



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Diplomová práce

Zhodnocení monitoringu mykotoxinů ve vybraných surovinách

Autor práce: Bc. Jitka Dyková, DiS.

Vedoucí práce: doc. MVDr. Lucie Hasoňová, Ph.D.

České Budějovice

2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Městečku dne

.....

.....

Podpis

Abstrakt

Kontaminace krmiv a potravin cizorodými látkami představuje dlouhodobý globální problém a je jí věnována velká pozornost. Cílem diplomové práce bylo posoudit výsledky monitoringu Státní veterinární správy ČR týkající se výskytu mykotoxinů v krmivech, syrovém mléce a orgánech hospodářských zvířat za období 2015-2019 a dále vyhodnotit oznámení o výskytu nebezpečí ze Systému rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF) ve vybraných zemích za období 2016-2019. Ve sledovaném období bylo z celkového počtu 1320 analýz krmiv potvrzeno 378 (28,6 %) pozitivních vzorků na mykotoxiny. Nejvyšší záchyt byl u deoxynivalenolu (143; 43,3 %), naopak nejnižší počet pozitivních vzorků byl u aflatoxinu B₁ (25; 7,6 %). Z celkového počtu 210 vzorků syrového mléka byl zjištěn pouze jeden pozitivní vzorek, který byl navíc pod hranicí povoleného hygienického limitu 0,05 µg/kg. Vzorky jaterní tkáně (n=130) rovněž odpovídaly hygienickým limitům. Za sledované období byl celkový počet oznámení pro systém RASFF na našem území 315 (2,2 % v rámci EU). Varování, které je nejzávažnějším typem oznámení, tvořilo podíl 31 % ze všech oznámení. Nejčastější příčinou varování byly nálezy bakterií *Salmonella* spp., především v drůbežím mase. Z vybraných zemí mělo nejvyšší počet oznámení v daném období Německo (11,9 % v rámci EU), nejnižší počet byl hlášen ze Slovenska (1,1 % v rámci EU).

Výsledky této studie lze hodnotit jako velmi příznivé. I přesto je třeba pokračovat v pravidelném monitoringu cizorodých látek za účelem zajištění zdravotně nezávadných potravin.

Klíčová slova: monitoring; cizorodé látky; kontaminace; oznámení; varování; mykotoxiny; aflatoxiny; mléko;

Abstract

Contaminants in feed and food pose a long-term global issue that requires constant attention. The diploma thesis aimed to assess results of the monitoring of mycotoxin presence in feed, raw milk, and tissue of animals in the period 2015-2019 (from State Veterinary Administration of the Czech Republic), and further to evaluate notifications of danger in the period 2016-2019 in selected countries (from the Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF). From the total of 1320 analysed feed samples during the period, there were 378 samples (28.6%) positive in mycotoxins. The highest presence was found for deoxynivalenol (143; 43.3%), on the contrary, the lowest number of positive samples was in aflatoxin B1 (25; 7.6%). From the total of 210 raw milk samples, only one positive sample was found, and it was even under the allowed hygiene limit, 0.05 µg/kg. All liver tissue samples (n=130) were also in compliance with the hygiene limits. The total number of notifications during the evaluated period was 315 (2.2% in the EU). An alert which is the most serious type of notification presented 31% of total notifications. The alerts were caused mainly by the presence of *Salmonella* spp. in poultry meat. The highest number of notifications were found in Germany (11.9% in the EU), the lowest number was reported in Slovakia (1.1% in the EU).

Although the results of this thesis are very satisfactory, continuing regular contaminants monitoring is necessary to ensure food safety.

Keywords: monitoring; contaminants; contamination; notification; alert; mycotoxins; aflatoxins; milk

Poděkování

Především děkuji paní doc. MVDr. Lucii Hasoňové, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, za množství cenných připomínek, rad a velikou trpělivost. Dále děkuji celé své rodině za podporu.

Obsah

Úvod.....	8
1 CÍL PRÁCE	9
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
2.1.1 Těžké kovy	12
2.1.2 Veterinární léčiva	14
2.1.3 Pesticidy	17
2.2 Mykotoxiny	19
2.3 Výskyt mykotoxinů v mléce.....	22
2.3.1 Aflatoxiny	23
2.3.2 Ostatní mykotoxiny	26
2.4 Monitoring cizorodých látek na území České republiky.....	28
2.4.1 Státní veterinární správa ČR	28
2.4.2 Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva	29
3 MATERIÁL A METODIKA	32
3.1 Vyhodnocení monitoringu mykotoxinů	32
3.2 Vyhodnocení vybraných oznámení ze systému RASFF	33
4 VÝSLEDKY A DISKUSE	34
4.1 Výsledky vyhodnocení monitoringu mykotoxinů.....	34
4.1.1 Monitoring mykotoxinů v krmivech	34
4.1.2 Monitoring AFM ₁ v syrovém mléce	38
4.1.3 Monitoring aflatoxinů v tkáních hospodářských zvířat	41
4.2 Výsledky vyhodnocení vybraných oznámení ze systému RASFF.....	42
Závěr	50
Seznam použité literatury.....	51
Seznam obrázků	60
Seznam tabulek	61

Seznam grafů.....	63
Seznam použitých zkratek.....	64

Úvod

Monitoring cizorodých látek představuje trvalou a nezbytnou součást kontroly zdravotní nezávadnosti zemědělských surovin a potravin vzhledem ke skutečnosti, že ke kontaminaci těmito látkami může docházet prakticky ve všech fázích výroby.

Jednou z významných institucí zajišťující monitoring cizorodých látek na našem území je Státní veterinární správa České republiky, která provádí dozor především nad živočišnými produkty z prvovýroby. V rámci celé Evropy je zaveden velmi dobře fungující Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva, kterým jsou jednotlivé členské státy Evropské unie bez prodlení informovány prostřednictvím tzv. oznámení o zdravotních rizicích v krmivech a potravinách.

Monitoring cizorodých látek je prováděn v souladu s legislativními předpisy a jimi stanovenými povolenými hygienickými limity. Každoroční monitoring je zhodnocen ve výročních zprávách a přináší ucelený pohled na zatížení potravin jednotlivými kontaminujícími látkami. Na základě získaných informací jsou realizována následná nápravná a preventivní opatření.

Podstatou pravidelně prováděného monitoringu cizorodých látek je eliminovat výskyt kontaminovaných produktů a potravin z trhu, a tím zajistit bezpečnost potravinového řetězce a chránit spotřebitele.

1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo:

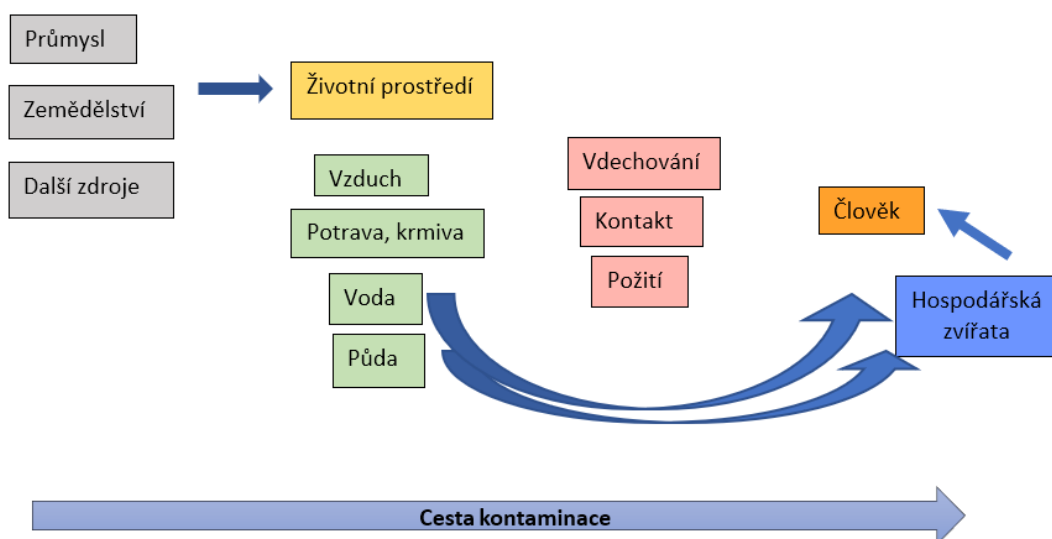
- i) zhodnotit výsledky monitoringu mykotoxinů na našem území za příslušné časové období (2015 – 2019) v ose krmivo – zvíře – produkt ze systému Státní veterinární správy ČR,
- ii) vyhodnotit oznámení o nebezpečí ze Systému rychlého varování pro potraviny a krmiva za Českou republiku a vybrané členské státy za období 2016 – 2019.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Kontaminující látky (kontaminanty) jsou látky, které nejsou přirozenou součástí potravin, často se také označují jako cizorodé látky (CL). Kontaminace půdy, zemědělských plodin, krmiv, zemědělských produktů a potravin může být způsobena přirozeně se vyskytujícími kontaminanty v životním prostředí nebo uměle antropogenními vlivy (Rather et al., 2017).

Pokud je zdrojem kontaminace životní prostředí, jedná se především o znečištění polychlorovanými bifenyly (PCB) a kovy (hlavně rtuť a olovo). Problém kontaminace životního prostředí se v posledních letech stává stále závažnějším tématem, a to v důsledku rozvoje průmyslu a zemědělství (Song et al., 2017). Používání pesticidů v zemědělství může vést ke kontaminaci plodin a následně i potravin, podobně jako mohou léčiva kontaminovat vodní zdroje, a představovat zdravotní riziko pro spotřebitele (Thompson a Darwish, 2019). Stejně tak mohou vodu kontaminovat toxické kovy, a to nejen pitnou, ale i mořskou (Enault et al., 2015). Thompson a Darwish (2019) uvádějí, že dalším zdrojem kontaminace mohou být i způsoby a materiály používané k balení potravin, kdy se kontaminanty uvolňují z obalových materiálů, a mohou způsobit akutní nebo chronické toxické účinky. Znehodnocení potravin těmito látkami je předmětem vážných obav, jelikož jejich přítomnost v potravinách představuje závažná zdravotní rizika (Rather et al., 2017).

Cizorodé látky se nejčastěji dostávají do organismu orální, dermální a inhalační cestou (Obrázek 2.1). U veterinárních léčiv se jedná o orální, dermální či intravenózní vstup. Biologicky odvozené toxiny vstupují do potravinových zvířat hlavně orální cestou, např. pokud je krmivo kontaminované mykotoxiny, nebo při konzumaci ryb, které se živí řasami obsahující toxiny v podobě těžkých kovů (Aytenfsu et al., 2016).



Obrázek 2.1: Zdroje a cesty kontaminace z životního prostředí ke zvířeti a člověku (Thompson a Darwich, 2019)

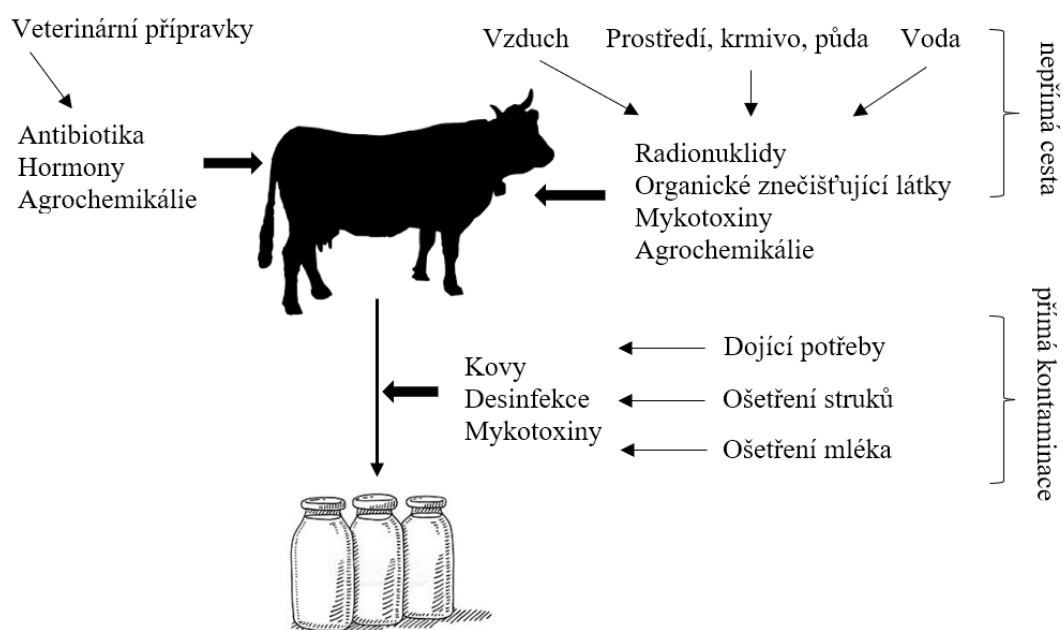
Mnoho CL vstupuje do potravin, a následně se v organismu, kde procházejí řadou proměn, vstřebávají stejnými cestami jako ostatní látky v potravinách obsažené. Tyto látky procházejí lipidovou dvojvrstvou buněčné membrány dvěma základními procesy: difúzí a aktivním transportem (Lehman-McKeeman, 2008; Maríá a Mary, 2012). Po absorpci dochází k distribuci CL v organismu krví, příp. se kumulují v určitých částech těla, resp. v biologicky důležitých orgánech (játra, ledviny, mozek), jako důsledek vazby některých CL na bílkoviny či vysoké rozpustnosti v tucích (Panter a James, 1990; Babička, 2017).

Míra toxicity je dána dobou expozice, velikostí dávky, věkem, pohlavím a zdravotním stavem zvířete. Příznaky nemocí zapříčiněné kontaminací potravin CL se pohybují od mírné gastroenteritidy, po fatální případy jaterních, ledvinových a neurologických syndromů (Rather et al., 2017).

Pro většinu CL neexistuje zcela bezpečná úroveň dávky. U mnohých však byly vypočítány přijatelné úrovně, pod nimiž by příznaky toxicity neměly být patrné (Thompson a Darwish, 2019). Pro účely posouzení bezpečnosti potravin jsou k monitoringu a snižování kontaminace zavedeny programy a politiky na národní i mezinárodní úrovni. Např. Stockholmská úmluva omezuje nebo zcela vylučuje výrobu a používání perzistentních organických znečišťujících látek, či Codex Alimentarius, který určuje mezinárodní potravinové standardy a stanovuje povolené maximální limity (ML)

pro kontaminující látky v potravinách (Thompson a Darwish, 2019; FAO/WHO, 1995).

Zdokonalené analytické metody, které umožňují detekci mimořádně nízkých koncentrací chemických látek, odhalily, že mléko a mléčné výrobky mohou být kontaminovány širokou škálou potenciálních CL. Mezi nejčastěji detekované CL v mléce patří těžké kovy, veterinární léčiva, pesticidy či mykotoxiny (Aytenfsu et. al., 2016). Tyto látky vstupují do mléka různými přímými nebo nepřímými cestami (Obrázek 2.2) (Fischer et al., 2011).



Obrázek 2.2: Zdroje kontaminace mléka (Fischer et al., 2011)

2.1.1 Těžké kovy

Těžké kovy je termín používající se pro skupinu kovových prvků, které představují určité riziko pro životní prostředí. Olovo (Pb), kadmium (Cd), arsen (As) a rtuť (Hg) jsou prvky, které i v elementární formě vykazují mírné toxické účinky. Jejich toxicita se zvyšuje, pokud jsou ve formě sloučenin, např. často se vyskytující organické sloučeniny Pb patří mezi závažné toxické jedy (Babička, 2017). Těžké kovy vstupují do lidského a zvířecího organismu nejčastěji cestou orální a inhalační. Největší riziko představuje rostoucí znečištění životního prostředí (Aytenfsu et al., 2016), typicky jsou těžkými kovy ve značné míře znečištěny především průmyslové oblasti (Thompson a Darwish 2019).

Mechanismus účinků těchto látek spočívá převážně v inhibici metabolismu významných enzymů (Babička, 2017). Některé kovy, jmenovitě měď (Cu) a zinek (Zn), jsou mikroprvky s různými biochemickými funkcemi ve všech živých organismech. V určitém množství jsou tudíž pro organismus nezbytné, ovšem při nadměrném příjmu těchto prvků jsou pro tělo toxické (Licataet al., 2004).

