

## NAJVÝZNAMNEJŠIE MYKOTOXÍNY RODU *FUSARIUM*

MICHAELA HARČÁROVÁ<sup>a</sup>, EVA ČONKOVÁ<sup>a</sup>,  
ZUZANA SIHELSKÁ<sup>a</sup>, EMA BÖHMOVÁ<sup>a</sup>  
a KATARÍNA GOLDÍROVÁ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Katedra farmakológie a toxikológie, <sup>b</sup> Klinika malých zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice  
michaela.harcarova@student.uvlf.sk

Došlo 16.6.17, prijaté 16.8.17.

Kľúčové slová: *Fusarium*, deoxynivalenol, zearalenón, fumonizíny

### Obsah

1. Úvod
2. Mykotoxíny rodu *Fusarium*
  - 2.1. Trichotecény
  - 2.2. Zearalenón
  - 2.3. Fumonizíny
3. Záver

### 1. Úvod

Mikroskopické vláknité huby oddelenia *Ascomycota* sú dôležitou skupinou v ríši *Fungi*. Predstavujú potenciálne riziko najmä z hľadiska znehodnotenia poľnohospodárskych plodín, na ktorých sa môžu vyskytovať ako patogény v priebehu ich rastu, tzv. poľné huby. Mikromycéty, ktoré ako saprofyty kontaminujú neživý organický materiál počas skladovania, sa nazývajú skladové huby<sup>1</sup>. Typickými zástupcami poľných húb sú druhy rodov *Fusarium* a *Alternaria*, medzi skladové huby patria rody *Aspergillus* a *Penicillium*. Rozdelenie húb na poľné a skladové nie je striktné a poľné huby môžu byť detegované aj pri zbere či skladovaní obilnín<sup>2</sup>. Mikroskopické vláknité huby oboch typov sú schopné za vhodných environmentálnych podmienok (teplota, relatívna vlhkosť, prítomnosť kyslíka) produkovať sekundárne metabolity – mykotoxíny<sup>3</sup>. Problematika mykotoxínov je vysoko aktuálna, nakoľko sa odhaduje, že až 25 % z celosvetovej produkcie plodín je kontaminovaných<sup>4</sup>. Prítomnosť toxinogénnych húb v krmných obilninách, resp. v krmive predstavuje aj potenciálnu kontamináciu mykotoxínmi. Riziko ich výskytu sa môže stanoviť až po identifikácii špecifického mykotoxínu, pričom:

- prítomnosť samotnej mikroskopickej vláknitej huby neznamená, že je producentom mykotoxínu,

- mykotoxín môže byť prítomný v substráte aj bez aktuálnej prezencie mikroskopickej vláknitej huby,
- mikroskopické vláknité huby môžu produkovať viac ako jeden mykotoxín,
- jeden mykotoxín môže byť produkovaný viacerými zástupcami mikroskopických vláknitých húb<sup>5</sup>.

Tvorbu mykotoxínov ovplyvňujú tiež klimatické podmienky ako sucho a mraz, ale aj teplotné poškodenie, mechanické narušenie celistvosti zrna počas zberu plodín, poškodenie celistvosti zrna hmyzom, rastlinná varieta, hustota rastlinného porastu, štruktúra pôdy, kvalita hubového inokula a vegetačné štádium<sup>6,7</sup>. Steyn popisuje, že existuje viac ako 300 chemicky odlišných mykotoxínov<sup>8</sup>. Úplná eliminácia mikroskopických vláknitých húb a mykotoxínov nie je možná. Avšak kombinácia správnej poľnohospodárskej praxe, používanie adsorbentov (bentonit, zeolit, aktívne uhlie), antioxidantov (etoxyquín, butylhydroxytoulén, butylhydroxyanizol, propylgalát, vitamín E, vitamín C, karotenoidy, L-karnitín a melatonín) a biologicky účinných látok (baktérie, kvasinky, humínové kyseliny) predstavuje možnosti preventívnych opatrení<sup>9–13</sup>.

