

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4103 Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studium vlivu mykotoxinů ve výživě zvířat

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Lád, CSc.

Autor bakalářské práce: Denisa Suková

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa SUKOVÁ**
Osobní číslo: **Z14040**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Zootechnika**
Název tématu: **Studium vlivu mykotoxinů ve výživě zvířat**
Zadávací katedra: **Katedra zootechnických věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Závažné riziko pro kvalitu krmiv, užitkovost zvířat a jejich zdraví, ale i pro bezpečnost potravin a zdraví lidí představují plísně a mykotoxiny.

Cílem bakalářské práce je formou literární studie zpracovat vliv mykotoxinů na zdraví a užitkovost zvířat. Studii zaměřte především na rozdělení mykotoxinů, výskyt mykotoxinů, význam problematiky obsahu mykotoxinů v různých materiálech, na rozsah negativního vlivu mykotoxinů a možnosti redukce kontaminace krmiv mykotoxiny. Pozornost věnujte také preventivnímu opatření výskytu mykotoxinů v oblasti výroby krmiv a jejich zdravotní a hygienické nezávadnosti. Na základě literární studie navrhnete preventivní opatření a možnosti eliminace mykotoxinů v praktických podmínkách výživy.

Rozsah grafických prací: 5 tabulek, 5 grafů
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

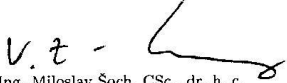
Seznam odborné literatury:

Jard, G., Mathieu, F., Lebrihi, A. 2011. Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxication by adsorption or transformation. *Feed Additives and Contaminants*, 28, č. 11, s. 1590-1609
Kan, C. A., Meijer, G. A. L. 2007. The risk of contamination of food with toxic substance regent in animal feed. *Anim. Fd.Sci. and Technol.*, 133, č. 1-2, s. 84-108
Nedělník, J.- Moravcová, H. 2005. Problematika výskytu mykotoxinů v krmivech pro dojnice. *Veterinářství*, 55:214-219
Schneiderová, P. 2008. Bezpečnost krmiv a zdraví zvířat - mykotoxiny. ÚZPI Praha
Suchý, P., Herzig, I. Plísně a mykotoxiny. Prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. Vědecký výbor výživy zvířat.
Sýkorová, S., Nedělník, J. 2003. Mykotoxiny - stav výskytu v zemědělských surovinách a krmivech v ČR a v Evropě a dalších zemích. VÚRV Praha 6 Ruzyně
Odborné a vědecké časopisy; databáze přístupné na internetu


Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Lád, CSc.
Katedra zootechnických věd

Datum zadání bakalářské práce: 29. března 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2017


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1868, 370 05 České Budějovice


doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 29. března 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....
Datum

.....
Denisa Suková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především vedoucímu své bakalářské práce, panu doc. Ing. Františku Ládovi, CSc. za poskytnutý čas, cenné rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat svým blízkým, hlavně rodině, která mě psychicky a finančně podporovala po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá mykotoxiny, jejich vlivem na zdraví a užitkovost hospodářských zvířat. Mykotoxiny jsou sekundární toxické metabolity plísní. Úvodní část práce se zabývá základní charakteristikou plísní a mykotoxinů. Poté je popsáno rozdělení mykotoxinů. Podstatnou část práce tvoří charakteristika jednotlivých mykotoxinů a jejich působení na zdraví a užitkovost hospodářských zvířat. Velký důraz je kladen na prevenci vzniku a dekontaminaci mykotoxinů v krmivu. V závěru práce je uvedena legislativa a limity.

Klíčová slova: mykotoxin, prevence, dekontaminace, mykotoxikózy

Abstract

This bachelor thesis deals with mycotoxins, their impact on health and productivity of farm animals. Mycotoxins are toxic secondary metabolites of fungi. The introductory part of the thesis focuses on the basic fungi and mycotoxin characteristics. Further, the classification of mycotoxins is described. A significant part of this thesis is made of the characteristics of individual mycotoxins and their impact on health and productivity of farm animals. Great emphasis is put on the prevention of formation and decontamination of mycotoxins in animal food. The conclusion mentions legislation as well as limits.

Key words: mycotoxin, prevention, decontamination, mycotoxicoses

Obsah

1. Úvod a cíl práce	10
2. Charakteristika plísní	11
2.1 Výskyt plísní a základní faktory ovlivňující růst plísní.....	11
3. Mykotoxiny.....	14
3.1 Mykotoxikózy	14
3.2 Změny ve spektru mykotoxinů.....	15
4. Rozdělení mykotoxinů.....	19
4.1 Aflatoxiny.....	22
4.2 Trichotheceny.....	22
4.2.1 Deoxynivalenol (vomitoxin).....	23
4.2.2 T – 2 toxin.....	23
4.3 Ochratoxiny	23
4.4 Patulin.....	24
4.5 Citrinin.....	24
4.6 Zearalenon	25
4.7 Fumonisiný.....	25
4.8 Maskované mykotoxiny	25
4.9 Alternaria.....	26
5. Působení mykotoxinů na zdraví a užitkovost zvířat	27
5.1 Negativní účinky mykotoxinů u zvířat	28
5.2 Vliv mykotoxinů na skot	29
5.2.1 Toxicita aflatoxinů	29
5.2.2 Toxicita zearalenonu	30
5.2.3 Toxicita trichothecenů.....	30
5.2.4 Toxicita patulinu	31
5.2.5 Toxicita ochratoxinu A	31
5.2.6 Toxicita fumonisinů	32

5.3	Vliv mykotoxinů na prasata	32
5.3.1	Toxicita aflatoxinů	32
5.3.2	Toxicita deoxynivalenolu	33
5.3.3	Toxicita zearalenonu	33
5.3.4	Toxicita ochratoxinem a citrininem	35
5.4	Vliv mykotoxinů na drůbež	35
5.4.1	Toxicita aflatoxinu	35
5.4.2	Toxicita ochratoxinu A	35
5.4.3	Toxicita deoxynivalenolu	36
5.4.4	Toxicita zearalenonu	36
6.	Prevence vzniku mykotoxinů v krmivech	37
7.	Dekontaminace mykotoxinů v krmivech	41
7.1	Fyzikální způsob dekontaminace mykotoxinů	41
7.2	Chemické způsoby dekontaminace	42
7.3	Adsorbenty	42
7.4	Biologické způsoby dekontaminace	43
7.5	Podpora detoxikačních funkcí organismu zvířat	44
8.	Eliminace mykotoxinů v praxi	46
9.	Legislativa	47
10.	Limity	48
11.	Závěr	50
	Seznam použité literatury	51
	Seznam tabulek	55
	Seznam obrázků	55
	Seznam grafů	55
	Seznam zkratk	56

1. Úvod a cíl práce

Jednou z nejvýznamnějších skupin antinutričních látek, které vznikají v krmivech, jsou produkty plísní tzv. mykotoxiny. Termín mykotoxin je odvozený z řeckého slova „mykos“, což znamená houba a latinského slova „toxicum“ což znamená jed.

Mykotoxiny jsou produkty sekundárního metabolismu nižších mikroskopických vláknitých hub. Jsou významnými kontaminanty potravin a krmiv. Představují nezanedbatelné riziko pro zdraví zvířat a lidí. Dominantní producenti mykotoxinů jsou především vláknité houby rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps* a *Alternaria*. Hajšlová (2013) uvádí, že v současné době je známo přibližně 114 druhů, které mohou způsobovat komplikace v krmivářství a potravinářství. Asi 65 druhů je pak přímo toxinogenních, které představují výrazné riziko pro zdraví zvířat, ale i lidských konzumentů.

V posledních letech výrazně stoupá zájem odborné i laické veřejnosti o původ a kvalitu potravin, s tím logicky roste i význam kvalitních živočišných produktů jako vstupního faktoru. Poznatky o zdravotních rizicích plynoucích z konzumace nadměrně kontaminovaných potravin mykotoxiny vedly ke stanovení maximálních limitů (tj. maximálních povolených koncentrací), které nepředstavují pro zvíře a člověka zdravotní riziko. V neposlední řadě si musíme také uvědomit, že mykotoxiny způsobují velké ekonomické ztráty v chovech hospodářských zvířat. Zkrmování kontaminovaného krmiva především narušuje imunitní systém zvířat, a to vede ke zhoršení zdravotního stavu, užitkovosti, reprodukce a v konečném důsledku ekonomiky celého chovu.

Cílem bakalářské práce bylo formou literární studie zpracovat vliv mykotoxinů na zdraví a užitkovost zvířat. Studie byla zaměřena především na rozdělení mykotoxinů, výskyt mykotoxinů, na rozsah negativního vlivu mykotoxinů u hospodářských zvířat a možnosti redukce kontaminace krmiv mykotoxiny. Pozornost byla věnována preventivnímu opatření výskytu mykotoxinů v oblasti výroby krmiv a jejich zdravotní a hygienické nezávadnosti. Závěr studie byl zaměřen na možnosti eliminace a legislativu.

2. Charakteristika plísní

Termín plíseň je nevědecké označení pro skupinu mikroskopických vláknitých hub (mikromycetů), které pokrývají povrch substrátu svým myceliem nebo substrátem prorůstají (Klánová, 2013). Mykoflóra (houby, plísně) může být přítomna v rostoucích a skladovaných plodinách. Plísně představují potenciální ohrožení kvality surovin a krmiva. Jejich přítomností mohou vyvolat zatuchlý nebo kyselý zápach a snížení živin. Za určitých podmínek mohou produkovat mykotoxiny a tím snižovat kvalitu a finanční hodnotu krmiva a plodin (Schneiderová, 2008). Spóry plísní jsou obsaženy ve vzduchu, vodě i půdě. Za vhodných podmínek spóry plísní vyklíčí v houbová vlákna, která prorůstají substrátem (organickou hmotou). Následný růst vláknité houby (plísně) a případná tvorba mykotoxinů je podmíněna mnoha faktory jako je vlhkost, teplota, pH, přítomnost kyslíku (Kubátová, 2008).

Obecně jsou plísně rozděleny na tři skupiny – polní plísně (*Fusarium*, *Alternaria* a další), které bývají přítomny v plodinách před sklizní, skladištní plísně (*Aspergillus*), které mohou produkovat mykotoxiny při skladování a polní i skladištní plísně (*Penicillium*). Nejvíce rozšířené a zdravotně nejzávadnější druhy plísní patří k rodům *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (Hofírke, 2009).

2.1 Výskyt plísní a základní faktory ovlivňující růst plísní

Plísně jsou běžnou součástí půdy a plní nezbytnou úlohu v recyklaci živin z rozkládajícího se biologického materiálu. Nepříznivé počasí, nevhodné podmínky prostředí a nevhodné ošetřování umožní plísním růst a pomnožit se v krmivech nebo přímo v materiálu na poli. Plísně kontaminují krmné plodiny a zrniny v průběhu celého výrobního procesu, tj. pěstování, sklizeň, transport, skladování a konzervace (Suchý a Herzig, 2005).

Důležitými faktory ovlivňující růst plísní jsou především druh substrátu a obsah živin v substrátu, vlhkost a teplota (Patočka et al., 2008). Podmínky prostředí, které ovlivňují růst plísní a produkci mykotoxinů v krmivech jsou vázané jak na samotné krmivo, tak na podmínky skladování. Některé faktory ovlivňující tvorbu mykotoxinů mohou být ovlivněny. Tůmová (2006) uvádí, pokud je vlhkost zrnin 12 % a méně, tak růst plísní je omezen. Vnější a vnitřní faktory ovlivňující růst plísní a produkci mykotoxinů jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. č. 1 – Faktory ovlivňující růst plísní a produkci mykotoxinů (Tůmová, 2006).

VNĚJŠÍ FAKTOR	VNITŘNÍ FAKTOR
Složení krmiva (lipidy, cukry, stopové prvky atd.)	Relativní vlhkost nad 70 % podporuje růst plísní
Snižující se pH omezuje růst plísní, proto se používají organické kyseliny jako krmná aditiva pro snížení růstu plísní při skladování (např. kys. propionová).	Vnější teplota je důležitým faktorem podporující růst plísní. Optimální teplota je rozdílná pro růst plísně a produkci mykotoxinu. (např. Plísně <i>Aspergillus</i> a <i>Penicillium</i> lépe rostou při vyšších teplotách.
Vlhkost zrnin. Optimální vlhkost pro růst saprofytických plísní je menší než 13 % a pro fytopatogenní plísně větší než 20 %.	Plísně jsou aerobní mikroorganismy. (např. u fusárií je poukazováno na skutečnost, že když je při skladování zrnin v atmosféře pouze 5 % kyslíku a 40 % CO ₂ , jsou růst plísní a produkce mykotoxin omezeny).
Dalším důležitým faktorem je aktivita volné vody, která je k dispozici pro růst plísní.	Velikost zrna. Malé zrniny mají relativně velký povrch, který umožňuje růst plísním.

Plísně potřebují správnou teplotu a podmínky pro optimální růst. To je důvod pro rozšíření různých druhů plísní v různých částech světa. Např. *Aspergillus* a *Penicillium* jsou rozšířeny v teplejších oblastech, a naopak *Fusaria* preferují chladnější prostředí. Tzn. že *Aspergillus* a *Penicillium* způsobují problémy většinou v subtropickém a tropickém klimatu a *Fusarium* najdeme častěji v chladnějším prostředí (Novotný, 2015).

Mykotoxiny jsou produkovány plísněmi při teplotě 15 až 30 °C s optimem 25°C. Pro svůj metabolismus potřebují plísně dostatek volné vody v prostředí. Vodní aktivita je jeden z ukazatelů rizikovosti výskytu plísní. Většina plísní roste při vodní aktivitě (*A_w*) 0,75 a jejich rozvoj ustává pod *A_w* 0,65 (Suchý a Herzig, 2005). Další důležité charakteristiky ovlivňující růst plísní a produkci mykotoxinu jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. č. 2 – Obecné charakteristiky pro růst plísní a produkci mykotoxinů (Ostrý, 1998).