Za zcela nezbytnou je vždy nutno považovat znalost zdrojů kontaminantů proto, aby bylo možné zjistit jejich cestu k potravinovým a vodním zdrojům. Faktory, jako jsou vlastnosti půdy, lidská činnost a nerostné suroviny, ovlivňují akumulaci kovů a metaloidů v životním prostředí (Bortey-Sam et al., 2015). Jakmile se tyto látky nacházejí v životním prostředí, mohou kontaminovat plodiny, krmiva, vodu i ovzduší (Thomson a Darwish, 2019).

Průmyslová těžba, např. zlata, může vést k uvolňování látek jako je As a Hg do okolní půdy i do ovzduší (Bortey-Sam et al., 2015). Rovněž v okolí dolů pro těžbu železné rudy byla opakovaně prokázána zvýšená koncentrace Pb a Cd v orgánech hospodářských zvířat (Pareja-Carrera et al., 2014; Nouri a Haddioui, 2016). Podobné nálezy zvýšeného množství těžkých kovů v různých zemědělských komoditách a z nich vyrobených potravinách byly zjištěny i v dalších studiích z různých oblastí (Cao et al. 2014; Li et al., 2016; Thomson a Darwish, 2019). Licataet et al. (2004) detekovali vyšší koncentrace těžkých kovů v krvi dětí v exponovaných oblastech.

Těžké kovy vyvolávají v organismu toxické účinky tím, že zaujímají pozici v chelátech základních kovů, které jsou v těle přítomny (Ikeda et al., 1996). V lidském organismu se As chová jako antagonist a vápníku (Ca), Pb se kumuluje v kostech, kde negativně ovlivňuje tvorbu krve tím, že narušuje syntézu hemoglobinu a Hg negativně ovlivňuje funkčnost bílkovin včetně enzymů, a poškozuje krevní buňky. Vazba Hg na buněčné membrány může inhibovat aktivní transport živin, jehož následkem je nedostatečný příjem glukózy do mozkových buněk s následným energetickým deficitem. Rtuť, která je kumulativním jedem, se ukládá hlavně v játrech a ledvinách, méně pak v mozku a krvi (Babička, 2017).

Kontaminovaná voda, ovzduší či potraviny, mohou ohrožovat lidské zdraví toxickými účinky, které se liší dle úrovně znečištění CL (Smedley a Kinniburgh, 2002). Jako následek pití vody kontaminované vysokou koncentrací As, byly zaznamenány

případy rakoviny plic a kůže. V období, kdy se v těle projevuje nedostatek Ca, se akumulované Pb uvolňuje z kostí, vstupuje do krevního řečiště, a následně působí toxicky na další orgány. Nejčastěji dochází k poškození jater, ledvin a reprodukčního systému (Babička, 2017). Babička (2017) ve své práci dále upozorňuje na absorpci Pb pokožkou, jeho rozpustnost v tucích a neurotoxické účinky. Mírné expozice Hg způsobují poškození centrálního nervového systému, které může vyvolat únavu, podrážděnost, nespavost, poruchy jemné motoriky, včetně třesu končetin a poruchy paměti. Silné expozice mohou mít až smrtící účinek (Babička, 2017).

Těžké kovy jsou detekovány také v mléce, vč. mléka mateřského, kdy Thompson a Darwish (2019) zjistili souvislost mezi konzumací brambor s vysokým obsahem Cd a jeho následnou detekcí v mateřském mléce. Pokud se vyskytují těžké kovy v mléce, hodnoty se pohybují v zanedbatelném množství, a nejvyšší koncentrace jsou zaznamenávány v mléce sušeném. Mezi dalšími detekovanými těžkými kovy v mléce byly Pb a Hg (Tabulka 2.1) (Khaniki, 2007).

Tabulka 2.1: Koncentrace těžkých kovů ve vzorcích kravského mléka v mg/kg (Khaniki, 2007)

Země	mg/kg			
	As	Cr	Pb	Cd
Německo	-	-	1,8	0,1
Indie	-	-	1,7	0,07
Slovinsko	0,1	-	0,1	0,01
Itálie	0,0379	0,00203	0,00123	0,00002

Vysvětlivky: As – arsen; Cr – chrom; Pb – olovo; Cd – kadmium;

2.1.2 Veterinární léčiva

Antimikrobiální léky neboli antibiotika jsou látky, které inhibují růst mikroorganismů nebo je zcela ničí. Podávají se k léčbě bakteriálních infekcí, v některých případech se používají rovněž profylakticky (Fischer et al, 2011). Tyto léky se zvířatům podávají převážně injekčně (intravenózně, intramuskulárně), lokálně na kůži, či infuzí (nitroděložně, intramamárně) (Hubbert et al., 1996, Mitchell et al., 1998). Dříve se ve velké míře používaly v krmivech ke zvýšení váhových přírůstků vykrmovaných zvířat (Babička, 2017).

Nejběžněji používané antimikrobiální látky, které se užívají při léčbě mléčného skotu, lze rozdělit do pěti hlavních skupin. Jsou to betalaktamy (např. peniciliny a cefalosporiny), tetracykliny (např. oxytetracyklin, tetracyklin, chlortetracyklin), aminoglykosidy (např. streptomycin, neomycin, gentamycin), makrolidy (např. erythromycin) a sulfanomidy (např. sulfamethaziny) (Sundlof et al., 1995, Mitchell et al., 1998).

Léčba mastitidy je jednou z nejčastějších indikací pro použití antibiotik, ať již cestou intramamární, nebo celkovým podáním (infúze, nitrosvalová aplikace) (Aytenfsu, 2016). Fischer et al. (2011) uvádí, že toto onemocnění způsobuje v globálním měřítku značné ekonomické ztráty. K dalším častým onemocněním s nutnou aplikací antibiotik patří záněty škáry paznehtní (laminitidy), respirační onemocnění (zejména pak telat) a záněty dělohy po porodu (Aytenfsu et al., 2016).

Z dalších veterinárních léčiv, které jsou běžně používány v živočišné výrobě, lze jmenovat antiparazitární látky. Např. oxyclosanid, klosantel a rafxanid jsou účinné proti motolici jaterní (*Fasciola hepatica*). Albendazol je často používané antihelmintikum, které je účinné proti tasemnicím a motolicím. Albendazol se po podání ovcím a skotu snadno vstřebává ze střeva a rychle transformuje na různé metabolity, přičemž hlavními jsou albandazolsulfoxin, albandazolsulfon a albandazol-2-aminosulfon (Schenck a Callery, 1998). Ivermectin je i při velmi nízkých dávkách účinným lékem proti hlísticím i členovcům parazitujících u skotu a je široce používán k likvidaci endo a ektoparazitů (Moreno et al., 2008).

Hormonální preparáty a podpůrné přípravky ke zvýšené produkci mléka se v chovech mléčného skotu běžně užívají (Korsrud et al., 1998). Nejčastěji je podáván hovězí růstový hormon nebo též hovězí somatotropin (BST), který je geneticky upraveným proteinovým hormonem a je identický nebo podobný přirozenému bovinnímu růstovému hormonu produkovanému hypofýzou (Aytenfsu et al., 2016). Jeho primární funkcí je zvýšit produkci mléčného skotu, k čemuž dochází do pěti dnů po zahájení léčby, a zvyšuje tvorbu mléka o 10 – 15 % (Hoagland et al., 1997). BST pravděpodobně stimuluje imunologické odpovědi zvířat, a tím stoupá počet somatických buněk v mléce (Hilliard et al., 1998). Může tak způsobit vznik subklinické mastitidy jak u dojnic, tak u bahnic, a s tím související nutnost použití dalších léčebných přípravků (Jahed, 2007).

Při analýze antimikrobiálních látek a hormonů v mléce je kladen důraz na rychlé testy, které poskytují kvalitativní nebo semikvantitativní výsledky a jejich cílem je

kontrolovat dodržování legislativních limitů v rané fázi potravinového řetězce. U některých léčebných přípravků v současné době neexistují žádné spolehlivé rychlé testy k detekci reziduí léčiv, proto v takových případech musí být použity metody založené na kapalinové chromatografii nebo plynové chromatografii. To je také důvod, proč jsou tyto metody stále hlavními kvantitativními a potvrzovacími technikami (Fischer et al, 2011).

Použití antibiotik může mít za následek výskyt jejich reziduí v mléce a mase; mají vliv na zdraví spotřebitele, jelikož mohou způsobit vznik patogenů odolných vůči antibiotikům, zejména pokud léčba není diagnosticky cílená. To může komplikovat léčbu u lidí i zvířat, a pravděpodobně způsobit také vznik rezistentních kmenů vůči antibiotikům ve střevě, tzv. vznik bakteriální rezistence (Babička, 2017). Uvádí se, že citliví jedinci mohou vykazovat alergické reakce na rezidua antibiotik nebo jejich metabolity (Fischer et al, 2011). Thompson a Darwish (2019) zmiňují také další vedlejší účinky reziduí léků, jako je např. narušení endokrinního systému (tzv. endokrinní disruptoři). Teratogenní účinek u laboratorních zvířat (myši, krysy, králíci) byl zjištěn při užívání antiparazitika ivermectinu (Moreno et al., 2008).

Babička, (2017) uvádí, že rezidua antibiotik se objevují v mléce po dobu 72 – 96 hodin od jejich posledního podání. Po léčbě je tedy nutné dodržovat ochranné lhůty mléka, aby bylo zabráněno jeho kontaminaci (Fletouris et al., 1997) a nebyly překročeny maximální limity reziduí (MLR) léčiv v mléce dle platných předpisů Evropské unie (EU) (Aytensu et al., 2016), které jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Tabulka 2.2: Maximální limity reziduí (MRL, v $\mu\text{g}/\text{kg}$) některých léčiv v mléce dle předpisů Evropské unie (Aytenfsu et. al., 2016)

Léčivo	MLR ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Benzylpenicillin	4
Tetracyklin	100-200
Oxytetracyklin	100
Chlortetracyklin	100
Trimethoprim	50
Ceftiofur	100
Streptomycin	200-1000
Oxfendazole	10
Sulfonamid	100

V rámci prevence je v chovu mléčného skotu nutná kontrola, která by mohla předcházet potenciálním problémům, což umožňují rychlé a jednoduché testy. V dnešní době je komerčně dostupná pestrá škála testů určených pro konkrétní třídy antibiotik. I přes to, že národní průzkumy jen velmi zřídka odhalí pozitivní vzorky překračující povolenou úroveň, je pravidelné sledování reziduí antibiotik v mléce pragmatickým přístupem (Fischer et al., 2011).

2.1.3 Pesticidy

Pesticidy jsou syntetické chemické látky užívané v zemědělství k ošetření a ochraně plodin (Jones a Voogt, 1999). Definice pojmu „pesticid“ není celosvětově zcela jednotná, nejčastěji se pod tímto pojmem uvádí chemikálie nebo směsi chemikálií používaných k prevenci, eliminaci nebo kontrole nežádoucího hmyzu (insekticidy), rostlin (herbicidy), hub (fungicidy) a živočichů (aficidy, akaricidy, insekticidy, molluskocidy, rodenticidy, aj.) (Babička, 2017).

Tyto pesticidy se používají před sklizní, po sklizni i během skladovací fáze, a mají schopnost přenášet se v potravním řetězci z rostlin do zvířat a hromadit se v organismu zvířat a živočišných produktech. Zjistitelné hladiny těchto sloučenin lze nalézt v globálním měřítku v mnoha potravinách, včetně mléka (Jones a Voogt, 1999; Fischer et al., 2011).

Zejména maso, ryby, mořské plody, vejce a mléčné výrobky jsou hlavním zdrojem organochlorových (OCP: lindan, aldrin, heptachlor, epoxid, eldrin, chlordan, DDT - dichlordifenyltrichloretan, DDD dichlordifenylidichlorethan a PCB - polychlorované bifenyly) a organofosforových (OPP: profenofos, malathion, pirimifosmethyl, chlorpyrifos a dimethoát) pesticidů (Falandysz et al., 2004). Akhtar (2017) uvádí několik možností, jak se pesticidy používané v zemědělství mohou dostávat do organismu zvířat. Jednou z nich je prostřednictvím krmiv, kdy k jejich kontaminaci dochází již na poli nebo ve skladu, kde se provádí ošetření pesticidy. Dále užíváním kontaminované pitné vody k napájení zvířat, a v neposlední řadě také užívání insekticidních přípravků proti parazitům, kteří se vyskytují na těle zvířat, ve výběhu či ve stáji.

Mléko bylo analyzováno jako indikátor biokoncentrace perzistentních organických kontaminujících látek (Kampire et al., 2011), kdy se skupina lipofilních OCP akumuluje v tukových tkáních a do organismu se dostává prostřednictvím potravinového řetězce (Borga et al., 2001). Weber et al. (2010) uvádí, že kromě afinity OCP k tukům a mléčné složce, jsou tyto látky z organismu jen těžko odbouratelné, a rezidua některých chlorovaných sloučenin se objevují v každém druhu mléka (Tabulka 2.3) (Hubert et al., 1996).

Tabulka 2.3: Průměrná hladina reziduí pesticidů v mléce (Aytenfsu et. al., 2016)

Pesticid	Druh mléka	µg/kg tuku
HCB	syrové	0,016
	pasterizované	0,007
	sušené	0,0656
Aldrin-dieldrin	komerčně prodávané	0,0074-0,0271
	sušené	0,0038
HCH	komerčně prodávané	0,094
	pasterizované	0,015
	sušené	0,0149
DDT	komerčně prodávané	0,159
	sušené	0,0546

Vysvětlivky: HCB – hexachlorbenzen; HCH – hexachlorocyklohexan; DDT – dichlordifenyltrichloretan

Pokud dojde ke kontaminaci pesticidy, jedná se především o nesprávnou aplikaci, např. použitím nevhodného přípravku, použití jiné než povolené dávky a nedodržení ochranné lhůty (Babička, 2017).

K analýze reziduí pesticidů v mléce se používají různé techniky. Nejčastěji se jedná o separační metody, jako je plynová (GC) nebo kapalinová chromatografie (LG). Ideálním stavem je, pokud detektory používané ke zjišťování a kvantifikaci reziduí pesticidů reagují pouze na cílový analyt, zatímco ostatní společně extrahované prvky zůstávají bez detekce (LeDoux, 2011).

Celkové účinky pesticidů na člověka nejsou zcela přesně definovány, ale stále rostou důkazy o genotoxicitě, karcinogenitě a hormonálních poruchách. Thompson a Darwish (2019) se ve své práci zmiňují i o negativních účincích na reprodukční nebo imunitní systém. Organofosfátový pesticid chlorpyrifos prokazatelně ovlivňuje vidění a způsobuje lidem další neurologické toxické účinky (Akhtar, 2017). Cruz et al. (2015) mezi toxické účinky PCB uvádějí také narušení endokrinního systému a neurotoxicitu.

Organochlorové pesticidy (DDT a hexachlorcyklohexan – HCH) byly v mnoha zemích v Evropě a ve Spojených státech zakázány již v 70. letech, což vedlo k trvalému poklesu reziduí těchto OCP v životním prostředí, a následně také v mléčných výrobcích (Fischer et al., 2011). Jahed (2007) však uvádí, že zbytky OCP mohou přetrvávat v životním prostředí a kontaminovat potravinové řetězce po mnoho let. V České republice se DDT nesmí používat od roku 1974, a jeho dřívější používání zatěžuje půdu dodnes (Babička, 2017)

Evropská unie stanovuje maximální limity reziduí (MLR), které představují horní zákonné limity koncentrací pesticidů v krmivech a potravinách. MLR jsou stanoveny pro širokou škálu potravinářských komodit rostlinného a živočišného původu (LeDoux, 2011)

2.2 Mykotoxiny

Termín mykotoxiny je odvozen z řeckého slova „mycos“ – houba a z latinského slova „toxicum“ – jed (Jouany et al., 2009).

Mykotoxiny jsou vysoce toxické sekundární metabolity toxinogenních vláknitých mikroskopických hub. Přirozeně je produkují tři hlavní rody hub *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*, a jsou považovány za jedny z nejzávažnějších přírodních konta-

minantů, jejichž výskyt může každoročně kolísat (Malíř a Ostrý, 2003; Yitbaker a Tahir 2013). Ostrý a Kýrová (2015) uvedli, že produkce mykotoxinů může pro houbu představovat obraný prostředek v konkurenčním boji o přežití. Převážná část metabolické činnosti mykotoxinů je spojena s aerobním dýcháním, při kterém dochází k odčerpávání živin, převážně tuků a sacharidů (Babička, 2017). Mykotoxiny jsou organické sloučeniny nebílkovinné povahy, mají nízkou molekulární hmotnost, a díky svým chemicko-fyzikálním vlastnostem mohou lehce pronikat do tkání zvířat a následně být přítomny např. ve svalovině nebo vylučovány potními či mléčnými žlázami vylučovány do masa nebo potními či mléčnými žlázami (Ostrý a Kýrová, 2015).