### 2. Mykotoxíny rodu *Fusarium*

Mykotoxíny majú rôznu chemickú štruktúru, od ktorej závisí ich metabolizmus a stupeň toxicity v živom organizme. Rod *Fusarium* sa zaraďuje medzi toxinogénne huby s vysokou produkciou rôznych mykotoxínov (tab. I). Optimálnymi podmienkami pre rast a tvorbu mykotoxínov mikroskopickými vláknitými hubami rodu *Fusarium* sú: teplota 15–25 °C, relatívna vlhkosť 20–25 %, vodná aktivita 0,98–0,99 a slabo kyslé pH prostredia. Tri najvýznamnejšie skupiny mykotoxínov syntetizované rodom *Fusarium* sú: trichotecény, zearalenón a fumonizíny<sup>14</sup>. Ochorenia (mykotoxikózy) spôsobené týmito mykotoxínmi sú rozmanité a zahŕňajú širokú škálu vnímavých druhov zvierat, vrátane človeka<sup>15</sup>. Mykotoxikózy sa môžu prejavovať rôznymi klinickými príznakmi, ktoré závisia od faktorov, ako sú typ a koncentrácia mykotoxínu, doba expozície, druh, rod, vek a zdravotný stav zvierat. Dlhodobá expozícia zvierat voči účinkom mykotoxínov vyúsťuje do stavu zvýšenej vnímavosti k sekundárnym ochoreniam vírusového, bakteriálneho a hubového pôvodu<sup>16</sup>.

#### 2.1. Trichotecény

Trichotecény predstavujú početnú skupinu sekundárnych metabolitov mikroskopických vláknitých húb rodu *Fusarium* a podľa charakteristickej funkčnej chemickej skupiny (rôzne substituenty na C – 3, 4, 7, 8 a 15) sa rozdeľujú do štyroch základných skupín (A–D)<sup>17</sup>. Základom

Tabuľka I  
Najvýznamnejšie druhy rodu *Fusarium* a ich mykotoxíny<sup>3</sup>

Druh <i>Fusarium</i>	Mykotoxín
<i>F. acuminatum</i>	akuminatum, aurofuzarín, beauvericín, trichotecény, moniliformín, fuzaríny a iné
<i>F. avenaceum</i>	aurofuzarín, beauvericín, chlamydosporol, fuzaríny, moniliformín
<i>F. chlamydosporum</i>	chlamydosporol, moniliformín
<i>F. crookwellense</i>	aurofuzarín, kulmorín, fuzaríny, trichotecény, zearalenón
<i>F. culmorum</i>	aurofuzarín, chlamydosporol, kulmorín, trichotecény, zearalenón
<i>F. equiseti</i>	equisetin, moniliformín, trichotecény, zearalenón
<i>F. graminearum</i>	aurofuzarín, chlamydosporol, kulmorín, fuzaríny, trichotecény, zearalenón
<i>F. napiforme</i>	fumonizíny, moniliformín
<i>F. oxysporum</i>	fumonizíny, moniliformín
<i>F. poae</i>	aurofuzarín, kulmorín, fuzaríny, trichotecény
<i>F. proliferatum</i>	fumonizíny, moniliformín
<i>F. pseudograminearum</i>	trichotecény, zearalenón
<i>F. sambucinum</i>	aurofuzarín, beauvericín, trichotecény
<i>F. semitectum</i>	moniliformín, trichotecény, zearalenón
<i>F. solani</i>	trichotecény
<i>F. sporotrichioides</i>	aurofuzarín, kulmorín, fuzaríny, moniliformín, trichotecény