FAKTOR	RŮST	PRODUKCE MYKOTOXINU
Teplota	- 12 až 55 °C	4–40 °C
pH	1,7 - 10	2,5 - 8 (optimum 5-7)
Aw	min. 0,62	min. 0,8 - 0,85
Eh	aerobní podmínky	aerobní podmínky
Vliv solí	do 20 % NaCl	do 14 % NaCl
Vliv cukrů	do 50 % sacharózy	do 50 % sacharózy

3. Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou sekundární toxické metabolity plísní a řadí se mezi významné toxiny přírodního původu. Jedná se o látky nebílkovinné povahy toxické pro teplokrevné živočichy a člověka (Ostrý, 2013). V současné době je známo přes 400 druhů mykotoxinů a jejich počet se neustále zvyšuje díky zlepšujícím se analytickým metodám (Patočka et al., 2008). Asi dvacetina z mykotoxinů ohrožuje zdraví lidí a zvířat. Je známo, že jeden druh plísně může produkovat několik toxinů, naopak více plísní produkuje stejné toxiny (Kalač a Míka, 1997).

Toxiny jsou produkovány pouze živými rostoucími plísněmi, které během růstu vytváří také spory. Korelační závislost mezi obsahem spor plísní a obsahem mykotoxinů v krmivu je poměrně malá. Tedy vysoký nález spor plísní ještě nemusí znamenat předpoklad současného nálezu mykotoxinů. Část vytvořených mykotoxinů zůstává v myceliu, ale větší část se dostává do substrátu. V substrátu mohou mykotoxiny dlouho přetrvávat, i když houby zde již nejsou zachyceny (Doležal, 2005).

Kubátová (2008) uvádí, že jsou to látky, které většinou nelze smysly zaznamenat – bez barvy, chuti a zápachu. Mykotoxiny jsou chemicky a tepelně stabilní, v prostředí jsou velmi stálé. Samotné toxiny nelze smysly identifikovat, ale přítomnost jejich producentů ano.

Přítomnost mykotoxinů v krmivech a potravinách představuje celosvětový zdravotní a ekonomický problém. Ročně je kontaminováno mykotoxiny až 25 % světových zásob zrnin (Hofírek, 2009). Padesát mykotoxinů je spojováno s mykotoxikózami člověka a hospodářských zvířat, asi 20 mykotoxinů má význam v krmivech a potravinách a asi 10 mykotoxinům vykazuje karcinogenní účinek. Mezi nejvýznamnější mykotoxiny řadíme aflatoxiny, ochratoxin A, patulin, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisiny a citrinin (Ostrý, 2013).

3.1 Mykotoxikózy

Mykotoxiny způsobují onemocnění souhrnně nazývané „mykotoxikózy“. Způsobují akutní a chronické intoxikace. Jejich účinky na živé organizmy jsou rozdílné – působí hepatotoxicky, nefrotoxicky, cytotoxicky, neurotoxicky, mutageně, teratogeně, imunosupresivně, karcinogeně, kancerostaticky, fytotoxicky,

hormonálně aj. Do organismu se dostávají zpravidla alimentární cestou (Jurajda, 2001).

Pavelková (2013) napsala, že projev účinku mykotoxinů závisí na druhu, koncentraci mykotoxinů a vzájemném působení různých druhů mykotoxinů mezi sebou. Mykotoxiny mohou vzájemně působit se stresovými faktory – firemní management, welfare, výskyt infekčních onemocnění aj.

Akutní mykotoxikózy jsou vyvolány příjmem vyšších dávek mykotoxinů. Způsobují klinicky zjevné a specifické akutní příznaky onemocnění nebo smrt. Chronický průběh je vyvolán při opakovaném, déletrvajícím příjmu nízkých až středních dávek toxinu. Probíhá bez zjevných klinických příznaků, a tím většinou utíká pozornosti. Projevuje se sníženou užitkovostí (zpomalený růst, snížená laktace a snáška), poruchami imunitního systému se sníženou odolností zvířat k infekčním chorobám, poruchami reprodukce a zhoršenou tržní jakostí živočišných produktů (Kummer a Faldíková, 2002).

3.2 Změny ve spektru mykotoxinů

Za ukazatele míry mykotoxinové kontaminace rostlinných krmiv produkovaných v mírném klimatickém pásmu byl považován deoxynivalenol, avšak výsledky z posledních několika let ukazují, že spektrum mykotoxinů se meziročně značně mění v závislosti na podnebných podmínkách a převažujícím výskytu konkrétního plísňového druhu nebo dokonce chemotypu (není *Fusarium* jako *Fusarium*). Například dominantními mykotoxiny ječmene sklizeného v oblasti jižní Moravy v roce 2011 byly DON a enniatiny, zatím co v roce 2012 byly ve stejné oblasti majoritně produkovány enniatiny, alternariové toxiny a nivalenol. Obdobná situace, tedy velká variabilita mykotoxinové kontaminace a její meziroční rozdíly, můžou nastat i u ostatních obilovin (Zachariášová a Hajšlová, 2013).

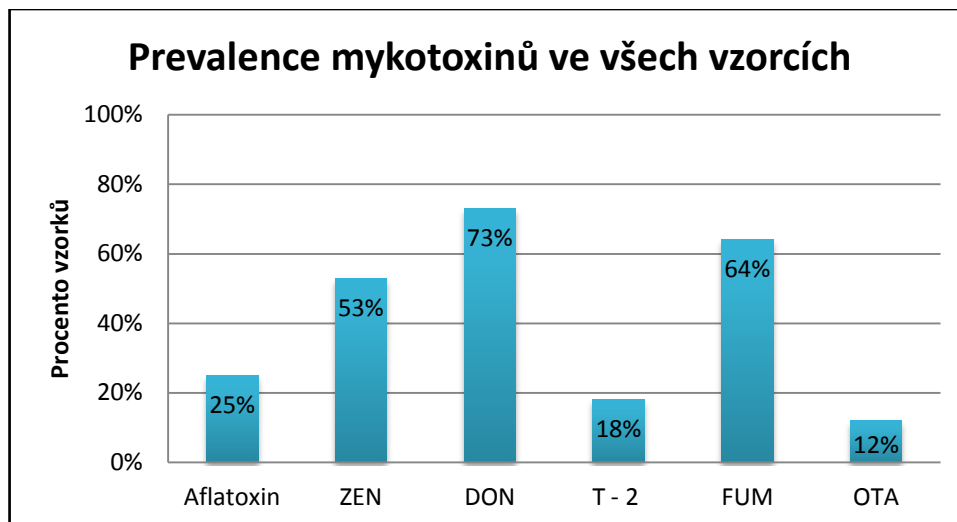
V našich klimatických podmínkách je produkce mykotoxinů spojena téměř výlučně s výskytem polních plísňů (*Fusarium*, *Alternaria*), tedy výskyt mykotoxinů má významnou vazbu na počasí během vegetačního období a sklizně (Doležal a kol., 2005).

Muccio (2016a) uvádí, že analýza 4027 vzorků krmiv a surových komodit z více než 50 zemí za 3. čtvrtletí roku 2016 ukazuje, že deoxynivalenol

(DON) a fumonisiny (FUM) jsou nejběžnější mykotoxiny nalezené v krmivech podle výsledků nejnovějšího průzkumu firmy Biomin.

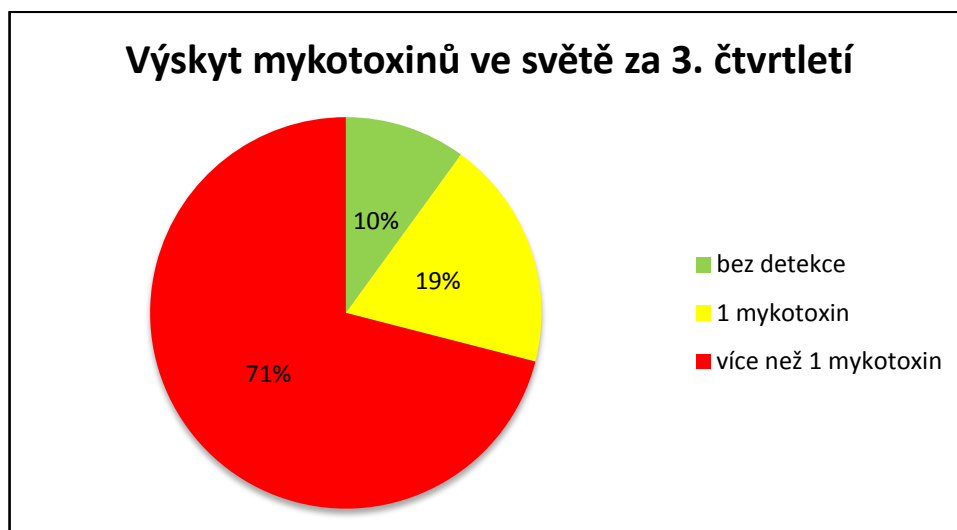
Graf č. 1 – Prevalence mykotoxinů ve všech vzorcích za 3. čtvrtletí roku 2016.

(Muccio, 2016a).



Celkově lze říci (graf č. 1), deoxynivalenol a fumonisiny byly detekovány v 73% a 64 % ze všech vzorků na průměrné úrovni 886 ppb a 1.819 ppb. Ze všech vzorků, 53 % kontaminováno ZEN, zatímco aflatoxiny, T-2 a OTA jsou přítomny v méně než 25% vzorků (25 %, 18 % a 12 % v daném pořadí).

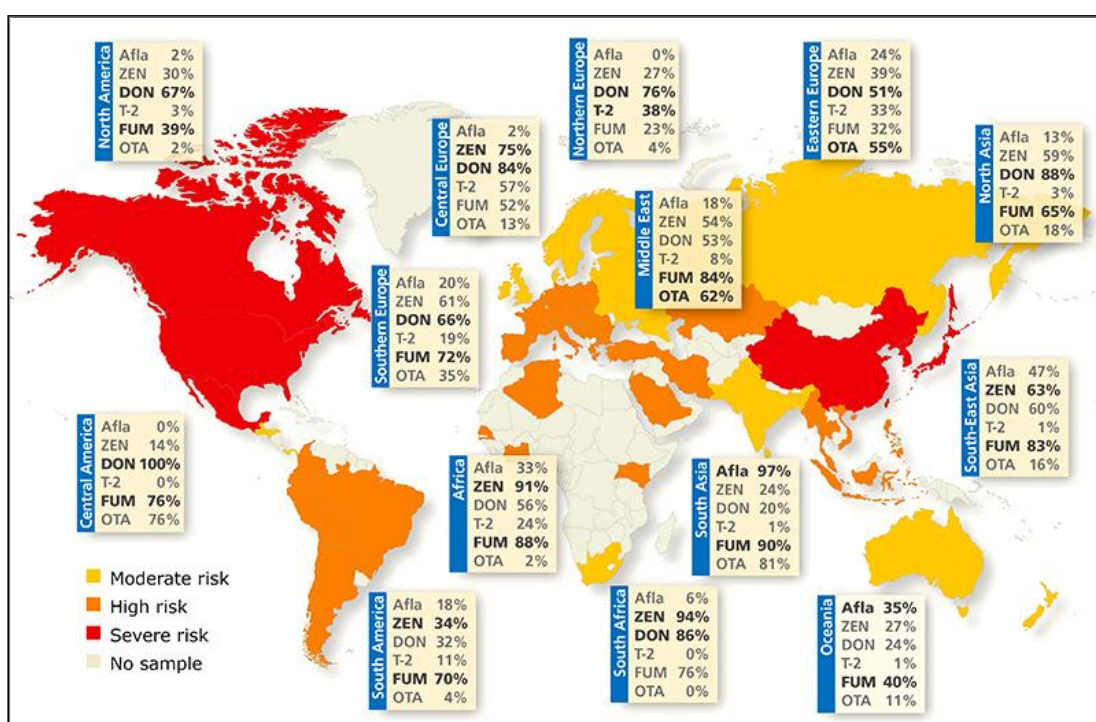
Graf č. 2 – Výskyt mykotoxinů ve světě za 3. čtvrtletí (Muccio, 2016a).



Celých 90 % ze všech vzorků obsahovalo alespoň jeden mykotoxin, 71 % ze všech vzorků obsahovalo dva nebo více mykotoxinů. V 10 % vzorků nebyl detekován žádný mykotoxin (Muccio, 2016a).

Firma Biomin provedla v roce 2015 analýzu více než osmi tisíc vzorků odebraných ze 75 zemí na celém světě. Tento průzkum sestavuje výsledky z více než 30.000 analýz, které mají poskytnout přehled o hlavních hrozbách šesti hlavních mykotoxinů v zemědělství (obr. č. 1). Analýza poskytuje údaje o výskytu jednotlivých mykotoxinů pro každý region jako podíl z celkového počtu testovaných vzorků. Celková úroveň rizika pro určitou oblast se určí podle počtu jednotlivých mykotoxinů, které leží nad maximální prahovou hodnotou, a tudíž představují nebezpečí pro hospodářská zvířata.

Obr. č. 1 – Mapa s rizikovým zastoupením mykotoxinů (Muccio, 2016b)



V Severní Americe bylo zaznamenáno 5 mykotoxinů nad hranicí rizika. Nejčastěji vyskytujícím mykotoxinem byl DON, který byl detekován v 67 % vzorků. Ve střední Americe byl nalezen DON ve všech vzorcích, následovaný FUM, který byl přítomný v 76%. Jižní Amerika byla hodnocena jako vysoce riziková. Sedmdesát procent vzorků bylo kontaminováno mykotoxinem FUM. Evropa byla hodnocena jako vysoce riziková. Čtyři mykotoxiny vykazovaly koncentraci nad limitem. Vzorky z Evropy vykazovaly nejvyšší výskyt DON (77 %) a nejvyšší průměrné koncentrace celosvětově DON na úrovni 1,288 ppb. Vzorky ze Středního východu vykazovaly vysoký výskyt FUM (84%), OTA (62%), ZEN (54%) a DON (53%). Afrika, včetně Jihoafrické republiky, čelí vysokému riziku související s 3 mykotoxiny v průměru

nad prahovou hodnotu. Africké vzorky vykázaly nejvyšší prevalenci zearalenonu na 93%. Dále byl vysoký výskyt DON a FUM (Muccio, 2016b).

4. Rozdělení mykotoxinů

Mykotoxiny lze rozdělit podle velkého množství kritérií. Nejjednodušší je členění podle chemické struktury (tab. č. 3). Jeho výhodou je poměrně snadné a jednoznačné zařazení jakékoli látky o chemické struktuře (Herzig, 2008). Z toxikologického hlediska má značný význam dělení podle toxicity k cílovým orgánům (tab. č. 4).

Tab. č. 3 – Dělení podle chemické struktury (Šimůnek, 2004).