Mezi hlavní mykotoxiny produkované zástupci rodu *Aspergillus* jsou aflatoxiny B₁ (AFB₁), B₂ (AFB₂), G₁ (AFG₁) a G₂ (AFG₂), ochratoxin A (OTA) a patulin. V případě rodu *Penicillium* se jedná především o mykotoxin OTA, patulin a citrinin a zástupci rodu *Fusarium* produkují deoxynivalenon (DON), zearalenon (ZEN), T-2 toxin a fumonisiny B (FB) (Malíř a Ostrý, 2003).

Celkový počet dosud identifikovaných mykotoxinů je velmi vysoký, činí přes 300 (Ostrý et al., 1998; Babička, 2017), či dokonce více než 400 (Etzcel, 2002) mykotoxinů. Na základě současných poznatků má asi 20 mykotoxinů významný vliv v potravinách, v pracovním a životním prostředí člověka, a vykazují řadu zdraví škodlivých účinků (Ostrý a Kýrová, 2015).

Sekundární metabolismus u mikroskopických vláknitých hub a s tím spojená produkce mykotoxinů je aktivován signály z prostředí (Jouany et al., 2009). Mezi fyzikální parametry, které aktivují tvorbu mykotoxinů, patří teplota, vlhkost, relativní vlhkost, vodní aktivita (a_w) (Babička 2017). Dalšími biologickými a chemickými faktory jsou např. množství spor, konkurenční mikrobiota, mikrobiální interakce, obsah CO₂ a O₂ (Ostrý a Kýrová 2015).

Optimální podmínky pro růst mikroskopických vláknitých hub představuje teplota 11 – 23 °C, obsah vody 22 – 23 % a relativní vlhkost 95 – 100 %. Pro tvorbu mykotoxinů je nutný obsah vody 22 – 23 % a relativní vlhkost 90 – 100 % u rodu *Fusarium* a *Penicillium*, u rodu *Aspergillus* vlhkost zrna nad 15 % v rovnováze s relativní vlhkostí 70 – 90 %. Pro tvorbu mykotoxinů je limitující rozsah a_w , a to 0,71 – 0,94 (Babička, 2017).

Vláknité mikroskopické houby a jejich mykotoxiny kontaminují zemědělské suroviny, krmiva i potraviny a způsobují značné ekonomické ztráty (Malíř a Ostrý, 2012

– článek česky). Faktory, které ovlivňují výskyt mikroskopických vláknitých hub a následnou produkci mykotoxinů, jsou např. sklizeň plodin s vyšším obsahem vlhkosti, nedostatečné vysušení plodin nebo jejich nevhodné skladování (Aytenfsu et al., 2016). Kontaminace potravin a krmiv mykotoxiny zůstává celosvětovým problémem a podle odhadů Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) je na celém světě až 25 % plodin určených pro potravinářství, významně kontaminováno mykotoxiny (Yitbaker a Tamir 2013). Mykotoxiny se obecně mohou vyskytovat především u obilovin (pšenice, ječmen, žito, oves), rýže, kukuřice, olejnatých semen a potravin vyrobených z těchto surovin (Babička, 2017). Konkrétně AFs se vyskytují v mnoha energeticky bohatých koncentrovaných krmivech, např. v obilných zrnech, kukuřičném lepku, sójových výrobcích a také v lisovaných pokrutinách. Jiné významné mykotoxiny, jako jsou FB a ZEN, se vyskytují v kukuřici a výrobcích z ní získaných, zatímco obilná zrna jsou často kontaminována trichotheceny, zejména DON, OTA a námelovými alkaloidy (Tabulka 2.4) (Fink-Gremmels, 2008).

Tabulka 2.4: Vybrané mykotoxiny v rostlinných produktech (Creepy, 2002; Malíř a Ostrý, 2003; Babička, 2017) Vybrané mykotoxiny v rostlinných produktech

Rod	Druh	Mykotoxin	Zdroj
<i>Aspergillus</i>	<i>A. flavus</i>	AFB ₁ , AFB ₂	kukuřice, siláž
	<i>A. parasiticus</i>	AFB ₁ , AFB ₂ ,	kukuřice, ořechy
	<i>A. nomius</i>	AFG ₁ , AFG ₂	obiloviny, ořechy
	<i>A. niger</i>	OTA	ovoce, zelenina, arašídý
	<i>A. ochraceus</i>		obiloviny, luštěniny
<i>Penicillium</i>	<i>P. nordicum</i> ,	OTA	obiloviny, luštěniny
	<i>P. patulinum</i> , <i>P. expansum</i> ,	Patulin	ovoce poškozené hmyzem
<i>Fusarium</i>	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	ZEN	semena kukuřice, řepky a obilovin
	<i>F. moniliformis</i> , <i>F. proliferatum</i>	FB ₁ , FB ₂	obiloviny, kukuřice a výrobky z ní

Vysvětlivky: AFB_{1,2} – aflatoxin B_{1,2}; AFG – aflatoxin G_{1,2}; OTA – ochratoxin A; ZEN - zearalenon; FB_{1,2} – fumonisin B_{1,2}

V závislosti na frekvenci příjmu a na koncentraci mykotoxinů jsou rozlišovány mykotoxikózy na akutní a chronické. Akutní mykotoxikózy jsou vyvolány příjmem vysokých dávek mykotoxinů a způsobují poškození jater, ledvin, trávicího traktu, oběhového systému, centrální nervové soustavy a nekrózy. Oproti tomu chronické otravy

vznikají dlouhodobým příjmem nízkých dávek a projevují se karcinogenními, mutagenními, teratogenními, nefrotoxickými a hepatotoxickými účinky, oslabením imunitního systému a poruchami krvetvorby (Bosco and Mollea, 2012; Babička, 2017). U zvířat bývají mykotoxikózy jen vzácně příčinou úmrtí. Většinou negativně ovlivňují konverzi živin a tím váhové přírůstky, a vyvolávají různé chronické zdravotní problémy (Aslam a Wynn, 2015). Na druhé straně mohou kontaminované živočišné produkty znamenat vážné zdravotní problémy pro konzumenty (Yinnikouris a Jouany, 2002). Některé přijaté mykotoxiny projdou tělem přežvýkavců beze změny, některé jsou zpracovány v bachoru, a konkrétně aflatoxin B₁ se metabolizuje v játrech, a následně je vylučován tělními výměšky v podobě aflatoxinu M₁ (Aytensu et al., 2016). Z experimentálních údajů vyplývá, že přežvýkavci jsou k nepříznivým účinkům mykotoxinů méně náchylní než jiné druhy zvířat, a to díky bachorové mikrobiotě, která může při běžných úrovních expozice řadu mykotoxinů přeměnit na méně účinné nebo dokonce biologicky neaktivní metabolity. To však neplatí pro všechny mykotoxiny, které kontaminují krmné suroviny (Fink-Gremmels, 2008).

Velmi důležitým faktorem k zamezení produkce mykotoxinů je pečlivá kontrola plodin rostoucích na poli, a především kvalitní zpracování a uskladnění krmiv, aby bylo dosaženo co nejnižších hodnot mykotoxinů v krmivech určených pro dojnice (Bakirci, 2001).

Jakmile se mykotoxiny v potravinách, na substrátu nebo na ještě nezpracovaných surovinách utvoří, je proces dekontaminace vzhledem k jejich vysoké odolnosti nejen vůči extrémním environmentálním, ale i fyzickým a biologickým procesům mnohdy nemožný (Kabak. 2012).

2.3 Výskyt mykotoxinů v mléce

V provozech s mléčným skotem mohou koncentrovaná krmiva představovat až 70% denní krmné dávky. Důsledkem toho je riziko expozice více než jedním druhem mykotoxinů a jejich následná detekce v mléce (Tabulka 2.5) (Fink-Gremmels, 2008). Z tabulky 2.5 je patrné, že sušené mléko v případě kontaminace obsahuje vyšší koncentrace mykotoxinů, a to z důvodu tepelné odolnosti některých mykotoxinů a odpařováním vody z mléka, čímž se zvyšuje jejich koncentrace (Benkerroum, 2016).

Tabulka 2.5: Rozpětí obsahu mykotoxinů (µg/kg) v různých druzích mléka a v mléčné dětské výživě

Myko- toxin	Mléko				Mléčná dětská vý- živa	Literatura
	Sušené	Pasterizo- vané	Syrové	UHT		
AFB₁	1,14	0,43-1,476	0,3-27,70	0,26-0,69	ND	Aslam a
AFM₁	0,12-15,0	0,001-30	0,01-100,40	0,003-4,10	0,014-0,190	Wynnn, 2015;
AFB₂	0,20	0,21	0,21	ND	ND	Becker-Algeri
AFM₂	ND	<0,05	ND	0,0034	ND	et al., 2016;
OTA	0,0218-0,0494	ND	0,007-2,73	ND	0,017-0,69	Flores-Flores
FB	1,14	0,431	0,32-1,29	ND	ND	et al., 2015;
ZEN	0,0124-12,50	ND	0,0458-10,10	ND	0,76	Kabak 2012;
						Benkerroum, 2016

ND – nedekováno; AFB₁ – aflatoxin B₁; AFM₁ – aflatoxin M₁; AFB₂ – aflatoxin B₂; AFM₂ – aflatoxin M₂; OTA - ochratoxin; FB - fumonisin; ZEN – zearalenon

2.3.1 Aflatoxiny

K nejznámějším a nejprostudovanějším mykotoxinům patří beze sporu aflatoxiny (AFs). Chemicky se jedná o polycyklické, nesaturované, vysoce substituované kumariny (Malíř a Ostrý, 2016 C). První nález AFs se datuje k roku 1960, kdy v Anglii na záhadnou nemoc, tzv. „turkey „X“ disease“, uhynulo více než 100 000 krůt. Následně byla prokázána souvislost s použitím arašídové moučky v krmivu a její kontaminaci plísněmi. Strukturní vzorec tohoto mykotoxinu byl objasněn až v roce 1966 (Moravcová a Nedělník, 2005; Babička, 2017; Ostrý et al., 2017). Krátce po objevení AFs vědci upozornili, že jejich rezidua se mohou vyskytovat v mléce a dalších živočišných produktech ze zvířat, která přijala kontaminované krmivo (Van Egmond, 1993). S konzumací potravin kontaminovaných vysokými koncentracemi aflatoxinů je spojena celá řada chronických, případně akutních onemocnění lidí, ale i zvířat, která přijímají kontaminované krmivo. Oproti chronickým projevům, ke kterým patří například primární jaterní karcinom, gastritida, různá respirační onemocnění či mentální retardace dětí, není akutní aflatoxikóza příliš častá (Malíř a Ostrý 2003; Moravcová a Nedělník, 2005).

Dosud bylo identifikováno přibližně 20 druhů AFs, z čehož se přirozeně v přírodě a zcela běžně vyskytují pouze AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂ (Malíř a Ostrý, 2012; Ba-

bička, 2017). Z této skupiny je nejtoxičtější AFB₁, který je veden v seznamu Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) jako lidský karcinogen pro své prokázané karcinogenní, teratogenní a mutagenní účinky (IARC, 2002; Iqbal et al., 2013). Tento AF má poněkud komplikovaný mechanismus účinku, jelikož se toxickou sloučeninou stává až po metabolické aktivaci pomocí cytochromu P-450. Vzniklá forma je velmi reaktivní a váže se na buněčné makromolekuly, bílkoviny, RNA a DNA. V případě vzniklé vazby s DNA je tento toxin zodpovědný za mutagenní a karcinogenní účinek (Malíř, Ostrý, 2016 – C). Oproti jiným mykotoxinům je u AFs tolerovaný denní příjem (TDI) doporučován jako co možná nejnižší (Tabulka 2.6).

Tabulka 2.6: Tolerovaný denní příjem (TDI) nejběžnějších mykotoxinů v potravinách (Benkerroum, 2016)

Mykotoxin	TDI ($\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti)
Aflatoxin B₁	N
Aflatoxin M₁	0,002
Ochratoxin A	0,017
Fumoisin B	2,0
Zearalenon	0,25
Deoxynivalenol	1,0
Patulin	0,4
T-2 a H-T2	0,1 a 0,060

Vysvětlivky: N – není k dispozici; doporučuje se co nejnižší;

Aflatoxin B₁ se obvykle vyskytuje v různých obilovinách a luštěninách (tj. kukuřici, pšenici, sóje a ječmeni). Produkce AFB₁ se zvyšuje zejména ve vlhkém teplém prostředí. Ke kontaminaci surovin může dojít před sklizní i po sklizni, pokud jsou příznivé podmínky (dlouhodobé sucho, vysoké teploty, složení substrátu, doba a podmínky skladování) pro růst mikroskopických vláknitých hub. V zásadě je zátěž AFs vyšší v tropických oblastech než v zemích s mírným podnebím, i to je důvod, proč je obsah AFs v živočišných produktech z Evropy relativně nízký (tj. pod hranicí 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$). V posledních letech však z důvodu globálního oteplování obsahovala zrna kukuřice v jihovýchodní Evropě značné množství AFs (Stack and Carlson, 2003; Perrone et al., 2014; Hof, 2016 D).

Po požití kontaminovaného krmiva se AFB₁ částečně degradují v bachoru, čímž vzniká metabolit aflatoxikol. Zbývající AFB₁ je hydroxylován v játrech na AFM₁ (Fink-Gremmen, 2008).

Aflatoxin M₁ (AFM₁) je metabolit vzniklý hydroxylováním AFB₁ v játrech zvířete, pomocí cytochromu P-450. Množství AFM₁ následně vylučovaného do mléka pak závisí mj. na koncentraci AFB₁ v kontaminovaném krmivu a uvádí se, že množství vylučovaného AFM₁ v mléce se pohybuje mezi 1 - 6,2 % z požitého AFB₁. Míra tohoto přenosu z krmiva do mléka je dána mnoha faktory, např. režimem krmení (pravidelnost, rychlost příjmu), rychlost trávení, zdravotní stav, biotransformační kapacita jater a produkce mléka. U vysoce produktivních dojnic může spotřeba vyššího množství koncentrovaných krmiv vést k intenzitě přenosu až 6,2 % (Asi et al., 2012; Fink-Gremmels, 2008; Puga-Torres, 2020). Hlášené nálezy AFM₁ v mléce jsou z celého světa, avšak jeho úroveň se v různých zemích značně liší, v závislosti na systému produkce mléka, podnebí, roční době a intenzitě produkce (Puga-Torres, 2020). Aflatoxin M₁ bylo možné detekovat v mléce 12-24 hodin po prvním požití AFB₁ a po několika dnech dosáhlo vysoké úrovně. Jakmile byl příjem AFB₁ ukončen, koncentrace AFM₁ v mléce klesá na nedetekovatelnou úroveň během 72 hodin (Aytensu et al., 2016).

K expozici člověka AFM₁ dochází konzumací mléka a konzumací mléčných výrobků. Významné mohou být expozice těmito toxiny u dětí, neboť u nich je nejen vyšší spotřeba mléka, ale navíc děti mají nižší tělesnou hmotnost, vyšší buněčnou aktivitu a doposud nedostatečně vyvinutý imunitní systém (Moravcová a Nedělník, 2005).

Karcinogenita u tohoto mykotoxinu prozatím není zcela prokázána a jeho toxicita je oproti AFB₁ až desetkrát nižší. IARC zařadila tento aflatoxin do skupiny 2B jako potenciální lidský karcinogen (IARC, 1993; Moravcová a Nedělník, 2005).

V rámci snižování rizik nemocí spojených s mykotoxikózami se v mnoha zemích zavedly předpisy upravující hladiny AFB₁ v krmivu a stanovující maximální povolené hladiny AFM₁ v mléce (Becker-Algeri, 2016). Na závažnost AFs, jakožto kontaminantů, poukazuje mimo jiné i fakt, že jsou tyto látky legislativně regulovány ve stále větším počtu zemí (Moravcová a Nedělník, 2005). Pro příklad v roce 2003 byl AFM₁ regulován v 60 zemích, z čehož ve většině z nich je limit pro obsah tohoto mykotoxinu v mléce a mléčných výrobcích nízký, a to 0,05 µg/kg. Evropská unie stanovuje limit AFM₁ v direktivě č. 466/2001 (Moravcová a Nedělník, 2005).