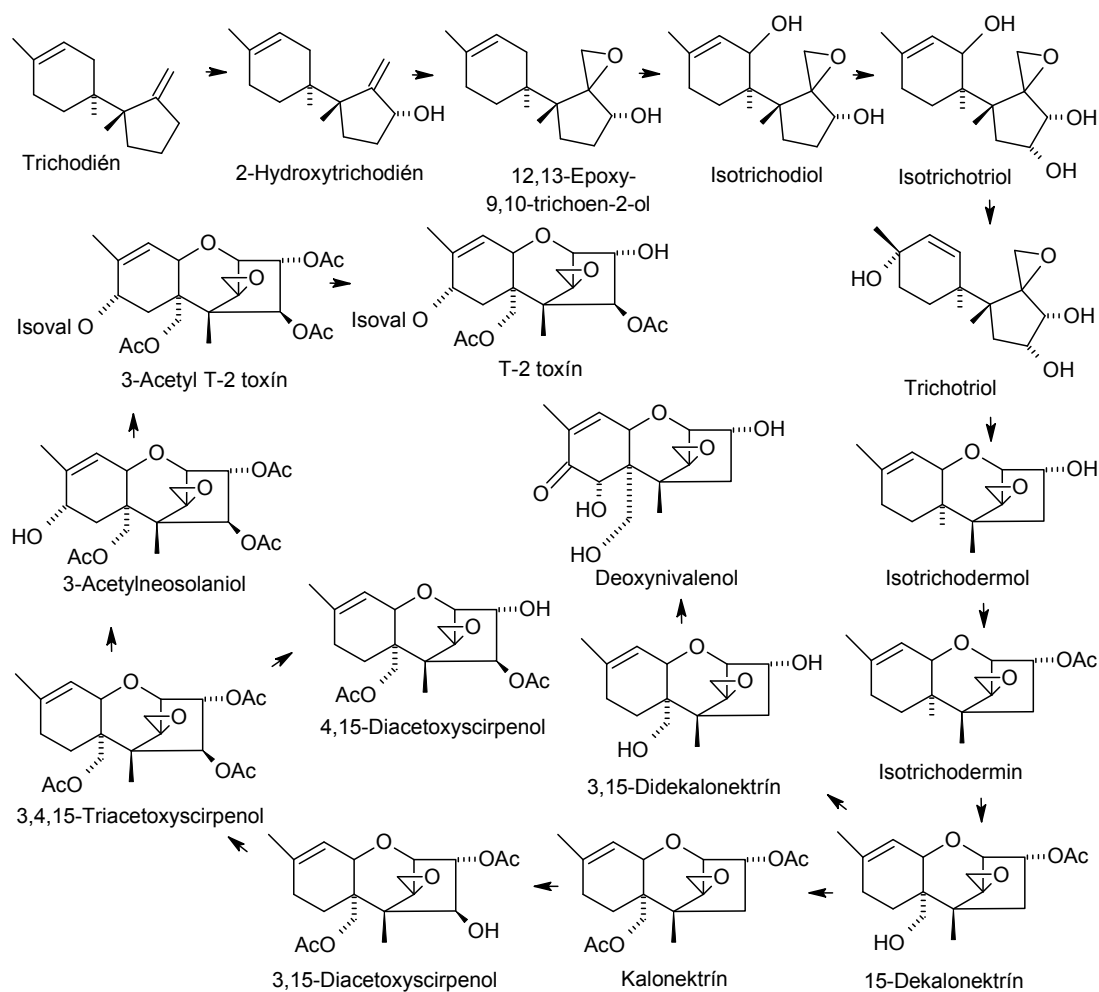
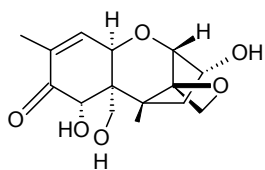
molekuly trichotecénov je tricyklický seskviterpénový kruh s dvojitou väzbou medzi uhlíkom C9, C10 a epoxidový kruh v polohe uhlíka C12, C13, ktorý je zodpovedný a nevyhnutný pre ich toxicitu. Trichotecény sú označované ako 12,13-epoxytrichotecény<sup>18</sup>. Chemická štruktúra trichotecénov je variabilná a závisí od počtu a pozície hydroxylových skupín a tiež od počtu a pozície esterifikačných skupín. Trichotecény rodu *Fusarium* sú relatívne jednoduché alkoholy s krátkymi reťazcami esterov. Biosyntéza trichotecénov prebieha z trichodiénu (obr. 1)<sup>19</sup>. V obilí sú dominantnými typmi najmä trichotecény typu A (T-2 toxín, HT-2 toxín, diacetoxyscirpenol, neosolaniol a verucol) a trichotecény typu B (deoxynivalenol, acetylované formy deoxynivalenolu 3-ADON a 15-ADON, nivalenol a fusarenon-X), ktoré sa najčastejšie vyskytujú v obilninách. Rozdelenie trichotecénov do skupiny A alebo B je na základe prítomnosti ketonickej skupiny na C8. Trichotecény typu A sú látky, ktoré nemajú na C8 ketonickú skupinu a trichotecény typu B sú látky s ketoskupinou na C8. Makrocyclické trichotecény typu C majú na C7, C8 iný epoxid a trichotecény typu D majú makrocyclický kruh spojený dvoma esterami od C4 po C15 (cit.<sup>8</sup>). Trichotecény typu C a D sú menej významné a najčastejšie sú izolované z potravín a krmív<sup>20</sup>. Z hľadiska toxicity sú trichotecény klasifikované ako gastrointestinálne toxíny, dermatotoxíny, imunotoxíny, hematotoxíny a genotoxíny<sup>21</sup>.

