



Fakulta zemědělská  
a technologická  
Faculty of Agriculture  
and Technology

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

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

## **FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ**

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

### **Diplomová práce**

## **Přítomnost mykotoxinu – aflatoxinu M1 v mléce**

Autor práce: Bc. Tereza Uhlíková  
Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D.  
Konzultant práce: doc. MVDr. Lucie Hasoňová, Ph.D.

České Budějovice  
2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....  
Podpis

## **Abstrakt**

Mykotoxiny jakožto sekundární produkty plísní mohou kontaminovat krmiva a metabolickou cestou v těle dojnice se dostávat do mléka. Nejvíce sledovaným mykotoxinem v souvislosti s kontaminací mléka je aflatoxin M1 (AFM1). V literárním přehledu práce je kladen zřetel na identifikaci jednotlivých druhů mykotoxinů a jejich přenos do mléka, dále je věnována pozornost souhrnu dosavadních výsledků monitoringu aflatoxinů v mléce, negativním účinkům mykotoxinů na zdraví a možnostem stanovení mykotoxinů. Praktická část se skládá ze dvou podkapitol, a to monitoringu AFM1 v syrovém mléce krav, ovcí a koz v letech 2006-2020 z dat Státní veterinární správy ČR, kde je vyhodnocen faktor sledovaného období a druhu mléka na obsah AFM1 v syrovém mléce. Druhá část interpretuje výsledky monitoringu AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce dodávaném do mlékárenského závodu.

**Klíčová slova:** mléko, krávy, kozy, ovce, kontaminující látky, mykotoxiny, preventivní opatření

## **Abstract**

Mycotoxins, as secondary products of fungi, can contaminate feeds and enter the milk through the metabolic pathway in the cow's body. The most studied mycotoxin associated with milk contamination is aflatoxin M1 (AFM1). The review focuses on the identification of different types of mycotoxins and their transfer to milk, and attention is paid to a summary of the results of monitoring aflatoxins in milk and the negative effects of mycotoxins on health and the possibility of mycotoxins determination. The practical part of the thesis consists of two subchapters, namely monitoring AFM1 in raw milk of cows, sheep and goats in the years 2006-2020 from the data of the State Veterinary Administration of the Czech Republic, where the factor of the observed period and type of milk was evaluated for AFM1 content in raw milk. The second part interprets the results of AFM1 monitoring in purchased raw cow's milk delivered to the dairy factory.

**Keywords:** milk, cows, goats, sheeps, contaminants, mycotoxins, preventive steps

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce paní doc. Ing. Evě Samkové, Ph.D. za pomoc, trpělivost a hlavně čas, který mi věnovala při psaní práce. Dále děkuji konzultantce paní doc. MVDr. Lucii Hasoňové, Ph.D. Poděkování patří firmě O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., která dodala testy použité v praktické části práce, jmenovitě děkuji jejímu zástupci panu Tomáši Černému. Poděkování patří také mlékárně Madeta a.s. za poskytnutí laboratorního prostředí, vybavení a vzorků mléka, jmenovitě vedoucí laboratoře paní Ing. Veronice Střelečkové. V neposlední řadě si dovoluji poděkovat své rodině a přátelům za neutuchající podporu při studiu.

## Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Charakteristika mykotoxinů .....	9
1.2 Negativní působení mykotoxinů .....	10
1.2.1 Vliv na zdraví zvířat a lidí.....	10
1.2.2 Vliv na kvalitu mléka .....	13
1.3 Aflatoxiny.....	14
1.3.1 Situace s AFM1 ve světě a v ČR.....	16
1.3.2 Přenos AFM1 do mléka .....	22
1.3.3 Účinky zpracování mléka na obsah AFM1 .....	23
1.4 Ostatní vybrané druhy mykotoxinů a jejich účinky .....	23
1.5 Faktory ovlivňující přítomnost mykotoxinů v mléce .....	27
1.5.1 Kontaminace krmiv mykotoxiny .....	27
1.5.2 Metody dekontaminace potravin a krmiv .....	30
1.6 Stanovení mykotoxinů.....	33
1.7 Legislativa a hygienické limity pro mykotoxiny.....	34
2 Cíl práce .....	37
3 Materiál a metodika.....	38
3.1 Metodika monitoringu AFM1 v syrovém mléce dojníc, koz a ovcí .....	38
3.2 Metodika stanovení AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce .....	39
3.3 Statistické vyhodnocení dat.....	41
3.3.1 Statistické vyhodnocení dat získaných z monitoringu SVS ČR .....	41
3.3.2 Statistické vyhodnocení monitoringu nakupovaného syrového kravského mléka dodávaného do mlékárenského závodu .....	42
4 Výsledky a diskuse.....	43

4.1	Vyhodnocení výsledků monitoringu AFM1 SVS ČR.....	43
4.1.1	Vliv období .....	43
4.1.2	Vliv druhu mléka.....	47
4.2	Vyhodnocení výsledků monitoringu AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce.....	49
4.2.1	Výsledky stanovení AFM1 pomocí Aflasensoru v roce 2018 .....	49
4.2.2	Výsledky stanovení AFM1 pomocí Charm MRL AFM1 v roce 2022	50
	Závěr .....	54
	Seznam použité literatury.....	55
	Seznam obrázků .....	66
	Seznam tabulek .....	67
	Seznam grafů.....	68
	Seznam použitých zkratek.....	69
	Přílohy .....	70

---

## Úvod

Mléko hraje ve výživě člověka důležitou roli, proto by jeho kvalitě měla být věnována náležitá pozornost. Jedním z ukazatelů kvality mléka je obsah kontaminujících látek, mezi které spadají i mykotoxiny.

Za rizikovější z hlediska lidské spotřeby se pokládají potraviny rostlinného původu než živočišného. To je dáno především skutečností, že z krmiv je přijata jen část obsahu mykotoxinů, a navíc v průběhu trávení a metabolických procesů se část mykotoxinů inaktivuje. Procento kontaminovaných produkčních plodin postižených mykotoxiny se odhaduje přibližně na jednu čtvrtinu celkové tržní produkce krmivářských a potravinářských komodit. Za více náchylné plodiny ke kontaminaci jsou považovány obilniny, luskoviny a ořechy, spíše než jeteloviny a pícniny, ačkoli rozdíly nejsou příliš razantní.

Do mléka mykotoxiny pronikají metabolickou cestou z krmiv přijatých dojníc. Působení mykotoxinů v organismu závisí na typu mykotoxinu, délce jeho působení a požité dávce, dále také na výživě a aktuálním zdravotním stavu jedince.

Cílem práce je vyhodnocení monitoringu přítomnosti aflatoxinu M1 ve vzorcích syrového kravského mléka v závislosti na vybraných faktorech.



---

# 1 Literární přehled

## 1.1 Charakteristika mykotoxinů

Šilha a Hart (2005) popisují mykotoxiny jako toxické látky nebílkovinné povahy, které jsou produkovány mikroskopickými houbami a jsou toxické pro člověka, hospodářská zvířata a volně žijící živočichy.

Mykotoxiny jsou sekundární metabolity vybraných druhů plísní. V současné době je popsáno přibližně 400 druhů mykotoxinů. Přítomnost mykotoxinů v potravinách a krmivech představuje celosvětový problém jak z ekonomického, tak i ze zdravotního hlediska (Straňák, 2002).

Mykotoxiny a jejich metabolity jsou rozpustné v tucích, snadno se vstřebávají střevem, dýchacími cestami a kůží. V posledních letech narůstá riziko kontaminace potravin a krmiv mykotoxiny, což má za následek zhoršení zdraví lidí a zvířat. Kontaminace potravin a krmiv mykotoxiny se stala předmětem velkého výzkumného zájmu, protože je spojována s mnoha smrtelnými chorobami, jako například s rakovinou a dalšími chronickými onemocněními (Mahendra a Ajit, 2010).

Plísně produkují mykotoxiny nejspíše v rámci boje o přežití a v konkurenčním boji o zdroje živin. Podle Havlové a Jičínské (1995) patří mezi nejvýznamnější plísně produkující mykotoxiny rody *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*. Mykotoxiny mohou být zjišťovány v potravině dokonce i tehdy, když se produkující plíseň na povrchu potravin již nevyskytuje. Jednotlivé druhy plísní mohou tvořit i více druhů mykotoxinů a naopak, jeden druh mykotoxinu může být tvořen několika různými plísněmi. Velká část mykotoxinů je termostabilní při výrobních potravinářských procesech a zpracovávání krmiv. Ani technologické procesy hladinu mykotoxinů významně neovlivňují. Za velmi odolné lze považovat aflatoxiny, zearalenon, fumonisiny, vybrané skupiny ochratoxinů a další mykotoxiny (Suchý a Herzig, 2005). Nejvýznamnější producenti mykotoxinů jsou popsáni v tabulce 1.1.

**Tabulka 1.1: Přehled vybraných mykotoxinů a jejich producentů**

<b>Plísně</b>	<b>Mykotoxiny</b>
<i>Fusarium</i>	Trichotheceny
	Deoxynivalenol
	Nivalenol
	T-2 toxin
	Zearalenon
	Fumonisin
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxiny
	Ochratoxiny
	K. cyklopiazonová
	Tremorgeny
<i>Penicillium</i>	Ochratoxiny
	Citrinin
	Patulin
	K. penicilová
<i>Claviceps</i>	Ergotamin
	Ergocryptin
	Ergovalin

Zdroj: upraveno; Malíř a Ostrý, 2003

## **1.2 Negativní působení mykotoxinů**

### **1.2.1 Vliv na zdraví zvířat a lidí**

Onemocnění způsobené otravou mykotoxiny se označuje jako mykotoxikóza. Mykotoxikózy lze podle přijaté dávky mykotoxinu v čase rozdělit na akutní a chronické. Akutní mykotoxikózy, vznikající při požití vyšších dávek mykotoxinů, způsobují specifické akutní příznaky onemocnění nebo mohou způsobit i smrt. Jedná se například o akutní hepatitidu při požití aflatoxinu. Dále se pak jedná o chronické mykotoxikózy, které se vyskytují při opakovaném, déletrvajícím příjmu nízkých až středních dávek mykotoxinů. Chronické mykotoxikózy probíhají bez zřejmých klinických příznaků, tudíž většinou uniknou pozornosti. Mezi jejich projevy patří snížená užitkovost

---

(zpomalený růst, snížená laktace), poruchy imunitního systému (imunosuprese), poruchy reprodukce. Rovněž mohou snižovat využitelnost krmiv zvířaty (Straňák, 2002).

Obecně platí, že přežvýkavci jsou méně citliví na mykotoxiny než jiná zvířata. To může být způsobeno schopností bachorové mikroflóry degradovat nebo přeměňovat mykotoxiny na méně toxické sloučeniny (Jouany et al., 2009; Malyugina, 2019).

Šilha a Hart (2005) uvádějí nejčastější účinky mykotoxinů na zdraví zvířat a lidí:

- mutagenní účinky – vyvolávají změny v DNA či RNA (vratné či nevratné změny v genetické informaci);
- teratogenní účinky – negativně ovlivňují embryonální vývoj;
- karcinogenní účinky – podporují nebo přímo působí vznik nádorových onemocnění;
- strumigenní účinky – ovlivňují funkci štítné žlázy, např. distribuci jódu do štítné žlázy;
- hepatotoxické účinky – způsobují hypofunkci nebo poškození jater;
- nefrotoxické účinky – poškozují ledviny;
- estrogenní účinky – mění hormonální hladinu v těle, vyvolávají poruchy říje.

V tabulce 1.2. jsou popsána vybraná významná onemocnění vyvolaná mykotoxiny.

**Tabulka 1.2: Významná akutní a chronická onemocnění spojovaná s mykotoxiny**

<b>Mykotoxin</b>	<b>Mykotoxikóza</b>
Deoxynivalenol (DON)	Akutní DON toxikóza
	Otrava červenou plísní
Ochratoxin A	Nádory ledvin
Ochratoxin A a další mykotoxiny	Balkánská endemická nefropatie
Námelové mykotoxiny	Ergotismus
	Kwashiorkor
	Reyův syndrom
Aflatoxiny	Primární jaterní karcinom
	Aflatoxikóza
Fumonisin	Rakovina jícnu
Trichoheceny	Alimentární toxická aleukemie
	Stachybotryotoxikóza
Luteoskyrin, citrinin, citreovidin aj.	Onemocnění ze žluté rýže
Citreoviridin	Akutní kardiální beri-beri

Zdroj: Ostrý, 2000

**Toxicita mykotoxinů** je měřena a uváděna v tzv. letální dávce. Například letální dávka označovaná LD50 (měřena v gramech či miligramech na kilogram živé hmotnosti organismu) označuje skutečnost, že při požití určitého množství látky (mykotoxinu) uhynie 50 % organismů a 50 % přežije.

