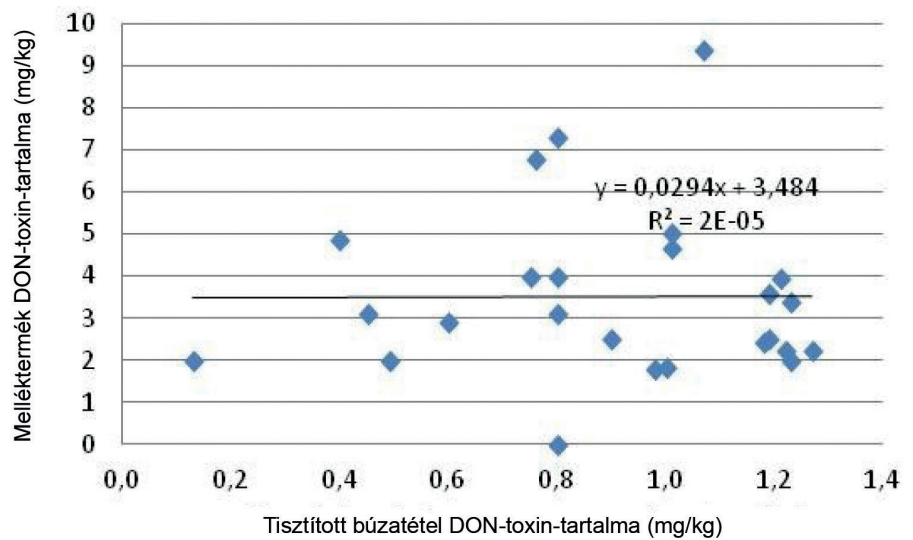
Az eredmény hasonlóan alakul, mint az első és a harmadik frakció összefüggésvizsgálata esetén. Ebben az esetben sem mutatható ki kapcsolat a mintapárok toxinkoncentrációja között. Ki kell emelnünk a 6. ábra adatait, amelyek azt mutatják, hogy egyáltalán nincs összefüggés a tisztított búza toxinkoncentrációja és a melléktermék mikotoxin-tartalma között. Tehát ezek az adatok sem adnak támpontot a melléktermékben felgyülemlett káros anyag mennyiségére.

Logikusnak tűnik, hogy az 1. frakció toxincsökkenésének a mértéke, azaz hatékonysága lehet a legnagyobb befolyásoló tényező a melléktermékre. Bár ennek meghatározása a termelési gyakorlatban nem egyszerű. Ahhoz, hogy a hatékonyságot meghatározzuk, ill. az összefüggésvizsgálatot is elkészíthessük, az 1. és a 2. frakció adataiból egy különbségmintát kell létrehozunk. Tehát mérni kell az 1. és vele párhuzamosan a 2. frakció toxintartalmát is. A különbségminta elemeit az 1. és a 2. frakció adatkéntjainak a különbségéből képezzük. A regresszióanalízis azt mutatja (8–9. ábra), hogy szintén nincs lineáris kapcsolat a különbségminta és a melléktermék károsanyag-tartalma között. Bár az eddigi összefüggésvizsgálatokhoz képest ebben az esetben a legnagyobb a regressziós együttható értéke, azonban ez még nem jelenti a két változó közötti igen szoros, függvényyszerű kapcsolat meglétét. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a melléktermék DON-toxin-tartalma nem csupán a szín szerinti válogatás hatékonyságától függ, hanem egyéb tényezők is közrejátszanak.

**A regresszióanalízis alapján megállapították, hogy a kiinduló búza toxintartalmából nem lehet következtetni a melléktermékére**