Deoxynivalenol (DON), celosvetovo rozšírený fuzáriotoxín bol prvýkrát izolovaný v Japonsku v roku 1972 Moorokoom a spol.<sup>22,23</sup>. DON (C<sub>15</sub>H<sub>20</sub>O<sub>6</sub>) je produkovaný druhmi ako *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. crook-*

*wellense*, *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. tricinctum* a *F. acuminatum*. V Európe je často detegovaný v obilninách, ako sú pšenica, jačmeň a ovos, ale vyskytuje sa aj v kukurici<sup>24</sup>. Inhibuje syntézu DNA a RNA na úrovni ribozómov. Poškodzuje expresiu cytokínov a zvyšuje hladinu intracelulárneho vápnika, čo vedie k aktivácii kaspázy, k zlomu DNA a proteínov s následnou apoptózou buniek. Makrofágy ako hlavný zdroj cytokínov sú veľmi kľúčové pri stimulácii produkcie imunoglobulínov IgA (pravdepodobne prostredníctvom cytokín-interleukínu-6)<sup>25</sup>. Štruktúrne je DON polárna organická zlúčenina, ktorá patrí do skupiny B-trichotecénov a jeho chemický názov je 12,13-epoxy-3 $\alpha$ ,7 $\alpha$ ,15-trihydroxytrichotec-9-en-8-on (obr. 2)<sup>26,27</sup>. Vo svojej molekule má 3 voľné hydroxyskupiny, ktoré sú zodpovedné za jeho toxicitu. Jeho najdôležitejšou fyzikálno-chemickou vlastnosťou je odolnosť voči vysokým teplotám, čo zvyšuje riziko jeho výskytu v potravinách<sup>28</sup>. Deoxynivalenol je biela kryštalická látka, chemicky a tepelne veľmi stabilná s bodom topenia 151–153 °C. Jeho molekulová hmotnosť je 296,32 g mol<sup>-1</sup>, je rozpustný vo vode a polárnych rozpúšťadlách (metanol, acetonitril, chloroform) a v zmesiach octan etylnatý : acetonitril (4 : 1) alebo chloroform : metanol (9 : 1)<sup>29</sup>. Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) pre nedostatočné dôkazy nezaradila deoxynivalenol medzi karcinogény<sup>30</sup>.

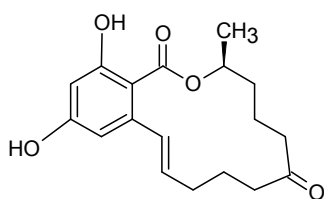
## 2.2. Zearalenón

Po prvýkrát bol zearalenón (ZEA) izolovaný z huby *Gibberella zeae* a je jedným z najvýznamnejších mykoto-

Obr. 1. Syntéza trichotecénov produkovaných rodom *Fusarium*<sup>19</sup>Obr. 2. Štruktúrny vzorec deoxynivalenolu<sup>27</sup>

xínov. Zearalenón ( $C_{18}H_{22}O_5$ ) je produkovaný tým istým druhom ako deoxynivalenol, a to *F. graminearum* a ďalšími druhmi ako *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. crookwellense*, *F. roseum*, *F. nivale*, *F. tricinctum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. lateritium*, *F. sacchari*, *F. sambucinum*,