Jednou z reakcí organismu na příjem mykotoxinů může být i alergická reakce, což znamená nepřiměřeně silnou imunitní reakci organismu na příjem konkrétní látky. Alergické reakce se však těžko měří a jsou individuální (Šilha a Hart, 2005).

Karcinogenní účinky vybraných mykotoxinů dle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) a jejich limitní koncentrace znázorňuje tabulka 1.3.

**Tabulka 1.3: Zařazení mykotoxinů do kategorií dle karcinogenního účinku včetně limitních koncentrací**

Mykotoxin	Kategorie	Limitní koncentrace
Aflatoxin B1	1 <sup>1</sup>	2 µg/kg ve všech obilovinách; <0,1 µg/kg v dětské výživě
Aflatoxin M1	1	0,05 µg/kg mléka a mléčných produktů
Ochratoxin A	2B <sup>2</sup>	3 µg/kg v potravinách
Patulin	3 <sup>3</sup>	0,4 µg/kg hmotnosti/den
Fumonisin B1	2B	2 µg/kg hmotnosti/den
Zearalenon	Neklasifikován	0,5 µg/kg hmotnosti/den

Zdroj: Luo et al., 2018

<sup>1</sup>1 karcinogen = prokázaný lidský karcinogen; <sup>2</sup>2B = možný lidský karcinogen; <sup>3</sup>3 karcinogen = zatím není klasifikován jako karcinogenní pro člověka

### 1.2.2 Vliv na kvalitu mléka

Kvalita mléka ve vztahu k toxickým kontaminantům přímo souvisí s druhem a kvalitou krmiv pro zvířata v návaznosti na metabolismus mykotoxinů a jejich následné vylučování do mléka. Úroveň vylučování mykotoxinů do mléka je obecně nízká a je ovlivněna molekulovou hmotností a lipofilitou daného mykotoxinu. Rychlost transportu také ovlivňuje gradient pH mezi krevní plazmou a mlékem, který se mění podle zdravotního stavu zvířete (Becker-Algeri et al., 2016).

Dle práce týmu Křížová et al. (2016) ovlivnil obsah mykotoxinů v mléce následující ukazatele kvality mléka: tuk, aceton, pH, elektrickou vodivost, alkoholovou stabilitu, kvalitu sýřeniny, pevnost sýřeniny, objem syrovátky, syrovátkové bílkoviny, dusíkaté látky nebílkovinné, močovinu, poměr tuku/hrubé bílkoviny. Celková úroveň závažnosti mykotoxinů ve studii byla relativně nízká bez jasného vlivu na vlastnosti mléka.

V další studii zpracované týmem Křížová et al. (2021) byl zkoumán vliv přítomnosti zearalenonu v mléce na růst bakteriálních kultur *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* a *Pseudomonas fluorescens*. Vybrané mikroorganismy byly zearalenonem omezovány v růstu pouze ojediněle v závislosti na inkubační době a teplotě, bakteriálním druhu a počáteční inokulaci. Citlivost vybraných mikroorganismů k inhibičnímu účinku zearalenonu tak byla v malé míře prokázána. Jiná studie zaměřená rovněž na

zearalenon v mléce prokázala negativní vliv na růst *Streptococcus thermophilus* a fermentační procesy. Výzkum prokázal, že růst a životaschopnost *Lactobacillus delbrueckii* a *S. thermophilus* byly přítomností zearalenonu v mléce negativně ovlivněny (Hanuš et al., 2018).

### 1.3 Aflatoxiny

Aflatoxiny jsou produkovány plísněmi rodu *Aspergillus* a v menší míře také rodem *Emericella*. Konkrétně se jedná především o *A. flavus*, *A. nomius*, *A. parasiticus* a další popsané druhy uvedené v tabulce 1.4. Jednotlivé toxigenní druhy jsou rozděleny do tří sekcí: *Nidulantes*, *Flavi* a *Ochraceorosei*. U každého druhu plísně v tabulce 1.4 je příslušná sekce uvedena v závorce.

**Tabulka 1.4: Toxigenní druhy rodů *Aspergillus* a *Emericella***

Druh plísně <sup>1</sup>	Země	Mykotoxin <sup>2</sup>
<i>A. bombycis</i> (F)	Japonsko, Indonésie	AFB, AFG
<i>A. flavus</i> (F)	Všudypřítomný	AFB1, AFB2
<i>A. nomius</i> (F)	USA, Thajsko, Jižní Amerika	AFB, AFG
<i>A. parasiticus</i> (F)	téměř všudypřítomný	AFB, AFG
<i>A. parvisclerotigenus</i> (F)	Afrika	AFB, AFG
<i>A. minisclerotigenes</i> (F)	USA, Afrika, Austrálie, Jižní Amerika	AFB, AFG
<i>A. arachidicola</i> (F)	Jižní Amerika	AFB, AFG
<i>A. pseudotamarii</i> (F)	Japonsko, Jižní Amerika	AFB1
<i>A. ochraceoroseus</i> (O)	Afrika	AFB1, AFB2
<i>A. rambellii</i> (O)	Afrika	AFB1, AFB2
<i>E. astellata</i> (N)	Jižní Amerika	AFB1
<i>E. olivicola</i> (N)	jižní Evropa	AFB1
<i>E. venezuelensis</i> (N)	Jižní Amerika	AFB1

Zdroj: upraveno; Gupta, 2012

<sup>1</sup>Sekce: F = Flavi; O = Ochraceorosei; N = Nidulantes

<sup>2</sup>AFB = aflatoxin B; AFG = aflatoxin G; AFB1 = aflatoxin B1; AFB2 = aflatoxin B2

---

Makroskopický pohled na kulturu plísně *Aspergillus flavus* rostoucí na živné půdě “Czapek yeast extract agar,” je ilustrován na obrázku 1.1. Proces kultivace na agaru probíhal při 25 °C po dobu 7 dní.



Zdroj: Ostrý a Kýrová, 2021

**Obrázek 1.1:** *Aspergillus flavus*

Optimální teplota, za které jsou aflatoxiny produkovány, je 28 °C a pH v rozmezí 2,5–6. Produkce aflatoxinů se pod hranicí 12% vlhkosti zastavuje. K nejvýznamnějším skupinám aflatoxinů se řadí aflatoxin B1 (AFB1), aflatoxin B2 (AFB2), aflatoxin G1 (AFG1) a aflatoxin G2 (AFG2), ale uvádí se celkem 18 druhů. Označení pochází z anglických názvů pro barvy (B=blue, G=green) a odvozuje se z jejich zbarvení při fluorescenci (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Aflatoxiny patří k nejvíce prozkoumaným skupinám mykotoxinů. Aflatoxiny jsou absorbovány ze zažívacího traktu, metabolizovány a do značné míry vylučovány. Distribuce metabolitů do různých částí těl zvířat může způsobovat zvýšený obsah nebezpečných reziduí v potravinách živočišného původu (mléko, maso a vejce). V těle dojnic jsou aflatoxiny zčásti změněny na hydroxysloučeniny. Toxičtější a aktivnější formy, označované jako AFM1, AFM2, přechází do mléka a masa (Suchý a Herzig, 2005). Vzhledem k riziku, které představuje AFM1 přítomný v mléce, byl legislativou EU stanoven limit pro obsah AFM1 v mléce na 0,05 µg/l (bližší specifikováno v kapitole Limity).

---

Aflatoxiny jsou považovány za karcinogenní, mutagenní a teratogenní. Je známo, že vedou k akutním či chronickým onemocněním jater. Za nejtoxičtější je považován AFB1 (mlékem vylučovaný jako AFM1). AFB1 se označuje jako nejhojněji zastoupený a také nejvíce karcinogenní aflatoxin, který lze nalézt v přírodě (Ying et al., 2018).

Bylo prokázáno, že dojnice za 24 hodin od konzumace krmiva s AFB1 v množství 300 µg/kg produkovala mléko obsahující aflatoxin v množství 1 µg/l. Detekovatelné množství aflatoxinu zmizelo z mléka za 45 dní od posledního kontaktu s kontaminovaným krmivem (Šilha a Hart, 2005).

Dle Camaje et al. (2018) nebyly pozorovány rozdíly v množství AFM1 v zimním a letním období. S tímto tvrzením souhlasí rovněž Venâncio et al. (2019). V práci byly zkoumány farmy dvou různých klimatických pásem v letní a zimní sezóně, a taktéž nebyly v množství AFM1 v mléce nalezeny významné rozdíly.

Naopak v rozporu s výše uvedeným tvrzením je práce týmu Bilandžić et al. (2014), kde v průběhu celého roku obsahovaly více AFM1 vzorky mléka v únoru, březnu a dubnu. V následujícím roce stejný tým provedl studii znovu, a zde se statisticky významné rozdíly v jednotlivých měsících již nepotvrdily a nálezy nadlimitních hladin AFM1 byly nižší. Z toho lze usuzovat, že kvalitě krmiv pro dojnice byla v druhém období věnována větší pozornost (Bilandžić et al., 2015).

### **1.3.1 Situace s AFM1 ve světě a v ČR**

Vzhledem k širokému rozšíření kontaminace krmiv pro dojnice aflatoxiny a následně průniku těchto látek do mléka bylo v předchozím desetiletí provedeno mnoho studií analyzujících obsah AFM1 v mléce. Vybrané studie provedené v letech 2011 až 2019, které byly dostupné na Google Scholar byly zpracovány do přehledné tabulky 1.5. Výsledky ukázaly, že riziko vysokých koncentrací AFM1 v syrovém mléce bylo hlášeno z různých zemí po celém světě. V mnoha z těchto studií maximální hodnota AFM1 překročila limit 0,05 µg/l. Stojí za zmínku, že riziko kontaminace AFM1 v mléce celosvětově odráží v posledních letech klesající trend, což naznačuje, že bezpečnost mléka se s ohledem na AFM1 neustále zlepšuje. Velmi vysoké hladiny AFM1 však byly nalezeny v několika zemích, např. 4,980 µg/l v Etiopii, 3,800 µg/l v Indii a 2,007 µg/l v Tanzanii. Takto vysoké hladiny AFM1 mohou představovat vážné zdravotní riziko spojené s konzumací mléka (Salari et al., 2020; Min et al., 2021).



**Tabulka 1.5: Přehled kontaminace mléka aflatoxinem M1 (AFM1) ve vybraných zemích v letech 2009-2019**

Rok	Země	Vzorky			Max. množství (µg/l)	Zdroj
		počet	% pozitivních	% nadlimitních dle EU		
2013	Srbsko	50	100	76	1,440	Škrbić et al., 2014
2013-2016	Srbsko	423	80,9	49,1	5,078	Jajić et al., 2018
2015-2018	Srbsko	20 235	80,8	25,6	1,260	Milićević et al., 2019
2012	Brazílie	7	28,6	28,6	>0,835	Scaglioni et al., 2014
2017	Brazílie	40	87,5	0,0	0,045	Venâncio et al., 2019
2013	Chorvatsko	3736	100	27,9	1,135	Bilandžić et al., 2014
2013-2014	Chorvatsko	3543	100	3,4	0,764	Bilandžić et al., 2015
2014-2015	Etiopie	110	100	91,9	4,980	Gizachew et al., 2016
2011	Indie	45	64,5	48,9	3,800	Siddappa, et al., 2012
2006-2007	Keňa	524	73,7	16,8	0,780	Kang'ethe et al., 2009
2010-2011	Pákistán	107	71,1	41,2	0,845	Iqbal a Asi, 2013
2011	Pákistán	107	58,9	35,6	0,980	Iqbal et al., 2014
2014	Tanzanie	37	83,8	83,8	2,007	Mohammed et al., 2016

Rok	Země	Vzorky			Max. množství (µg/l)	Zdroj
		počet	% po- zitiv- ních	% nadli- mitních dle EU		
2013-2016	Itálie	485	6,0	0,4	0,150	Cammilleri et al., 2019
2016	Kosovo	192	38,0	5,7	0,082	Camaj et al., 2018

Zdroj: upraveno dle Min et al., 2021; Uhlíková, 2019

Další podobná srovnávací tabulka, zabývající se AFM1 v syrovém kravském mléce (tabulka 1.6) sleduje procento pozitivních vzorků, rozpětí naměřených hodnot AFM1 a průměrnou hodnotu ve vzorku. Situace s výskytem AFM1 je závažnější v rozvojových zemích, pravděpodobně vzhledem k nižší úrovni hygienické praxe při výrobě a pěstování krmiv pro dojnice (Turna a Wu, 2021).