SKUPINA	PŘÍKLADY
Furanofurany	aflatoxiny, sterigmatocystin, versicolorin, aj
Substituované pyreny a hydroxypyreny	kyselina koji, sekalonové kyseliny aj.
Substituované chinony	luteoskyrin, rubratoxin, xanthomegnin, viridicatumtoxin aj.
Nenasycené laktony	patulin, kyselina penicillová, kyselina mykofenolová, alternariol, citreoviridin, ochratoxiny, rubratoxin B, 4,5,8-trimetylpsoralen aj.
Griseofulviny	Griseofulvin
Epoxytrichotheceny	T-2 toxin, diacetoxyscirpenol, vomitoxin (=deoxynivalenol), nivalenol, fusarenony, verrucariny, roridiny, satratoxiny aj.
Polycyklické substituované indolové deriváty	kyselina cyklopiazonová, paspaliny, penitremy aj
Cyklické dipeptidy	gliotoxin, sporidesminy, roquefortin, fumitremorgen, verruculogeny, brevianamidy aj
Mykotoxiny jiné struktury	zearalenon, curvularin, citrinin, PR-toxin, canthecellin, moniliformin, kyselina betanitropropionová aj

Tab. č. 4 – Dělení mykotoxinů podle toxických účinků (Ostrý, 1998).

TOXICKÝ ÚČINEK	MYKOTOXIN
Hepatotoxiny	Aflatoxiny,
Nefrotoxiny	Citrinin, Ochratoxin A
Toxiny GIT	Trichothecey
Neurotoxiny	Penitrem A, fumitremorgeny, fumonisiny
Dermatotoxiny	Trichothecey, psolareny, verrcariny,
Estrogeny	Zearalenon
Imunotoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, trichothecey, patulin, gliotoxin, sporidesmin
Hematotoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, zearalenon, trichothecey
Genotoxiny	Aflatoxiny, sterigmatocystin, ochratoxin A, citrinin, zearalenon, patulin, trichthecey, fumonisiny,

Šimůnek (2004) uvádí dělení podle působení na buňku (tab. č. 5). Mykotoxiny dále dělíme podle způsobu jejich biosyntézy (tab. č. 6). Výhodou je velice dobré postížení vztahu k produkujícímu organismu a respektuje i vztahy dané chemickou strukturou (Ostrý, 1998).

Tab. č. 5 – Rozdělení podle účinku na buňku (Šimůnek, 2004).

Inhibitory tvorby energie	citroviridin, luteoskyrin, xanthomegnin, kyselina sekalonová D, moniliformin
Inhibitory proteosyntézy	trichothecey, ochratoxin A
Modifikátory cytoskeletu	griseofulvin, cytochalasiny, cyclochlorotin
Estrogenní mykotoxiny	zearalenon
Tremorgeny	penitremy (A B C), fumitremorginy (A a B), verruculogeny
Karcinogenní mykotoxiny	aflatoxin B1

Tab. č. 6 – Dělení podle způsobu biosyntézy (Herzig, 2008).

Biosyntéza moniliforminu	moniliformin (z kyseliny octové)
Biosyntéza z polyketidů	patulin, ochratoxin, emodin, kys. sekalonová, aflatoxiny aj.
Biosyntéza z isoprenoidů	trichotheceny, roquefortiny aj.
Biosyntéza z aminokyselin	kys. cyklopiazonová, cyklické dipeptidy aj.

Většina významných mykotoxinů je produkována především plísněmi rodu *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (Schneiderová, 2008). Nejdůležitější mykotoxiny v potravinách a krmivech a jejich producenti jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. č. 7 – Významní producenty mykotoxinů (Ostrý, 2013).

MYKOTOXIN	PRODUCENTI
Aflatoxiny	<i>Aspergillus flavus</i>
	<i>Aspergillus parasiticus</i>
Ochratoxin A	<i>Aspergillus carbonarius</i>
	<i>Aspergillus foetidus</i>
	<i>Aspergillus niger</i>
	<i>Aspergillus ochraceus</i>
	<i>Aspergillus nordicum</i>
	<i>Aspergillus verrucosum</i>
Patulin	<i>Aspergillus clavatus</i>
	<i>Byssochlamys nivea</i>
	<i>Penicillium carneum</i>
	<i>Penicillium expansum</i>
	<i>Penicillium griseofulvum</i>
Citrinin	<i>Monascus purpureus</i>
	<i>Penicillium citrinum</i>
	<i>Penicillium expansum</i>
	<i>Penicillium radicum</i>
	<i>Penicillium verrucosum</i>
Deoxynivalenol	<i>Fusarium culmorum</i>
	<i>Fusarium graminearum</i>
Zearalenon	<i>Fusarium culmorum</i>
	<i>Fusarium graminearum</i>
T-2 a HT -2 toxin	<i>Fusarium langsethiae</i>
	<i>Fusarium sporotrichioides</i>
Fumonisin	<i>Fusarium proliferatum</i>
	<i>Fusarium verticillioides</i> (<i>F. moniliforme</i>)

4.1 Aflatoxiny

Způsobují onemocnění nazývané aflatoxikóza. Aflatoxiny jsou produkovány plísní *Aspergillus flavus* a *A. parasiticus* (Bořutová, 2011). Existují čtyři základní aflatoxiny – AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂. Od nich byly odvozeny aflatoxiny M₁ a M₂, které vznikají jako metabolity AFB₁ a AFB₂ v organismu zvířat a přecházejí do masa, mléka, ledvin a vajec. Aflatoxiny se hromadí v těle a jejich vylučování je pomalé (Hofírek, 2009). Nejvíce toxický je AFB₁, toxicita klesá v pořadí AFG₁, AFB₂ a AFG₂ (Jurajda, 2001). Aflatoxin B₁ je nejsilnějším známým přírodním karcinogenem, tento účinek je důsledkem dlouhodobého příjmu nízkých dávek aflatoxinu. Jejich obsah je limitován legislativou EU (Hofírek, 2009).

Optimální podmínky pro produkci mykotoxinů je teplota 12–37 °C s optimem 28°C, pH 2,5 – 6, vlhkost nad 14 % a doba růstu 3–15 dní. Vlhkost substrátu pod 12 % zastavuje produkci mykotoxinu. V našich klimatických podmínkách jsou aflatoxiny málo rozšířeny, ale mohou být dovezeni s obilninami a s dalšími komponentami pro výrobu krmiv ze subtropických a tropických oblastí (Suchý a Herzig, 2005).

Toxiny jsou vstřebávány ze zažívacího traktu, metabolizovány a vylučovány. V organismu skotu jsou aflatoxiny částečně změněny na toxicky aktivnější formy M₁ a M₂, které přechází do mléka, masa a orgánů (ledviny, játra). Obecně se uvádí, že samci jsou citlivější na aflatoxiny než samice. V játrech a plicích dochází k biotransformaci aflatoxinů, která vede k tvorbě aktivních epoxidů. Ty se vážou na makromolekuly (proteiny, DNA) a způsobují buněčnou toxicitu a poškození DNA. Způsobují imunoprese, a proto jsou zvířata náchylnější k infekcím.

Nejvíce citlivější k aflatoxinům je drůbež. Nejvíce jsou citlivá krůčata a kachňata. Citlivá jsou i prasata a koně. Tolerantnější jsou přežvýkavci a nejodolnější vůči aflatoxinům jsou ovce (Suchý a Hertig, 2005).

4.2 Trichotheceny

Nejvýznamnějšími producenty trichothecenů jsou jednotlivé druhy plísní *Fusarium* (*Fusarium poae*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*). Nejčastěji se vyskytují u cereálií, zvláště pak u pšenice a kukuřice. Jejich výskyt byl prokázán i u sójových bobů, banánů a dále v pivu, kam přechází z kontaminovaného ječmene. Z hlediska

chemické struktury představují trichotheceny pestrou skupinu sloučenin. Dělí se podle charakteristických vlastností a počtu funkčních a substitučních skupin. Do trichothecenů patří T – 2 toxin, HT – 2 toxin, diacetoxyscirpenol, nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), fusarenon-X(FUS-X) a další (Hajšlová, 2009).

4.2.1 Deoxynivalenol (vomitoxin)

S T-2 toxinem jsou nejvíce vyskytovaným mykotoxinem v krmivech. Velmi často je DON v odebraných vzorcích krmiv determinován téměř na 100 %, a proto je používán jako indikátor upozorňující na přítomnost dalších mykotoxinů. Producenti DON jsou *Fusarium graminearum* a *F. culmorum* (Doležal, 2012). Na tento toxin jsou nejvíce citlivá prasata, méně vnímaví jsou přežvýkavci a drůbež. Toxikóza vomitoxinem se projevuje zvracením, nechutenstvím, akutními průjmy, poruchy koordinace pohybu a aborty. Dále způsobuje snížení mléčné produkce, zvýšení počtu somatických buněk v mléce, snižuje hmotnost vajec, zhoršuje kvalitu skořápky a způsobuje reprodukční poruchy (Kummer, 2002).

4.2.2 T – 2 toxin

T – 2 toxin patří do trichothecenových mykotoxinů a HT – 2 toxin je jeho metabolitem. Je produkován houbami z rodu *Fusarium* (Konishi a Sugiyama, 2008). Podmínky pro optimální produkci mykotoxinu: teplota 3 až 8 °C (při 25°C se již netvoří), (Hertig a Suchý, 2005). Toxin se vyskytuje v kukuřici, pšenici, ječmenu, žitu a ovsu (AllAboutFeed, 2008).

Jedná se o mykotoxin s lokálním i celkovým účinkem. Lokálně postihuje kůži a kontaktní sliznice. Po resorpci do organismu narušuje krvetvorbu, vyvolává hemoragii a vznik nekrotických ložisek v horní části gastrointestinálního traktu (Svoboda a kol., 2001).

4.3 Ochratoxiny

Ochratoxiny jsou hlavně produkovány plísněmi *Aspergillus ochraceus* a *Penicillium verrucosum*. Dělíme je na ochratoxiny A, B a C a jejich deriváty. Ochratoxin A (OTA) je nejtoxičtější a nejvýznamnější mykotoxinem z této skupiny (Patočka, 2008).

Podmínky pro produkci mykotoxinů – teplota 12 až 37 °C s optimální teplotou 25–37 °C, vlhkost 18-25 %, minimální pH 2,2. Růst a produkce toxinů se zastavuje při vlhkosti substrátu pod 13 % a teplotě mezi 4–9°C. Mechanismus toxicity OTA se zakládá na přeměně fenylalaninové části jeho molekuly pomocí t-RNA, která jej přeměňuje na fenylalanin. Ten je navázán na kumaronovou část OTA a brání jeho navázání do proteinového řetězce a tím dojde k zastavení proteosyntézy.

Nejvíce citlivější k ochratoxinům jsou kuřata, kachňata a krůtata. Méně citlivé jsou přežvýkavci díky bachorové mikroflóře, která přeměňuje OTA na méně toxický alfa ochratoxin. Dále jsou citlivá prasata a drůbež (Suchý a Hertig, 2005).

4.4 Patulin

Patulin byl popsán ve 40. letech minulého století. Krátkou dobu byl využíván jako léčebné antibiotikum, ale po průkazu jeho kancerogenity byl z léčiv vyřazen. Patulin je produkován plísněmi *Penicillium urticae*, *P. expansum*, *P. claviforme*. Dále jej produkují plísně rodu *Aspergillus* (*A. clavatus*, *A. giganteus*). Podmínky pro produkci mykotoxinu: teplota od 2 do 35°C s optimem 25°C, pH 3,0 až 6,5, doba růstu 6 až 8 dní (Suchý a Hertig, 2005). Nejčastěji se nachází v rýži, v nahnilém ovoci, ovocných šťávách a silážích (Hofírek, 2009).

Experimentální studie prokázaly, že Patulin je neurotoxin, který způsobuje výrazné patologické změny ve vnitřních orgánech (FAO, 2001). V gastrointestinálním traktu (GIT) způsobuje degeneraci epitelových buněk, záněty a hemoragie. Poškozuje CNS, játra, slezinu, žaludek, ledviny a dýchací aparát (Doležal, 2012).

4.5 Citrinin

Je produkován plísněmi rodu *Penicillium* (*P. citrinum*, *P. expansum*, *P. verrucosum*) a rodu *Aspergillus* (*A. terus*, *A. candidus*). Mykotoxin je produkován při teplotě 15 až 37 °C, optimum je 30 °C. Prokazuje kancerogenní, mutagenní a teratogenní vlastnosti. U krav mléčného typu vyvolává onemocnění označované jako syndrom pyrexie-pruritus-hemoragie (Suchý a Herzig, 2005). Citrinin je nefrotoxický a často se vyskytuje v kombinaci s ochratoxinem. Vyskytuje se v obilovinách. Hlavním účinkem toxicity je zvýšená spotřeba vody a průjem. U postižených ptáků se projevuje snížením tělesné hmotnosti, skvrnitostí jater a zvětšenými ledvinami (Devegowda, 2005).

4.6 Zearalenon

Zearalenon je produktem patogenních hub rodu *Fusarium*. Jeho nejvýznamnějšími producenti jsou *F. graminearum* a *F. culmorum*. Produkují toxin během vegetačního růstu a skladován při vysoké vlhkosti (Daghir, 2008). Optimální podmínky pro tvorbu mykotoxinu je teplota 3 až 8 °C. Nejčastěji se vyskytuje v obilovinách, kukuřici, senu, siláži a produktech živočišného původu.

Negativně působí na reprodukci, protože je v organismu metabolizován na estrogenně mnohem aktivnější β -zearalenon (Suchý a Herzig, 2005). U březích samic zvyšuje riziko úhynu plodu nebo snížení hmotnosti plodu. U kanců tlumí produkci testosteronu, ovlivňuje funkčnost varlat, spermatogenezi, potlačuje samčí libido a může vyvolat feminizaci. U krav způsobuje neplodnost a snižuje produkci mléka (Rada a Havlík, 2012).

4.7 Fumonisin

Fumonisin jsou mykotoxiny produkované různými houbami rodu *Fusarium*. Jedná se o toxiny kontaminující zrna obilovin po celém světě a jsou převážně nacházená v kukuřici a produktech získaných z kukuřice. Fumonisin byly poprvé izolovány v roce 1988 z kultur kmene *F. verticillioides* (Olsen a Magan, c2004). Produkce mykotoxinu probíhá při optimální teplotě 25 °C a pH 3 – 9,5. Fumonisin jsou polární sloučeniny, a tudíž jejich resorpce z GIT je poměrně malá. Jsou dobře rozpustné ve vodě a málo v polárních rozpouštědlech (Hertig a Suchý, 2005).