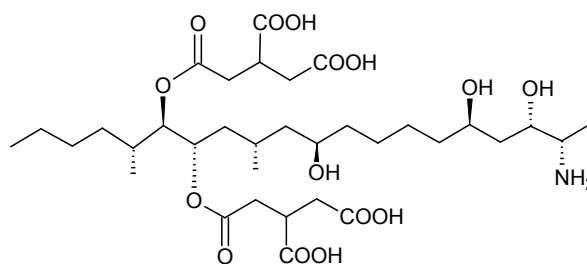
*F. equiseti*, *F. gibbosum*, *F. solani*<sup>14,31</sup>. Zearalenón (obr. 3) je nesteroidný estrogenický mykotoxín, ktorý má štruktúru podobnú so steroidnými hormónmi, čo zvyšuje jeho schopnosť viazať sa na intracelulárne estrogenne receptory uteru, hypotalamu a hypofýzy. Pôsobí ako agonista a čiastočne ako antagonist estradiolu. Inhibuje sekréciu folikulo stimulujúceho hormónu (FSH) a potláča dozrievanie ovariálnych folikulov v preovulačnej fáze<sup>32</sup>. Z hľadiska toxicity je zearalenón zodpovedný za funkčné zmeny v reprodukčnom systéme s následným celkovým rozvratom hormonálnej regulácie. Ošipané sú v porovnaní s inými druhmi zvierat mimoriadne citlivé, pretože v ich pečeni dochádza k biotransformácii zearalenónu na  $\alpha$ -zearalenol, ktorý je toxickejší ako samotný zearalenón. V porovnaní so zearalenónom a  $\beta$ -zearalenolom má  $\alpha$ -zearalenol vyššiu schopnosť väzby na estrogenne receptory<sup>33,34</sup>. Okrem estrogených účinkov môže pôsobiť hepatotoxicky, hematotoxicky, imunotoxicky a genotoxicky<sup>35</sup>. Po chemickej

Obr. 3. Štruktúrálly vzorec zearalenónu<sup>47</sup>

stránke je zearalenón makrocyclický laktón kyseliny  $\beta$ -resorcylovej a má úzky štruktúrálly vzťah s inými antibiotickými metabolitmi, ktoré sú produkované množstvom mikroskopických vláknitých húb<sup>36</sup>. Zearalenón je biela kryštalická látka s bodom topenia 159–163 °C. Jeho chemický názov je 3,4,5,6,9,10-hexahydro-14,16-dihydroxy-3-metyl-1*H*-2-benzoxacyklotetradecin-1,7(8*H*)-dión. Jeho molekulová hmotnosť je 318,36 g mol<sup>-1</sup>. ZEA je pomerne stabilnou látkou, ktorá nepodlieha degradácii v procese spracovania obilnín, ani pri jeho tepelnom spracovaní. Je rozpustný v benzéne, acetonitrile, metanole, etanole a acetóne<sup>37</sup>. Často sa vyskytuje v skladovanom obilí, hlavne v kukurici, ovse, raži, ryži, ciroku a pšenici. Zearalenón kontaminuje približne 32 % obilnín a potravín z nich vyrobených (sušienky, raňajkové cereálie, pečivo, zákusky)<sup>18,24</sup>. Podľa IARC patrí zearalenón do 3. skupiny, kde sú zaradené mykotoxíny, ktoré nie sú klasifikované ako karcinogénne pre človeka<sup>30</sup>.