**Tabulka 1.6: Průměrné hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém mléce v různých zemích světa**

Země	Vzorky			Zdroj
	% pozitivních	rozpětí hodnot (µg/l)	průměrná hodnota (µg/l)	
Alžírsko	46,43	0,096–0,557	0,072	Mohammedi- Ameur et al., 2020
Argentina	64	0-0,07	0,028	Alonso et al., 2010
Brazílie	28,6	0-1,7	0,835	Scaglioni et al., 2014
Čína	75,2	0,0053-0,0362	0,016	Xiong et al., 2020
Chorvatsko	x	0,001–0,124	0,006	Bilandzic et al., 2016
Egypt	38	0,023–0,073	0,0171	Amer a Ibrahim, 2010

Země	Vzorky			Zdroj
	% pozitivních	rozpětí hodnot (µg/l)	průměrná hodnota (µg/l)	
Etiopie	100	0,028–4,98	0,41	Gizachew et al., 2016
Francie	3,1	0,008–0,026	0,0024	Boudra et al., 2007
Řecko	64,3	<0,005–0,055	0,0342	Tsakiris et al., 2013
Indie	45,3	x	0,018	Nile et al., 2016
	100	0,001–3,8	0,016	Siddappa et al., 2012
Irán	63,97	<0,01–0,41	0,028	Ghiasian et al., 2007
	100	0,041–0,065	0,053	Tajkarimi et al., 2007
	56,7	0,05–0,35	0,103	Sefidgar et al., 2008
	73	0,017–0,390	0,055	Kamkar et al., 2014
	84	x	0,068	Rahimi et al., 2009
	35	0,005–0,100	0,013	Habibipour et al., 2010
	100	0,004–0,113	0,04	Kamkar et al., 2011
	54	0,001–0,116	0,057	Tajkarimi et al., 2008
	80	0,011–0,321	0,066	Fallah et al., 2015
	46	0,012–0,189	0,022	Fallah et al., 2016

Země	Vzorky			Zdroj
	% pozitivních	rozpětí hodnot (µg/l)	průměrná hodnota (µg/l)	
Irán	100	0,05–0,10	0,027	Movassaghgha- zani a Ghorbiani, 2017
Itálie	12,3	0,004–0,052	0,037	De Roma et al., 2017
Japonsko	100	x	0,0073	Sugiyama et al., 2008
Jordánsko	100	0,007–0,130	0,056	Omar, 2012
Keňa	x	<0,002–1,100	0,131	Lindahl et al., 2018
	100	0,015–4,563	0,29	Kuboka et al., 2019
Libanon	58,8	0,011–0,440	0,035	Daou et al., 2020
	73,6	0,0026–0,126	0,06	Assem et al., 2011
Nigérie	x	0,009–0,456	0,108	Oluwafemi et al., 2014
Pákistán	37,5	x	0,014	Hussain et al., 2010
	71	0,004–0,845	0,151	Iqbal and Asi, 2013
	80,95	0,69–100,04	17,38	Muhammad et al., 2010
	64,9	x	0,111	Iqbal et al., 2017
	x	0,3–1,0	0,64	Akbar et al., 2019
Palestina	85	0,020–0,080	0,029	Al Zuheir a Omar, 2012
Rwanda	x	x	0,89	Maier 2018
Srbsko	x	0,005–0,90	0,19	Kos et al., 2014

Země	Vzorky			Zdroj
	% pozitivních	rozpětí hodnot (µg/l)	průměrná hodnota (µg/l)	
Srbsko	85	<0,005–1,10	0,069	Milicevic et al., 2017
jižní Afrika	87,1	0,01–2,85	0,145	Mulunda a Mike, 2014
Jižní Korea	48	0,002–0,08	0,026	Lee et al., 2009
Súdán	100	0,1–2,52	0,92	Ali et al., 2014
	98,6	0,018–0,086	0,069	Suliman a Abdalla, 2013
Sýrie	95	0,020–0,690	0,143	Ghanem a Orfi, 2009
Tanzánie	83,8	0,026–2,007	0,297	Mohammed et al., 2016
Thajsko	100	0,05–0,197	0,068	Ruangwises a Ru- angwises, 2009
Turecko	21,1	0,011–0,1	0,036	Sahin et al., 2016
	53	0,025–1,01	0,153	Golge, 2014
	86	0,001–0,030	0,0087	Ertas et al., 2011
	17	0,005–0,300	0,083	Keskin et al., 2009

Zdroj: upraveno dle Turna a Wu (2021)

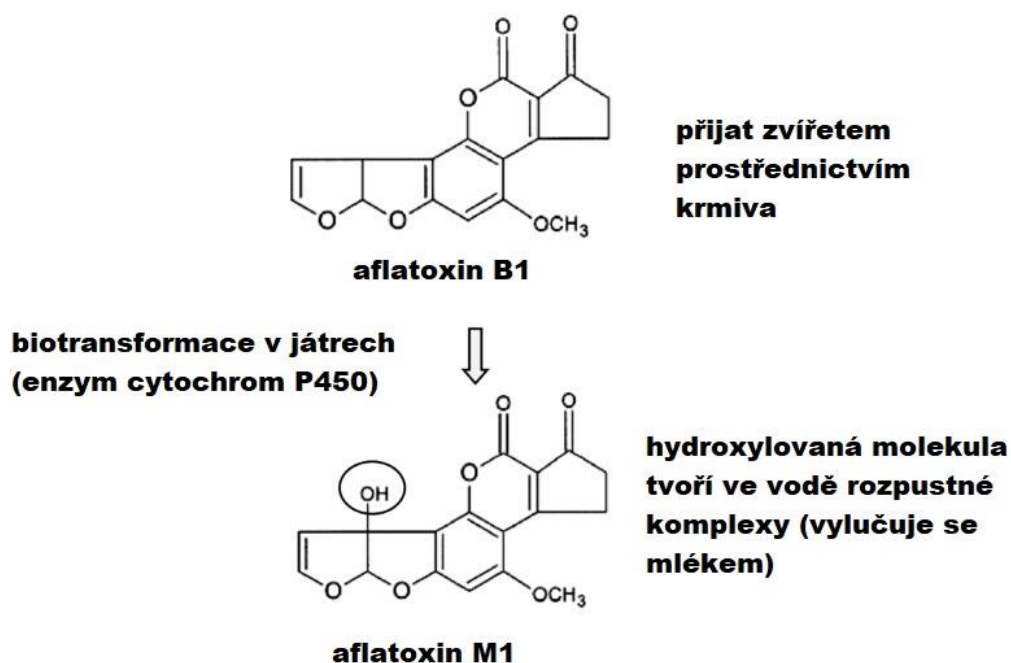
Situaci s AFM1 v mléce v České republice nelze spolehlivě zhodnotit vzhledem k nedostatku studií v této oblasti. Monitoring z let 2004-2005 provedený v mléce z české distribuční sítě může naznačovat, že AFM1 nepředstavuje v ČR závažný problém. Zkoumáno bylo celkem 90 vzorků a pouze ve třech analyzovaných vzorcích byla zjištěna přítomnost AFM1. Žádný ze vzorků neobsahoval AFM1 v nadlimitní koncentraci, tj. nad 0,05 µg/l (Moravcová a Nedělník, 2005). Podle Zpráv o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích v resortu zemědě-

ství vydávaných každoročně Ministerstvem zemědělství, Odborem bezpečnosti potravin z let 2017, 2018, 2019 a 2020 nebyly v těchto letech nalezeny žádné vzorky syrového kravského mléka obsahující AFM1 v nadlimitní koncentraci (Eagri.cz, 2021).

### 1.3.2 Přenos AFM1 do mléka

Obecný metabolismus změny AFB1 na AFM1 je shrnut na obrázku 1.2. Po požití AFB1 dojnici se část přemění činností bachorové mikroflóry na aflatoxikol, zatímco zbývající AFB1 se dostává do střeva, kde je rychle absorbován a transportován přes portální krevní oběh do jater. V játrech je AFB1 podroben redukci, epoxidaci, hydroxylaci a demethylaci, přičemž každá transformační cesta vede k různým metabolitům (Min et al., 2021). AFM1 (nejvíce toxický) vzniká v játrech hydroxylací. V játrech vznikají taktéž méně toxické metabolity: aflatoxin Q1 (AFQ1) a aflatoxin P1 (AFP1) (Wu et al., 2009). Z organismu jsou pak metabolity AFQ1 a AFP1 vylučovány hlavně výkaly a močí (Dohnal et al., 2014).

AFM1 vzniklý v játrech je dále distribuován krevním oběhem do mléčné žlázy, kde je vylučován mlékem. Podle práce týmu Caruso et al. (2009) může transformace AFB1 na AFM1 probíhat i přímo v epitelu mléčné žlázy dojnice. Odhaduje se, že se tímto způsobem přemění asi 1 % AFB1.



Zdroj: Becker-Algeri et al., 2016

Obrázek 1.2: Biotransformace aflatoxinu B1 (AFB1) na aflatoxin M1 (AFM1)

---

### 1.3.3 Účinky zpracování mléka na obsah AFM1

Přítomnost AFM1 byla studována ve vzorcích syrového, pasterizovaného, UHT a sušeného mléka. Studie týkající se účinků tepelného zpracování na množství AFM1 v mléčných výrobcích mají nejednoznačné výsledky, ale většina z nich naznačuje, že úpravy, jako je pasterizace či sterilizace, nezpůsobují znatelnou změnu koncentrace AFM1 v mléce. S ohledem na jiné procesy používané u mléka, např. zahušťování nebo sušení, byl v některých studiích zjištěn úbytek AFM1, zatímco v jiných studiích obsah AFM1 ovlivněn nebyl (Prandini et al., 2009; Flores-Flores et al., 2015).

Naopak Bilandžić et al. (2014) zjistili statisticky významné rozdíly v obsahu AFM1 u mléka syrového a zpracovaného UHT metodou. Celkově hladiny AFM1 překročily v této studii max. hodnotu EU (50 ng/l) u 27,8 % vzorků syrového mléka a 9,64 % vzorků UHT mléka.

## 1.4 Ostatní vybrané druhy mykotoxinů a jejich účinky

**T-2 toxin** je sekundárním cytotoxickým metabolitem produkovaným různými druhy rodu *Fusarium*. Po požití má T-2 toxin akutní i chronické toxické účinky na organismus a indukuje apoptózu imunitního systému a tkáň plodu v těle matky. T-2 toxin je obvykle v těle metabolizován na více než 20 různých metabolitů. V důsledku toho existuje reálná možnost konzumace živočišných produktů kontaminovaných toxinem T-2 a jeho metabolity (Li et al., 2011). Jedním z hlavních atributů T-2 toxinu je inhibice syntézy proteinů, po které následuje sekundární narušení syntézy DNA a RNA. T-2 toxin ovlivňuje rovněž aktivně se dělící buňky, například ty, které vystylají gastrointestinální trakt, kůži, lymfoidní a eryteroidní buňky. Může snižovat hladiny protilátek a některých dalších faktorů humorální imunity (Kalantari a Mousavi, 2010).