Nejvýznamnější jsou fumonisin B₁ a B₂. Zejména fumonisin B₁ vyvolává onemocnění koní a oslů označované jako leukoencefalomalacie (ELEM), u prasat plicní edém (PPE) a u drůbeže syndrom toxicity krmiva (Kummer a Faldíková, 2002).

4.8 Maskované mykotoxiny

První zmínky o maskovaných mykotoxinech se objevily již v polovině 80. let 20. století, kdy byly pozorovány mykotoxikózy zvířat, při kterých výsledky klinických studií zvířat neodpovídaly množství mykotoxinů stanovenému ve zkrmovaném krmivu. Vysoká toxicita použitého krmiva byla způsobena konjugovanými formami mykotoxinů, které v tehdejší době unikaly analytickým stanovením. Konjugované mykotoxiny pravděpodobně vznikají při detoxikačních

procesech obilovin, což prokázaly i následně uskutečněné studie zabývající se transformacemi mykotoxinů v rostlinách. Do dnešní doby byly identifikovány rostlinné metabolity DON, ZEN a ochratoxinu A (Hajšlová, 2009).

Detoxikační reakce pravděpodobně chrání rostliny před toxickými látkami z okolního prostředí, ale také před sloučeninami, které rostliny tvoří samy a zahrnují především tzv. transformace a konjugace. Během těchto reakcí jsou reaktivní funkční skupiny redukovány či maskovány tak, aby se toxicita nově vzniklého produktu snížila či úplně eliminovala. Při konjugacích jsou volné mykotoxiny vázány na více polární látky, např. na glukosu, sulfát či glutathion a vzniklé konjugáty jsou následně ukládány do buněčných vakuol. První prokázané metabolické transformace mykotoxinů byly pozorovány u kukuřice infikované *F. graminearum*, u které bylo během růstu nejprve sledováno navýšení hladiny DON a následně její snížení způsobené pravděpodobně aktivitou rostlinných enzymů. Následné zkoušky prokázaly nestabilitu DON během skladování, a to i při teplotách -18 °C. Potencionální nebezpečí maskovaných mykotoxinů spočívá v jejich hydrolýze při průchodu trávicím traktem savců, při kterém může dojít k uvolnění původního, více toxického mykotoxinu (Hajšlová, 2008).

4.9 Alternaria

Rod *Alternaria* je běžný kontaminant, který vegetuje na široké škále plodin a způsobuje jejich plesnivění během růstu i po sklizni. *Alternaria spp.* může růst i při chladírenských teplotách, proto bývá často příčinou kažení potravin během skladování. Nejvýznamnější druh je *Alternaria alternata*, která za určitých podmínek může produkovat celou řadu sekundárních metabolitů. Mezi nejzávažnější a nejčastěji se vyskytující toxiny patří tenuazoniková kyselina, alternariolmethylether a alternariol (Hajšlová, 2009).

5. Působení mykotoxinů na zdraví a užitkovost zvířat

Účinky mykotoxinů na organismus zvířat jsou velmi rozdílné. Mykotoxikózy mohou mít všeobecné nebo specifické příznaky. Podle přítomnosti určitého mykotoxinu se intoxikace hospodářských zvířat projevují alergickými reakcemi, poruchami nervové soustavy, poruchami reprodukce, poškození imunitního systému, dýchacího, trávicího a močového ústrojí a zvýšenou mortalitou. Imunosupresivní účinky mykotoxinů se mohou projevovat zvýšeným výskytem bakteriálních a virových onemocnění, mastitidami a zvýšeným počtem somatických buněk v mléce (Kummer a Faldíková, 2002). Rozhodující pro celkový toxický účinek mykotoxinů jsou dávka a délka doby příjmu toxinu. Důležitou roli při intoxikaci sehrává věk, pohlaví a druh exponovaných zvířat.

Zvýšená citlivost se vyskytuje u mláďat, březích samic, vysokoprodukčních zvířat, u zvířat s narušením celkového zdravotního stavu a v chovech se sníženou kvalitou výživy a zoohygieny. Přežvýkavci (skot, ovce, koza) jsou oproti monogastrům (prase, drůbež) odolnější vůči škodlivému působení mykotoxinů. Příčina jejich zvýšené odolnosti spočívá ve schopnosti bachorové mikroflóry degradovat mykotoxiny na méně toxické či zdraví neškodné produkty. Touto schopností disponují pouze zdravá zvířata s plnohodnotnou funkcí předžaludku.

Po vstupu mykotoxinu do organismu vzniká často velké množství metabolitů s různým stupněm toxicity. Rozdělujeme všeobecné působení mykotoxinů a specifické působení mykotoxinů, které mohou specificky působit na jednotlivé orgány a tkáně. Obecné působení mykotoxinů v organismu je charakterizováno jejich cytotoxicitou, imunotoxicitou, neurotoxickou, teratogenními, mutagenními a karcinogenními účinky (Hofírek, 2009).

Mykotické houby mohou vyvolat různé druhy onemocnění člověka a zvířat:

- Mykózy – jsou způsobené průnikem plísní do organismu a prorůstáním tkáněmi nebo orgány.
- Alergie – reakce organismu na vegetativní formy plísní a jejich spory (kožní reakce, záněty a zápaly).
- Mykotoxikózy – vznikají působením toxických metabolitů hub na živé organismy (Doležal a kol., 2005).

5.1 Negativní účinky mykotoxinů u zvířat

Vliv mykotoxinů na hospodářská zvířata je spojen s významnými ekonomickými ztrátami (Pavelková a Muccio, 2016). Účinky mykotoxinů na organismus zvířete se projevují klinickými nebo subklinickými projevy.

Klinické projevy jsou takové, při nichž intoxikace určitým mykotoxinem způsobuje dramatické zhoršení zdravotního stavu a užitkovosti zvířat. Klinické projevy se vyskytují méně často a způsobují nižší ztráty oproti subklinickým projevům.

Subklinické reakce organismu na intoxikaci mykotoxiny jsou mírnější. Projevují se méně výrazným zhoršením užitkovosti a fyzického stavu zvířete. Jsou to projevy velmi časté a často přehlížené pro jejich mírný průběh. Toto oslabení je často prohlubováno stresovými faktory prostředí.

Základní symptomy působení mykotoxinů:

- Snížený příjem krmiva.
- Poruchy trávení.
- Poruchy reprodukce.
- Snížená užitkovost.
- Zhoršená kvalita srsti a opeření.
- Snížená imunita (doprovázeno zvýšeným výskytem infekčních chorob).
- Velmi obtížná diagnostika mykotoxikózy (Horký a Skládanka, 2015).

Citlivost jednotlivých druhů zvířat na mykotoxiny je uvedena v tabulce č. 8.

Tab. č. 8 – Citlivost k mykotoxinům (Kummer a Faldíková, 2002).

Mykotoxin	Dojnice	Prasata	Koně	Drůbež
Aflatoxiny	+	+	+	++
Ochratoxiny	-	+	+	+
Deoxynyvalenol	+	++	+	+
Zearalenon	+	++	+	+
T-2 toxin	+	-	+	+
Fumonisin	+	+	++	+

(- rezistence, + nižší citlivost, ++ vyšší citlivost)

5.2 Vliv mykotoxinů na skot

Jak již bylo zmíněno výše, přežvýkavci jsou považováni za méně náchylné k negativním účinkům mykotoxinů než monogastrická zvířata. Mykotoxiny mohou být degradovány nebo přeměněny mikroorganismy bачору (Gallo a kol., 2015). Úroveň kontaminace krmiv mykotoxiny u přežvýkavců je důležitá otázka. Podle FAO (2001) zhruba 20 % potravin na trhu je kontaminováno mykotoxiny. Potenciálně nejvíce nebezpečná jsou obilná zrna a ořechy. Diety zahrnují jak píce i koncentrovaná krmiva, která zvyšují pravděpodobnost intoxikace mykotoxiny (Bertin, 2015).

5.2.1 Toxicita aflatoxinů

Rozložitelnost AFB₁ je u přežvýkavců minimální. Působení aflatoxinu na organismus způsobuje hromadění masných kyselin v játrech, ledvinách a srdci což může posléze způsobovat encefalopatii a otoky. Při akutní aflatoxikóze dochází k přetížení a krvácení jater (Horký a Skládanka, 2015). Na játrech dochází k fibróze, proliferaci epitelu žlučových vývodů a k cirhotickým změnám jaterní tkáň, což je doprovázeno poruchami jaterních funkcí. Dále mohou být akutní aflatoxikózy doprovázeny poruchami nervového systému s projevy nekoordinovaného pohybu a úhynem zvířete (Hofírek, 2009). Proto lze odvodit, že přežvýkavci nemají dostatečně vyvinutý vlastní obranný systém proti toxicitě aflatoxinů. Navíc sekundárně mnohem toxičtější metabolity aflatoxinů přecházejí do mléka (Horký a Skládanka, 2015). Množství aflatoxinu M₁ vyloučeného mlékem se pohybuje od 0 do 4 % s průměrem 1 % přijatého mykotoxinu. Aflatoxiny se vstřebávají do organismu v tenkém střevě pomocí pasivní difuze. Ke zvýšené akumulaci aflatoxinu v orgánech nedochází, protože je poměrně rychle vyučován z organismu žlučí, močí, trusem a mlékem. Po zastavení příjmu toxinu dochází k jejich vyloučení z organismu během několika dní (Svobodová et al., 2008).

Zain (2001) uvádí, že při zvyšování dávky aflatoxinu pro skot v potravě na úroveň 10, 26, 56,4, 81,1 a 108,5 µg/kg bylo prokázáno, že došlo k postupnému snížení příjmu krmné dávky při postupném zvyšování aflatoxinu. Při zkrmování AFB₁ (600 µg/kg) v krmné dávce po dobu 155 dní, byla prokázána snížená využitelnost krmné dávky a snížený přírůstek u volů. Snížením dávky krmiva u skotu

je ohrožena funkce bachoru, protože snižuje trávení celulózy, těkavých mastných kyselin a pohyblivost bachoru.

5.2.2 Toxicita zearalenonu

Zearalenon (ZEN) negativně ovlivňuje reprodukci, kdy jeho vliv snižuje životaschopnost embrya. Dále snižuje produkci progesteronu, testosteronu a konečným výsledkem může být až neplodnost (Horký a Skládanka, 2015). Jeho chemická struktura je podobná hormonu estradiolu a může aktivovat estrogenové receptory ve tkáních pohlavních orgánů. Příjem vyšších dávek ZEN způsobuje hyperestrogenizaci zvířat. V případě dlouhodobého příjmu nižších dávek dochází naopak k antiestrogenním účinkům ZEN tím, že svojí vazbou na buněčné receptory v pohlavních orgánech blokuje funkci přirozeného hormonu estradiolu (Hofírek, 2009).

Nejčastější příznakem toxického působení ZEN je snížená plodnost. Říje jsou zřetelné, často prodloužené, vulva zduřelá, děloha zvětšená, výtok děložního a poševního hlenu je u krav a jalovic zmnožený, ale bez patologických změn. Zabřezávání je výrazně sniženo, pohybuje se pouze okolo 25%. Vyskytuje se vysoký výskyt embryonální mortality. V poporodním období se častěji vyskytuje zpomalená involuce dělohy a výhřezy pochvy. U jalovic bývají pozorovány změny na mléčné žláze, která je zvětšená a může připomínat stav na počátku laktace (Svobodová et al., 2008).

5.2.3 Toxicita trichothecenů

Hlavní trichotheceny, které se vyskytují v krmivu pro přežvýkavce, patří do skupiny A. Skupina trichotheceny A zahrnuje Diacetoxyscirpenol a T2 – toxin. Do skupiny trichotheceny B zařazujeme Deoxynivalenol a Nivalenol (Horký a Skládanka, 2015).

DON vyvolává klinické příznaky intoxikace u přežvýkavců výjimečně. Snižuje příjem krmiva, produkci mléka, zvyšuje počet somatických buněk v mléce a zhoršuje reprodukční funkce. U telat může způsobit průjmy, snížení příjmu krmiva a zpomalený růst. T2 – toxin při vyšších dávkách způsobuje průjem, který může být i s příměsí krve, ve střevním traktu jsou zjišťovány zánětlivé reakce, krváceniny až nekrotické změny. Na T2 – toxin je citlivý parenchym mléčné žlázy, kde dochází ke krvácení a bývá zhoršená kvalita mleziva. Diacetoxyscirpenol způsobuje obdobné

klinické projevy jako T2 – toxin. U skotu je popisována stomatitida, která se projevuje hemoragiemi a erozemi na sliznicích s občasným sliněným (Svobodová et al., 2008).

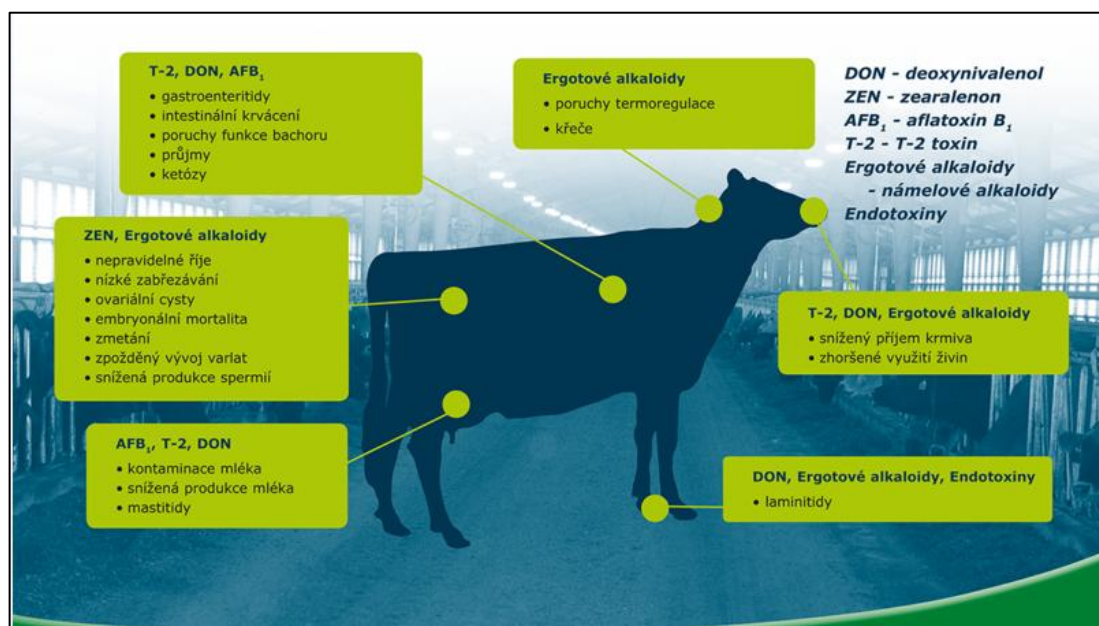
5.2.4 Toxicita patulinu

Patulin (PAT) obsažený v krmivu má vliv na centrální nervovou soustavu zvířete. Neurotoxické projevy se projevují především chvěním zvířete, parézy, poleháváním zvířete a v některých případech i smrtí. V roce 2014 byl v Toxikologické laboratoři v Argentině proveden výzkum vlivu Zearalenonu a Patulinu samostatně, anebo ve vzájemné kombinaci na mikrobiální pochody v bachoru a stravitelnost organické hmoty. Zjištěné výsledky ukázaly, že ZEN ani PAT nemají přímý vliv na stravitelnost organické hmoty (Horký a Skládanka, 2015).