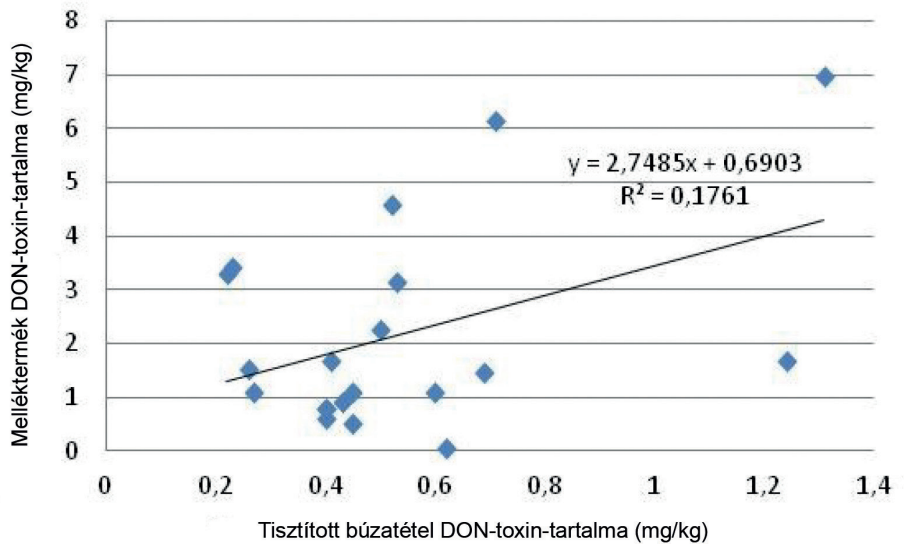
**6. ÁBRA.** Összefüggés-vizsgálat a színválogatás utáni (2. frakció) búzatétel és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2013. évjárat)

**FIGURE 6.** Correlation examination of the DON toxin content of the wheat item after colour selection (2. fraction) and of the milling byproduct



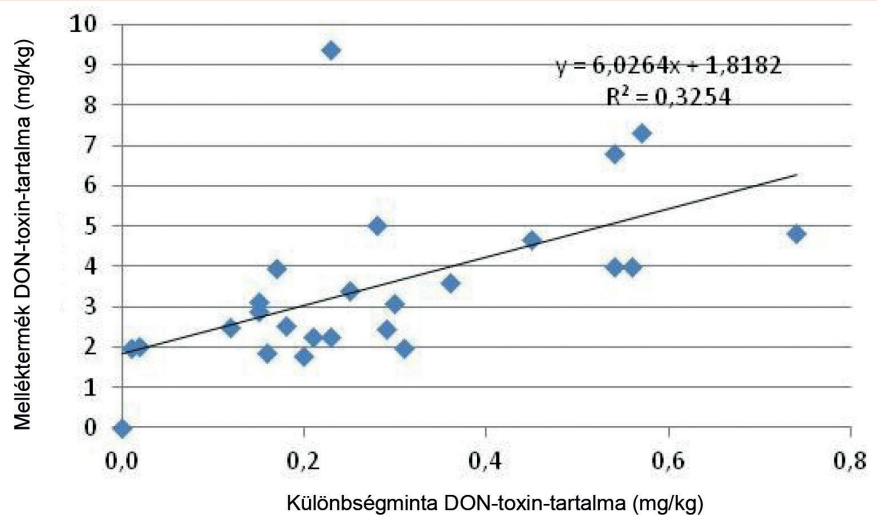
**7. ÁBRA.** Összefüggés-vizsgálat a színválogatás utáni (2. frakció) búzatétel és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2014. évjárat)

**FIGURE 7.** Correlation examination of the DON toxin content of the wheat item after colour selection (1. fraction) and of the milling byproduct (3. fraction) (2014. vintage)



**8. ÁBRA.** Összefüggés-vizsgálat a a különbségminta (1. és 2. frakció adatainak a különbsége) és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2013. évjárat)

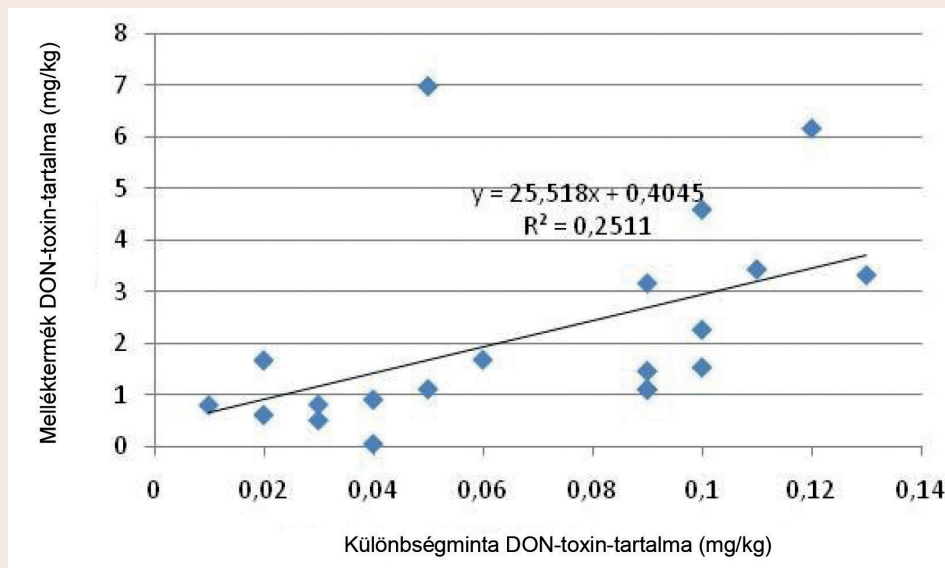
**FIGURE 8.** Correlation examination of the DON toxin content of the difference sample (subtraction of 1. and 2. fraction) and the byproduct (3. fraction) (2013. vintage)