**Deoxynivalenol (DON)** je jedním z několika mykotoxinů produkovaných rodem *Fusarium*. Tyto plísně často infikují kukuřici, pšenici, oves, ječmen, rýži a další obiloviny na poli nebo během skladování. Riziko expozice pro člověka je přímo prostřednictvím potravin rostlinného původu (obilná zrna) nebo nepřímo prostřednictvím potravin živočišného původu. Zdrojem potravin živočišného původu mohou být ledviny, játra, mléko nebo vejce. Z rostlinných zdrojů byl DON zjištěn v pohance, čiroku, tritikale a dalších potravinářských výrobcích včetně mouky, chleba, snídaňových cereálií, nudlí, kojenecké výživy, palačinek, popcornu, sladu a piva. DON ovlivňuje zdraví

---

zvířat a lidí, dále zapříčiňuje nevolnost, zvracení, průjem, bolesti břicha, bolesti hlavy, závratě a horečku (Sobrova et al., 2010).

**Zearalenon** je estrogenní mykotoxin, který způsobuje vulvovaginitidu a estrogenní reakce. Zearalenon produkují plísňe rodu *Fusarium*, zejména *F. graminearum* a *F. moniliforme* (Hoseiniyeh et al., 2012). Běžně se nachází v kukuřici. Na kontaminaci zearalenonem je rovněž náchylný ječmen, oves, pšenice, rýže, čirok a sójové boby (Kummer a Faldíková, 2002).

**Fumonisinů** existuje celá řada druhů. Nejvýznamnější z nich jsou fumonisiny B1 a B2. Fumonisinů produkují některé plísňe rodu *Fusarium* (*F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum* a další druhy). Nejvýznamnějším zdrojem fumonisinů je kukuřice a dále potraviny či krmiva, jejichž základ tvoří kukuřice. Fumonisinů mohou být nalezeny i v kukuřici dobré jakosti. Výskyt fumonisinů v produktech živočišného původu vzniká konzumací kontaminovaného krmiva hospodářskými zvířaty (Ostrý a Ruprich, 1996).

Experimentálně bylo provedeno testování toxických účinků fumonisinů na hospodářských i laboratorních zvířatech. Bylo zjištěno, že fumonisiny mohou způsobovat řadu onemocnění u zvířat (leukoencephalomalacii koní, plicní edém prasat, *duodenitis et proximal jejunitis* syndrom u koní a nádorové onemocnění jater laboratorních krys). Fumonisinů mohou být toxické i pro některé plevele a kulturní plodiny (Ostrý a Ruprich, 1996).

**Ochratoxin A** (OTA) mohou produkovat různé druhy rodů *Aspergillus* (*A. ochraceus*, *A. melleus*, *A. sulphureus*, *A. carbonarius*, *A. awamori*) a *Penicillium* (*P. verrucosum*, *P. crysogenum*, *P. nordicum*) (Zheng et al., 2005). Jeho hepatotoxické, nefrotoxické a teratogenní účinky jsou dobře zdokumentovány. Uvádí se, že hlavními zdroji OTA jsou obiloviny a deriváty, i když byl zjištěn v různých jiných potravinách, jako je víno, káva, pivo a zelenina. V živočišných produktech, jako je drůbeží a vepřové maso, může být OTA přítomen jak z důvodu přímé kontaminace plísněmi, tak z důvodu přenosu z kontaminovaných krmiv. Pokud jde o mléko přežvýkavců, několik studií prokázalo, že OTA může být hydrolyzován bachorovou mikroflórou a pH bachoru na méně toxický metabolit ochratoxin alfa (Boudra a Morgavi, 2006).

Jak uvádí tým Pattono et al. (2011), který zpracoval přehled o výskytu OTA z různých dostupných studií ve vybraných evropských státech, kravské mléko by nemělo být považováno za důležitý zdroj OTA (tabulka 1.7).



Tabulka 1.7: Výskyt ochratoxinu A v mléce ve vybraných evropských státech

Země	Počet vzorků	Počet pozitivních vzorků	% pozitivních vzorků
Itálie <sup>1</sup>			
• Bio mléko	63	3	1,8
• Konvenční mléko	20	0	0
Dánsko <sup>2</sup>	42	0	0
Španělsko <sup>3</sup>	39	0	0
Norsko <sup>3</sup>	36	4	12
Německo <sup>4</sup>	69	0	0
Norsko <sup>4</sup>	165	13	7,9
Švédsko <sup>4</sup>	36	5	13,8

Zdroj: upraveno; <sup>1</sup>Pattono et al.,2011; <sup>2</sup>Sørensen a Elbæk, 2005; <sup>3</sup>González-Osnaya et al. 2008; <sup>4</sup>SCOOP, 2002

**Patulin** byl poprvé identifikován v roce 1943 pod názvem tercinin jako možné anti-mikrobiální činidlo. Patulin je lakton produkovaný různými druhy plísní. *Penicillium expansum*, které je považováno za hlavního producenta patulinu, může infikovat různé druhy ovoce a zeleniny, ale preferuje jablka, ve kterých způsobuje modrou hnilobu. Z těchto důvodů jsou jablka a potravinářské výrobky obsahující jablka hlavním zdrojem patulinu pro člověka. Ačkoli je patulin kategorizován jako nekarcinogenní, byl v posledních desetiletích spojován s neurologickými, gastrointestinálními a imunologicky nepříznivými účinky. Zejména způsobuje poškození jater a ledvin (Saleh a Goktepe, 2019).

Skupina **tremorgenních mykotoxinů** je produkována různými plísněmi z rodů *Penicillium* a *Aspergillus*. Ve většině případů se jedná o deriváty indolu. Tyto látky mají specifické účinky na centrální nervovou soustavu. Základním představitelem skupiny jsou penitremy A-E a paspalin pocházející z *Claviceps paspali* (Ostrý a Ruprich, 1996). Tremorgenní mykotoxiny atakují nervový systém. Příznaky otravy se projevují třesením a křečemi (tremorgenní = doslova "třesotvorné") (Šilha a Hart, 2005). Tremorgenní plísně mohou růst na široké škále krmiv a potravin, včetně mléčných výrobků, obilnin, ořechů (Gupta, 2012).

---

**Námelové alkaloidy**, také známé jako deriváty kyseliny lysergové (ergotoxin, ergotamin, ergometrin), jsou produkty paličkovice nachové (*Claviceps purpurea*). Tato plíseň parazituje na obilovinách, zvláště se vyskytuje na žitu. Na napadených květenstvích se objevují typické černé útvary tvaru banánu (námel), které obsahují řadu alkaloidů. Zastoupení jednotlivých alkaloidů se liší podle druhu námele, stanoviště a druhu hostitelské obilniny. Nejběžnější jsou alkaloidy ergotamino-ergotoxinové skupiny, které jsou zodpovědné za ergotismus neboli otravu námelem (Coufal-Majewski et al., 2016). Jinou skupinou námelových alkaloidů tvoří amidy kyseliny lysergové, s nejdůležitějšími zástupci erginem a ergobasinem. Za povšimnutí stojí i diethylamid kyseliny lysergové (LSD) známý svými psychoaktivními a pseudohalucinogenními účinky, izolovaný rovněž z námelových alkaloidů poprvé v roce 1938. Účinky různých námelových alkaloidů mají využití ve farmakologii (Lee, 2010). Podle Scotta (2009) a také Schumanna et al. (2009) do mléka přežvýkavců námelové alkaloidy z krmiv nepřecházejí.

**Citrinin** je nefrotoxický mykotoxin produkováný několika kmeny plísní patřících do rodů *Penicillium*, *Aspergillus* a *Monascus*. Kontaminuje různé komodity rostlinného původu, zejména obiloviny a obvykle se vyskytuje společně s dalším nefrotoxickým mykotoxinem, OTA. Předpokládá se, že tyto dva mykotoxiny se podílejí na vzniku endemické nefropatie. Dále má také teratogenní účinky (Flajs a Peraica, 2009).

**Kyselina penicilová** je z hlediska chemické struktury vysoce reaktivní nenasycený lakton. Produkují ji druhy *Penicillium* a *Aspergillus* (Ostrý a Ruprich, 1996). Bývá detekována v obilninách, především v kukuřici. Při skladování navlhčelých obilnin může být kyselina penicilová produkována za nízkých teplot (1 až 10 °C). V organismu působí degeneraci a nekrotické změny na jaterním parenchymu. Je považována za karcinogenní (Suchý a Hezrig, 2005).

**Kyselina cyklopiazonová** je považována za středně toxický mykotoxin a produkují ji plísně rodů *Aspergillus* a *Penicillium*. Plíseň *Aspergillus flavus* může produkovat kyselinu cyklopiazonovou současně s aflatoxiny (Malír a Ostrý, 2003). Přítomnost tohoto mykotoxinu byla detekována v kukuřici, ořích, ve zrajících sýrech, v mléce, kuřecím masu a vejcích. Nízké koncentrace v potravinách nepředstavují závažné zdravotní riziko pro konzumenty. Pouze nedodržení technologických postupů výroby plísňových zrajících sýrů lze považovat za rizikové (Suchý a Herzig, 2005).

---

## 1.5 Faktory ovlivňující přítomnost mykotoxinů v mléce

Plísně tvoří přirozenou součást půdní biocenózy a plní nezbytnou úlohu v koloběhu živin. V prostředí se šíří prostřednictvím spor, například větrem či hmyzem. Plísně mohou napadat zrniny a krmné plodiny v průběhu celého procesu pěstování, sklizně, transportu a zejména pak při skladování a konzervaci. V počáteční fázi růstu plísně omezují tvorbu mykotoxinů nízký obsah vody a sacharidů v rostlině. Jakmile však plíseň kolonizuje rostliny, začne využívat její živiny pro svůj metabolismus a rozmnožování a snižuje jejich obsah (Suchý a Herzig, 2005).

### 1.5.1 Kontaminace krmiv mykotoxiny

Mykotoxiny celosvětově představují hrozbu pro živočišnou výrobu. Před rokem 1985 odhadovala Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) celosvětovou kontaminaci plodin mykotoxiny na 25 %. Pro posouzení byla přezkoumána příslušná literatura a údaje z přibližně 500 000 analýz od Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) pro aflatoxiny, fumonisiny, DON, toxin T-2, zearalenon a OTA v obilovinách. Podle aktuálních údajů se však zdá, že % kontaminovaných plodin je daleko vyšší. Zejména nedávné studie naznačují vyšší prevalenci mykotoxinů (Eskola et al., 2020). Streit et al. (2013) uvedli, že celkem 72 % z přibližně 17 300 vzorků krmiv pocházejících z různých částí světa a odebraných během osmi let obsahovalo mykotoxiny. Kovalsky et al. (2016), kteří zkoumali přibližně 2 000 vzorků z 52 zemí, uvedli, že kontaminace krmiv mykotoxiny může být až 79 % nebo dokonce vyšší. Situaci s kontaminací krmiv mykotoxiny v ČR nastiňují výsledky monitoringu Státní veterinární zprávy z let 2014-2019, kde bylo z celkového počtu 1320 analýz krmiv potvrzeno 378 (28,6 %) pozitivních vzorků na mykotoxiny (Dyková, 2021).