5.2.5 Toxicita ochratoxinu A

Ochratoxin A je nefrotoxický mykotoxin, který narušuje proximální tubulární funkci a vylučování moči. Zvyšuje vylučování glukózy v moči. Přežvýkavci jsou odolnější vůči intoxikaci, protože mikroorganismy v bachoru dokážou degradovat OTA na mnohem méně toxický OT α (Bertin a kol., 2015).

Obr. č. 2 – Působení mykotoxinů u skotu (Biomin).



Klinické projevy onemocnění způsobují nechutenství, deprese, průjmy, horečky, žíznivost a časté močení. Organismus je postupně dehydratován, postižená zvířata jsou apatická a ochablá (Hofírek, 2009).

5.2.6 Toxicita fumonisinů

Klinické příznaky nebývají detekovány. Fumonisinů jsou spojovány se sníženým příjmem krmiva a předpokládá se, že při nižších koncentracích mohou díky interakcím s dalšími mykotoxiny způsobovat snížení produkce mléka (Svobodová et al., 2008).

5.3 Vliv mykotoxinů na prasata

Nejčastějšími plísněmi způsobující mykotoxikózy u prasat jsou *Fusarium*, *Aspergillus* a *Penicillium*. Vnímavé vůči mykotoxinům jsou všechny kategorie prasat. Nejvnímavější jsou prasnice v reprodukci a selata. Obecné příznaky intoxikace mykotoxiny jsou velmi různorodé:

- Výhřez rekta nebo pochvy
- Raná embryonální odúmrt'
- Delší interval mezi odstavem a říjí
- Vyšší výskyt mrtvě narozených selat a nižší počty narozených selat
- Nekrózy uší a kůže
- Oslabená imunita
- Snížená užitkovost a horší konverze krmiva u prasat ve výkrmu (McCormack, 2016).

5.3.1 Toxicita aflatoxinů

Jsou nejčastější a nejproblematičtější mykotoxiny u prasat. Prasata vystavena nízkému množství aflatoxinů po dlouhou dobu, vykazují účinky spíše subakutní než akutní. Hladina mykotoxinu až 200 ppb (Vyjadřuje počet částic látky na 1 miliardu ostatních částic.) vede ke klinickým příznakům a nad 300 ppb může být fatální. K hlavním příznakům patří snížení intenzity růstu a využití krmiva. Při vyšších koncentracích mykotoxinu dochází k poškození jater, žloutence a jejich

selhání. Nemají přímý vliv na reprodukci, ale mohou způsobit potrat a agalaxii u prasnic. Aflatoxiny mají imunosupresivní účinek a zhoršují tak průběh jiných onemocnění (PRRS, mykoplazmová pneumonie atd.). Pokud je hladina aflatoxinu v krmné dávce nízká, příznaky se projevují za čtyři až šest týdnů (Ježková, 2015).

Podle Svobodové et al. (2008) letální dávka pro prasata při jednorázové perorální aplikaci je 0,62 mg/kg živé hmotnosti. Aflatoxiny v krmivu v dávce 2–4 mg/kg způsobují akutní fatální otravu. Mírné klinické projevy můžeme očekávat při množství v krmivu nad 0,6 mg/kg. U sajících selat, jejichž matkám bylo podáno krmivo s obsahem toxinu 0,5 – 0,7 mg/kg, byla zjištěna snížená růstová schopnost. Mladší věkové kategorie prasat jsou vnímavější na působení aflatoxinů než prasata ve výkrmu. Prasata o hmotnosti 18–64 kg prokazují jaterní změny již při množství 0,14 mg/kg krmiva zkrmovaného po dobu 12 týdnů. Oproti tomu prasata o hmotnosti 64–91 kg potřebují pro vznik jaterních změn množství aflatoxinů 0,69 mg/kg krmiva.

5.3.2 Toxicita deoxynivalenolu

Přítomnost DON v krmivu u prasat způsobuje pokles příjmu krmiva a může dojít až k vyvolání zvracení (McCormack, 2016). DON je nejčastěji vyskytujícím se mykotoxinem u prasat. Hlavní patogenita spočívá v působení toxinu na chemoreceptorovou zónu prodloužené míchy, která při vysokých koncentracích vyvolává zvracení. Při množství toxinu 1 mg/kg krmiva zjišťujeme pouze minimální snížení příjmu krmiva. Snížený příjem krmiva o 20–50 % pozorujeme při množství toxinu 5–10 mg/kg krmiva. Při množství 20 mg/kg krmiva dochází k úplnému odmítání krmiva (Svobodová et al., 2008). Má nepříznivý vliv na reprodukci, zvyšuje ranou embryonální mortalitu a podíl mrtvě narozených selat. Naopak snižuje počty narozených selat ve vrhu, porodní hmotnost a vitalitu selat (Jedlička, 2016).

5.3.3 Toxicita zearalenonu

Zearalenon má významný vliv na reprodukci prasat. Prase je nejcitlivějším druhem. Nejvíce jsou vnímavé prasnice, které ještě neměli selata. Hlavní pozorovatelné příznaky jsou zarudnutí, zvětšení velikosti vulvy a mléčné žlázy (Horký a Skládanka, 2015). U starších prasnic potlačuje říji a navozuje pseudograviditu. U postižených prasnic dochází k atrofii dělohy, mění se poměr estrogenu a progesteronu, čímž se vytváří nevhodné prostředí pro zárodky s následky rané embryonální

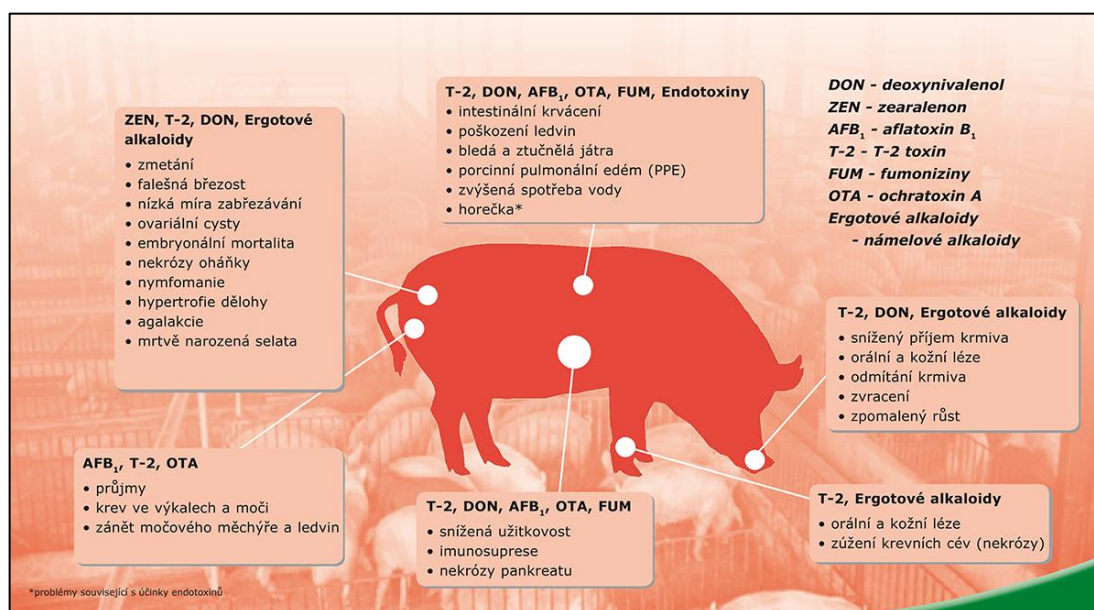
mortality. S tím souvisí i přebíhání prasnic, málopočetné vrhy, poruchy ovulace, cysty a výhřezy dělohy (Jedlička, 2016).

Infertilita vzniká při množství zearalenonu v krmivu 3–5 mg/kg. Pokud je dávka do 15 mg/kg krmiva, vývoj plodu březích prasnic neovlivňuje. Množství větší než 20 mg/kg krmiva přijaté prasnicemi do 10 dní po zapuštění narušuje uhnízdění oplozeného vajíčka v děloze a způsobuje embryonální odúmrt' a tím snížení počtu selat ve vrhu. U mladých kanců způsobuje atrofii varlat, snížené libido a zhoršenou kvalitu semene. Po vyřazení kontaminovaného krmiva obvykle dochází k vymizení nepříznivých účinků. Kvalita semene je negativně ovlivněna při množství nad 30 mg/kg krmiva, ale nevzniká infertilita (Svobodová et al., 2008).

Tab. č. 9 – Působení mykotoxinu na zdravé prasat (McCormack, 2016).

MYKOTOXIN	ÚČINEK MYKOTOXINU
Aflatoxin B1, B2, G1, G2	Nekróza jater, tuková infiltrace jater, imunosuprese
Ochratoxin A	Ledvinové nefropatie, imunosuprese
Fumonisin	Plicní edém, imunosuprese, zvracení, letargie, ztráta svaloviny
Deoxynivalenol	Zvracení, střevní léze, imunosuprese
Zearalenon	Hyperestrogenismus, aborty, neplodnost, prolapsy
Ergotoxin	Snížený apatit, gangréna, agalaktie, poruch funkce mléčné žlázy

Obr. č. 3 – Působení mykotoxinů u prasat (Biomin).



5.3.4 Toxicita ochratoxinem a citrininem

Jedlička (2016) uvedl, že u prasat ve výkrmu se při dávkách 200 ppb zjišťují léze na ledvinách, při 400 ppb dochází k projevům polyurie, polydipsie a imunosuprese, při 1000 ppb k polydipsii, glykosúrii a zbrzdění růstu. Při dávce 1 mg/kg živé hmotnosti zvířata hynou do 5 až 6 dnů. Akutním příznakem intoxikace prasat ochratoxinem je přítomnost krve v moči a výkalech a dále průjem.

5.4 Vliv mykotoxinů na drůbež

V krmivu pro drůbež nebo v jeho komponentách se nejčastěji nalézají vyšší koncentrace především aflatoxinů (AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂), ochratoxinu A, trichotecenů a zearalenon. Při akutním průběhu se objevují klinické příznaky otravy a mortalita drůbeže je zvýšená. Při subklinických a chronických mykotoxikózách jsou klinické projevy minimální, otrava se projevuje převážně poruchami vývoje růstu mláďat, zhoršenou konverzí krmiva a nedostatečnými hmotnostními přírůstky (brojleři), poklesem snášky (nosnice), poruchami oplozenosti a líhivosti násadových vajec (Jurajda, 2001).

5.4.1 Toxicita aflatoxinu

Nejcitlivěji na výskyt aflatoxinu reaguje mladá drůbež, zejména kachny a krůty, které jsou velice citlivé na aflatoxin. V chovu drůbeže obecně platí, že by nemělo být zkrmováno krmivo s koncentrací aflatoxinu přes 20 µg/kg krmiva. Při zkrmování aflatoxinu v krmivu v dávce pod 20 µg/kg krmiva dochází k snížení imunitního systému. Inhibice imunitního systému podporuje větší náchylnost ke stresu (Horký a Skládanka, 2015). Vnímavost drůbeže k aflatoxinům je rozdílná a klesá v pořadí kachna > krůta > husa > bažant > kur domácí > křepelka (Jurajda, 2001).

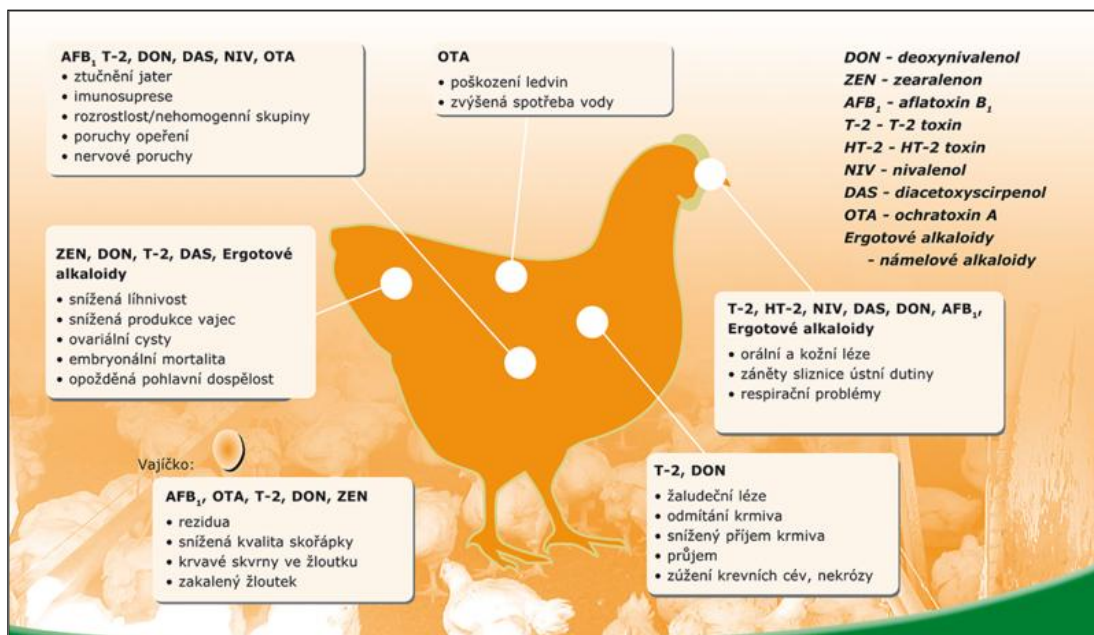
5.4.2 Toxicita ochratoxinu A

Cílovým orgánem jsou ledviny, protože OTA je nefrotoxin. Způsobuje poškození ledvin a tím dehydrataci, dále způsobuje vyhublost a poškození jater. Bylo prokázáno, že ochratoxin způsobuje snížení pevnosti a pružnosti spojení kostí (Daghir, 2008).