2.3.2 Ostatní mykotoxiny

Ve vzorcích mléka se kromě aflatoxinů mohou objevovat také další mykotoxiny, a to ochratoxin A (OTA), fumonisiny (FB), zearalenon (ZEN), T-2 toxin a deoxynivalenol (DON) (Becker-Algeri et al., 2016). Míra přenosu mykotoxinů z krmiva do mléka je závislá na schopnosti bachoru metabolizovat tyto látky (Tabulka 2.7), věku, pohlaví a zdravotním stavu zvířete (Fink-Gremmels, 2008)

Tabulka 2.7: Produkty metabolizace bacheru a míra přenos mykotoxinů do mléka (Fink-Gremmels, 2008)

Mykotoxin v krmivu	Metabolizace v bacheru	Míra přenosu	Mykotoxin v mléce
Aflatoxin B₁	Aflatoxikol	0-12,4 µg/l	AFB ₁ , AFM ₁ , aflatoxikol
	AFM ₁ ^a	2,0-6,2 %	
Fumonisin B_{1,2}	Beze změny	0-0,05 %	FB _{1,2}
Ochratoxin A	Ochratoxin α	ND	OTA, ochratoxin α
T-2 toxin	Beze změny	0,05-2 %	T-2 toxin
Deoxynivalenol	De-epoxy-DON	ND	DON, DOM
Zearalenon	α-ZEN, β-ZEN	0,06-0,08 %	ZEN, α-ZEN, β-ZEN

Vysvětlivky: ^a- metabolizace probíhá v játrech; ND - nedekováno; AFB₁ – aflatoxin B₁; AFM₁ – aflatoxin M₁; FB_{1,2} – fumonisin B_{1,2}; OTA- ochratoxin A; DON - deoxynivalenol; DOM – de-epoxy-deoxynivalenol, ZEN - zearalenon

Ochratoxin (OTA) je dalším mykotoxinem, u kterého se byly prokázány škodlivé účinky na zdraví organismu. Primárně jej syntetizují rody *Aspergillus* a *Penicillium* (Rodriguez, 2011). Mezi nejběžněji napadené substráty patří obiloviny, cereální výrobky, luštěniny, víno, ořechy, zelená káva a fazole (Babička, 2017). Becker-Algeri (2016) uvádí, že hlavní negativní účinky OTA jsou účinky nefrotoxické, hepatotoxické či imunotoxické a nevylučují se ani teratogenní účinky.

Dle studií Fink-Gremmels (2008), je gastrointestinální trakt hlavní kontaminační cestou organismu zvířat a lidí. V bacheru přežvýkavců se OTA přeměňuje na méně toxický α ochratoxin a neporušeného OTA se absorbuje jen velmi malé množství. OTA je degradován hlavně bacherovými prvky a u zdravého skotu může být takto inaktivováno až 12 mg OTA/kg krmiva. Tato účinná deaktivace a nízká odolnost vůči tepelnému ošetření, kdy je během tepelného zpracování z 80 % odstraněn, vysvětluje nízkou detekci OTA v mléce (Fink-Gremmels, 2008; Babička 2017). Dle IARC je tento mykotoxin řazen do skupiny 2B tj. jako možný lidský karcinogen (IARC, 1993).

Fumonisin (FB) byly objeveny v roce 1988 separací z kultur *Fusarium verticillioides* (Gelderblom et al., 1998). Doposud bylo izolováno 18 různých druhů fumonisinů, které se liší hydroxylovými skupinami (Becker-Algeri). K nejtoxičtějším a současně nejčastějším patří fumonisinu B₁ (FB₁) (Seo a Lee, 1999) a fumonisinu B₂ (FB₂), produkované *F. moniliforme*, což představuje zhruba 70 % všech FB nalezených v přírodě, v krmivech či v potravinách (Seo et al., 2001; Niderkon et. al., 2009). Richard

et al., (1996) ve své studii kontaminaci mléka FB₁ nezachytili, avšak Spoti et al., (2001b) přenos tohoto mykotoxinu do mléka potvrdili, a to i přes zdánlivou odolnost přežvýkavců vůči mykotoxinu FB₁. Dle záznamů Maragos a Richard, (1994) vykazují FB₁ a FB₂ ve vzorcích mléka odolnost vůči tepelnému ošetření, konkrétně vůči pasteurizaci. Podle IARC byl tento mykotoxin klasifikován jako možný lidský karcinogen do kategorie 2B (IARC, 1993).

Zearalenon (ZEN) se může vyskytovat např. v semenech řepky, kukuřice, pšenice, ječmene či ovsa. Z 90 % se v batoru přeměňuje na svůj hydroxy-metabolit α -zearalenol a v menší míře na β -zearalenol. I přes svou nízkou toxicitu, vykazuje hepatotoxické a estrogení účinky. Zearalenol je relativně termostabilní a jeho metabolity mohou být vylučovány mlékem, avšak hladiny jsou velmi nízké a často zůstávají pod hranicí detekce (Fink-Gremmels, 2008; Babička, 2017).

Deoxynivalenol (DON) je mykotoxin ze skupiny trichothecenů, nejčastěji se nachází v obilovinách, zvláště pšenici, kukuřici a výrobci z nich (Babička, 2017). Batorovou mikrobiotou bývá téměř úplně přeměněn na méně toxický DOM (de-epoxidovaný metabolit), což je důvod nízké citlivosti přežvýkavců na tento mykotoxin (Fink-Gremmels, 2008). Studie Ingallse (1996) ukázaly, že přežvýkavci mohou tolerovat krmiva obsahující až 8,5 mg/g DON po dobu několika týdnů bez větších zdravotních potíží.

2.4 Monitoring cizorodých látek na území České republiky

Příslušné orgány státního dozoru provádějí kontroly v celém potravinovém řetězci. Zastřešující institucí pro Státní veterinární správu České republiky (SVS ČR), Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci (SZPI), Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) a Ústav pro státní kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv (ÚSKVBL) je Ministerstvo zemědělství (MZe).

2.4.1 Státní veterinární správa ČR

Státní veterinární správa ČR (SVS ČR) je organizací zřízenou na základě zákona č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, jako správní úřad v resortu MZe a orgán veterinární správy s celorepublikovou působností.

Státní veterinární dozor existuje v různých podobách na území ČR již více jak 100 let. V současné době je tento dozor ve výlučné kompetenci těchto orgánů veterinární správy:

- Ústřední veterinární správa (ÚVS),
- Krajské veterinární správy (KVS), které vykovávají svou působnost ve věcech veterinární péče na území krajů podle ústavního zákona č. 347/1997 Sb., o vytvoření vyšších územních samosprávních celků
- Městská veterinární správa (MěVS) v Praze, která vykonává působnost KVS na území hlavního města Prahy
- ÚSKVBL se sídlem v Brně, který provádí zejména správní činnost týkající se schvalování a použití veterinárních léčiv, sledování reziduí veterinárních přípravků v živočišných produktech a používání nepovolených látek u zvířat.

Mimo tuto soustavu orgánů veterinární správy, je pro oblast veterinární laboratorní diagnostické činnosti zřízen Státní veterinární ústav (Praha, Jihlava, Olomouc), jejichž činnost řídí a koordinuje ÚVS.

2.4.2 Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva

Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) je účinným nástrojem komunikace v oblasti potravin a krmiv. Slouží ke sdílení informací o rizicích ohrožujících zdraví lidí, zvířat a životní prostředí, která pocházejí z potravin nebo krmiv. RASFF je jedním z mechanismů kontroly bezpečnosti potravin a krmiv na území jednotného trhu (EU) a států Evropského sdružení volného obchodu (Norsko, Island, Lichtenštejnsko a Švýcarsko). Hlášení v tomto propojeném systému slouží zejména k zabránění uvedení rizikových potravin a krmiv do oběhu, případně jejich stažení ze společného evropského trhu. Na evropské úrovni funguje RASFF již od roku 1979 a je spravován Evropskou komisí (EK).

Ve všech členských státech a v EK byla vytvořena kontaktní místa, mezi nimiž probíhá výměna informací o nebezpečných potravinách nebo krmivech.

Pokud má některý člen RASFF informace o závažném zdravotním riziku u potravin či krmiv, musí prostřednictvím tohoto systému okamžitě informovat EK, která poté vyhodnocuje všechna příchozí hlášení a předává je dále všem členům RASFF prostřednictvím jednoho ze čtyř typů oznámení:

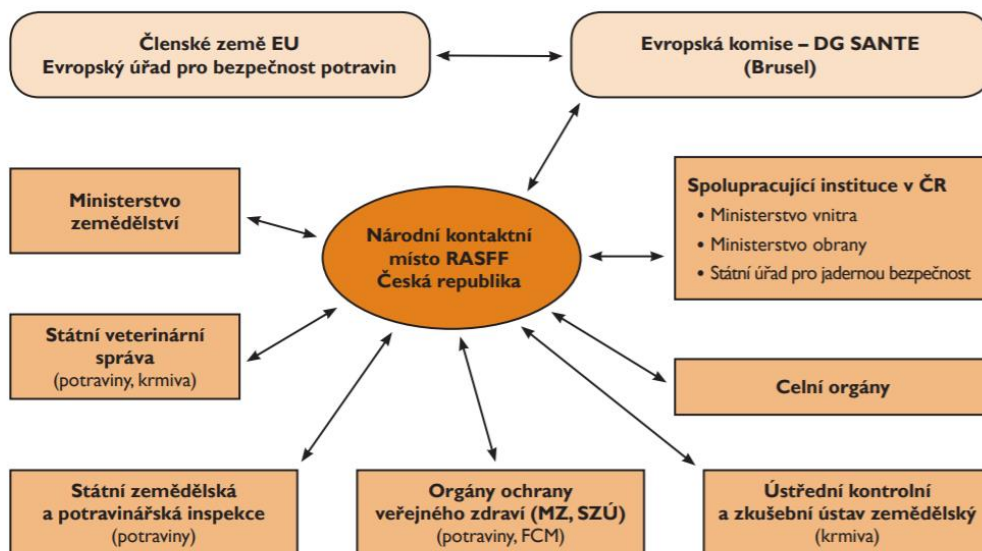
Varování, kdy jsou předmětem oznámení potraviny, krmiva nebo materiály určené pro styk s potravinami (Food Contact Materials – FCM), které představují riziko pro zdraví lidí nebo zvířat a jsou nabízené na trhu. U tohoto oznámení je nutný okamžitý zásah.

Informace se používá v případech, kdy rizikové potraviny či krmiva, nesplňují některé fyzikální, chemické nebo biologické požadavky na zdravotní nezávadnost a nevznikají jimi akutní nepříznivé zdravotní následky. Oznámení v kategorii informace se dále rozděluje na: informační oznámení vyžadující navazující kroky (informace o produktu, které je nebo může být uváděn na trh) a informační oznámení zasílané na vědomí (informace o produktu, který se vyskytuje pouze v oznamující členské zemi, nebyl dosud uveden na trh nebo již není na trhu).

Odmítnutí na hranicích se týká zásilek potravin a krmiv, které byly testovány a zamítnuty pro vstup na trh EU z důvodu zdravotního rizika, které u nich bylo zjištěno.

Novinky jsou veškeré druhy informací týkající se bezpečnosti potravin a krmiv, které nebyly oznámeny členským státem jako varování, informace nebo odmítnutí na hranicích, ale které jsou považovány za důležité pro dozorové orgány členských států.

Roční zpráva o činnosti RASFF obsahuje vysvětlení fungování tohoto systému, zhodnocení jeho funkčnosti, vyhodnocení jednotlivých typů oznámení a nejčastěji se vyskytujících CL v potravinách a krmivech. Závěrečné zprávy podávají informace o systému státním a unijním institucím i spotřebitelské veřejnosti. Evropská komise komunikuje v členských státech s tzv. národními kontaktními místy (NKM). V České republice bylo NKM zřízeno při Státní zemědělské a potravinářské inspekci (SZPI). NKM dále komunikuje s členy sítě, resp. jejich kontaktními osobami, což je vidět na obrázku č. 2.3.



Obrázek 2.3: Schéma fungování RASFF v ČR

Celý systém je pak koordinován MZe v součinnosti s Ministerstvem zdravotnictví ČR. Publikacním centrem, které shromažďuje informace, je odbor bezpečnosti potravin MZe.

Systém RASFF vychází z nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví se postupy týkající se bezpečnosti potravin. Detailní fungování systému RASFF a role jednotlivých členů upravuje nařízení Komise (EU) č. 16/2011, kterým se stanoví prováděcí opatření k systému včasné výměny informací pro potraviny a krmiva.

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Vyhodnocení monitoringu mykotoxinů

K vyhodnocení přítomnosti mykotoxinů v krmivech, mléce a tkáních hospodářských zvířat (Tabulka 3.1.) byly použity výsledky monitoringu SVS ČR za pět let, tj. období 2015 - 2019 publikované ve výročních zprávách (SVS ČR, 2016).

Sledovanými údaji byly počty vzorků za daný rok, počet pozitivních (%) a počet nevyhovujících vzorků, u nichž byl překročen platný hygienický limit.

Z výročních zpráv SVS ČR, tzv. informačních bulletinů byl vyhledáván obsah těchto mykotoxinů:

- v kompletních a doplňkových krmivech: deoxynivalenol (DON), ochratoxin (OTA), aflatoxin B₁ (AFB₁), zearalenon (ZEN)
- v mléce (ovčí, kozí a kravské): aflatoxin M₁ (AFM₁)
- v tkáních: obsah aflatoxinů (AFs) v játrech

Tabulka 3.1: Počet vyšetřených vzorků krmiv, tkání a mléka SVS ČR za období 2015 - 2019 na obsah mykotoxinů

Rok	Krmivo		Játra								Syrové mléko						Celkem
	n	%	O		Ko.		Kr.		S-V		O		Ko.		Kr.		
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
2015	86	56,6	1	0,7	1	0,7	12	7,9	12	7,9	2	1,3	3	2,0	35	23,0	152
2016	86	56,6	1	0,7	1	0,7	12	7,9	12	7,9	2	1,3	3	2,0	35	23,0	152
2017	52	44,0	1	0,8	1	0,8	12	10,2	12	10,2	2	1,7	3	2,5	35	29,7	118
2018	54	44,6	1	0,8	1	0,8	12	9,9	12	9,9	2	1,7	3	2,5	36	29,8	121
2019	52	44,1	1	0,8	1	0,8	12	10,2	12	10,2	2	1,7	3	2,5	35	29,7	118
celkem	330	49,9	5	0,8	5	0,8	60	9,0	60	9,0	10	1,5	15	2,3	176	26,6	661
průměr	66	49,2	1	0,8	1	0,8	12	9,2	12	9,2	2	1,5	3	2,3	35,2	27,0	132,2

Vysvětlivky: SVS ČR – Státní veterinární správa České republiky; O – ovčí; Ko. – kozí; Kr. - kravské; S - V – skot na výkrm

3.2 Vyhodnocení vybraných oznámení ze systému RASFF

K vyhodnocení oznámení, která slouží k rychlému varování členských zemí EU o rizicích spojených s nebezpečnými či zdraví škodlivými krmivy a potravinami, byly použity výroční soupisy systému RASFF za čtyři roky, tj. období let 2016 až 2019.

Z výročních soupisek byla k vyhodnocení vybrána tato data:

- celkové počty oznámení a jednotlivé typy oznámení (varování, informace, odmítnutí na hranicích) za sledované období v ČR a ve vybraných zemích EU (Slovensko, Rakousko, Německo a Polsko);
- počty oznámení týkající se vybraných příčin (mykotoxiny, patogenní mikroorganismy, těžké kovy a pesticidy) v ČR a ve vybraných zemích EU (Slovensko, Rakousko, Německo a Polsko).

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Státní veterinární dozor a monitoring CL je vykonáván organizacemi, které jsou v kompetenci SVS ČR, a to podle své působnosti a právních předpisů. V oblasti veterinární péče je dozor vykonáván KVS na území krajů a MěVS v Praze na území hlavního města. Výsledky pravidelného monitoringu CL jsou prováděny v souladu s vyhláškou MZe ČR č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o monitoringu přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech, ve znění pozdějších předpisů (SVS ČR, 2016).