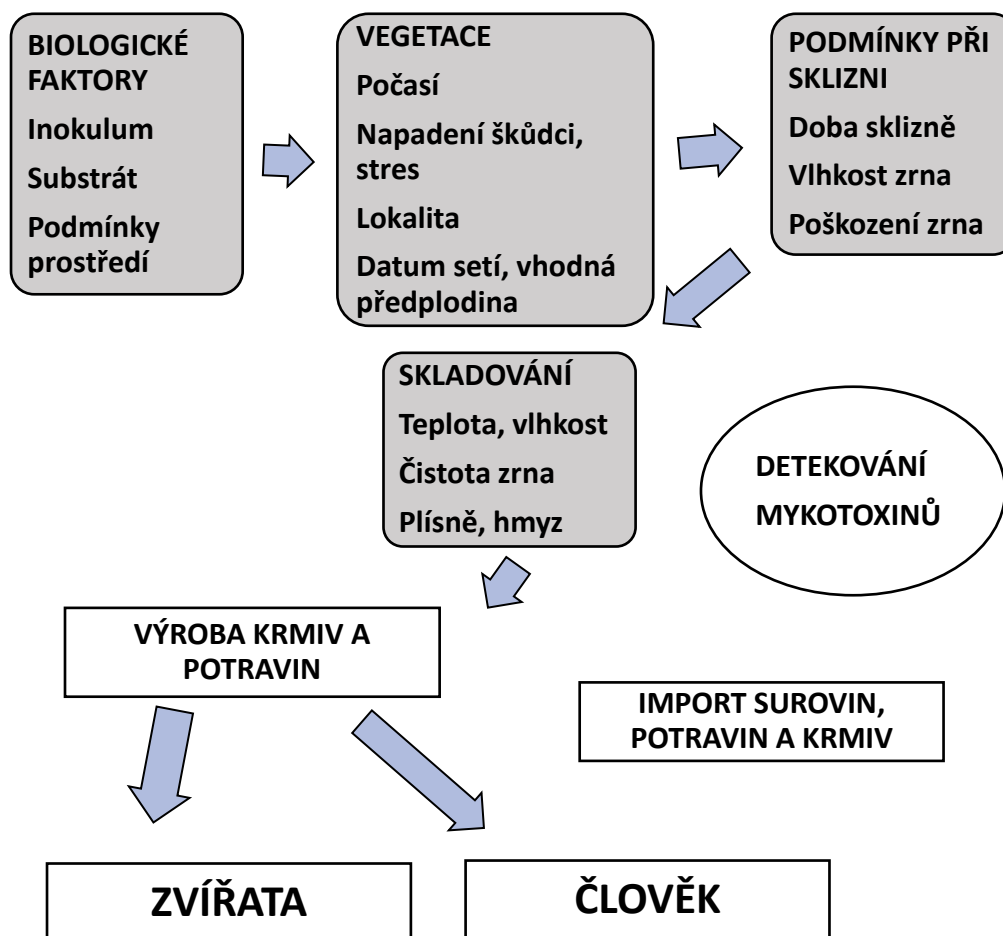
Podle Suchého a Herziga (2005) kontaminace krmiv plísněmi, která přímo souvisí s obsahem mykotoxinů, v některých geografických dosahuje vysokých hodnot:

- u objemných krmiv i přes 90 %,
- u jadrných krmiv určených pro výživu telat a prasat do 90 %,
- u jadrných krmiv pro drůbež až 100 %.

Podle prací týmů Kadlec et al. (2009) a Luo et al. (2018) patří mezi hlavní faktory mající vliv na tvorbu mykotoxinů vlhkost, pH, obsah kyslíku v krmivu, teplota či kompetiční vztahy mezi plísněmi. Co se týká vlivů prostředí, podporují rozšiřování plísní

vysoká teplota, časté deště v průběhu pěstování plodin a při sklizni, mechanické poškození na zrnech, sucho a mráz.

Grafické znázornění procesu produkce mykotoxinů je popsáno na obrázku 1.3.



Zdroj: upraveno; Walter et al., 2015; Magan a Aldren, 2007

Obrázek 1.3: Schéma kontaminace mykotoxiny

### Preventivní opatření

Preventivní kroky, na které je nutno se zaměřit a které se týkají jednotlivých plodin při pěstování, sklizni i posklizňové úpravě lze zjednodušeně shrnout do následujících vět. Popsaný příklad se konkrétně týká kukuřice. Opatření se dělí na kroky podniknuté před sklizní a po sklizni. Mezi opatření před sklizní se řadí: správný výběr hybridu, včasný termín setí, vyvarování se vysoké hustotě setí, dobře vyvážená výživa a vhodné hnojení, efektivní regulace chorob a škůdců (zavíječ kukuřičný), včasná sklizeň. Kroky provedené po sklizni zahrnují: minimalizaci času mezi sklizní a sušením, efektivní čištění zrna před uskladněním, účinné sušení na 14% vlhkost, skladování v čistém sile,

---

nepřítomnost škůdců ve skladu (mohou iniciovat zvýšení vlhkosti a zahřátí zrna), snadná sledovatelnost z pole do výrobního procesu (Magan et al., 2004).

Podle týmu Bhat et al. (2010) jsou zemědělské a výrobní postupy neúčinnějšími možnostmi, jak zabránit růstu mykotoxigenních hub a produkci mykotoxinů. Díky aplikování moderních zemědělských a výrobních technologií a také přísnějším vládním nařízením jsou lidé ve vyspělých zemích vystaveni mykotoxinům méně než v rozvojových zemích. K dispozici jsou také softwarové aplikace, které pomáhají zemědělcům předpovídat riziko mykotoxinů během roku v závislosti na klimatických parametrech (Prandini et al., 2009). Jedná se například o mobilní aplikace Mycotoxin Risk Management nebo MycoMan. V aplikaci Mycotoxin Risk Management lze sledovat aktuální informace o výskytu jednotlivých druhů mykotoxinů po celém světě. Dále tato aplikace nabízí ukazatel úrovně rizik plynoucích z kontaminace mykotoxiny pro hospodářská zvířata.

Systémy analýzy rizik a kritických kontrolních bodů (HACCP) rovněž hrají důležitou roli v prevenci a managementu mykotoxinů a nyní zahrnují strategie prevence, kontroly a správné výrobní praxe ve všech fázích správy: v terénu, skladování, automatizovaném třídění, segregaci a čistících postupech (Stoev, 2013).

Magan a Aldren (2007) uvedli, že snížením koncentrace kyslíku se může snížit produkce aflatoxinů, neboť v případě snížené koncentrace kyslíku z 5 % na 1 % bylo možné produkci aflatoxinů zcela zabránit.

Kontaminované zrno nemá stejnou barvu nebo hustotu jako zdravé zrno. Zrno lze tedy třídít podle vzhledu nebo hustoty. Když je kontaminace mykotoxiny heterogenní, odstranění kontaminované části může snížit hladinu mykotoxinu v konečném produktu (Jard et al., 2011; Luo et al. 2018). Po vytřídění viditelně kontaminovaných zrn se snížil obsah deoxynivalenolu o 74 % (Hazel a Patel, 2004). U zearalenonu byl pozorován úbytek přibližně o 30 % (Magan a Olsen, 2004).

Krmná dávka dojníc se skládá z velké části z objemných krmiv, proto by jejich kvalitě měla být věnována náležitá pozornost. K zajištění výroby kvalitních objemných krmiv pro dojnice lze využít integrovaný systém pěstování plodin s použitím vhodných přípravků na ochranu rostlin (Nedělník a Moravcová, 2005).

---

### 1.5.2 Metody dekontaminace potravin a krmiv

K dekontaminaci potravin a krmiv se používají různé metody. V současnosti předpisy nepovolují dekontaminaci potravin, které překračují maximální limity. Snížení mykotoxinů v potravinách lze provést přímo průmyslovým zpracováním nebo pomocí přísad, které mykotoxin eliminují či deaktivují. Ve všech případech by dekontaminační procesy měly inaktivovat mykotoxiny, nevytvářet žádné toxické produkty, zaručit nutriční hodnotu potravin a nevyvolat žádné změny technologických vlastností produktu (Jard et al., 2011).

Metody dekontaminace mykotoxinů lze podle Velíška a Hajšlové (2009) rozdělit na fyzikální, chemické a biologické. K fyzikálním metodám patří mechanické třídění plodin či inaktivace pomocí tepla.

K chemickým metodám zařazujeme extrakci mykotoxinů pomocí různých chemických látek. Například k odstranění mykotoxinů přímo z těla dojnice lze použít adsorpci pomocí hlinitokřemičitanu vápenatého. Tuto látku lze přidat do krmiva, aby v trávicím traktu dojnice vážala mykotoxiny a tím jim zabránila prostupu do mléka. Uvádí se, že na minerální látky se naváže asi 44 % z aktivních mykotoxinů. Dále je možné k chemickým metodám přiřadit degradaci mykotoxinů pomocí peroxidu vodíku, amoniaku či jiných konzervačních činidel (Baptista et al., 2002).

Za biologické metody lze uvést využití mikroorganismů, jako jsou bakterie a kvasinky, na které se mykotoxiny naváží a tím částečně ztratí svůj toxický účinek nebo jsou zcela potlačeny. Jako příklad je možné uvést využití kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*. Také činností enzymů mohou být mykotoxiny degradovány (Mifka, 2008).

Bhat et al. (2010) a Nguyen et al. (2020) se zabývali různými metodami dekontaminace mykotoxinů, které jsou přehledně shrnuty v tabulce 1.8.

**Tabulka 1.8: Vybrané způsoby dekontaminace mykotoxinů**

<b>Mykotoxin</b>	<b>Prostředek</b>
Aflatoxiny	Chemikálie: amoniak, hydroxid sodný, peroxid vodíku, hydrogensířičitany, sloučeniny chloru, formaldehyd
AFB1 <sup>1</sup>	Gamma záření
AFB1, AFG1 <sup>2</sup>	Ozon
AFB1	Pražení
AFB1	Rostlinné výtažky
AFM1 <sup>3</sup>	Glukomanan, bentonit, peroxid vodíku, pasterace
Citrinin	Fosfatoetanolová extrakce
Deoxyvalenol, zearalenon, fumonisin B1, fumonisin B2	Fermentační bakterie, tepelná úprava
Fumonisin B1	Alkalická činidla, tepelná úprava, genetická modifikace rostlin
Ochratoxiny	Radiace
	Tepelná úprava
	Bentonit, modifikovaný bentonit, chitosan
Patulin	Bakterie mléčného kvašení
	Fermentace, tepelná úprava
Trichoheceny	Bakterie ze střevní mikroflóry kuřat

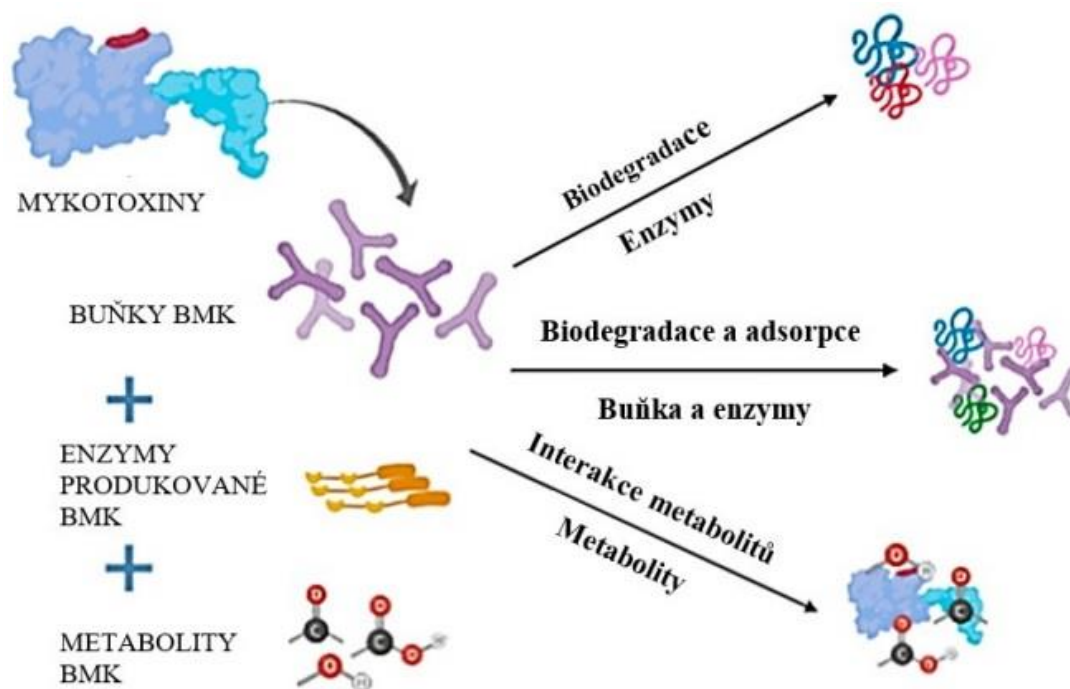
Zdroj: Bhat et al. 2010; Nguyen et al. 2020

<sup>1</sup>aflatoxin B1; <sup>2</sup>aflatoxin G1; <sup>3</sup>aflatoxin M1

### **Biotransformace pomocí mikroorganismů**

Jako další z biologických, respektive mikrobiologických metod lze využít adsorpci na buněčnou stěnu mikroorganismů. Mezi mikroorganismy schopné na sebe navázat mykotoxiny patří kvasinky, jak již bylo zmíněno, a bakterie mléčného kvašení (BMK), které jsou pro využití v potravinářství bezpečné. Experimentálně bylo potvrzeno využití probiotik rodů *Lactobacillus*, *Lactococcus* a *Bifidobacterium*. Princip účinku těchto druhů bakterií tkví ve vázání mykotoxinu na buněčnou stěnu bakterie, která

obsahuje polysacharidy, peptidoglykan a proteiny (Muhialdin et al., 2020). Schéma účinku biodegradace BMK je uvedeno na obrázku 1.4.