5.4.3 Toxicita deoxynivalenolu

Kovalsky (2014) uvádí, že studie ukázaly, že DON snižuje absorpci glukózy a aminokyselin v tenkém střevě brojlerů a nosnic, tím dochází k absorpci živin až v distální části střeva. U slepic způsobil příjem DON snížení hmotnosti tenkého střeva. Bylo tedy zjištěno, že DON nepříznivě ovlivňuje trávení a absorpční funkci střev.

Obr. č. 4 – Účinky mykotoxinů u drůbeže (Biomin)



5.4.4 Toxicita zearalenonu

Krůty jsou vnímavější než kur domácí na intoxikaci ZEN. Toxikóza je charakterizována poklesem snášky, zvýšeným výskytem cyst na vaječniku, vejcovodu a peritoneu, zduřením až výhřezem kloaky (Jurajda, 2001).

6. Prevence vzniku mykotoxinů v krmivech

Prevence vzniku mykotoxinů je jedním z nejvýznamnějších opatření. Nejlepší metodou by bylo najít takové metody, které by vzniku mykotoxinů v krmivech zabránily. V praktických podmínkách jde o velmi těžce zvládnutelný problém. Z prostředí není prakticky možné odstranit toxikogenní plísně, respektive jejich vysoce odolné spory. Problémem je i skutečnost, že kontaminace krmiv sporama může nastat v celém řetězci jejich výroby „od pole až po žlab“. V průběhu výroby, transportu a uskladnění krmiv je obtížné zajistit takové podmínky a ošetření krmiv, abychom zabránili jejich kontaminaci sporama, růstu plísní a produkci mykotoxinů (Doležal, 2012). Preventivní opatření můžeme rozdělit na prevenci při pěstování, sklizni, manipulaci, skladování a konzervaci krmiv. Za riziková krmiva pokládáme všechny obilniny, olejniny, luskoviny a produkty z nich vyrobené. Z konzervovaných krmiv jsou nejčastějším zdrojem mykotoxinů seno a siláže, především kukuřičné. Naproti tomu jetelotravní a vojtěškové siláže jsou mykotoxiny kontaminovány v praktických podmínkách mnohem méně (Suchý a Herzig, 2005).

Chovatelé si mohou nechat analyzovat mykotoxiny v krmivu třemi metodami. Metoda ELISA, která nabízí kvantitativní stanovení metabolitů plísní, je rychlá a relativně levná, ale lze ji použít pouze u krmných surovin. Metodou HPLC již lze detekovat jednotlivé mykotoxiny při nízkých koncentracích, ale je časově náročnější a dražší. Metoda LC-MS/MS umožňuje simultánní stanovení více než 380 mykotoxinů v krmivech i krmných surovinách. Jedná se o citlivou a přesnou metodu, použitelnou pro různé materiály, kterou lze detekovat i maskované a nově vznikající mykotoxiny (Jedlička, 2016).

Preventivní opatření pro omezení výskytu mykotoxinů:

- a) při pěstování a sklizni:
 - Sled plodin v osevních postupech.
 - Minimalizace zbytků předplodiny a její důkladné zapravení do půdy.
 - Výběr vhodné odrůdy s odolností vůči plísním.
 - Protiplísňové ošetření osiv (fungicidy – mořidla).
 - Zabránit poléhání porostu.

- Správná aplikace fungicidů (Pavelková a Muccio, 2016).
- Vyrovnaná výživa porostů.
- Omezení poškození porostu hmyzem.
- Ochrana proti plevelům.
- Dodržování agrotechnických zásad při pěstování plodin.
- Zabránit mechanickému poškození zrna (sklizen, uskladnění a další manipulace).
- Včasná sklizeň.
- Kvalitní ošetření a uskladnění krmiv po sklizni (Pavelková, 2013).

b) při skladování krmiv:

- Zajistit vhodnou sušinu krmiva.
- Uskladnění v suchém prostředí (do 65% relativní vlhkosti).
- Ventilace a proudění vzduchu, popřípadě minimalizace kyslíku.
- Odstranit zbytky starých krmiv ze skladovacích prostor.
- Ošetření krmiv protiplísňovými prostředky.
- Teplota.
- Přítomnost škůdců a hmyzu.
- Aplikace chemických konzervantů a protiplísňových prostředků (Suchý a Herzig, 2005).

c) Při konzervaci krmiv:

- Konzervovat pouze čisté a zdravotně nezávadné, ničím nekontaminované píce.
- Aplikace silážních aditiv s antifungálním účinkem.
- Způsob a intenzita dusání (dusat již od první naskladněné vrstvy).
- Ošetření povrchové vrstvy pod krycí fólií.
- Dokonalé a neprodyšné zakrytí silážované hmoty.

- Zatížení silážované hmoty.
- Způsob a denní množství odebírané siláže.
- Ošetření odběrové stěny siláže (Doležal et al., 2005).

Pavelková a Muccio (2016) uvádí, že střídání plodin a předplodina mají pro výskyt mykotoxinů velmi důležitou roli. Obilniny jsou náchylnější k fuzáriovým plísním, proto je vhodné do osevních postupů zařadit jiné plodiny. Nevhodnou předplodinou je kukuřice, která je často napadena fuzárií, plodina pěstovaná po kukuřici bývá napadena fuzárií a kontaminovaná mykotoxiny více než po jiných předplodinách.

Vhodný čas sklizně je rozhodujícím faktorem pro snížení rizika kontaminace mykotoxiny. Při včasné sklizni je kontaminace toxiny nižší, ale musí se věnovat pozornost i správnému průběhu sklizně. Důležitým faktorem při sklizni je používání vhodných sklízecích mlátiček, které jsou správně nastavené, aby nedocházelo k poškození zrna a znečištění zeminou. Poškozená zrna jsou více náchylná k rozvoji plísní během skladování, protože půda obsahuje všudypřítomné spory plísní rodu *Fusarium*, které mohou kontaminovat sklizeň. Důležité je také čistit sklízecí mlátičky po předchozí sklizni, a tím předcházet křížové kontaminaci (Pavelková a Muccio, 2016).

U šťavnatých objemných konzervovaných krmiv je potřeba pícniny sklízet v optimální silážní zralosti (sušina 28–35 %), dodržovat správnou výrobní praxi (rychlost naskladnění, velikost silážovaných částic), utužit konzervovanou hmotu a tím maximálně snížit a zamezit přístupu vzduchu. Z hlediska sekundární fermentaci je třeba správně odebírat a zkrmovat siláže, aby nebyla déle na vzduchu než 6–10 hodin (Doležal, 2012). Problémy s výskytem plísní v silážích bývají spojovány hlavně s nevhodným způsobem odběru siláže, resp. jejím provzdušněním a aerobním znehodnocením. K masivnímu výskytu plísní dochází při nezakrytí sila vhodným způsobem nebo při jeho mechanickém poškození ptactvem nebo hlodavci (Doležal et al., 2005).

Podceňované riziko z hlediska obsahu mykotoxinů je u sena a slámy, jejichž zpracování a uskladnění by měla být věnována velká pozornost. Velký problém představují plísně a mykotoxiny ve slámě používané jako stelivo (Pavelková a Muccio, 2016). U suchých objemných krmiv bychom měli co nejdříve dosáhnout skladovatelného a bezpečného obsahu sušiny 85–86 % a zajistit

uskladnění ve vhodných podmínkách (Suchý a Herzig, 2005). Z technologických faktorů pro bezpečnou výrobu suchých objemných krmiv patří čistota a zdravotní stav naskladňovaného materiálu, obsah vlhkosti při sklizni, výška jednorázově naskladňované hmoty, způsob naskladnění, dosoušecí režim, stav dousoušecího zařízení, kvalita vzduchu použitého k dousoušení (teplota a relativní vlhkost), povětrnostní podmínky (teplota a relativní vlhkost vzduchu). U balíkového sena nejčastěji dochází k plesnivění při nerovnoměrném stupni zavadání píce, vysoký obsah vlhkosti při sklizni, dlouhá doba ponechání slisovaného sena na poli (vliv půdní vlhkosti a nebezpečí průniku nežádoucí mikroflóry) a špatná aplikace antifungálních prostředků (Doležal et al., 2005).

7. Dekontaminace mykotoxinů v krmivech

Snahou před dekontaminací je předcházení výskytu mykotoxinů v krmivech. K následné neutralizaci již kontaminovaného krmiva se dnes využívá fyzikálních, chemických a biologických metod. Mykotoxiny jsou látky značně stabilní, přesto je lze někdy s obtížemi degradovat. V potravinářském průmyslu degradace mykotoxinů postrádá význam, neboť pro výrobu potravin se nesmí použít zaplísněná surovina. Produkty degradace mohou být rovněž toxické. Anorganické vyvazovače na bázi jílovitých hornin jsou problematické z hlediska účinnosti, jsou specifické zejména k aflatoxinům a mohou nespecificky vázat řadu dalších živin a tím snižovat nutriční hodnotu krmiv (Horký a Skládanka, 2015). Podle směrnice EU je zakázáno zkrmovat plísněmi znehodnocenými krmivo. Dále se nesmí provádět ředění plesnivých krmiv krmivy relativně zdravými (Doležal et al., 2005).

7.1 Fyzikální způsob dekontaminace mykotoxinů

Mykotoxiny jsou obecně velmi stabilní. V průběhu normálního vaření, parní úpravy nebo pražení nedochází k významnému úbytku. Teplotní stabilita u různých mykotoxinů se ale liší. Uvádí se například, že teploty nutné pro zničení aflatoxinů jsou 207–306 °C (Kabak a Dobson, 2009). Mykotoxiny je možné rozložit horkem nebo kombinací tepla a tlaku. Termostabilní jsou aflatoxiny, trichothecenové mykotoxiny (DON), zearalenon, ochratoxin A a patulin. Termolabilní je citrinin, který je zahřátým relativně snadno rozrušen a patulin. Proti tepelnému rozkladu patulinu působí vitamín C, který toxin tepelně stabilizuje i při sterilizačních teplotách. Nevýhodou těchto metod je, že podle typu a intenzity použitého fyzikálního faktoru dochází k různému stupni narušení živin a jejich absorpce, čímž se snižuje biologická hodnota krmiva (Suchý a Herzig, 2005). Základním opatřením je i mechanické odstranění všech nečistot ve skladovacích prostorech a technologických linkách. Dalším opatřením je odstranění houbových ložisek, kde se hromadí nejvyšší koncentrace mykotoxinů (Doležal, 2012). Pro denaturaci mykotoxinů lze použít vaření, extruzi nebo peletování.

Ozáření UV světlem může ničit plísně před skladováním obilí a deaktivovat mykotoxiny (Schneiderová, 2008). Suchý a Herzig (2005) uvádí, že ultrafialové

a ionizující záření může být při destrukci některých mykotoxinů jako je např. aflatoxin efektivní, ale zároveň dochází k destrukci živin krmiva.

7.2 Chemické způsoby dekontaminace

Oxidační činidla, jako ozon nebo peroxid vodíku mají potenciál degradovat mykotoxiny. Redukční činidla, jako kyselina askorbová, siřičitany a pyrosiřičitany snižují množství AFB₁ a DON v krmivech.

Jednou z možností, jak snižovat toxicitu mykotoxinů v potravinách a krmivech je použití amoniaku. Použití amoniaku k detoxikaci aflatoxinů v krmivech je procedura schválená v některých státech USA, Francii, Velké Británii či Senegalu. Průměrné náklady této metody se pohybují mezi 5 až 20% ceny komodity. Mezi největší nevýhody této procedury patří neúčinnost na jiné mykotoxiny kromě aflatoxinů a možné poškození zdraví zvířat reziduí amoniaku v krmivu (Rada a Havlík, 2012). Byla zkoušena i ozonizace – účinek ozonu byl prokázán na dekontaminaci AFB₁, kdy u kukuřice po 92 hodinách expozice O₃ byl snížen jeho obsah o 95 % (Doležal, 2012).

Mimo výše zmíněné byly na krmivech a potravinách testovány hydroxid vápenatý, monomethylamin, plynný chlor, kyselina askorbová, kyselina chlorovodíková, sirovodík, formaldehyd nebo oxid siřičitý. Chemické ošetření, přestože je v mnoha případech účinné, je poměrně drahé a silná oxidační nebo redukční činidla mohou vést k degradaci některých živin. Z tohoto důvodu nejsou v praxi příliš uplatnitelné (Awad et al., 2010). Mezi chemicko-biologické metody lze zařadit enzymatickou dekontaminaci. V současné době jsou dostupné enzymy působící inaktivaci zearalenonu a některých typů trichothečenů (T-2 toxin, HT – 2 toxin, DON a nivenol). Enzymy inaktivují toxin rozštěpením molekuly na neškodné metabolity (Doležal, 2012).

7.3 Adsorbenty

Použití adsorbentů je další strategií vyvazování mykotoxinů. Jsou to krmné přísady, chemicky dlouhé polymerové molekuly, které projdou nestráveny zažívacím traktem a jsou vyloučeny ve výkalech. Při průchodu trávicím traktem přitahují a vážou malé molekuly mykotoxinů, takže se nedostanou do krve a nemohou působit na organismus (Smith, 2012). Jsou to minerální látky, jejichž povrch je nasycen

molekulami vody, které přitahují polární funkční struktury mykotoxinů (Suchý a Herzig, 2005). Ve výživě hospodářských zvířat se jako adsorbenty používají silikátové minerály (kaolinit, bentonit a zeolit). Jedná se o velmi porézní horniny, které obsahují trojrozměrné matrice tetraedrů AlO_4 a SiO_4 tvořící sítovou strukturu s vysokou schopností vázat vodu (Horký a Skládanka, 2015). Adsorbenty mohou být anorganické i organické polymery. Anorganické jsou založeny na oxidu křemičitém (silika, křemen) a obecně jim říkáme jíly. Organické polymery jsou založeny na uhlíku a jsou ekvivalentem rostlinných vláken. Výzkum dokázal, že polymerový adsorbent glukomanan z buněčných stěn kvasinek, byl velmi účinný ve snížení přechodu aflatoxinu do mléka (Smith, 2012).