V rámci prováděného monitoringu CL jsou jednotlivé vzorky odebírány pověřenými veterinárními inspektory. V případě zjišťování obsahu CL v surovinách živočišného původu je obvykle volen systém náhodného výběru vzorků. Počty plánovaných vzorků určených k analýze, vycházejí z legislativou daných vzorců, které jsou odvozeny z počtu poražených jatečných zvířat v uplynulém roce a z objemu produkce mléka. Výsledky vyšetřování krmiv, surovin a potravin živočišného původu jsou dále posuzovány podle legislativy platné v době odběru vzorku. Používají se tzv. „hygienické limity“, dle nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých CL v potravinách, v platném znění, podle nařízení Komise (EU). Výsledky analýz jsou porovnávány s limity stanovenými legislativou. Jedná se o maximální limity reziduí (MLR) a dále o tzv. akční limity neboli intervenční prahové hodnoty (AL), které se používají tehdy, pokud u některých látek nejsou dosud limity stanoveny (SVS ČR, 2016).

Ve sledovaném období 2015 - 2019 bylo SVS ČR v rámci monitoringu provedeno celkem 399 151 vyšetření na přítomnost CL. Z tohoto počtu bylo 661 (0,2 %) vzorků sledováno v souvislosti s výskytem mykotoxinů, a to konkrétně 49,9 % vzorků krmiv, 19,7 % vzorků tkání a 30,4 % vzorků mléka.

4.1 Výsledky vyhodnocení monitoringu mykotoxinů

4.1.1 Monitoring mykotoxinů v krmivech

Krmiva pro přežvýkavce, skládající se z čerstvé a konzervované píče, jaderných krmiv a doplňků, mohou být zdrojem rozmanitých mykotoxinů. Nevhodný způsob zpraco-

vání a uskladnění krmiv přispívá k jejich kontaminaci, proto správné zemědělské postupy a adekvátní uskladnění krmiv mají zásadní význam při regulaci výskytu toxigenních druhů plísní, a tedy i mykotoxinů (Fink-Gremmels, 2008; Becker-Algeri, 2016).

Jedny z prvních mykotoxinů identifikovaných v krmivech byly AFs. Typicky se vyskytují v krmivech bohatých na energii jako jsou obilniny, luštěniny aj. V kukuřici a kukuřičných produktech se vyskytuje zejména ZEN, zatímco DON a OTA kontaminují častěji obilná zrna. Některé z těchto mykotoxinů mohou být v organismu přežvýkavců inaktivovány bachorovou mikrobiotou, ovšem některé jsou přeměněny na biologicky aktivní metabolity a jejich následné vylučování do mléka může představovat zdravotní riziko pro konečného spotřebitele. Míra přenosu je dána např. množstvím pozřených mykotoxinů, pohlavím, věkem nebo zdravotním stavem zvířete (Malíř a Ostrý, 2003; Fink-Gremmels, 2008; Babička, 2017).

Vyšetřování kompletních a doplňkových krmiv na obsah mykotoxinů je součástí kontroly zdravotní nezávadnosti v rámci veterinárního hygienického dozoru. Kontroly se zaměřují především na významné složky krmné dávky nebo dle zkušeností na ta krmiva, která byla již dříve zdrojem kontaminace mykotoxiny (SVS ČR, 2016).

V rámci monitoringu SVS ČR bylo ve sledovaném období 2015 - 2019 odebráno celkem 330 vzorků krmiv na zjištění přítomnosti mykotoxinů, jmenovitě - DON, OTA, AFB₁ a ZEN. Počet ročně odebraných vzorků se pohyboval od 52 do 86, s průměrným počtem 66 vzorků. Z celkového počtu 1320 provedených analýz na přítomnost uvedených čtyř mykotoxinů bylo potvrzeno 378 (28,6 %) pozitivních vzorků (Tabulka 4.1). Nejvyšší počet pozitivních vzorků (143; 43,3 %) byl zjištěn u DON. Počty pozitivních nálezů se pohybovaly ve velmi širokém rozpětí od 9 do 60, s ročním průměrem 28,6. Naopak nejnižší počty (25; 7,6 %) byly prokázány u AFB₁ s průměrným počtem pěti pozitivních nálezů ročně. Vzhledem ke skutečnosti, že se AFB₁ v organismu zvířat snadno metabolizuje na AFM₁ a oba tyto mykotoxiny pak mohou být vylučovány mlékem (Fink-Gremmels, 2008), lze tyto výsledky označit za příznivé.

Tabulka 4.1: Přehled vyšetřených a pozitivních vzorků dle jednotlivých mykotoxinů ve sledovaném období 2015 - 2019

Mykotoxin	Vyšetřené celkem	Pozitivní celkem	% pozitivních	Min. pozitivních	Max. pozitivních	Průměr
DON	330	143	43,3	9	60	28,6
OTA	330	138	41,8	17	39	27,6
AFB₁	330	25	7,6	3	6	5,0
ZEN	330	72	21,8	2	37	14,4
Celkem	1320	378	28,6	2	60	75,6

Vysvětlivky: DON - deoxynivalenol; OTA – ochratoxin; AFB₁ – aflatoxin B₁; ZEN – zearalenon

Při hodnocení jednotlivých let sledovaného období bylo zjištěno, že nejvyšší počet pozitivních vzorků (137; 36,2 %) byl detekován v roce 2015. Především se jednalo o vysoké počty pozitivních nálezů u mykotoxinů DON (60; 15,9 %) a ZEN (37; 9,8 %).

Naopak nejnižší počty pozitivních nálezů u všech sledovaných mykotoxinů byly zaznamenány v roce 2019. Uvedené mohlo být způsobeno nadprůměrně suchým a teplým rokem 2019 (Meteorologické záznamy, 2019), a do určité míry rovněž skutečností, že v tomto roce byl odebrán nejnižší počet vzorků v rámci monitoringu za celé sledované období.

Hygienické limity pro krmiva hospodářských zvířat se uvádějí jako AL v případě DON (900 µg/kg), OTA (250 µg/kg) a ZEN (2000 µg/kg). Pro AFB₁ je stanoven MRL 10 µg/kg (SVS ČR, 2016). Za příznivé lze označit, že za celé sledované období 2015 – 2019, byl zjištěn pouze jeden vzorek s nadlimitní hodnotou mykotoxinu, a to v roce 2015. Jednalo se konkrétně o krmnou směs určenou pro prasata, s prokázanou nadlimitní hodnotou DON 1298 µg/kg (data nejsou uvedena v tabulce). U ostatních sledovaných mykotoxinů nebyl v žádném vzorku za toto období hygienický limit překročen (Tabulka 4.2).

Tabulka 4.2: Monitoring mykotoxinů v krmivech pro hospodářská zvířata v České republice ve sledovaném období 2015 - 2019

Rok	Mykotoxin	Vyšetřené n	Pozitivní		Nadlimitní	
			n	%	n	%
2015	DON	86	60	69,8	1	1,2
	OTA	86	34	39,5		
	AFB ₁	86	6	7,0	-	-
	ZEN	86	37	43,0		
2016	DON	86	36	41,9		
	OTA	86	39	45,3		
	AFB ₁	86	6	7,0	-	-
	ZEN	86	19	22,1		
2017	DON	52	26	50,0		
	OTA	52	24	46,2		
	AFB ₁	52	5	9,6	-	-
	ZEN	52	9	17,3		
2018	DON	54	12	22,2		
	OTA	54	24	44,4		
	AFB ₁	54	5	9,3	-	-
	ZEN	54	5	9,3		
2019	DON	52	9	17,3		
	OTA	52	17	32,7		
	AFB ₁	52	3	5,8	-	-
	ZEN	52	2	3,8		

Vysvětlivky: DON – deoxynivalenol; OTA – ochratoxin A; AFB₁ – aflatoxin B1; ZEN – zearalenon

Ve studii Binder et al. (2007), kteří analyzovali vzorky krmiv z evropských zemí po dobu dvou let (2006 až 2007), byl ze všech sledovaných mykotoxinů nejmenší záchyt v případě ZEN (27,1 %) a AFB₁ (32,1 %), což odpovídá i našim zjištěním. Nálezy DON ve vzorcích krmiv byly velmi vysoké (56,5 %) a byly srovnatelné s našimi zjištěními (55,4 %). Autoři ve vzorcích krmiv nejčastěji detekovali mykotoxin OTA (72,7 %). V naší studii byl DON druhým nejčastěji prokazovaným mykotoxinem v kompletních a doplňkových krmivech hospodářských zvířat.

Další porovnání údajů se zmíněnou studií Binder et al. (2007) je uvedeno pro lepší přehlednost v Tabulce 4.3.

Tabulka 4.3: Porovnání kontaminace krmiv mykotoxiny ve dvou studiích

Zdroj	DON			OTA			AFB ₁			ZEN		
	n	pozitivní		n	pozitivní		n	pozitivní		n	pozitivní	
		n	%		n	%		n	%		n	%
Binder et al. (2007)	294	166	56,5	33	24	72,7	56	18	32,1	166	45	27,1
Naše studie	330	143	43,3	330	138	41,7	330	25	7,6	330	72	21,8

Vysvětlivky: DON - deoxynivalenol; OTA - ochratoxin A; AFB₁ - aflatoxin B₁; ZEN - zearalenon

Binder et al. (2007) se v druhé části své studie zaměřovali na vzorky krmiv z Asie, v období 2006 – 2007 celkem analyzovali 3420 vzorků. Nejvyšší podíl pozitivních vzorků byl zjištěn u DON (71 %), naopak nejnižší u AFB₁ (3 %). Podobný trend výskytu mykotoxinů v krmivech byl zjištěn i vyhodnocením monitoringu v naší studii.

V některých studiích (Dashti et al., 2009; Han et al., 2013 a Battacone et al., 2009) bylo prokázáno, že ačkoliv přítomnost AFB₁ v krmivech odpovídala povoleným hygienickým limitům, přítomnost AFM₁ ve vzorcích mléka v několika případech přesáhla povolenou maximální hodnotu, tj. 0,05 µg/kg. Z těchto důvodů je třeba provádět monitoring CL vždy v ose krmivo – zvíře – produkt (mléko) tak, aby byla zajištěna provázanost celého systému.

4.1.2 Monitoring AFM₁ v syrovém mléce

Mléko je důležitým zdrojem energie a živin, především pro děti. Spotřeba mléka je vyšší zejména v rozvojových zemích. Obavy spojené s konzumací kontaminovaného mléka se týkají především CL, hlavně mykotoxinů, které jsou jeho častými kontaminanty (Lindahl et al., 2018).

V rámci pravidelného monitoringu CL na našem území se vzorky syrového mléka odebírají přímo na farmách ze sběrných tanků, v případě ovčího a koziho syrového mléka se odběr provádí v oblastech s vyšším počtem chovaných ovcí nebo koz (SVS ČR, 2016).

Ve sledovaném období 2015 - 2019 bylo na výskyt mykotoxinů vyšetřeno celkem 210 vzorků ovčího, kozího a kravského mléka (Tabulka 4.4). Největší podíl vyšetřených vzorků tvořilo mléko kravské (87,6 %), menší podíl tvořilo mléko kozí (7,5 %) a ovčí (5 %). V syrovém mléce byl v daném období monitorován pouze mykotoxin AFM₁. Tento mykotoxin je celosvětově nejčastěji detekovaným mykotoxinem v mléce dojených druhů zvířat (Lindhal et al., 2018).

Z vyhodnocení monitoringu vyplynulo, že syrové ovčí, kozí a kravské mléko vyhovělo stanoveným limitům ve všech analyzovaných vzorcích za celé sledované období. Velmi příznivé bylo zjištění, že za celé pětileté sledování byl detekován pouze jeden pozitivní nález na přítomnost AFM₁ ve vzorku kravského mléka. Uvedený pozitivní nález byl pod hranicí povoleného hygienického limitu, který je 0,05 µg/kg (SVS ČR, 2016).

Tabulka 4.4: Výsledky monitoringu přítomnosti aflatoxinu M₁ v syrovém mléce ve sledovaném období 2015 - 2019

Mléko	Vyšetřené		Pozitivní		Nadlimitní	
	n	n	%	n	%	
Ovčí	19	0	-	0	-	
Kozí	15	0	-	0	-	
Kravské	176	1	2,9	0	-	
Celkem	210	1	2,9	0	-	

Vysvětlivky: AFM₁ – aflatoxin M₁; n – počet vyšetřených vzorků

V této diplomové práci byl zhodnocen pouze monitoring syrového mléka. Ovšem velice důležitá je i následná kontrola již zpracovaného mléka, jelikož kontaminující látky ze syrového mléka se dostávají i do dalších produktů, a zvláště riziková pak v tomto ohledu může být jejich přítomnost v dětské mléčné výživě (Iqbal et al., 2013; Benkerroum, 2016). Některé studie uvádějí vysokou tepelnou stabilitu AFM₁ (Ashiq, 2015; Benkerroum, 2016). Naproti tomu např. Prandini et al., (2009) uvádí, že při tepelných úpravách mléka může docházet k částečné inaktivaci tohoto mykotoxinu.

Moravcová a Nedělník (2005) v letech 2004 - 2005 analyzovali obsah AFM₁ v mléce a mléčných produktech získaných z běžné distribuční sítě různých regionů ČR. Z celkem 90 vzorků mléka byla pouze ve třech potvrzena koncentrace AFM₁ vyšší než detekční limit (tzv. limit kvantifikace, LOQ), a to konkrétně v odučněném (7,7

ppt), polotučném (5,5 ppt) a odstředěném (5,3 ppt) mléce. Koncentrace AFM₁ v dalších 78 vzorcích byla hodnocena jako nižší než LOQ. V devíti vzorcích nebyl AFM₁ vůbec detekován. Uvedené výsledky dokumentují nízký záchyt AFM₁ v konzumním mléce, což odpovídá i jeho velmi nízkému záchytu ve vzorcích syrového mléka na našem území.

Martins a Martins (2000) ve své studii zaměřené na detekci AFM₁ shromáždili 31 vzorků syrového mléka od farmářů a 70 vzorků UHT mléka z lisabonské obchodní sítě. Mykotoxin AFM₁ byl zachycen v 80,6 % vzorcích syrového mléka a v 84,2 % UHT mléka. Pouze u dvou vzorků syrového mléka však bylo prokázáno množství AFM₁ vyšší o 0,009 µg/kg než povolený hygienický limit. Z jejich studie vyplynulo, že i přes vysoké procento pozitivních vzorků, detekované hladiny nepředstavují riziko pro zdraví lidí.

Jedním z důvodů velmi příznivých výsledků monitoringu zjištěných v naší studii mohla být také skutečnost, že monitoring byl zaměřen pouze na jeden mykotoxin (AFM₁) v syrovém mléce. Proti tomu jiné studie se zaměřují i na další mykotoxiny, zejména AFB₁, AFB₂, DON, OTA, ZEN a FB (Becker-Algeri et al.; 2016, Benkerroum, 2016).

V případě mykotoxinů je třeba rovněž poznamenat, že vyšší výskyt pozitivních nálezů je zjišťován především v rozvojových oblastech. Např. Fores-Flores a Gonzales-Penas (2015) potvrdili, že oproti evropským zemím, mléko z různých rozvojových zemí často obsahuje zdraví nebezpečné koncentrace mykotoxinů, a to hlavně AFM₁, AFB₁, AFB₂, ZEN a OTA. Becker-Algeri et al. (2016) popsali snižující se trend výskytu AFM₁ ve vzorcích mléka v evropských zemích (Portugalsko, Itálie, Chorvatsko) oproti asijským zemím (Čína, Thajsko, Tchaj-wan), kde byl zaznamenán výskyt mykotoxinů až ve 100 % vzorků.

V některých studiích je také popisován vliv ročního období na přítomnost mykotoxinů v mléce. Např. Bilandzic et al. (2010) zjistili, že koncentrace AFM₁ v mléce byla statisticky významně vyšší v období od ledna do dubna (0,036 – 0,059 µg/kg) oproti období od června do září (0,012 – 0,015 µg/kg). Vyšší výskyt AFM₁ v mléce během zimních měsíců potvrzuje rovněž studie Xiong et al. (2013).

Z předloženého výčtu publikací vyplývá, že zjištění naší práce jsou v souladu s příznivými výsledky monitoringu mykotoxinů v mléce i v jiných zemích. Oproti

výše uvedeným výsledkům z některých zemí, jsou možná výsledky monitoringu v naší studii méně zajímavé, avšak na druhou stranu jsou velmi příznivé a uspokojivé.

4.1.3 Monitoring aflatoxinů v tkáních hospodářských zvířat

Dlouhodobý příjem AFs i v malých dávkách, může mít za následek negativní ovlivnění různých tkání a orgánů, zejména dochází k vážnému poškození jater (Fink-Gremmels, 2008).

V rámci monitoringu CL se odběr vzorků tkání z poražených zvířat provádí přímo na jatkách pověřenými veterinárními inspektory (SVS ČR, 2016). Monitoring je zaměřen na zjišťování obsahu sumy AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂ a dále samostatně na obsah AFB₁ v jaterních tkání (SVS ČR, 2016).