Zdroj: upraveno; Muhialdin et al., 2020

**Obrázek 1.4:** Schéma účinku bakterií mléčného kvašení (BMK) na mykotoxiny

Dále se dekontaminací mléka od AFM1 zabývá práce týmu Mousavi et al. (2017), kde srovnávali účinky jednotlivých kmenů BMK. Výsledky zpracovali do přehledné tabulky (tabulka 1.9).



**Tabulka 1.9: Porovnání dekontaminačního efektu různých kmenů bakterií mléčného kvašení (BMK) na aflatoxin M1 (AFM1)**

<b>Kmen bakterií</b>	<b>Potravina</b>	<b>Redukce AFM1 [%]</b>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Odstředěné mléko	18,8
<i>L. rhamnosus</i>	Plnotučné mléko	26,0
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Mléko a jogurt	39; 14,8
<i>Lactobacillus</i> a <i>Bifidobacterium</i>	Mléko	7,85-25,94
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Mléko a jogurt	87,6
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Jogurt	68,2
<i>Bifidobacterium</i>	Jogurt	66,8

Zdroj: Mousavi et al., 2017

## 1.6 Stanovení mykotoxinů

Pro kvalitativní, kvantitativní a přesné stanovení mykotoxinů v potravinách a krmivech bylo od 60. let vyvinuto a zdokonalováno několik analytických metod. Přesná detekce mykotoxinů závisí na různých faktorech, protože jejich distribuce není v substrátu rovnoměrná. Tradičně používané analytické metody k detekci mykotoxinů zahrnují zdlouhavé extrakční postupy, drahé chemické čištění a použití nebezpečných materiálů. Tyto obavy a nutnost rychlé analýzy mykotoxinů vedly k vývoji mnoha testovacích souprav, které mohou poskytnout výsledky během několika minut (Bhat et al., 2010).

K detekci mykotoxinů bylo vyvinuto a standardizováno několik analytických metod:

- chromatografie na tenké vrstvě (TLC)
- kapalinová chromatografie
- vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) s fluorescenčním nebo diodovým detektorem
- plynová chromatografie spojená s hmotnostní spektrometrií (GC–MS), popř. detekce elektronového záchytu (GC–ECD)
- enzymatická imunoanalýza (ELISA), (WHO, 2002)

---

Dle práce týmu Bhat et al. (2010) je tenkovrstvá chromatografie (TLC) jednou z nejpoulnějších a nejjednodušších metod detekce mykotoxinů ve vzorku. Při použití této metody lze detekovat více mykotoxinů současně. V současnosti, kdy je k dispozici mnoho dalších možností a moderních přístrojů, se však ve většině laboratoří tato technika používá pouze pro předběžný screening.

Jako nejspolehlivější nástroj k detekci plísni produkujících mykotoxiny se považuje test polymerázové řetězové reakce (PCR). Tato technika je užitečná pro detekci konkrétních kódujících genů plísni produkujících mykotoxiny (Niessen, 2007).

V České republice si dle Jedličky (2016) chovatelé mohou nechat stanovit mykotoxiny v krmivu třemi metodami: metodou ELISA, která je rychlá a relativně levná, ale lze ji použít pouze u krmných surovin; metodou HPLC, kterou již lze analyzovat jednotlivé mykotoxiny i při nízkých koncentracích, ale je časově náročnější a nákladnější, a nakonec metodou LC-MS/MS umožňující současné stanovení více než 380 druhů mykotoxinů v krmivech i krmných surovinách.

## 1.7 Legislativa a hygienické limity pro mykotoxiny

Tato kapitola zmiňuje nejdůležitější legislativu týkající se mykotoxinů jak v krmivu, tak i v mléce jako produktu určenému k lidské spotřebě.

### **Krmiva**

Legislativa Evropské unie upravující (doporučené) limity mykotoxinů v krmivech:

- SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/32/ES ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech.
- DOPORUČENÍ KOMISE (EU) 2016/1319 ze dne 29. července 2016, kterým se mění doporučení Komise 2006/576/ES, pokud jde o deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxin A v krmivu pro zvířata v zájmovém chovu.

Maximální přípustné limity pro AFB1 a *Claviceps purpurea* v krmivech uvádí:

- NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 574/2011 ze dne 16. června 2011, kterým se mění příloha I směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES o nežádoucích látkách v krmivech. Ilustrováno v tabulce 1.10.

**Tabulka 1.10: Limity aflatoxinu B1 (AFB1) a *Claviceps purpurea* v krmivech**

<b>Aflatoxin B1 (krmiva s obsahem vlhkosti 12 %)</b>	<b>max. obsah v ppm</b>
Krmné suroviny	0,02
Doplňková a kompletní krmiva	0,01
s výjimkou:	
– krmných směsí pro dojnice a telata, pro ovce pro produkci mléka a jehňata, pro kozy pro produkci mléka a kůzlata, pro selata a mláďata drůbeže	0,005
– krmných směsí pro skot (s výjimkou dojnic a telat), ovce (s výjimkou ovcí pro produkci mléka a jehňat), kozy (s výjimkou koz pro produkci mléka a kůzlat), prasata (s výjimkou selat) a drůbež (s výjimkou mláďat drůbeže)	0,02
<b>Námel – <i>Claviceps purpurea</i></b>	
Krmné suroviny a krmné směsi obsahující nemleté obiloviny	1000

---

## **Mléko**

- NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 165/2010 ze dne 26. února 2010, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, pokud jde o aflatoxiny.  
– **syrové mléko maximální limit 0,05 µg/l**

---

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je vyhodnocení monitoringu přítomnosti aflatoxinu M1 ve vzorcích syrového kravského mléka v závislosti na vybraných faktorech.

Diplomová práce byla zpracována díky projektům 1) QJ21010326: Možnosti ovlivňování výskytu inhibičních látek v mléce jako účinný nástroj vedoucí k podpoře zdraví zvířat a ke zvyšování kvality a bezpečnosti potravin; 2) GA JU 005/2022/Z One Health: genetické, environmentální a technologické faktory ovlivňující živočišnou produkci, kvalitu a bezpečnost potravin a zdraví zvířat a člověka.

---

### 3 Materiál a metodika

#### 3.1 Metodika monitoringu AFM1 v syrovém mléce dojnic, koz a ovcí

Data pro vyhodnocení monitoringu AFM1 v syrovém mléce dojnic, koz a ovcí za posledních 15 let (2006 až 2020) byla převzata z informačních bulletinů „Kontaminace potravních řetězců cizorodými látkami“, které každoročně vydává Státní veterinární správa České republiky (SVS ČR, 2022).

V monitoringu byly odebírány proškolenými úředními veterinárními lékaři směsné vzorky syrového kravského mléka přímo v jednotlivých chovech, v případě ovčího a kozího syrového mléka jen v oblastech s vyšším počtem chovaných ovcí nebo koz (SVS ČR, 2022). Počty vyšetřených vzorků v jednotlivých letech u jednotlivých druhů mléka uvádí tabulka 3.1.

**Tabulka 3.1: Počty vyšetřených vzorků na aflatoxin M1 (AFM1) a procentuální četnosti vzorků jednotlivých druhů mlék v letech 2006-2020**

<b>Rok</b>	<b>Počet vyšetřených vzorků (n)</b>	<b>Krávy %</b>	<b>Ovce %</b>	<b>Kozy %</b>
2006	30	70	7	23
2007	30	70	7	23
2008	32	66	6	28
2009	217	97	0	3
2010	28	75	4	21
2011	47	85	2	13
2012	47	85	4	11
2013	40	82,5	5	12,5
2014	18	72	11	17
2015	40	87,5	5	7,5
2016	40	87,5	5	7,5
2017	40	87,5	5	7,5
2018	31	84	6	10
2019	40	87,5	5	7,5
2020	40	87,5	5	7,5

Hodnoty zjištěné analýzou byly porovnány s hygienickým limitem pro obsah AFM1 v syrovém mléce stanoveným NAŘÍZENÍM KOMISE (EU) č. 165/2010 ze dne 26.

února 2010, kterým se mění nařízení (ES) č. 1831/2003, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, pokud jde o aflatoxiny. Jako limit toto nařízení uvádí 0,05 µg/l syrového mléka.

### 3.2 Metodika stanovení AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce

Stanovení AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce bylo provedeno celkem dvakrát, a to od dodavatelů jednoho výrobního závodu mlékárny Madeta a.s. (tabulka 3.2). Vzorky byly odebrány pomocí automatického vzorkovacího zařízení cisteren.

Tabulka 3.2: Porovnání použitých testovacích souprav

Testovací souprava	Aflasensor Milk	Charm MRL AFM1
Výrobce	Unisensor	Charm
Měsíc/rok sledování	11/2018	4/2022
Počet odběrných míst*	67	45
Metoda detekce	Semikvantitativní	Kvantitativní
Kvantitativní rozsah	20-200 ppt	15-100 ppt
Meze stanovitelnosti	20 ppt (LOQ <sup>1</sup> )	<15 ppt (LOD <sup>2</sup> )
Nutnost úpravy vzorku	Ne	Ne
Množství vzorku pro analýzu	200 µl	300 µl
Čas inkubace vzorku	6 minut	15 minut
Teplota inkubace	40 °C	40 °C
Teplota skladování testů	2-8 °C	0-7 °C

\* bližší informace o odběrných místech nejsou s ohledem na ochranu dat k dispozici;

<sup>1</sup>LOQ (Limit Of Quantification) = mez stanovitelnosti ; <sup>2</sup> LOD (Limit of Detection) = mez detekce

Stanovení AFM1 se provádí podle platných standardních operačních postupů zpracovaných dle návodu výrobce testů.

- **AFLASENSOR**

#### Princip metody:

Aflasensor využívá specifické protilátky s vysokou afinitou pro molekuly AFM1. Test vyžaduje použití dvou prvků. Prvním je mikrojamka obsahující přesné množství protilátek navázaných na částice zlata, a druhý prvek je ponorný proužek vytvořený z membrán, kde jsou zachytávající testovací linka a kontrolní linka, která je umístěná

---

v horní části testovacího proužku. Jakmile se rozpustí činidlo v mikrojamce vzorkem mléka, protilátky mohou navázat dané množství analytu během první části inkubace. V druhé části inkubace se vloží do jamky ponorný proužek a testovaný vzorek začne vzlínat po proužku přes záchytné zóny.

**Postup detekce:**

200 µl vzorku mléka je přeneseno do reagenční jamky a inkubováno po dobu 3 minut při 40 °C. Po uběhnutí časového limitu je vložen do každé jamky testovací proužek a znovu zapnuta inkubace při 40 °C na 3 minuty. Po uplynutí druhé části inkubace jsou vyjmuty proužky z jamek. Jestliže vzorek neobsahuje molekuly AFM1, objeví se barevná linka v záchytné zóně, čímž je indikována nepřítomnost AFM1 ve vzorku mléka. Jestliže jsou ve vzorku molekuly AFM1 přítomny, v dané záchytné zóně se barevná linka neobjeví. Doba stanovení testu je (včetně doby inkubace) přibližně 7 minut.

Odečet výsledků pomocí přístroje lze provést Readsensorem, nastaveným na odečítání Aflasensoru.

- **CHARM MRL AFM1**

**Princip metody:**

Charm MRL AFM1 je kvantitativní imunoreceptorová analýza pro zjištění obsahu AFM1 v mléce. Vzorek mléka působí zabarvení v testovací zóně testovacího proužku. Intenzita zabarvení je vyhodnocována pomocí Charm EZ čtečky zkalibrované pro daný druh testovacích proužků. Čtečka určí dle intenzity zbarvení testovacích linií, zda je AFM1 ve vzorku přítomen či nikoli. Test je určen pro použití v mlékárnách, v laboratořích, na zemědělských farmách či kontrolními orgány.