### 2.3. Fumonizíny

Fumonizíny predstavujú skupinu mykotoxínov, ktoré sú produkované hubami *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. nygamai*, ale aj *Alternaria alternata*. Do tejto skupiny mykotoxínov sa zaraďujú fumonizín A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>. Po chemickej stránke sú to zložité alifatické zlúčeniny, diestery propán-1,2,3-trikarboxylovej kyseliny. Svojou štruktúrou sú podobné celulárnym sfingolipidom – sfingoidom, sfinganínu a sfingozínu, na ktoré pôsobia prostredníctvom inhibície sfingozín-acyl-transferázy<sup>38</sup>. Aj napriek ich relatívne jednoduchej chemickej štruktúre ovplyvňujú metabolizmus sfingolipidov u zvierat, čo môže spôsobiť komplexy zmien v nervovom tkanive<sup>3</sup>. Inhibujú ceramid-syntetázy (sfinganín a sfingozín *N*-acetyltransferázu) s následným hromadením sfinganínu a sfingozínu. Zvýšené koncentrácie týchto dvoch látok majú inhibičný účinok na vápnikové kanáliky (L-tyt), čo vedie k akútnemu zlyhaniu ľavej časti srdca s následkom pľúcneho edému (u prasiat)<sup>39</sup>. Najviac citlivými na fumonizíny sú kone a ošipané<sup>14</sup>. Podľa IARC sa fumonizíny zaraďujú do skupiny 2B – možné karcinogény človeka a sú označované ako promotory karcinogénneho procesu<sup>30</sup>. Rheeder a spol. uvádzajú, že fumonizín B<sub>1</sub> je promotorom vzniku ezofageálneho nádoru<sup>40</sup>. Fumonizín B<sub>1</sub> stimuluje proliferáciu epiteliálnych buniek pažeráka prostredníctvom zvýšenej expresie proteínu cyk-

Obr. 4. Štruktúrálly vzorec fumonizínu B<sub>1</sub> (cit.<sup>15</sup>)

línu D<sub>1</sub> a znížením cyklínu E, p21 a p27 (cit.<sup>41</sup>). Fumonizín B<sub>1</sub> (C<sub>34</sub>H<sub>59</sub>NO<sub>15</sub>) je dominantným toxínom (obr. 4), ktorý je produkovaný druhom *F. verticillioides*<sup>42</sup>. Prvýkrát bol izolovaný až v roku 1988 v južnej Afrike z kultúry *F. moniliforme*<sup>43</sup>. Fumonizín B<sub>1</sub> sa podieľa na ochoreniach ako leukoencefalomalácia u koní a pulmonálny edém u prasiat. Má karcinogénny účinok u myši a potkanov a u potkanov pôsobí aj hepatotoxicky<sup>44</sup>. Chemický názov fumonizínu je 1,1'-[(12-amino-4,9,11-trihydroxy-2-metyl-tridecyl)-2-(metylpentyl)-1,2-etandiy]-ester s molekulovou hmotnosťou 721,84 g mol<sup>-1</sup>. Fumonizín B<sub>1</sub> je amorfna látka s bodom topenia 103–105 °C, rozpúšťa sa vo vode a v metanole, ale nie v polárnych rozpúšťadlách. Pri technologickom spracovaní je stabilný<sup>45</sup>.

### 3. Záver

Výskyt mikroskopických vláknitých húb a následne ich sekundárnych metabolitov – mykotoxínov v potravinách a krmivách predstavuje vysoko aktuálny problém. Jednou z možností ako predchádzať výskytu mikroskopických vláknitých húb a mykotoxínov je eliminácia pomocou adsorbentov, antioxidantov a biologicky účinných látok. Je potrebné poznamenať, že tieto látky nemajú terapeutický efekt pri mykotoxikózach s prebiehajúcimi klinickými prejavmi, ale pridávajú sa do krmív za účelom eliminácie mykotoxínov. Dekontaminačný postup má vo všeobecnosti splniť nasledujúce požiadavky:

- mykotoxín musí byť zničený, inaktivovaný alebo odstránený,
- nesmie viesť k novej tvorbe toxínov alebo produktov toxickéj degradácie,
- krmná hodnota by nemala byť ohrozená a mali by sa zachovať dôležité technologické vlastnosti,
- spóry húb by mali byť zničené, aby sa zabránilo následnej tvorbe mykotoxínov,
- dekontaminačný postup by mal byť nákladovo efektívny a šetrný k životnému prostrediu<sup>46</sup>.