Ve sledovaném období 2015 - 2019 bylo v rámci monitoringu AFs odebráno celkem 130 vzorků jaterních tkání - od mladého skotu určeného na výkrm (46,2 %), od dojnic (46,2 %), ovcí (3,8 %) a koz (3,8 %) (Tabulka 4.5).

Z vyhodnocení monitoringu vyplynulo, že ve vzorcích jaterní tkáně nebyl za sledované období prokázán žádný z analyzovaných mykotoxinů v měřitelných koncentracích, a tedy výsledky odpovídaly povoleným hygienickým limitům.

Hygienické limity pro obsah AFs v játrech hospodářských zvířat se uvádí jako AL - pro AFB₁ je tento limit 20 µg/kg a pro sumu aflatoxinů B₁, B₂, G₁ a G₂ je 40 µg/kg (SVS ČR, 2016). V roce 2017 byl potvrzen jeden pozitivní vzorek jaterní tkáně z mladého skotu na výkrm. Maximální detekovaná hodnota u AFB₁ byla 0,151 µg/kg a u sumy AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ 0,202 µg/kg (hodnoty nejsou uvedeny v tabulce), což bylo v obou případech bezpečně pod hranicí AL.

Tabulka 4.5: Výsledky monitoringu přítomnosti aflatoxinu B₁ a sumy aflatoxinů B₁, B₂, G₁, G₂ v játrech přežvýkavců ve sledovaném období 2015 - 2019

Druh	Vyšetřené		Pozitivní		Nadlimitní	
	n		n	%	n	%
Skot – výkrm	60		1	8,3	0	-
Dojnice	60		0	-	0	-
Ovce	5		0	-	0	-
Kozy	5		0	-	0	-
Celkem	130		1	8,3	0	-

4.2 Výsledky vyhodnocení vybraných oznámení ze systému RASFF

Hlavní strategií systému RASFF je zajištění bezpečnosti potravin, krmiv a výživy. K dosažení stanovených cílů se využívá ucelený systém komunikace mezi členskými státy EU prostřednictvím zasílání hlášení o výskytu nežádoucích potravin nebo krmiv, tzv. oznámení. Oznámení mají různý charakter a rozdělují se podle závažnosti do těchto typů: varování, informace, odmítnutí na hranicích a novinka (RASFF, 2021).

Česká republika odeslala do systému RASFF za sledované období celkem 315 oznámení, což tvořilo podíl 2,2 % v rámci všech oznámení z EU.

Varování, která představují nejzávažnější typ oznámení, tvořila ve sledovaném období 31 % všech oznámení v ČR. Předmětem tohoto typu oznámení jsou potraviny, krmiva nebo materiály určené pro styk s potravinami, které představují riziko pro zdraví lidí nebo zvířat a jsou již nabízené na trhu. U tohoto typu oznámení je nutný okamžitý zásah (RASFF, 2021). Největší počet těchto oznámení byl zaznamenán v roce 2017 (29; 30 %), naopak nejmenší počet byl hlášen v roce 2016 (20; 6 %). Varování se nejčastěji týkala patogenních mikroorganismů, především nálezů bakterií *Salmonella* spp. v kuřecím mase.

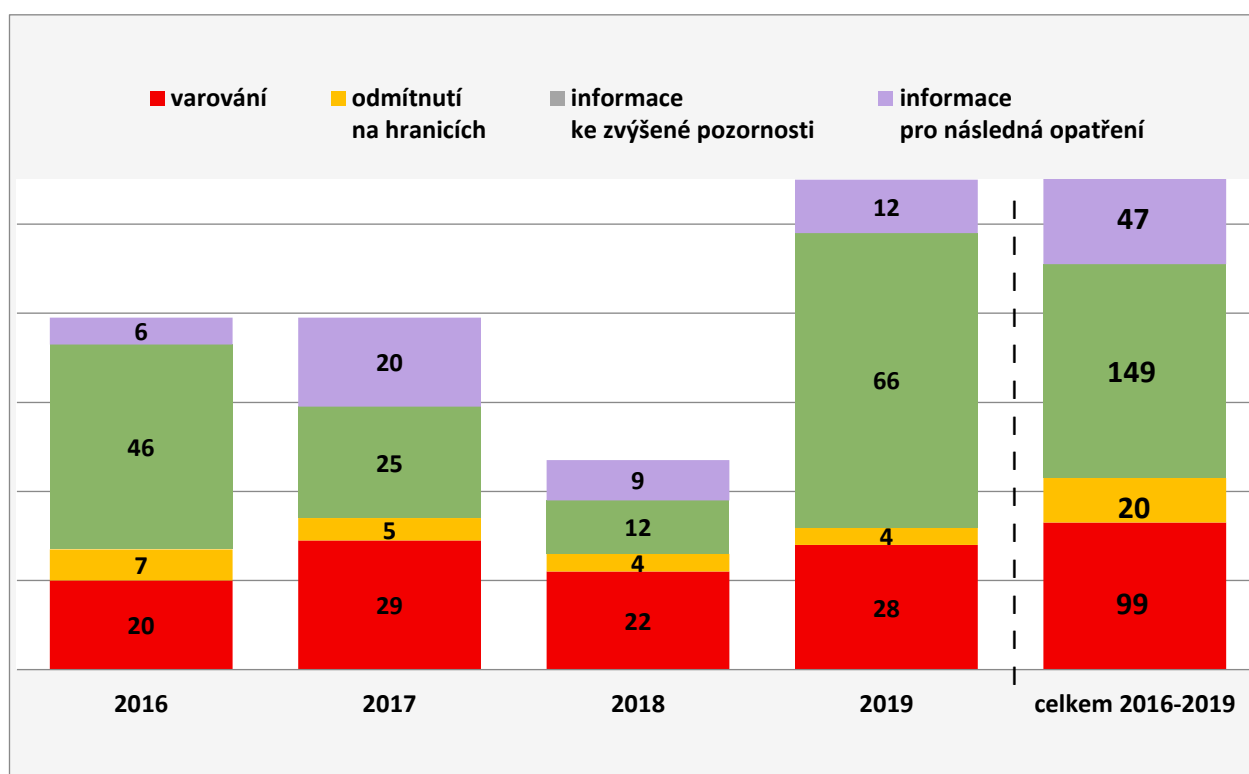
Dalším typem oznámení je informace. Tato se používá v případech, kdy rizikové potraviny či krmiva, nesplňují některé fyzikální, chemické nebo biologické požadavky na zdravotní nezávadnost a nevznikají jimi akutní nepříznivé zdravotní následky. Oznámení typu informace se dále rozdělují na a) informace pro následná opatření, tj. informační oznámení vyžadující navazující kroky (informace o produktu, který je

nebo může být uváděn na trh) a za b) informace o pozornosti, což jsou informační oznámení zasílaná na vědomí (informace o produktu, který se vyskytuje pouze v oznamující členské zemi, nebyl dosud uveden na trh nebo již není na trhu) (RASFF, 2021).

Oznámení typu informace představovaly za sledované období největší podíl (196; 62 %) všech oznámení v ČR, z toho informace o pozornosti tvořily 47 % a informace pro následná opatření 15 %.

Odmítnutí na hranicích se týká zásilek potravin a krmiv, které byly testovány a zamítnuty pro vstup na trh EU z důvodu zdravotního rizika, které u nich bylo zjištěno (RASFF, 2021). Tento typ oznámení představoval za celé sledované období nejmenší podíl (20; 6 %). Roční počet těchto oznámení nepřevýšil deset hlášení během sledovaného období v ČR (Graf 4.1).

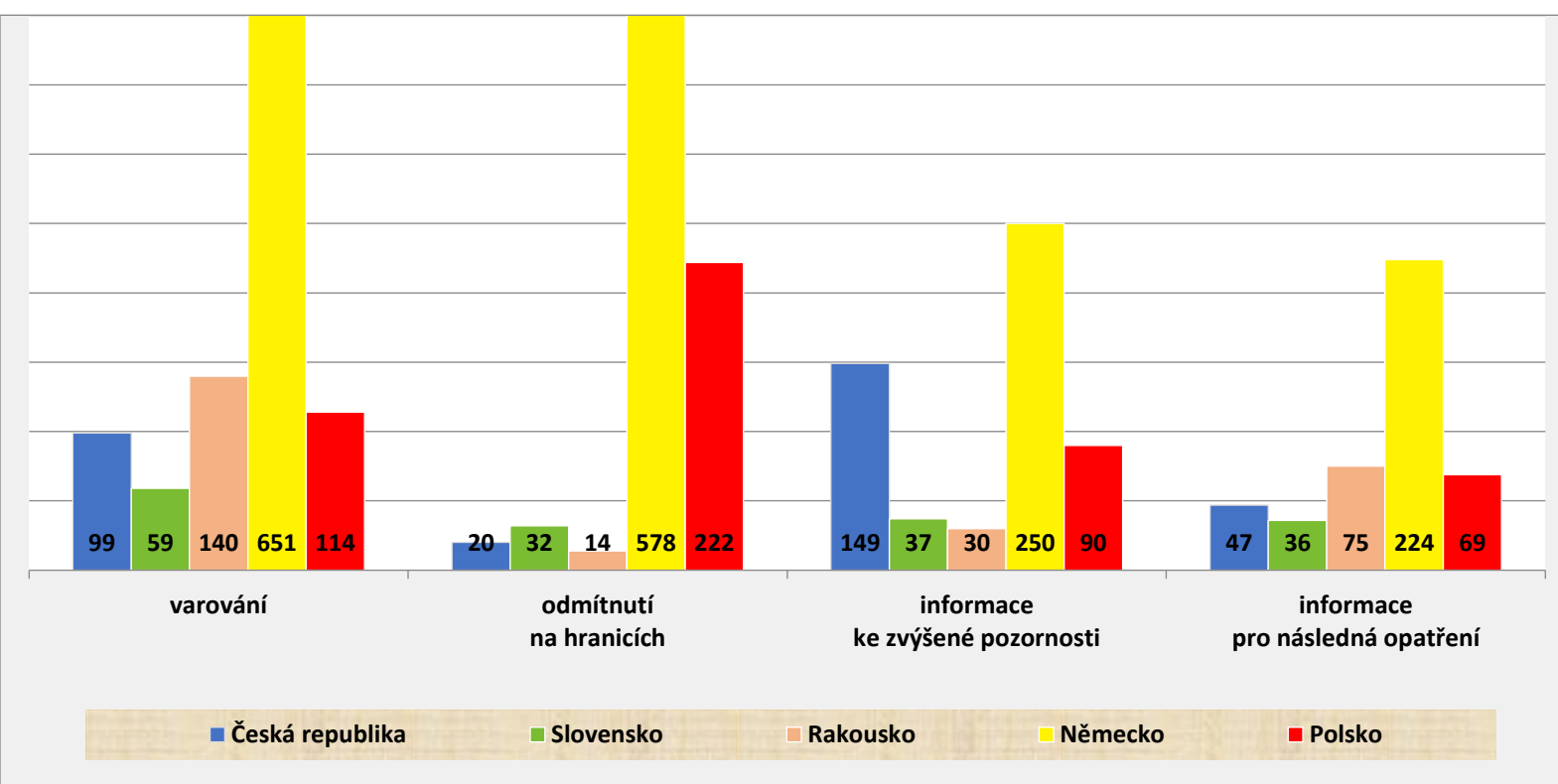
Novinky jsou veškeré druhy informací týkající se bezpečnosti potravin a krmiv, které nebyly oznámeny členským státem jako varování, informace nebo odmítnutí na hranicích, ale které jsou považovány za důležité pro dozorové orgány členských států (RASFF, 2021). Těchto typů oznámení bylo za sledované období nejméně nejen v ČR (přibližně jedno až dvě hlášení tohoto typu ročně), ale také v rámci celé EU.



Graf 4.1: Přehled jednotlivých typů oznámení týkající se České republiky za sledované období 2016 – 2019

Pro komplexnost vyhodnocení oznámení ze systému RASFF za sledované období 2016 - 2019 bylo dále provedeno porovnání ČR s vybranými zeměmi (Slovensko, Rakousko, Německo a Polsko) jednak, co se týká jednotlivých typů oznámení a jednak, co se týká vybraných příčin (mykotoxiny, patogenní mikroorganismy, těžké kovy a pesticidy) vedoucích k těmto oznámením.

Ze všech posuzovaných zemí mělo nejvyšší počet oznámení Německo, celkem 1707. Naopak nejnižší počet oznámení byl hlášen ze Slovenska, 164 oznámení. Typ oznámení s nejvyšším počtem případů bylo varování (celkem 1063), nejnižší počet případů bylo informací pro následná opatření (celkem 451) (Graf 4.2).



Graf 4.2: Přehled jednotlivých typů oznámení u vybraných zemí za sledované období 2016 - 2019

Slovensko odeslalo za sledované období do systému RASFF celkem 164 oznámení (tj. 1,1 % v rámci EU), z toho tvořila 36 % varování, 20 % odmítnutí na hranicích, 23 % informace pro zvýšenou pozornost a 21 % informace pro následné opatření. Největší počet oznámení bylo odesláno v roce 2017 (50; 31 %), naopak nejméně v roce

2018 (33; 20 %). Nejčastějším typem oznámení bylo ve sledovaném období varování, průměrně 15 případů ročně. Nejmenší počet případů tvořilo odmítnutí na hranicích.

Rakousko odeslalo za sledované období do systému RASFF celkem 259 oznámení (tj. 3,6 % v rámci EU), z toho tvořila 54 % varování, 5 % odmítnutí na hranicích, 12 % informace pro zvýšenou pozornost a 29 % informace pro následná opatření. Největší počet oznámení bylo odesláno v roce 2019 (92; 36 %), naopak nejméně v roce 2016 (46; 18 %). Nejčastějším typem oznámení bylo i zde varování (140; 54 %). Nejmenší podíl hlášení odeslalo Rakousko v kategorii odmítnutí na hranicích (14; 5 %).

Německo odeslalo za sledované období do systému RASFF celkem 1 707 oznámení (tj. 11,9 % v rámci EU), z toho tvořila 38 % varování, 34 % odmítnutí na hranicích, 15 % informace pro zvýšenou pozornost a 13 % informace pro následná opatření. Nejvíce oznámení o nebezpečí bylo odesláno v roce 2019 (530; 31 %), nejméně v roce 2016 (369; 22 %). Nejčastějším typem oznámení bylo varování (651; 38 %) a ve čtyřech případech bylo oznámení typu novinky (není uvedena v grafu). Nejnižší počet případů tvořily informace pro následná opatření (224; 13 %).

Polsko odeslalo za sledované období do systému RASFF celkem 495 oznámení (tj. 3,5 % v rámci EU), z toho tvořila 23 % varování, 45 % odmítnutí na hranicích, 18 % informace pro zvýšenou pozornost a 14 % informace pro následná opatření. Nejvíce oznámení bylo odesláno v roce 2019 (203; 41 %), nejméně v roce 2016 (74; 15 %). Nejčastějším typem oznámení bylo odmítnutí na hranicích (222; 45 %). Naopak nejnižší počet případů tvořily informace pro následná opatření (69; 14 %).

U sledovaných zemí byl dále vyhodnoceny vybrané příčiny (mykotoxiny, rezidua pesticidů, těžké kovy a patogenní mikroorganismy), které vedly k uvedeným oznámením.

Nejčastější příčinou pro oznámení v ČR byla za sledované období přítomnost patogenních mikroorganismů (94; 29,8 %). Druhou nejčastější příčinou byla detekce těžkých kovů (24; 7,6). Příznivé však bylo, že v roce 2018 a 2019 těžké kovy detekovány vůbec nebyly (Tabulka 4.6). Rezidua pesticidů byla jako příčina oznámení uvedena ve třech letech, z toho v roce 2017 se jednalo o nejvyšší podíl (16; 29 %). Pokud jsou detekovány vyšší koncentrace pesticidů, jedná se především o nesprávnou aplikaci nebo nedodržení ochranných lhůt těchto přípravků v zemědělství (Babička, 2017). Mykotoxiny jako příčina oznámení o nebezpečí byly uvedeny pouze v roce 2018 (6;

12,8 %) a 2019 (10; 9 %). Jednalo se konkrétně o AFs a OTA v rostlinných produktech (semínka, ořechy, obiloviny). Uvedené mykotoxiny bývají v těchto surovinách zjišťovány relativně často (Benkerroum, 2016).