**Postup detekce:**

Na označený testovací proužek je přeneseno pomocí pipety 300 µl vzorku mléka. Vzorek je inkubován 15 minut při 40 °C. Po vyjmutí proužku z inkubátoru je vizuálně zkontrolována viditelnost zabarvení testovacích linií a poté je proužek vložen do čtečky Charm EZ Reader, která během pár sekund zobrazuje na displeji výsledek. Postup provedení testu je rovněž znázorněn na obrázku 3.1.

Vizuální porovnání neplatného a platného výsledku je uvedeno v příloze 3. V příloze 1 lze vidět zobrazení pozitivního výsledku na displeji čtečky a příloha 2 uvádí ilustrační obrázek celé testovací Charm soupravy.





Zdroj: propagační materiály O.K. SERVIS BioPro, s.r.o

**Obrázek 3.1: Postup provedení Charm testů na stanovení aflatoxinu M1 (AFM1)**

### 3.3 Statistické vyhodnocení dat

Při statistickém zpracování dat byly pro výpočty výsledků využity programy Microsoft Excel a Statistica Cz 12 (Statsoft ČR).

#### 3.3.1 Statistické vyhodnocení dat získaných z monitoringu SVS ČR

Při vyhodnocení AFM1 byly jako nezávislé proměnné (faktory) zvoleny: 1) období a 2) druh mléka.

1) Období – skupiny:

- 2006-2010
- 2011-2015
- 2016-2020

2) Druh mléka – skupiny:

- syrové kravské mléko
- syrové ovčí mléko
- syrové kozí mléko

V rámci každé skupiny byly sledovány:

- celkový počet vyšetřených vzorků na AFM1
- celkový počet vzorků pozitivních na AFM1
- procento pozitivních vzorků na AFM1

- 
- průměrný obsah AFM1
  - maximální hodnota obsahu AFM1

Pro vyhodnocení vlivu období/druhu mléka na průměrné zastoupení AFM1 byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA).

### **3.3.2 Statistické vyhodnocení monitoringu nakupovaného syrového kravského mléka dodávaného do mlékárenského závodu**

Při vyhodnocení AFM1 byly jako nezávislé proměnné (faktory) zvoleny:

- 1) obsah AFM1:
  - AFM1 negativní vzorky (0  $\mu\text{g/l}$ )
  - AFM1 negativní vzorky (0,015-0,029  $\mu\text{g/l}$ )
  - AFM1 pozitivní vzorky (0,040-0,048  $\mu\text{g/l}$ )

V rámci každé skupiny byly sledovány:

- přítomnost AFM1
- obsah tuku (g/100 g)
- obsah bílkovin (g/100 g)
- obsah kaseinu (g/100 g)
- obsah laktózy
- celková sušina (g/100 g)
- PSB (počet somatických buněk) x1000/1ml
- bod mrznutí ( $^{\circ}\text{C}$ )
- tukuprostá sušina (g/100 g)

Pro vyhodnocení kvalitativních ukazatelů mléka v souvislosti s obsahem AFM1 byla využita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA).

---

## 4 Výsledky a diskuse

Výsledková část se skládá ze dvou podkapitol, první z nich se zabývá výsledky monitoringu AFM1 v syrovém mléce krav, ovcí a koz v letech 2006-2020, kde je vyhodnocen faktor sledovaného období a druhu mléka na obsah AFM1 v syrovém mléce. Druhá část interpretuje výsledky monitoringu AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce dodávaném do mlékárenského závodu.

### 4.1 Vyhodnocení výsledků monitoringu AFM1 SVS ČR

Při zjišťování obsahu kontaminantů u surovin a potravin živočišného původu je zvolen systém náhodného odběru vzorků. Počty plánovaných vzorků pro testování vycházejí z legislativně daných výpočtových vzorců, tyto se odvozují z objemu produkce mléka v uplynulém roce. Výsledky analýzy jsou porovnávány s limity stanovenými legislativními předpisy (ML – maximální limit, MLR – maximální limit reziduí /anglicky MRL – maximum residue level). U mléka koz a ovcí jsou vzorky odebírány z oblastí s vyšším počtem chovů (SVS ČR, 2022).

#### 4.1.1 Vliv období

Sledování AFM1 v mléce je důležité s ohledem na jeho výskyt zaznamenávaný při cílených kontrolách prováděných SVS ČR. Výskyt mykotoxinů včetně aflatoxinů ve všech typech krmiv rostlinného původu je realitou. Přechod aflatoxinů, především AFM1 do mléka představuje závažný problém (Nedělník a Moravcová, 2005).

**Tabulka 4.1: Vliv období na přítomnost aflatoxinu M1 (AFM1) v mléce dojníc, koz a ovcí**

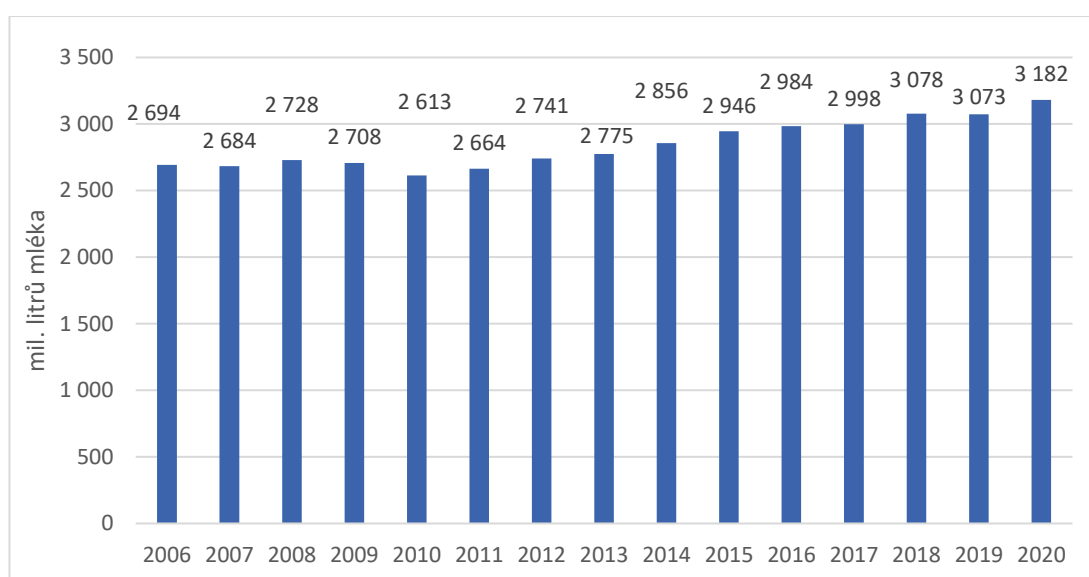
Období	Počet vzorků		% pozitivních	% nadlimitních
	vyšetřených	pozitivních		
2016-2020	191	2	1,05	0
2011-2015	192	1	0,52	0
2006-2010	337	1	0,30	0
Celkem	720	4	0,56	0

Z tabulky 4.1 vyplývá, že od roku 2006 do roku 2020 bylo celkově vyšetřeno 720 vzorků na přítomnost AFM1, z toho pozitivní vzorky činily 0,56 % (4 vzorky). Ze tří

pětiletých období se nejvíce vzorků odebralo v letech 2006-2010, což by mohlo souviset s vyšší produkcí mléka v těchto letech, vzhledem k tomu, že počty vzorků určuje SVS podle objemu produkce v předchozím roce.

Snižování stavu dojnic lze doložit z ročenek chovu skotu pravidelně vydávaných Českomoravskou společností chovatelů. Zatímco na počátku sledovaného období v roce 2006 bylo v ČR dojených krav 424 000 kusů, v roce 2011 již stav poklesl na 374 000 kusů. Pokles dále pokračoval až na 360 000 v roce 2020 (ČMSCH, 2022).

Produkce mléka se vlivem zvyšování užítkovosti dojnic naopak od roku 2006 do roku 2020 zvýšila, jak uvádí graf 4.1.



Zdroj: ČMSCH, 2022

**Graf 4.1: Produkce mléka v České republice v letech 2006-2020**

Dále se ukazuje, že vzorků s nálezem AFM1 mírně přibývalo. Zatímco v prvním i druhém pětiletém období (2006-2010 a 2011-2015) byl nalezen pouze jeden pozitivní vzorek, v posledním období (2016-2020) byly zjištěny dva pozitivní vzorky. Při přepočtu na procentuální podíl je toto číslo stále nízké, činí pouze 1,05 % pozitivních vzorků z vyšetřených vzorků za období 2016-2020 (tabulka 4.1).

Jak je uvedeno v teoretické části práce, situace s AFM1 ve světě je závažnější v zemích subsaharské Afriky, Jižní Ameriky a jižní Asie, což může být dáno vyšší kvalitou krmiv pro dojnice a přísnějšími hygienickými předpisy ve vyspělejších regionech světa. Například v Tanzanii v roce 2014 bylo zjištěno 83,8 % pozitivních vzorků syrového mléka (Mohammed et al., 2016). V letech 2014-2015 bylo v Etiopii pozitivních dokonce 100 % vyšetřených vzorků (Gizachew et al., 2016). Kvalita krmiv pro

dojnice má zásadní vliv na obsah AFM1 v mléce. Tento fakt potvrzují výsledky získané z roku 2013 ze Srbska a Chorvatska, kde bylo také pozitivních 100 % vyšetřených vzorků, pravděpodobně v souvislosti s krmivem pro dojnice velmi nízké kvality (Škrbić et al., 2014, Bilandžić et al., 2014).

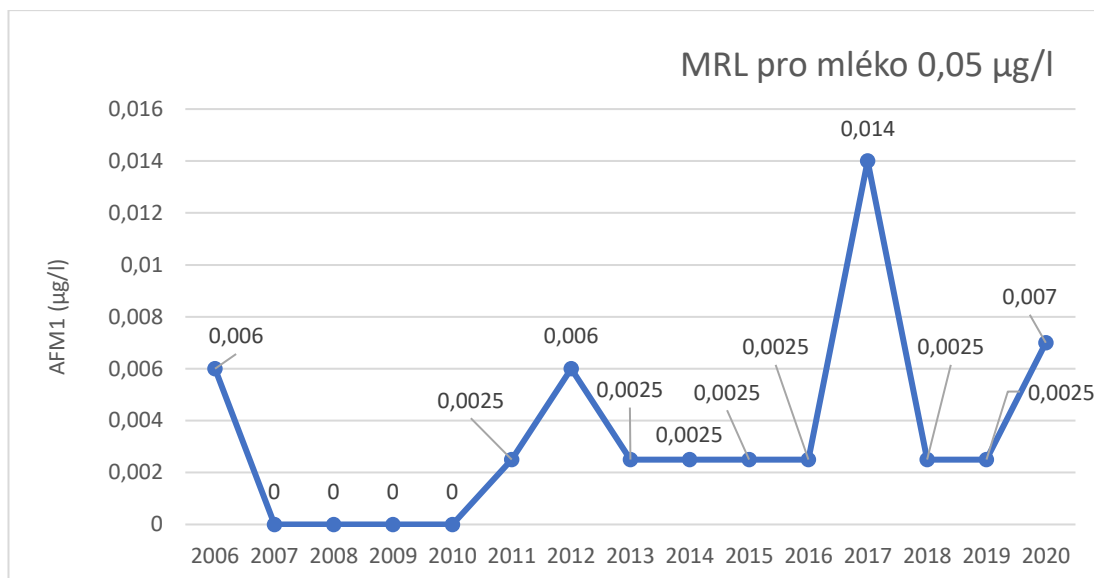
Situace se může měnit také v průběhu roku. Asi et al. (2012) zjistili výrazně vyšší výskyt AFM1 v zimním období než v letním. Toto zjištění spojují právě s rozdíly v krmné dávce dojnic. Zatímco v zimním období krmnou dávku tvořila z větší části konzervovaná krmiva, v letním období se využívalo více čerstvé krmivo a pastva. V souladu s tímto tvrzením je práce týmu Bilandžić et al. (2014), kteří zjistili, že ve vzorcích mléka koncentrace AFM1 s nástupem letních měsíců postupně klesala. Výskyt nižších koncentrací AFM1 v letním období zdůvodňují autoři kmením většího podílu čerstvého krmiva (zelené píce) v letním období.