Poznatky o fyzikálno-chemických vlastnostiach jednotlivých mykotoxínov môžu byť jedným z dôležitých aspektov pri voľbe správneho dekontaminačného postupu v procese eliminácie mikroskopických vláknitých húb.

Táto práca bola podporená Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky prostredníctvom grantu VEGA č. 1/0408/17.

## Zoznam skratiek

DON	deoxynivalenol
FSH	folikulostimulačný hormón
IARC	Medzinárodná organizácia pre výskum rakoviny
ZEA	zearalenón

## LITERATÚRA

- Glenn A. E.: Anim. Feed Sci. Technol. 137, 213 (2007).
- Veldman B.: *Deskstudie naar de aanwezigheid en detectie van mycotoxinen in diervoedergrondstoffen*. Rapport van De Schothorst. Stichting Instituut voor de Veevoeding, str. 95, Haag 2003.
- Desjardin A. E.: *Fusarium Mycotoxins Chemistry, Genetics and Biology*, str. 259. APS PRESS, Minnesota (2006).
- Lawlor P. G., Lynch P. B.: Afr. Farming Food Process. 46, 12 (2005).
- Fink-Gremmels J.: Vet. Q. 21, 115 (1999).
- Magan N., Olsen M.: *Mycotoxins in food: detection and control*, str. 488. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Abington 2004.
- Opletal L., Skřivanová V., v knihe: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita, Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat*, Svazek 2, str. 479. Karolinum, Praha 2010.
- Steyn P. S.: Rev. Med. Vet. 149, 469 (1998).
- Huwing A., Freimund S., Käppeli O., Dutler H.: Toxicol. Lett. 2, 179 (2001).
- Cheeke P. R., v knihe: *Applied Animal Nutrition: Feeds and Feeding*. 3. vyd., str. 238. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 2005.
- Dvorska J. E., Pappas A. C., Karadas, F., Speake B. K., Surai P. F.: Comp. Biochem. Physiol. 4, 582 (2007).
- Mézes M., Balogh K., Tóth K.: Acta Vet. Hung. 58, 1 (2010).
- Gomah N. H., Zohri A. N. A.: J. Microb. Biochem. Technol. 7, 001 (2014).
- Hocking A. D., Pitt J. I., v knihe: *Fungi and Food Spoilage*, str. 593. Springer, Berlín 2009.
- Richard J. L.: Int. J. Food Microbiol. 119, 3 (2007).
- Morgavi D. P., Riley R. T.: Anim. Feed Sci. Technol. 137, 201 (2007).
- Sabater Vilar M.: *Dissertation*. University of Utrecht, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Veterinary Pharmacology, Pharmacy and Toxicology 2003.
- Čonková E., v knihe: *Mikroskopické vláknité huby a mykotoxíny v potravinách a krmivách* (Laciaková A. a spol.), kap. 13.3. Viena s. r. o., Košice 2011.
- Desjardins A. E., Hohn T. M., McCormick S. P.: Microbiol. Rev. 59, 1993.
- Placinta C. M., D'Mello J. P. F., Macdonald A. M. C.: Anim. Feed Sci. Technol. 78, 21 (1999).
- Santin E., v knihe: *The Mycotoxin Blue Book* (Diaz D. E., ed.), str. 93. Nottingham University Press, Nottingham 2005.
- Breitenbach M., Cramer R., Lehrer S. B., v knihe: *Fungal Allergy and Pathogenicity*, str. 310. Karger A. G., Basel 2002.
- Riley R. T., Pestka J., v knihe: *The Mycotoxin Blue Book* (Diaz D. E., ed.), str. 283. Nottingham University Press, Nottingham 2005.
- CAST: *Mycotoxins – risks in plant, animal and human systems*, Task Force Report. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, 139, 191 (2003).
- Ostrý V., v knihe: *Mikroskopické vláknité huby a mykotoxíny v potravinách a krmivách* (Laciaková A. a spol.), kap. 16.7., str. 260. Viena s. r. o., Košice 2011.
- Nagy C. M., Fejer S. N., Berek L., Molnar J., Viskolcz B.: J. Mol. Struct. 726, 55 (2005).
- Sobrova P., Adam V., Vasatkova A., Belkova M., Zeman L., Kizek R.: Interdisc. Toxicol. 3, 94 (2010).
- Hughes D. M., Gahl M. J., Graham C. H., Grieb S. L.: J. Anim. Sci. 77, 693 (1999).
- Josephs R. D., Schuhmacher R., Krska R.: Food Addit. Contam. 18, 417 (2001).
- IACR: *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene*, IARS Press, Lyon 82, 169 (2002).
- Betina V., v knihe: *Mykotoxíny (chémia – biológia – ekológia)*, str. 284. Alfa, Bratislava 1990.
- Malekinejad H., Schoevers E. J., Daemen I. J. J. M., Zijstra C., Colenbrander B., Fink-Gremmels J., Roelen B. A.: J. Biol. Reprod. 77, 840 (2007).
- Olsen M., Pettersson H., Kiessling K. H.: Acta Pharmacol. Toxicol. 48, 157 (1981).
- Malekinejad H., Maas Bakker R., Fink-Gremmels J.: Vet. J. 172, 96 (2006).
- Zinedine A., Soriano J. M., Molto J. C., Manès J.: Food Chem. Toxicol. 45, 1 (2007).
- Desjardin A. E., Proctor R. H.: Int. J. Food Microbiol. 119, 47 (2007).
- EFSA: EFSA J. 89, 1 (2004), <http://www.efsa.eu.int/>, stiahnuté 10.6.2017.
- Wang E., Norred W. P., Bacon C. W., Riley R. T., Merrill Jr., A. H.: J. Biol. Chem. 266, 14486 (1991).
- Malif F., v knihe: *Mikroskopické vláknité huby a mykotoxíny v potravinách a krmivách* (Laciaková A. a spol.), kap. 14. Viena s. r. o., Košice 2011.
- Rheeder J. P., Marassas S. F. O., Thiel P. G., Sydenham E. W., Spephard G. S., Vanschalkwyk D. J.: Phytopathology 82, 353 (1992).
- Wang S. K., Wang T. T., Huang G. L., Shi R. F., Yang L. G., Sun G. J.: Exp. Ther. Med. 7, 55 (2014).