Tabulka 4.6: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí v České republice za sledované období 2016-2019

Typ nebezpečí	2016		2017		2018		2019		Celkem	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Mykotoxiny	NA	-	NA	-	6	12,8	10	9,0	16	5,0
Pesticidy	7	8,7	16	20,3	9	19,1	NA	-	32	10,1
Těžké kovy	17	21,5	7	8,9	NA	-	NA	-	24	7,6
Patogeny	16	20,2	17	21,5	NA	-	61	55,5	94	29,8
Ostatní	39	49,3	39	49,4	32	68,0	39	35,5	149	110,3
Celkem	79	100	79	100	47	100	110	100	315	100

Vysvětlivky: NA – v daném roce nezjištěno

Z celkového počtu 164 oznámení na Slovensku se nejvíce týkalo patogenních mikroorganismů (32; 19,5 %) (Tabulka 4.7). Druhým nejčastějším typem nebezpečí byly mykotoxiny (20; 12 %). Jednalo se zejména o AFs, přičemž v některých oznámeních bylo jako příčina uvedeno syrové mléko. Jako hlavní příčina výskytu AFs v mléce je uváděno zkrmování kontaminovaného krmiva (Van Egmond, 1993). Za velmi dobré lze označit, že rezidua pesticidů byla příčinou oznámení za Slovensko pouze ve dvou letech (2017 a 2018), navíc v nízkých počtech. Za celé sledované období nebyly předmětem žádného oznámení těžké kovy. Kontaminace těžkými kovy je spojována hlavně s průmyslově znečištěnými oblastmi (Thompson a Darwish, 2019).

Tabulka 4.7: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí ve Slovensku za sledované období 2016-2019

Typ nebezpečí	2016		2017		2018		2019		Celkem	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Mykotoxiny	NA	-	5	10,0	3	9,0	12	29,3	20	12,2
Pesticidy	NA	-	7	14,0	2	6,0	NA	-	9	5,5
Těžké kovy	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-
Patogeny	6	15,0	9	18,0	4	12,1	13	31,7	32	19,5
Ostatní	34	85,0	29	58,0	24	72,7	16	39,0	53	32,3
Celkem	40	100	50	100	33	100	41	100	164	100

Vysvětlivky: NA – v daném roce nezjištěno

Nejčastějším předmětem pro oznámení v Rakousku byly za sledované období podobně jako u předchozích jmenovaných zemí patogenní mikroorganismy (111; 43 %) (Tabulka 4.8). Relativně často byla oznamována také přítomnost reziduí pesticidů (31; 12 %). Je známo, že hlavním důvodem nálezů zbytků pesticidů v zemědělských surovinách a poté potravinách je používání přípravků proti škůdcům v zemědělství (Fischer et al., 2011). Za příznivé lze považovat, že těžké kovy byly příčinou oznámení pro systém RASFF pouze v jediném roce.

Tabulka 4.8: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí v Rakousku za sledované období 2016-2019

Typ nebezpečí	2016		2017		2018		2019		Celkem	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Mykotoxiny	5	10,9	3	6,3	NA	-	NA	-	8	3,0
Pesticidy	5	10,9	10	20,8	16	21,9	NA	-	31	12,0
Těžké kovy	NA	-	NA	-	NA	-	7	7,6	7	2,7
Patogeny	21	45,7	15	31,2	36	49,3	39	42,4	111	42,9
Ostatní	15	32,6	20	41,7	21	28,8	46	50,0	102	39,4
Celkem	46	100	48	100	73	100	92	100	259	100

Vysvětlivky: NA – v daném roce nezjištěno

Patogenní mikroorganismy byly hlavní příčinou pro oznámení rovněž v Německu (473; 28 %) (Tabulka 4. 9). Kromě jejich detekce v mase, především drůbežím, byly

zjišťovány také v ovoci a zelenině. Druhý nejčastější typ nebezpečí, které vedlo k oznámení, tvořily mykotoxiny (369; 22 %). Za velmi pozitivní lze označit, že v žádném ze sledovaných let nebyly hlášeny do systému RASFF těžké kovy.

Tabulka 4.9: Přehled o počtech oznámení podle typu nebezpečí v Německu za sledované období 2016-2019

Typ nebezpečí	2016		2017		2018		2019		Celkem	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Mykotoxiny	95	25,7	91	23,6	96	22,9	87	16,3	369	21,6
Pesticidy	NA	-	17	4,4	25	6,0	31	5,8	73	4,3
Těžké kovy	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-
Patogeny	41	11,1	149	38,7	127	30,3	156	29,2	473	27,7
Ostatní	233	63,1	128	33,2	171	40,8	260	48,7	792	46,4
Celkem	369	100	385	100	419	100	534	100	1707	100

Vysvětlivky: NA – v daném roce nezjištěno

V Polsku byly dvěma hlavními příčinami pro vznik oznámení do systému RASFF detekce patogenních mikroorganismů (159; 35 %) a mykotoxinů (71; 14 %) (Tabulka 4.10). Za alarmující lze označit zvyšující se výskyt oznámení z důvodu detekce patogenních mikroorganismů v průběhu sledovaného období. Poměrně vysoká byla i zjištění v případě reziduí pesticidů (42; 9,2 %). Naproti tomu těžké kovy nebyly v žádném ze sledovaných let předmětem oznámení.

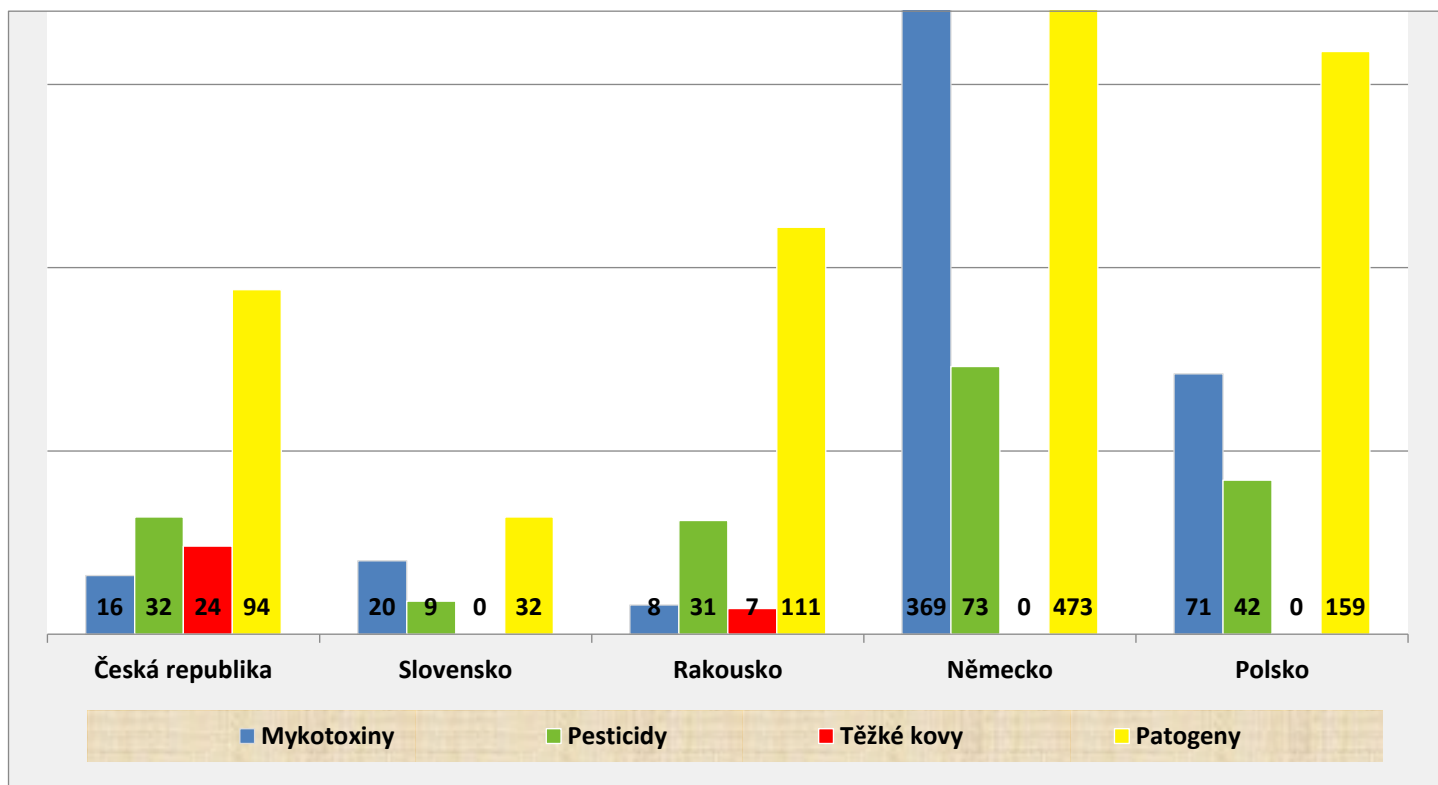
Tabulka 4.10: Přehled o počtech oznámení podle typu nebezpečí v Polsku za sledované období 2016-2019

Typ nebezpečí	2016		2017		2018		2019		Celkem	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Mykotoxiny	14	18,9	14	16,0	25	19,0	18	8,9	71	15,5
Pesticidy	8	10,8	15	17,2	19	14,5	NA	-	42	9,2
Těžké kovy	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-
Patogeny	NA	-	14	16,0	53	40,5	92	45,3	159	34,6
Ostatní	52	70,3	44	50,6	34	25,0	93	45,8	187	40,7
Celkem	74	100	87	100	131	100	203	100	459	100

Vysvětlivky: NA – v daném roce nezjištěno

Ve všech posuzovaných zemích byla nejčastější příčinou vzniku oznámení o nebezpečí přítomnost patogenních mikroorganismů (Graf 4.3). Ve většině případů se jednalo o nálezy bakterií *Salmonella* spp. a *Listeria* spp. Výskyt salmonelových infekcí je velmi často zapříčiněn nehygienickou manipulací či nedostatečným tepelným opracováním drůbežího masa (Gillespie et al., 2005). Je proto nezbytné upozorňovat konzumenty na tato rizika (Whitworth, 2021). Právě drůbeží maso bylo ve většině zemí uváděno v souvislosti s nálezy *Salmonella* spp. v největším počtu případů.

Další významnou příčinu pro oznámení představovala detekce mykotoxinů. K nejčastěji hlášeným patřily AFs a OTA, obvykle v obilovinách, olejninách, ořechách a z finálních výrobků v pekařských výrobcích. Právě produkty rostlinného původu, zejména bohaté na energii, bývají často napadány toxigenními plísněmi, které produkují tyto mykotoxiny (Becker-Algeri, 2016).



Graf 4.3: Vyhodnocení jednotlivých typů nebezpečí ve vybraných zemích za sledované období 2016 - 2017

Závěr

Kontaminace krmiv a potravin cizorodými látkami představuje dlouhodobý globální problém a monitoringu přítomnosti těchto látek je věnována velká pozornost. V této diplomové práci byly zhodnoceny výsledky monitoringu Státní veterinární správy České republiky týkající se výskytu mykotoxinů v krmivech, syrovém mléce a orgánech hospodářských zvířat za období 2015-2019 a dále oznámení o výskytu nebezpečí ze Systému rychlého varování pro potraviny a krmiva ve vybraných zemích Evropské unie za období 2016-2019. Bylo zjištěno, že:

- ve sledovaném období bylo z celkového počtu 1320 analýz krmiv potvrzeno 378 (28,6 %) pozitivních vzorků na mykotoxiny;
- nejvyšší záchyt byl u deoxynivalenolu (143; 43,3 %), naopak nejnižší počet pozitivních vzorků byl u aflatoxinu B₁ (25; 7,6 %);
- z celkového počtu 210 vzorků syrového mléka (kravského, ovčího a koziho) byl zjištěn pouze jeden pozitivní vzorek na přítomnost aflatoxinu M₁. Detekovaná hodnota byla pod hranicí povoleného hygienického limitu 0,05 µg/kg;
- vyšetřené vzorky jaterní tkáně (n=130) hospodářských zvířat odpovídaly platným hygienickým limitům pro mykotoxiny;
- z celkového počtu 14 303 oznámení přijatých do Systému rychlého varování pro potraviny a krmiva za sledované období pocházelo 315 (2,2 % v rámci EU) oznámení z České republiky;
- nejvyšší počet oznámení podalo za sledované období Německo (11,9 % v rámci Evropské unie), nejnižší počet byl hlášen ze Slovenska (1,1 %);
- patogenní mikroorganismy a mykotoxiny představovaly nejčastější příčinu pro vznik oznámení téměř ve všech zemích. Deoxynivalenol a aflatoxiny patřily k mykotoxinům s nejvyšší detekcí.

Závěrem lze říci, že evropský trh je v oblasti cizorodých látek plně monitorovaný a propojený systém. Celkově lze výsledky této studie hodnotit jako velmi příznivé. I přesto je třeba pokračovat v pravidelném monitoringu cizorodých látek za účelem zajištění zdravotně nezávadných potravin.

Seznam použité literatury

Vědecké publikace

Akhtar, S. (2017). Pesticides Residue in Milk and Milk Products. *Mini Review. Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, [online], 18(1): 37-45.

Ashiq, S. (2015). Natural occurrence of mycotoxins in food and feed: Pakistan perspective. *Comprehensive. Reviews in Food Science and Food Safety*, 14:159-175.

Asi, M. R., et al. (2012). Effect of seasonal variations and lactation times on aflatoxin M1 contamination in milk of different species from Punjab, Pakistan, *Food Control*, 25: 34-38.

Aytenfsu, S. a Gezehegne M. (2016). Review on Chemical Residues in Milk and Their Public Health Concern in Ethiopia: *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(4).

Bakirci, I. (2001). Aflatoxin: A study on the occurrence of aflatoxin M1 in milk and milk products produced in van province of Turkey. *Food Control*, 12:47-51.

Battacone, G. et al. (2009). The transfer of aflatoxin M1 in milk of ewes fed diet naturally contaminated by aflatoxins and effect of inclusion of dried yeast culture in the diet. *Journal Dairy Sciences*, 92:4997–5004.

Becker-Algeri, T. et al. (2016). Mycotoxins in bovine milk and dairy products: a review. *Journal of Food Science*, 81:544-552.

Benkerroum, N. (2016). Mycotoxins in dairy products: A review. *International Dairy Journal*, (62):63-75.

Bilandzic, N. et al. (2010). Aflatoxin M₁ in raw milk in Croatia. *Food Control*, 21:1279–81.

Binder, E. et al. (2007). Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 137(3-4):265-282.

Borgå, K. (2001). *Environ. Pollut*, 113:187.

Bortey-Sam, N. et al. (2015). Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily

intakes and target hazard quotients (THQs). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111:160–167.

Bosco, F. a Mollea, C. (2012). Mycotoxins in food. *Internation Technology*, 169-200.

Boudra, H. et al. (2007). Aflatoxin M₁ and Ochratoxin A in raw bulk milk from French dairy herds. *Journal Dairy Science*, 90(3):197–201.

Breitholtz-Emanuelsson, A. et al. (1993). Ochratoxin A in cow's milk and in human milk with corresponding human blood samples. *Journal of AOAC International*, 76:842–6.

Cao, S. et al. (2014). Health risks from the exposure of children to As, Se, Pb and other heavy metals near the largest coking plant in China. *Science of the Total Environment*, 472:1001–1009.

Creppy, E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 127:19-28.

Cruz R. et al. (2015). Brominated flame retardants and seafood safety: A review. *Environment International*, 77: 116–131.

Danicke, S. a Brezina U. (2013). Kinetics and metabolism of the Fusarium toxin deoxynivalenol in farm animals: consequences for diagnosis of exposure and aintoxication and carry over. *Food and Chemical Toxicol*, 60:58–75.

Dashti, B. et al. (2009). Levels of aflatoxin M₁ in milk, cheese consumed in Kuwait and occurrence of total aflatoxin in local and imported animal feed. *Food Control* 20:686–90.

Falandysz, J. (2004). *Food Chem*, 87:17.

Fallah A. (2010). Assessment of aflatoxin M₁ contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. *Food Chemical Toxicol*, 48:988–91.

FAO/WHO (1995). Residues of some veterinary drugs in animals and foods. Monographs prepared by the forty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *FAO Food Nutrition*, 41:1-112.

Fink-Gremmels, J. (2008). Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk – a review. *Food Additives and Contaminants*, 25:172-180.

Fischer, W. et al. (2011). Contaminants of milk and dairy products, Contamination Resulting from Farm and Dairy Practices. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 887-897.