Aktivní uhlí je ve vodném roztoku schopné za in vitro podmínek (v laboratorních podmínkách ve zkumavce) efektivně absorbovat většinu mykotoxinů. V případě in vivo podmínek (v organismu zvířete) žádný vliv u různě aktivovaných uhlí pozorován nebyl. Absorpční vlastnosti aktivního uhlí jsou závislé na mnoha faktorech. Faktory zahrnují velikost pórů, velikost plochy povrchu, struktury mykotoxinu a dávky. Grafitové destičky vytváření mikro póry a poskytují velkou absorpční plochu, přibližně $800\text{--}1600\text{ m}^2/\text{g}$. Jedná se ale o adsorbent nespecifický. Jeho relativně nízká účinnost in vivo nese s sebou navíc vysoké riziko adsorpce jiných nepostradatelných živin (Horký a Skládanka, 2015).

V případě nedostatku polárních funkčních skupin mykotoxinů zajistí jejich likvidaci enzymy. Enzym esteráza a epoxidáza štěpí funkční atomové skupiny od molekul mykotoxin a zbytek molekuly se stává netoxickým, je tráven a vyloučen. Enzym esteráza například rozlomí laktonový kruh zearalenonu, zatímco enzym epoxidáza degraduje 12, 13 – epoxy skupinu u trichothecenů (Suchý a Herzig, 2005).

7.4 Biologické způsoby dekontaminace

Enzymy, kvasinky a bakterie mohou přeměnit mykotoxiny na netoxické metabolity (Schneiderová, 2008). Mikroorganismy mohou snižovat toxický účinek mykotoxinů na organismus zvířete několika způsoby, jedním z nich je adsorpce, druhým enzymatická detoxikace. Adsorpce a enzymatická detoxikace mykotoxin byla popsána u řady mikroorganismů (např. půdní houby, mikroorganismy trávicího traktu).

Adsorpce probíhá na povrch buněčné stěny. Je to interakce mezi toxinem a funkčními skupinami na povrchu buňky, založené na fyzikální adsorpci, výměně iontů a komplekaci. Tyto interakce nejsou závislé na metabolismu buňky. Komponenty buněčné stěny zahrnují polysacharidy, proteiny a lipidy, které tvoří velkou i mezidruhovou variabilitu navzájem odlišných adsorpčních center na bázi různých vazebných mechanismů. Příkladem enzymatické detoxikace může být degradace aflatoxinu vlastním myceliem pomocí enzymu peroxidáza. Pomocí enzymatických reakcí jsou některé mykotoxiny degradované pomocí mikroflóry bacheru a intestinální mikroflórou dalších zvířat (Horký a Skládanka, 2015).

Schneiderová (2008) uvádí, že v roce 2000 byla popsána mikrobiální detoxifikace, při níž bacherová bakterie BBSH 797 může transformovat toxin trichotecenes do netoxické formy.

Degradace mykotoxinů pomocí kvasinek a bakterií mléčného kvašení (BKM) bylo dosaženo s některými druhy kmeny *Saccharomyces* a BKM zajímavých výsledků. Kvasinky a BMK vykazují schopnost vázat některé molekuly, jako jsou např. toxiny a ionty kovů prostřednictvím vazebných struktur na povrchu buněčných stěn. Výhodou je, že se tyto mikroorganismy často přirozeně vyskytují jak v traktu zvířat, tak i ve fermentovaných krmivech (Horký a Skládanka, 2015).

7.5 Podpora detoxikačních funkcí organismu zvířat

Toxický účinek mykotoxinů způsobuje poškození tkání volnými radikály, které vznikají při detoxikaci mykotoxinů v organismu. Negativní vliv mykotoxinů lze do značné míry snížit přidáním antioxidantů do krmiva. Antioxidanty jsou širokou skupinou látek se schopností zachytávat reaktivní druhy kyslíku vznikající v patologických reakcích, například při detoxikaci mykotoxinů v organismu, čímž zabraňují zčásti jejich negativnímu vlivu na tkáně.

Působí proti toxickým účinkům několika možnými mechanismy. Prvním z nich je záchyt volných radikálů. Volné radikály, reaktivní formy kyslíku vnikají ve vyšší míře, pokud je organismus vystaven chemickému stresu, poškozují buněčné membrány a DNA. Do této skupiny řadíme antioxidanty na bázi rostlinných extraktů, látek nebo vitamínů, jako jsou karotenoidy, flavonoidy, vitamín C, A, E apod. Zvýšení přídatku vitamínů A, C a E o 25 % oproti standardní dietě snižuje vliv AFB₁ u kroců. Druhým mechanismem je podpora přirozeného antioxidačního

potenciálu organismu, vliv na zvýšení hladiny přirozených antioxidačních nebo detoxikačních enzymů v játrech, jako je např. kataláza, glutathion-S-transferáza a glutathion peroxidáza.

Z přírodních sloučenin jsou nejvýznamnější antioxidanty rostlinná barviva – karotenoidy, chlorofyl, fenoly, některé vitamíny a selen. Do syntetických antioxidantů používaných v krmivech patří např. etoxychin, butylhydroxyanisol a butylhydroxytoluen (Havlík et al., 2010).

Na toxický vliv mykotoxinů má vliv složení diety. Je známo, že vyšší zastoupení proteinu (z 20 až 30%) v dietě kuřat snížilo negativní vliv přidaného aflatoxinu, který potlačuje přírůstek (Daghir, 2008). Podobný efekt byl pozorován i při nadlimitním podání metioninu. Nadlimitní příjem metioninu u kuřat prokázal velmi účinné potlačení negativního vlivu mykotoxinů. Je to dáno zřejmě tím, že metionin se může podílet na syntéze glutathionu. Glutathion je tripeptid složený z aminokyselin kyseliny glutamové, cysteinu a glycinu, který chrání organismus před oxidačním stresem (podílí se na odstraňování peroxidu vodíku) jednak tím, že se podílí jako kofaktor nebo substrát na činnosti antioxidačních enzymů nebo tím, že se přímo váže na toxiny a detoxikuje je (Havlík et al., 2010). U brojlerů, při příjmu aflatoxinem kontaminovaných krmiv, se doporučuje mimořádný přísun metioninu o 30 – 40 % vyšší, než doporučují normy (Suchý a Herzig, 2005). Zajímavou přídatnou látkou omezující vliv mykotoxinů je aspartam, používaný jako umělé sladidlo. Nezávislé studie potvrdily, že aspartam má významný vliv na snížení negativního vlivu ochratoxinu na organismus. Při testech bylo zjištěno, že aspartam velmi účinně snižoval genotoxický a nefrotoxický vliv OTA na jaterní buňky. Předpokládá se, že je to dáno jeho podobnou strukturou s aminokyselinou fenylalaninem (Havlík et al., 2010).

8. Eliminace mykotoxinů v praxi

Preventivní opatření pro kvalitní sklizeň je dodržení agrotechnických zásad (osevní postup, zpracování půdy, sklizeň v plné zralosti, výběr odolnějších odrůd a integrovaná ochrana – boj proti plevelům a škůdcům), (Příkryl, 2015). V praxi nejpoužívanějším způsobem detoxikace mykotoxinů je jejich přímá eliminace ze zažívacího traktu zvířat. Látky schopné vázat mykotoxiny (adsorbenty) jsou zvířeti podávány jako krmná aditiva prostřednictvím krmné směsi. Vhodný adsorbent musí splňovat dvě základní podmínky: musí být schopen vázat toxické molekuly ve fyziologickém prostředí a musí být nestravitelný (Stryk, 2015).

V České republice je mnoho firem, které nabízejí adsorbenty mykotoxinů na různé bázi. Pro ochranu před širokým spektrem mykotoxinů se vyrábí vícesložkové preparáty – např. Mykofix plus, Mycosorb A+, Neutox atd. (Anonym 1).

Například adsorpce fumonisinů má dvě nevýhody. První z nich – je to vratný proces, což znamená, že vyvázané toxiny mohou být uvolněny a poté negativně ovlivňovat zdraví zvířat. Druhá – schopnost adsorpce velmi závisí na pH. Zatímco adsorbenty jsou zdánlivě velmi účinné v konstantních podmínkách (v roztoku se stabilní hodnotou pH), vykazují značně nižší účinnost v podmínkách simulujících střevní trakt zvířat. V těchto podmínkách klesla adsorpce toxinů o více než 50 %. Do popředí se tedy dostává enzymatická biotransformace (u produktu FUMzyme), která pomocí purifikovaného enzymu přeměňuje fumonisiny na netoxické metabolity. Biotransformace je na rozdíl od adsorpce nevratný proces (Pavelková, 2015).

Dále jsou v praxi využívány výrobky postavené na bázi kyseliny propionové, která má velmi silný a cenově výhodný protiplísňový účinek (aktivované propionáty – Fylax Forte HC). Aktivované organické kyseliny efektivně redukuje počet plísní v ošetřeném materiálu, čímž umožňují zachování nutričních hodnot a prodloužení bezpečné doby skladování. V porovnání s propionátem amonným a komerčními přípravky se prodloužila s aktivovanými propionáty doba skladování (trvanlivost) o 79 až 87% (Novotný, 2015).

9. Legislativa

V současné době existují v Evropě maximálně povolené limity pro aflatoxin B₁. Evropská unie vydala doporučení Komise o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T – 2 a HT – 2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat (Bořutová, 2011; Doporučení Komise 2006/576/ES).

Legislativa Evropské unie upravující limity mykotoxinů:

SMĚRNICE EVRPOSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/32/ES ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech.

DOPORUČENÍ KOMISE č. 2006/576/ES ze dne 17. srpna 2006 o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T – 2 a HT – 2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat.

DOPORUČENÍ KOMISE (EU) 2016/1319 ze dne 29. července 2016, kterým se mění doporučení Komise 2006/576/ES, pokud jde o deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxin A v krmivu pro zvířata v zájmovém chovu.

10. Limity

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ze dne 7. května 2002, které pojednává o nežádoucích látkách v krmivech, se stanovuje nejvyšší povolené limity obsahu aflatoxinu B₁ v kompletních a doplňkových krmivech (tab. č. 10).

Tab. č. 10 – Maximálně povolená koncentrace aflatoxinu B₁ v mg/kg v krmivu s 10% vlhkostí (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ze dne 7. května 2002).

MYKOTOXIN	PRODUKTY KE KRMENÍ ZVÍŘAT	Maximální obsah v mg/kg v krmivu s 12 % obsahem vlhkosti
Aflatoxin B ₁	Krmené suroviny, s výjimkou:	0,05
	podzemnice olejné, kopry, palmojádra, bavlníkového semene, babasového semene, kukuřice a produktů vzniklých při jejich zpracování	0,02
	Kompletní krmiva pro skot, ovce a kozy, s výjimkou:	0,05
	krmiva pro dojnice	0,005
	krmiva pro telata a jehňata	0,01
	Kompletní krmiva pro prasata a drůbež (s výjimkou mladých zvířat).	0,02
	Ostatní kompletní krmiva.	0,01
	Doplňková krmiva pro skot, ovce a kozy (s výjimkou doplňkových krmiv pro dojnice, telata a jehňata).	0,05
	Doplňková krmiva pro prasata a drůbež (s výjimkou mladých zvířat).	0,03
Ostatní doplňková krmiva.	0,01	

Doporučení Komise (EU) 2016/1319 ze dne 29. července 2016, kterým se mění doporučení Komise 2006/576/ES, pokud jde o deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxin A v krmivu pro zvířata v zájmovém chovu, se stanovují doporučené hodnoty obsahu mykotoxinů v kompletních a doplňkových krmivech (tab. č. 11).

Tab. č. 11 – Směrné hodnoty mykotoxinů v mg/kg pro krmivo s obsahem sušiny 12 % (Doporučení Komise EU 2016/1319 ze dne 29. července 2016).

MYKOTOXIN	PRODUKTY URČENÉ KE KRMENÍ ZVÍŘAT	Směrné hodnoty v mg/kg pro krmivo s obsahem sušiny 12 %
Deoxynivalenol	Krmné suroviny:	
	obiloviny a výrobky z obilovin s výjimkou vedlejších produktů kukuřice	8
	vedlejší produkty kukuřice	12
	Krmné směsi s výjimkou:	5
	krmných směsí pro prasata	0,9
	krmných směsí pro telata (<4 měsíce), jehňata, kůzlata a psy	2
Zearalenon	Krmné suroviny:	
	obiloviny a výrobky z obilovin s výjimkou vedlejších produktů kukuřice	2
	vedlejší produkty kukuřice	3
	Krmné směsi pro:	
	selata a prasničky (mladé prasnice), štěňata, kořata, psy a kočky pro reprodukci	0,1
	dospělé psy a kočky jiné než v reprodukci	0,2
	prasnice a prasata na výkrm	0,25
	telata, dojnice, ovce (včetně jehňat) a kozy (včetně kůzlat)	0,5
Ochratoxin A	Krmné směsi pro:	
	obiloviny a výrobky z obilovin	0,25
	Krmné směsi pro:	
	Prasata	0,05
	Drůbež kočky a psy	0,1 0,01
Fumonisin B ₁ + B ₂	Krmné suroviny:	
	kukuřice a produkty z kukuřice	60
	Krmné směsi pro:	
	prasata, koně, králíky a zvířata v zájmovém chovu	5
	Ryby	10
	drůbež, telata (<4 měsíce), jehňata a kůzlata dospělé přežvýkavce (> 4 měsíce) a norky	20 50

11. Závěr

Přítomnost mykotoxinů v krmivech a potravinách je celosvětovým problémem a způsobuje velké ekonomické ztráty. Důležité je mapovat výskyt mykotoxinů ve všech stupních vlastního pěstování rostlin, ale především při následných technologických krocích v rostlinné výrobě a účinně se proti jejich vzniku v jednotlivých fázích bránit. Přípustné hodnoty mykotoxinů v krmivech jsou stanoveny legislativou.