**9. ÁBRA.** Összefüggésvizsgálat a különbségminta (1. és 2. frakció adatainak a különbsége) és a malmi melléktermék (3. frakció) DON-toxin-tartalma között (2014. évjárat)

**FIGURE 9.** Correlation examination of the DON toxin content of the different sample (substraction of 1. and 2. fraction) and the byproduct (3. fraction) (2014. vintage)



## KÖVETKEZTETÉSEK

**A különböző fertőzési jelleget mutató szemek aránya főként az évjáráthatástól és a termesztés során alkalmazott agrotechnikai gyakorlattól függ**

A fenti eredményekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az őrlésre szánt búza DON-toxin-tartalmát csökkentő szín szerinti válogatás során keletkezett malmi melléktermék toxintartalma nem mutat szoros korrelációt sem a kiinduló búza, sem a tisztított búza toxintartalmával (vö. 4–7. ábra). Ez azt jelenti, hogy előfordulhat a kis DON-értékű búzák tisztítását követően nagy károsanyag-tartalmú melléktermék, és fordítva (vö. 2–3. ábra). Ezt a tényt fontos ismerniük a malomiparban dolgozóknak, mert sok esetben a tisztítási melléktermékeket állati takarmányként értékesítik.

A melléktermék toxintartalmára a szín szerinti válogatás, azaz a tisztítás hatékonysága sem mutat egyértelmű, jól meghatározható összefüggést. Ennek az okát több tényezővel lehet magyarázni. Egyrészt a szín szerinti válogatással a virágzás korai stádiumában fertőződött szemek válogathatók ki nagy százalékban, a virágzás kései szakaszában fertőződött kalászból származó búzaszemek egy része, mivel színeltérést nem minden esetben mutatnak, tovább halad. Az, hogy a különböző fertőzési jelleget mutató szemek aránya hogyan alakul egy adott búzatételben, főként az évjáráthatástól és a termesztés során alkalmazott helyes agrotechnikai gyakorlattól függ.

A melléktermék toxintartalmára hat az is, hogy milyen egyéb alkotókat és milyen mennyiségben választja ki a Sortex Z+ válogatógép. Ettől a melléktermék össz mennyisége, ill. a benne található toxinszennyezett szemek aránya függ. Erre a feldolgozás előtti előválogatás hatékonysága mellett ismét az évjáráthatásnak van hatással. Ez utóbbi befolyásolja, hogy milyen egyéb fertőzések érték a búzát, amelyek szintén a szemek színeltéréseivel járhatnak, ill. mennyire üvegesek a szemek, és sorolhatnánk még azokat az eltéréseket, amelyek a fuzáriummal fertőzött szemek mellett a szín szerinti halmaztisztításkor kikerülnek a malmi búzából.

Összességében tehát elmondhatjuk, hogy ha e mellékterméket takarmányként szeretnék hasznosítani a gyártók, akkor az állat-egészségügyi kockázatok csökkentése érdekében ki kell dolgozniuk, ill. alkalmazniuk kell a DON-toxin-tartalmat meghatározó vizsgálati rendszert. Az élelmiszer-biztonsági feltételek így biztosíthatók minden körülmények között, valamint az is, hogy az ajánlott határértéket meghaladó toxintartalmú tételek ne váljanak közvetlen állati eledellé.