42. Gilbert J., Senyuva H., v kniže: *Bioactive Compounds in Foods*, str. 432. Wiley Blackwell Publishing, Oxford 2008.
43. Leslie J. F., Bandyopadhyay R., Viskonty A., v kniže: *Mycotoxins detection Methods, Management, Public Health and Agricultural trade*, str. 423. CAB international head office, Wallingford 2008.
44. NTP (National Toxicology Program): *Toxicology and carcinogenesis studies on fumonisin B1 in F344/N rats and B6CF1 mice* (feed studies). Technical Report Series, n 496. NIH Publication No. 99-3955. U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health Research Triangle Park, NC (1999).
45. Wilkes J. G., Sutherland J. B.: *J. Chromatogr.* 717, 135 (1998).
46. Scott P. M.: *Rev. Med. Vet.* 149, 543 (1998).
47. Krska R., Welzig E., Boudra H.: *Anim. Feed Sci. Technol.* 137, 241 (2007).

**M. Harčárová<sup>a</sup>, E. Čonková<sup>a</sup>, Z. Sihelská<sup>a</sup>, E. Böhmová<sup>a</sup>, and K. Goldírová<sup>b</sup>** (<sup>a</sup> *Department of Pharmacology and Toxicology*, <sup>b</sup> *Small animals clinic, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice*): **The Most Important *Fusarium* Mycotoxins**

The incidence of microscopic filamentous fungi and consequently their secondary metabolites – mycotoxins – in foods and feeds is a highly actual problem. One way to prevent the occurrence of microscopic filamentous fungi and mycotoxins is their elimination by adsorbents, antioxidants and biologically active substances. It should be noted that these substances do not have therapeutic effects in acute mycotoxicoses with clinical manifestations but they are added to the feed to eliminate mycotoxins. Knowledge of the physicochemical properties of individual mycotoxins may be one of the important aspects in choosing the right decontamination process in the process of eliminating microscopic filamentous fungi.