Prvním stupněm je správný výběr předplodiny, osiva a fungicidních prostředků, protože velké množství mykotoxinů se tvoří již v průběhu pěstování. Poté následuje ochrana krmiva při skladování a dalším zpracování. Je důležité ve skladech komodit, hotových krmiv a komponentů krmiv provádět senzorické zjišťování plísní, ale i laboratorní vyšetření na přítomnost plísní, popřípadě jejich metabolitů. V neposlední řadě se používá přímá ochrana zvířat proti mykotoxinům pomocí přípravků, které se přidávají přímo do krmných směsí.

Osmdesát procent oblastí s živočišnou produkcí po celém světě čelí hrozbě vysokého obsahu mykotoxinů v krmivech. Největší nebezpečí pro hospodářská zvířata představuje deoxynivalenon a fumonisiny. Vzhledem k tomuto zjištění bychom měli být opatrní při dovozu krmných komodit.

Na trhu je mnoho firem, které nabízejí vyvazovače (adsorbenty) mykotoxinů. V praktických podmínkách chovu pro snížení intoxikace mykotoxiny je důležité omezit nebo odstranit kontaminované krmivo. Dále použít prověřené a schválené širokospektrální adsorbenty. K dobrému zdravotnímu stavu zvířat a prevenci mykotoxikóz mohou přispět antioxidanty, nadstandardní přídavek metioninu a vitamínů (A, C, E, B, B₂).

Seznam použité literatury

1. ALLABOUTFEED, ed., 2008. New test for T-2 and HT-2 mycotoxins. *All about feed* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.allaboutfeed.net/Home/General/2008/12/New-test-for-T-2-and-HT-2-mycotoxins-AAF002624W/>
2. AWAD W. A., GHAREEB K., BÖHM J., ZENTEK J. (2010). Decontamination and detoxification strategies for the *Fusarium* mykotoxin deoxynivaleol in animal feed and the effectiveness of microbial biodegradation. *Food Additives & Contaminants: Part A* 27: 510 – 520.
3. BERTIN G., JOUANY J. P., YIANNIKOURIS A. (2015). Risk assessment of mycotoxins in ruminants and ruminant products. In: PAPACHRISTOU T. G. (ed.), PARISSI Z. M. (ed.), SALEM B. H. (ed.), MORAND-FEHR P. (ed.): *Nutritional and foraging ecology of sheep and goats*. Zaragoza: CIHEAM/FAO/NAGREF, s. 205 – 224.
4. BOŘUTOVÁ R. (2011). Mykotoxíny: problémy spojené s ich skrmováním prežúvavcom a možné riešenia. *Veterinárství*, 61(11): 667 – 671.
5. DAGHIR N. J. (2008): *Poultry production in hot climates*. Second edition. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI, s. 197 – 226.
6. DEVEGOWDA G., MURTHY T. N. K. (2005): Mycotoxins: their effects in poultry and some practical solutions. In: DIAZ D. E. (ed.): *The Mycotoxin Blue Book*. England, Nottingham University Press, s. 25 – 56.
7. DOLEŽAL P. (2012): Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat. Olomouc, Petr Baštan, s. 284 – 295.
8. DOLEŽAL P., DVOŘÁČEK J., ZEMAN L. (2005). Omezení výskytu plísní v krmivech a jejich negativního vlivu na zdraví zvířat. *Krmivářství*, 9(3): 15-18.
9. *FAO (2001): Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control*. Rome. ISBN 95-5-104611-5. ISSN 0254-4725.
10. GALLO A., GIUBERTI G., FRISVAD J. C., BERTUZZI T., NIELSEN K. F. (2015). Review on mycotoxin issues in ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins* 2015, 7: 3057 – 3111.
11. HAJŠLOVÁ J. (2008): Mykotoxiny a jejich konjugáty v potravinářských surovinách a krmivech: trendy, rizika dietární expozice, možnosti prognózy osudu při zpracování. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 69 s.
12. HAJŠLOVÁ J. (2009): Mykotoxiny. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 82 s.

13. HAVLÍK J., DOSKOČIL I., KOČÍ M., MICHÁLKOVÁ L., MRÁČKOVÁ M., ŘÍHA V. (2010). Antioxidanty pro snížení negativního působení mykotoxinů. *Krmivářství*, 14(6): 20 – 21.
14. HERZIG I., SUCHÝ P., STRAKOVÁ E. (2008): Vliv mykotoxinů sterigmatocystinu, moniliforminu, diacetoxyscirpenolu, phosmopsinu A a toxinů mikromycet rodu *Alternaria* na zdraví zvířat a bezpečnost potravin. Praha – Uhřetěves, Výzkumný ústav živočišné výroby, 38 s.
15. HOFÍREK B. (2009): Nemoci skotu. Brno, Noviko, s. 948 - 952.
16. HORKÝ P., SKLÁDANKA J. (2015): Mykotoxiny ve výživě zvířat. Brno, Mendelova univerzita v Brně, s. 62.
17. JEDLIČKA M. (2016). Další krok v boji s mykotoxiny. *Náš chov*, 5: 44 - 45.
18. JEŽKOVÁ A. (2015). Mykotoxiny ohrožují zdraví prasat. *Náš chov*, 4: 64 - 65.
19. JURAJDA V. (2001): Kompendium chorob drůbeže a ptactva. Brno, Noviko, s. 128 – 131.
20. KABAK B., DOBNOS A. D. W. (2009). Biological strategies to counteract the effects of mycotoxins. *Journal of Food Protection*, 72: 2006-2016.
21. KALAC P., MÍKA V. (1997): Přírozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, s. 257 – 271.
22. KLÁNOVÁ K. (2013): Plísně v domě a bytě: odstraňování a prevence. Praha, Grada Publishing, a.s., s. 25 – 27.
23. KONISHI Y., SUGIYAMA K. (2008). The risk assessment of mycotoxins and its international trends. *Food Hygiene and Safety Science*, 49(1): 1-10.
24. KOVALSKY P. (2014). Vliv DON na střevo drůbeže. *Krmivářství*, 18(5): 17.
25. KUBÁTOVÁ H. (2008): Mykotoxiny – toxiny, které ovlivňují každého. In: Šenovský M. (ed.): Nebezpečné látky 2008. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, s. 111 – 119.
26. KUMMER V., FALDÍKOVÁ L. (2002). Účinky mykotoxinů na zdraví a reprodukci hospodářských zvířat. *Farmář*, 14(1): 75 – 78.
27. McCormack C. (2016). Mykotoxiny a užítkovost prasat. *Náš chov*, 4: 80.
28. MUCCIO M. (2016a): DON and FUM top mycotoxin occurrence in Q3 2016. *Biomin*, [online], [cit. 2. 3. 2017]. Dostupné z: <https://www.biomin.net/en/blog-posts/don-and-fum-top-mycotoxin-occurrence-in-q3-2016/>
29. MUCCIO M. (2016b): 2015 biomin mycotoxin survey out now. *Biomin*, [online], [cit. 14. 3. 2016]. Dostupné z: <https://www.biomin.net/en/blog-posts/2015-biomin-mycotoxin-survey-out-now/>
30. NOVOTNÝ K. (2015). Nový přístup k efektivnímu boji s plísní – Fylax Forte HC. *Krmivářství*, (19)3: 18 – 20.

31. OLSEN M., MAGAN N. (c2004): *Mycotoxins in food: detection and control*. Boca Raton, CRC Press, 471 s.
32. OSTRÝ V. (1998): *Vláknité mikroskopické houby (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka*. Praha, Státní zdravotní ústav, 20 s.
33. OSTRÝ V. (2003). Toxinogenní vláknité mikroskopické houby jako producenti mykotoxinů. *Krmivářství*, 7(3): 19 – 21.
34. PATOČKA J. (2008): *Nutriční toxikologie*. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, s. 50 – 54.
35. PAVELKOVÁ D. (2013). Eliminace výskytu mykotoxinu a jejich vliv na výskyt metabolických poruch zvířat. *Krmivářství*, 7(3): 16 – 18.
36. PAVELKOVÁ D. (2015). Nová metoda odbourávání fumonisinů u prasat. *Krmivářství*, 3: 16 – 18.
37. PAVELKOVÁ D., MUCCIO M. (2016). Mykotoxiny – stále podceňované riziko. *Krmivářství*, 20(3): 16-18.
38. RADA V., HAVLÍK J. (2012): *Transformace mykotoxinů střevními mikroorganismy*. Praha, Vědecký výbor výživy zvířat, 67 s.
39. SCHNEIDEROVÁ P. (2008): *Bezpečnost krmiv a zdraví zvířat – mykotoxiny*. ÚZPI Praha, 45 s.
40. SMITH T. K. (2012). Chránit krmivo pro dojnice před mykotoxiny. *Krmivářství*, 16(5): 32 – 33
41. STRYK J. (2015). Mykotoxiny plísni rodu *Fusarium* – rizika spojená s jejich zvýšenou koncentrací v krmivech. *Krmivářství*, (19)3: 23 – 25.
42. SUCHÝ P., HERZIG I. (2005): *Plísňe a mykotoxiny, prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech*. Praha, Vědecký výbor výživy zvířat, 25 s.
43. SVOBODA M., DAVID F., SENIOR J. D., KLIMEŠ J. (2001): *Nemoci psa a kočky*. Brno, Noviko, s. 2003-2004.
44. SVOBODOVÁ Z. A KOL. (2008): *Veterinární toxikologie v klinické praxi*. Praha, Profi Press, 256 s.
45. ŠIMŮNEK J. (2004): *Plísňe a mykotoxiny*. Brno, 72 s.
46. TŮMOVÁ E. (2006): *Přírodní toxické látky ve výživě hospodářských zvířat*. Praha, Vědecký výbor výživy zvířat, s. 32 – 34.
47. ZACHARIÁŠOVÁ M., HAJŠLOVÁ J. (2013): Bezpečnost krmiv a krmných doplňků z pohledu mykotoxinů. *Krmivářství*, 17(3): 27 – 29.
48. ZAIN M. E. (2011). Impact of mycotoxins of human and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2): 130 – 144.

Internetové zdroje:

<http://www.biomin.net/cz/produkty/mycofix/>, Staženo dne 3. 4. 2017

http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/legislativa/legislativa-eu/krmiva/obsah_cz_mze_ministerstvo-zemedelstvi_legislativa_Legislativa-EU_x2001-2005_smerniceEPaR-2002-32-.html, Staženo dne: 27. 3. 2017,
SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/32/ES ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0576&from=CS>, Staženo dne: 27. 3. 2017, DOPORUČENÍ KOMISE ze dne 17. srpna 2006 o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T-2 a HT-2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1319&from=CS>, Staženo dne: 27. 3. 2017, DOPORUČENÍ KOMISE (EU) 2016/1319 ze dne 29. července 2016, kterým se mění doporučení Komise 2006/576/ES, pokud jde o deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxin A v krmivu pro zvířata v zájmovém chovu.

<http://www.phytopsanitary.org/project.php?idp=108> , Staženo dne: 1. 4. 2017,
HAJŠLOVÁ J. (2013): Mykotoxiny: bezpečnost krmiv a krmných doplňků.

http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1742&typ=html ,
Staženo dne: 2. 4. 2017, ANONYM 1: Krmná aditiva

Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Faktory ovlivňující růst plísní a produkci mykotoxinů (Tůmová, 2006).

Tab. č. 2 – Obecné charakteristiky pro růst plísní a produkci mykotoxinů (Ostrý, 1998).

Tab. č. 3 – Dělení podle chemické struktury (Šimůnek, 2004).

Tab. č. 4 – Dělení mykotoxinů podle toxických účinků (Ostrý, 1998).

Tab. č. 5 – Rozdělení podle účinku na buňku (Šimůnek, 2004).

Tab. č. 6 – Dělení podle způsobu biosyntézy (Herzig, 2008).

Tab. č. 7 – Významní producenty mykotoxinů (Ostrý, 2013).

Tab. č. 8 – Citlivost k mykotoxinům (Kummer a Faldíková, 2002).

Tab. č. 9 – Působení mykotoxinu na zdraví prasat (McCormack, 2016).

Tab. č. 10 – Maximálně povolená koncentrace aflatoxinu B₁ v mg/kg v krmivu s 10 % vlhkostí (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ze dne 7. května 2002).

Tab. č. 11 – Směrné hodnoty mykotoxinů v mg/kg pro krmivo s obsahem sušiny 12 % (Doporučení Komise EU 2016/1319 ze dne 29. července 2016).

Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Mapa s rizikovým zastoupením mykotoxinů (Muccio, 2016b)

Obr. č. 2 – Působení mykotoxinů u skotu (Biomin).

Obr. č. 3 – Působení mykotoxinů u prasat (Biomin).

Obr. č. 4 – Účinky mykotoxinů u drůbeže (Biomin).

Seznam grafů

Graf č. 1 – Prevalence mykotoxinů ve všech vzorcích za 3. čtvrtletí roku 2016. (Muccio, 2016a).

Graf č. 2 – Výskyt mykotoxinů ve světě za 3. čtvrtletí (Muccio, 2016a).

Seznam zkratek

- AFB₁ – aflatoxin B₁
- AFB₂ – aflatoxin B₂
- AFG₁ – aflatoxin G₁
- AFG₂ – aflatoxin G₂
- Aw – aktivita vody
- BKM – bakterie mléčného kvašení
- CNS – centrální nervová soustava
- CO₂ – oxid uhličitý
- DNA – deoxyribonukleová kyselina
- DON – deoxynivalenol (vomitoxin)
- Eh – redox potenciál
- ELEM – leukoencefalomalacie
- ELISA – enzyme-linked immuno sorbent assay
- EU – Evropská unie
- FAO – food and agriculture organization
- FUM – fumonisiny
- FUS-X – fusarenon
- GIT – gastrointestinální trakt
- HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie
- LC-MS/MS – tandemové hmotnostní spektrometrie
- NIV – nivalenon
- O₃ – ozon
- OT α – ochratoxin α
- OTA – ochratoxin A
- PAT – patulin

ppb – počet částic látky na 1 miliardu ostatních částic

PPE – plicní edém prasat

PRRS – reprodukční a respirační syndrom prasat

t-RNA – transferová RNA

USA – Spojené státy americké (United States of America)

UV záření – ultrafialové záření

ZEN – zearalenon