**Az Európai Unióban  
a takarmányok  
DON-toxin-tartalmára  
vonatkozóan a maximális  
toxintartalom javasolt  
határértéke 8 mg/kg**

Az Európai Unióban a takarmányok DON-toxin-tartalmára vonatkozóan ajánlást fogalmaztak meg. A gabonafélék és gabonakészítmények esetén az EU által ajánlott maximális toxintartalom javasolt határértéke 8 mg/kg lehet. A 2013-as és a 2014-es évjáratban, ami a búza fuzáriumfertőzöttsége szempontjából nem számított különleges évjáratnak, a mintáink közül egy haladta meg ezt az értéket. Így, amennyiben nincs lehetőség egy vizsgálati rendszer kialakítására, akkor a megfelelő keverési arány meghatározásával van mód a takarmányként hasznosításra. Vizsgálatainkat tovább folytatjuk a 2015. évben is, amikor a búza virágzása és a betakarítás idején csapadékos volt az időjárás.

## IRODALOM

1. BÚZA L. – SCHILL M. J.: A mikotoxinok vizsgálati módszerei, eredményei, előfordulásuk a hazai takarmányokban. In: Kovács M. (szerk.): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*. Agroinform Kiadó. Budapest, 2010. 14–19.
2. GALVANO, F. – GALOFARO, V. – GALVANO, G.: Mycotoxins in the human food chain. In: DIAZ D. (eds.): *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham Press. Nottingham, UK, 2005. 187–224.
3. GLÁVITS R. – VÁNYI A.: A sertés fontosabb mikotoxikózisai. *Magy. Állatorv. Lapja*, 1995. 50. 407–420.
4. KECSKÉSÉNYE E. – SEMBERY P.: Egy malomipari feldolgozási folyamat műszaki feltételeinek a vizsgálata élelmiszerbiztonsági szempontból. *Gradus*, 2014. 1. 2. 44–50.
5. NAGY KECSKÉSÉNYE, E. – SEMBERY, P.: Color sorting of bread-making wheat and change of toxin content. *J. Eng. Ann. Fac. Eng. Hunedoara / Int. J. Eng.*, 2015. 13. 1. 171–174.
6. KOVÁCS F.: Agrártermelés– Tápláléklánc– Mikotoxinok. In: Kovács M. (szerk.): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*. Agroinform Kiadó. Budapest, 2010. 7–13.
7. KOVÁCS M.: A mikotoxinok humán-egészségügyi vonatkozásai. In: Kovács M. (szerk.): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*. Agroinform Kiadó. Budapest, 2010. 86–102.
8. MESTERHÁZY Á.: Mikotoxinok a gabonatermesztésben: az élelmiszerbiztonsági kihívás. *Élelmiszervizsgáló közlemények*, 2007. LIII. (53. különszám). 38–48.
9. RAFAI P. – KOVÁCS M.: A takarmányok mikotoxin szennyezettségének igazságügyi állatorvostani vonatkozásai. *Állatteny. Takarm.*, 2009. 58. 5. 413–424.
10. RAFAI P. – TUBOLY S. – BATA Á. – VÁNYI A. – PAPP Z. – BRYDL E. – JAKAB L. – TÚRY E.: A takarmány különböző T-2 koncentrációinak hatása a növekedéssértésekre. Humorális és celluláris immunválasz. *Magy. Állatorv. Lapja*, 1995. 50. 10. 684–686.
11. SZABÓ HEVÉR Á.: A kalászfuzárium rezisztencia molekuláris hátterének vizsgálata frontana eredetű térképező búzapopulációkban, SZIE, Doktori értekezés. 2013. 141.
12. SZUNICS L. – VIDA GY. – VEISZ O. – LÁNG L. – BEDŐ Z.: A Maxi és a Makaróni. Új őszi típusú, jó minőségű durum búza fajták. *Martonvásár, az MTA Mezőgazdasági Kutató Intézetének közleményei*, 2002. XIV. 2. 9–11.
13. VERES E. – BORBÉLY M.: Az őszi búza felhasználhatósága a vizuális és mikrobiológiai Fusarium fertőzöttség-, valamint a toxin vizsgálatok alapján. *Agrártud. közlemények*, 2007. 12. 26–34.
14. EC–European Commission SCOOP task 3.2.10.: Collection of occurrence data of Fusarium toxins in Food and assessment of dietary intake by the population of EU member states. *Subtask III: Fumonisin. European Commission, Directorate-General Health and Consumer Protection*. Brussels, 2003. 485–577.
15. EC–Comission recommendation: 2006/576/EC of 17 August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding. *Official J. of the European Union*, 2006. L 229/7.

Közlésre érke.: 2015. szept. 14.