Fletouris, D. et al. (1997). Determination of the Marker Residue of Albendazole in Cheese by Ion-pair liquid Chromatography and Fluorescence Detection. *Journal Dairy Science*, 80:2695-2700.

Flores-Flores, M. a Gonzalez-Penas, E. (2015). Development and validation of a high performance liquid chromatographic-mass spectrometry method for the simultaneous quantification of 10 trichothecenes in ultra-high temperature processed cow milk. *Journal of Chromatography A*, 1419:37-44.

Galtier P. (1991). Pharmacokinetics of ochratoxin A in animals. *IARC* 115:187–200.

Gazzotti T. et al. (2009). Determination of fumonisin B₁ in bovine milk by LC-MS/MS. *Food Control*, 20:1171–1174.

Gelderblom, W. et al. (1988). Fumonisin novel mycotoxins with cancer promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl Environ Microbiol*, 54:1806–1811.

Gillespie, I. et al. (2005). Foodborne general outbreaks of *Salmonella Enteritidis* phage type 4 infection, England and Wales, 1992–2002: where are the risks? *Epidemiology and Infection*, 133:759–801.

Hammer, P. et al. (1996). Carryover of fumonisin B₁ into the milk of lactating cows. *Milchwissenschaft*, 51:691–695.

Han, RW. et al. (2013). Survey of aflatoxin in dairy cow feed and raw milk in China. *Food Control*, 34:35–39.

Hietaniemi, V. a Kumpulainen, J. (1991). Contents of *Fusarium* toxins in Finnish and imported grains and feeds. *Food Additives and Contaminants*, 8:171-182

Hilliard, Y. et al. (1998). Recombinant growth hormone: Potential interest and risks of its use for bovine milk production- a review. *J Anim Prod*, 11:15-32.

-
- Hoagland, TA. et al. (1997). Effect of Bovine Somatotropin (BST) on milk production in angus and hereford cows. *J Anim Sci* 75:131-131.
- Huang, LC. et al. (2014). Simultaneous determination of aflatoxin M1, ochratoxin A, zearalenone and α -zearalenol in milk by UHPLC–MS/MS. *Food Chem*, 146:242–249.
- Hubbert, WT. Et al. (1996). Food Safety and Quality Assurance. *Foods of Animal Origin*. (2nd edn.), Iowa State University Press, Ames.
- Hubbert, WT. et al. (1996). Food Safety and Quality Assurance: Foods of Animal Origin. Ames: Iowa State University Press.
- IARC. (2002). Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. *Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naftalen and styren*. 82:601. ISBN 9283212827
- Ikedo, M. et al. (1996). Background exposure of general population to cadmium and lead in Tainan city, Taiwan. *Arch Environ Contam Toxicol*, 30:121-126.
- Iqbal, S. et al. (2013). Variation of aflatoxin M1 contamination in milk and milk products collected during winter and summer seasons. *Food Control*, 34:714-718.
- Ismail, A. et al. (2016). Aflatoxin M1: Prevalence and decontamination strategies in milk and milk products. *Critical Reviews in Microbiology*, 42:418-427.
- Jager, AV. (2013). Assessment of aflatoxin intake in São Paulo, Brazil. *Food Control*: 33:87–92.
- Jahed, KGR. (2007). Chemical Contaminants in Milk and Public Health Concerns: A Review. *Intern J Dairy Scie*, 2:104-115.
- Jard, G. et al. (2010). Transformation of zearalenone to zearalenone sulfate by *Aspergillus* sp. *World Mycotoxin J*, 3:183–191.
- Jones, KC. et al. (1999). 100:209.
- Kabak, B. (2012). Aflatoxin M1 and ochratoxin A in baby formulae in Turkey: Occurrence and safety evaluation. *Food Control*, 26,182:187.
- Kamkar. A. (2008). Fate of aflatoxin M1 in Iranian white cheese processing. *Food Chem Toxicol*, 46:2236–2238.
- Kampire E. (2011). *Chemosphere*, 84:923.
-

Korsrud, GO. Et al. (1998). Bacterial inhibition tests used to screen for antimicrobial veterinary drug residues in slaughtered animals. *J AOAC Int*, 81:21-24.

LeDoux, M. (2011). *Journal of chromatography A*. 1218:1021.

Lehman-McKeeman, LD. (2008). Absorption, distribution and excretion of toxicants. *Casarett and Doull's Toxicology. The basic science of poisons*, 1:1309.

Li, B., et al. (2016). The accumulation and health risk of heavy metals in vegetables around a zinc smelter in northeastern China. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24):25114–25126.

Licata, P. et al. (2004). Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms. *Calabria*, 30:1-6.

Lindahl, JF. (2018). Aflatoxin M1 levels in different marketed milk products in Nairobi, Kenya. *Mycotoxin Research* [online]. 2018, 34(4), 289-295 [cit. 2021-5-2]. ISSN 0178-7888. Dostupné z: doi:10.1007/s12550-018-0323-4

María, CL. a Mary, T. (2012). Chemical Residues in Animal Food Products: An Issue of Public Health, Public Health Methodology, Environmental and Systems Issues. *National University of Colombia*, 51:641-648.

Meucci, V. et al. (2011). Mycoestrogen Pollution of Italian Infant Food. *Pediatrics*, 159:278–283.

Mitchell, JM. (1998). Antimicrobial drug residues in milk and meat: causes, concerns, prevalence, regulations, tests, and test performance. *J Food Prot* 61:742-756.

Moreno, L. et al. (2008). Pattern of ivermectin and doramectin (cattle) residues in muscular tissue from various anatomical locations. *Food Additives and Contaminants*. 25:406-412.

Nedělník, J. a Moravcová. H. (2005). Problematika výskytu mykotoxinů v krmivech pro dojnice, Výzkumný ústav pícninářský, spol. s.r.o. Troubsko. *Veterinářství*, 55:214-219

Niderkon, V. et al. (2009). Cell wall component and mycotoxin moieties involved in the binding of fumonsin B1 and B2 by lactic acid bacteria. *Appl Microbiol*, 106:977–85.

Nouri, M. a Haddioui, A. (2016). Human and animal health risk assessment of metal contamination in soil and plants from Ait Ammar abandoned iron mine, Morocco. *Environmental Modeling & Assessment*. 1–12.

Ostrý, V. a Kýřová, V. (2017). Taxinogenní vláknité mikroskopické houby a mykotoxiny v potravinách. *Živa*.

Ostrý, V. et al. (1998). The determination of ultra – trace amounts of aflatoxin M1 in human urine in The Czech Republic. *Revue Méd. Vét.*, 149(6):712

Oveisi, MR. et al. (2007). Presence of aflatoxin M1 in milk and infant milk products in Tehran, Iran. *Food Control*, 18(10):1216–1218.

Panter, KE. a James, LF. (1990). Natural plant toxicants in milk: a review. *J Anim Sci*, 68:892-904.

Pareja-Carrera, J. et al. (2014). Lead (Pb) in sheep exposed to mining pollution: Implications for animal and human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 202: 210–216.

Pattono, D. et al. (2011). Detection and quantification of Ochratoxin A in milk produced in organic farms. *Food Chem*, 127:374–377.

Pereira, MMG. Et al. (2005). Aflatoxinas em alimentos destinados a bovinos e amostras de leite da região de Lavras, Minas Gerais – Brasil. *Ciência Agrotec*, 29:106–112.

Placinta, C. et al. (1999). A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*, 78(1-2):21-37.

Prandini, A. et al. (2009). On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47:984-991.

RATHER, I. Et al. (2017). The Sources of Chemical Contaminants in Food and Their Health Implications. *Frontiers in Pharmacology*, 8:5-12.

Richard, JL. et al. (1996). Absence of detectable fumonisins in the milk of cows fed *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg culture material. *Mycopathologia*, 133:123–126.

Rodríguez, A. (2011). Quantification of ochratoxin A-producing molds in food products by SYBR Green and TaqMan real-time PCR methods. *Int J. Food Microbiol*, 149:226–235.

Samková, E. (2012). *Mléko: produkce a kvalita*. 1. vyd., České Budějovice: JU ZF 2012

Sassahara, M. et al. (2005). Aflatoxin occurrence in foodstuff supplied to dairy cattle and aflatoxin M1 in raw milk in the North of Parana state. *Food Chem Toxicol*, 43:981–984.

Seo, JA. a Lee, YW. (1999). Natural occurrence of the C series of fumonisin in mouldy corn. *Appl Environ Microbil*, 65:1331–1334.

Seo, JA. et al. (2001). Characterization of 4 clustered and co regulated genes associated with fumonisin biosynthesis. *Fusarium verticillioides*. *Fungal Genet Biol*, 34:155–165.

Shundo, L. et al. (2009). Estimate of aflatoxin M1 exposure in milk and occurrence in Brazil. *Food Control*, 20:655–657.

Schenck, FJ. a Callery, PS. (1998). Chromatographic methods of analysis of antibiotics in milk. *J Chromatogr A*, 812:99-109.

Signorini, ML. Et al. (2012). Exposure assessment of mycotoxins in cow's milk in Argentina. *Food Chem Toxicol*, 50:250–257.

Smedley, PL. a Kinniburgh, DG. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5):517–568.

Spotti, M. et al. (2001). Fumonisin B1 carry-over into milk in the isolated perfused bovine udder. *Vet Hum Toxicol*, 43:109–111.

Stack, J. a Carlson, M. (2003). NF571 *Aspergillus flavus* and aflatoxins in corn, plant diseases, C-18, field crops. *Lincoln: Historical Materials from University of Nebraska*.

Sundlof, SF. et al. (1995). National survey on veterinarian-initiated drug use in lactating dairy cows. *J Am Vet Med Assoc*, 207:347-352.

Thompson. (2019). Environmental Chemical Contaminants in Food: Review of a Global Problem. *Journal of Toxicology*, 1-14.

Van Egmond, HP. (1993). Aflatoxin M1: occurrence, toxicity, regulation. Mycotoxins in dairy products. London: *Publishers Elsevier Applied Science*, 11:54

Weber, S. (2010). *Total Environment*, 408:2966.

Xiong, JL. 2013. Seasonal variation of aflatoxin M₁ in raw milk from the Yangtze River Delta region of China. *Food Control*, 34:703–706.

Yiannikouris, A. a Jouany, J. (2002). Mycotoxins in feeds and their fate in animals: A review. *Animal Research*, 51:81–99.

Yitbarek, M. a Birhan, T. (2013). Mycotoxines and/or Aflatoxines in Milk and Milk Products: Review. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 7(1):1-32

Knihy

Babička, L. (2017). *Toxicky významné látky v potravinách*. Praha. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-88019-28-2.

Malír, F. a Ostrý, V. (2003). *Vláknité mikromycety (plísně), mykotoxiny a zdraví člověka*. Brno. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, ISBN 80-7013-395-3.

Internetové zdroje

European Commission, (2021). *Country fact sheets | Food Safety* [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/country-fact-sheets_en

Internetový portál bezpečnosti potravin – Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF), (2021). *Internetový portál bezpečnosti potravin*. [online]. [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: [https://bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potraviny-a-krmiva-\(rasff\).aspx](https://bezpecnostpotravin.cz/stranka/system-rychleho-varovani-pro-potraviny-a-krmiva-(rasff).aspx)

Meteorologická stanice Brno, (2019). *Meteorologické záznamy: Rok 2019* [online]. [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: http://www.meteo.jankovic.cz/zaznamy/rok-2019/?fbclid=IwAR3uoMG2I3LNolc2QQ74wqCc6Q2WxybN44qPnqitez_65fKuBy_sxmSB_B0I

Státní veterinární správa ČR, (2016). *Kontaminace potravních řetězců cizorodými látkami* [online]. [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/kontaminace-potravnich-retezcu-cizorodymi-latkami-situace-v-roce-2015>

The Stockholm Convention, (2021). *Status of Ratification* [online]. [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatories/tabid/4500/Default.aspx>.

Whitworth, 2021 - <https://www.foodsafetynews.com/2021/04/germany-records-salmonella-infections-linked-to-poultry-meat/>

Právní předpisy

Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů. [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1999-166-viceoblasti.html.

Nařízení (ES) č. 178/2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32002R0178>.

Nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:CS:PDF>.

Vyhláška č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování (monitoringu) přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé pro zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech, ve znění pozdějších předpisů.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Zdroje a cesty kontaminace z životního prostředí ke zvířeti a člověku (Thompson a Darwich, 2019)	11
Obrázek 2.2: Zdroje kontaminace mléka (Fischer et al., 2011).....	12
Obrázek 2.3: Schéma fungování RASFF v ČR.....	31

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Koncentrace těžkých kovů ve vzorcích kravského mléka v mg/kg (Khaniki, 2007)	14
Tabulka 2.2: Maximální limity reziduí (MRL, v µg/kg) některých léčiv v mléce dle předpisů Evropské unie (Aytenfsu et. al., 2016)	17
Tabulka 2.3: Průměrná hladina reziduí pesticidů v mléce (Aytenfsu et. al., 2016) ...	18
Tabulka 2.4: Vybrané mykotoxiny v rostlinných produktech (Creepy, 2002; Malíř a Ostrý, 2003; Babička, 2017) Vybrané mykotoxiny v rostlinných produktech	21
Tabulka 2.5: Rozpětí obsahu mykotoxinů (µg/kg) v různých druzích mléka a v mléčné dětské výživě	23
Tabulka 2.6: Tolerovaný denní příjem (TDI) nejběžnějších mykotoxinů v potravinách (Benkerroum, 2016)	24
Tabulka 2.7: Produkty metabolisme bachoru a míra přenos mykotoxinů do mléka (Fink-Gremmels, 2008)	27
Tabulka 3.1: Počet vyšetřených vzorků krmiv, tkání a mléka SVS ČR za období 2015 - 2019 na obsah mykotoxinů	32
Tabulka 4.1: Přehled vyšetřených a pozitivních vzorků dle jednotlivých mykotoxinů ve sledovaném období 2015 - 2019	36
Tabulka 4.2: Monitoring mykotoxinů v krmivech pro hospodářská zvířata v České republice ve sledovaném období 2015 - 2019	37
Tabulka 4.3: Porovnání kontaminace krmiv mykotoxiny ve dvou studiích	38
Tabulka 4.4: Výsledky monitoringu přítomnosti aflatoxinu M ₁ v syrovém mléce ve sledovaném období 2015 - 2019	39
Tabulka 4.5: Výsledky monitoringu přítomnosti aflatoxinu B ₁ a sumy aflatoxinů B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ v játrech přežvýkavců ve sledovaném období 2015 - 2019	42
Tabulka 4.6: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí v České republice za sledované období 2016-2019	46
Tabulka 4.7: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí ve Slovensku za sledované období 2016-2019	47
Tabulka 4.8: Přehled o počtech oznámení dle typu nebezpečí v Rakousku za sledované období 2016-2019	47
Tabulka 4.9: Přehled o počtech oznámení podle typu nebezpečí v Německu za sledované období 2016-2019	48

Tabulka 4.10: Přehled o počtech oznámení podle typu nebezpečí v Polsku za sledované období 2016-2019	48
--	----

Seznam grafů

Graf 4.1: Přehled jednotlivých typů oznámení týkající se České republiky za sledované období 2016 – 2019	43
Graf 4.2: Přehled jednotlivých typů oznámení u vybraných zemí za sledované období 2016 - 2019	44
Graf 4.3: Vyhodnocení jednotlivých typů nebezpečí ve vybraných zemích za sledované období 2016 - 2017	49

Seznam použitých zkratek

AFB₁ – aflatoxin B₁

AFM₁ – aflatoxin M₁

AFs – aflatoxiny

As – arzén

a_w – vodní aktivita

BST – růstový hormon somatotropin

Ca – vápník

Cd – kadmium

CL – cizorodá látka

Cu – měď

ČR – Česká republika

DDD – diclordifenyldichlorethen

DDT – dichlordifenyiltrichlorethan

DON – deoxynivalenol

EK – evropská komise

EU – Evropská unie

FB₁ – fumonisin B₁

FB₂ – fumonisin B₂

Hg – rtuť

IARC – Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

kg – kilogram

KVS – Krajská veterinární správa

ML – maximální limit

MLR – maximální limit reziduí

MZe – Ministerstvo zemědělství

OCP – organochlorový pesticid

OPP – organofosforový pesticid

OTA – ochratoxin A

Pb – olovo

PCB – polychlorované bifenyly

RASFF – systém rychlého varování pro potraviny a krmiva

SVS ČR – Státní veterinární správa České republiky

ÚVS – Ústřední veterinární správa

ZEN – zearalenon

Zn – zinek