**Tabulka 4.2: Vliv období na obsah aflatoxinu M1 (AFM1) v mléce dojnic, koz a ovcí**

Období	Obsah AFM1 (µg/l)			<i>P</i>
	průměr	směrodatná odchylka	maximální naměřená hodnota	
2016-2020	0,0025	0,0000	0,0140	0,4534
2011-2015	0,0025	0,0000	0,0060	
2006-2010	0,0022	0,0013	0,0060	
Celkem	0,0024	0,0007	0,0140	

Tabulka 4.2 ukazuje, že průměrná hodnota AFM1 nalezená v mléce za celé období 2006-2020 činila 0,0024 µg/l. Nejvyšší maximální naměřená hodnota AFM1 spadala do období 2016-2020 (graf 4.2).

Detailní přehled o situaci s obsahem AFM1 v syrovém kravském mléce v jednotlivých letech sledovaného období (2006-2020) uvádí graf 4.2, kde jsou zaznamenané nejvyšší naměřené hodnoty daného roku. Nejvyšší maximální obsah AFM1 byl nalezen v roce 2017, konkrétní hodnota činila 0,014 µg/l.

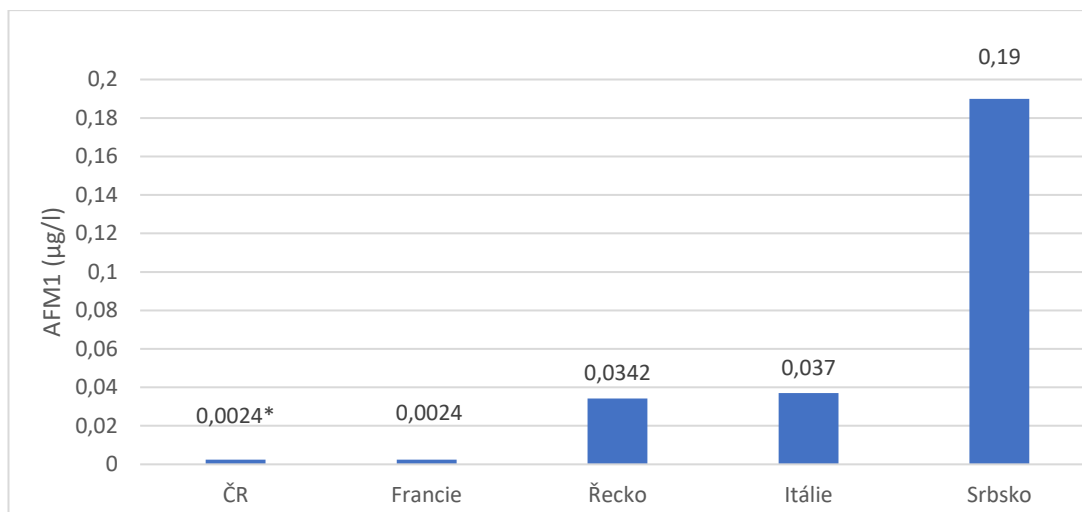


**Graf 4.2: Maximální hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) zjištěné v rámci monitoringu v kravském mléce v letech 2006-2020**

Souhrnnou rešerši o průměrných hodnotách AFM1 v syrovém mléce v různých státech světa sledovali autoři Turna a Wu (2021). Bylo zjištěno, že průměrné hodnoty AFM1 v syrovém mléce jsou variabilní v různých státech světa, stejně tak i v rámci stejného státu. Z 53 studií provedených u syrového mléka, byla u 27 z nich zjištěna nadlimitní hodnota AFM1 (nad 0,05 µg/l). Nejvyšší průměrná hodnota AFM1 v syrovém mléce byla zjištěna v Pákistánu: 17,38 µg/l (Muhammad et al., 2010), Brazílii: 0,835 µg/l (Scaglioni et al., 2014) a Tanzánii: 0,297 µg/l (Mohammed et al., 2016).

Průměrné hodnotě v ČR za období 2006-2020, která činí 0,0024 µg/l se v této rešerši nejvíce blížily průměrné hodnoty naměřené ve Francii: 0,0024 µg/l (Boudra et al., 2007), Itálii: 0,0040 µg/l (Santini et al., 2013) a Japonsku: 0,0073 µg/l (Sugiyama et al., 2008). Tato data mohou podporovat tvrzení, že ve vyspělejších částech světa AFM1 v mléce dosahuje nižších hodnot. Lze tedy předpokládat nižší výskyt AFM1 v mléce v souvislosti s vyšší kvalitou krmiv pro dojnice a přísnějšími legislativou.

Ve vybraných evropských státech byla nejnižší průměrná hodnota AFM1 zjištěna v ČR a ve Francii (0,0024 µg/l). Naopak nejvyšší průměrná hodnota z vybraných evropských států byla detekována v Srbsku (0,19 µg/l) (graf 4.3).



\*průměrná hodnota zjištěná z dat Státní veterinární správy České republiky v rámci této diplomové práce

**Graf 4.3: Průměrné hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) ve vybraných státech Evropy**

#### 4.1.2 Vliv druhu mléka

V následující kapitole je porovnáváno mléko různých druhů přežvýkavců z hlediska obsahu AFM1, také je zde diskutován obsah AFM1 na vybrané kvalitativní ukazatele mléka.

**Tabulka 4.3: Vliv druhu mléka na přítomnost aflatoxinu M1 (AFM1) v letech 2006-2020**

Druh mléka	Počet vzorků		% vzorků	
	vyšetřených	pozitivních	pozitivních	nadlimitních
Kravské	621	4	0,64	0
Ovčí	27	0	0	0
Kozí	72	0	0	0

Z tabulky 4.3 lze získat přehled o počtech vyšetřených vzorků mléka na přítomnost AFM1 u jednotlivých druhů přežvýkavců ve sledovaném období 2006-2020. Z daného počtu vyšetřených vzorků byly nalezeny čtyři pozitivní vzorky v kravském mléce (0,64 %), zatímco u mléka koz a ovcí nebyl ve zmíněném období nalezen žádný pozitivní vzorek.

Hussain et al. (2010) analyzovali 169 vzorků mléka odebraných od buvolů (n = 55), krav (n = 40), koz (n = 30), ovcí (n = 24) a velbloudů (n = 20). Autoři zjistili, že

největší zastoupení kontaminovaných vzorků bylo v kravském (37,5 %) a buvolím mléce (34,5 %). V mléce koz a ovcí byl zjištěn menší obsah AFM1, u koz bylo 20 % pozitivních vzorků a u ovcí 16,7 %. Kontaminace AFM1 ve velbloudím mléce nebyla zjištěna.

Podobný průzkum provedli také Nile et al. (2016). Celkem analyzovali 150 vzorků od každého druhu mléka (buvolí, kravské, kozí a ovčí mléko). Autoři dospěli k obdobným výsledkům výzkumu, a to že nejvyšší % vzorků kontaminovaných AFM1 tvořilo mléko kravské (45,3 %), poté buvolí (38,6 %) a nejnižší procenta pozitivních vzorků byla u mléka koz (33,3 %) a ovcí (36,6 %).

Nejnižší procenta vzorků kontaminovaných AFM1 u koz mohou být způsobena i odlišností trávicí soustavy ve srovnání se skotem. Bachor koz je v porovnání s ostatními přežvýkavci proporcionálně větší, což umožňuje kozám přijímat větší množství krmiva s vyšším zastoupením hrubé vlákniny a efektivněji krmivo využít. To znamená, že uplatnění čerstvé i sušené píce je ve výživě koz větší než u skotu. Krmnou dávku koz v našich podmínkách tvoří například: seno, zelená píce, minerální směs a jaderné krmivo (Zeman, 2006). Také Kalač (2017) uvádí, že přenos AFB1 z krmiva do mléka, respektive AFM1 jako jeho metabolitu, je u koz a ovcí menší. Pravděpodobné vysvětlení spatřuje autor v rozdílné mikroflóře bachoru a rovněž jiné aktivitě jaterních enzymů zodpovědných za biotransformaci a detoxikaci AFB1.

Podle Kalače (2011) jsou hlavními mykotoxiny tvořícími se v siláži zearalenon a deoxynivalenol. Jejich obsah je snižován činností, jak některých bakterií mléčného kvašení, tak i bachorové mikroflóry. Vylučování těchto mykotoxinů do mléka je obecně nízké.

**Tabulka 4.4: Vliv druhu mléka na obsah aflatoxinu M1 (AFM1) v letech 2006–2020**

Druh mléka	Obsah AFM1 (µg/l)			P
	průměr	směrodatná odchylka	maximální naměřená hodnota	
Kravské	0,0025	0,0007	0,0140	0,6876
Ovčí	0,0022	0,0009	0,0025	
Kozí	0,0024	0,0007	0,0025	
Celkem	0,0024	0,0007	0,0140	



---

Z tabulky 4.4 vyplývá skutečnost, že nejvyšší průměrná hodnota AFM1 v celém sledovaném období byla nalezena u syrového kravského mléka, konkrétně 0,0025 µg/l, u syrového mléka ovcí byla tato hodnota 0,0024 µg/l, stejně tak i u syrového mléka koz. Rovněž maximální naměřená hodnota AFM1 byla u syrového mléka krav nejvyšší, konkrétně 0,0140 µg/l. Za nejvíce ohrožené kontaminací AFM1 lze tedy z daných výsledků označit mléko kravské, ačkoli toto tvrzení může být zpochybněno výrazně vyšším počtem vyšetřených vzorků než u jiných druhů zvířat. Limitní hodnota pro AFM1 daná platnou příslušnou legislativou činí 0,05 µg/l, tudíž všechny vyšetřené vzorky byly pod touto hodnotou.

Krmné dávky krav, koz a ovcí se liší. U krav lze předpokládat vyšší zastoupení siláží a senáží v krmné dávce, tudíž i možné vyšší riziko kontaminace AFM1. Kukuřičná siláž je hlavním zdrojem píce pro dojnice v Evropě a Severní Americe. Pokud je kukuřičná siláž vystavena přístupu kyslíku funguje vzhledem k vyššímu obsahu vlhkosti jako příznivé prostředí pro růst plísní a produkci mykotoxinů (Cavallarin et al., 2011).

## **4.2 Vyhodnocení výsledků monitoringu AFM1 v nakupovaném syrovém kravském mléce**

### **4.2.1 Výsledky stanovení AFM1 pomocí Aflasensoru v roce 2018**

Semikvantitativní testy dokážou stanovit AFM1 v rozmezí hodnot od <0,03 µg/l do >0,1 µg/l. Za negativní je považován výsledek v rozmezí od <0,03 do 0,05 µg/l a za pozitivní v rozmezí od 0,05 do >0,1 µg/l.

Z celkového počtu 67 vzorků bylo pozitivních 27 vzorků, tj. 40,3 %. U 40 vzorků (59,7 %) byl výsledek přítomnosti AFM1 negativní, tzn. koncentrace v daném případě nepřesáhla 0,05 µg/l, což je stanovený MRL EU pro AFM1 (tabulka 4.5).

Z 27 vzorků s pozitivním nálezem byly všechny nadlimitní dle MRL EU pro AFM1. U dvou vzorků byla detekována koncentrace AFM1 vyšší než 0,1 µg/l a u 25 vzorků se koncentrace AFM1 pohybovala v rozmezí 0,05-0,1 µg/l.

**Tabulka 4.5: Výsledky stanovení aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém kravském mléce pomocí Aflasensoru v roce 2018**

Hodnocení výsledku	Hodnota AFM1 (µg/l)	Vyšetřené vzorky a jejich zařazení	
		počet	%
Negativní (-)	<0,03	20	29,8
Negativní (-)	0,03-0,05	20	29,8
Pozitivní (+)	0,05-0,1	25	37,3
Pozitivní (++)	≥0,1	2	3,0
Pozitivní (+++)	>0,1	0	0

#### 4.2.2 Výsledky stanovení AFM1 pomocí Charm MRL AFM1 v roce 2022

Charm testy dokážou stanovit AFM1 v rozmezí hodnot od 0 µg/l do 0,1 µg/l. Za negativní je považován výsledek v rozmezí od 0 do 0,04 µg/l a za pozitivní v rozmezí od 0,04 do 0,1 µg/l.

V dubnu 2022 byly z celkového počtu 45 vzorků identifikovány dva (4,4 %) pozitivní vzorky a 43 (95,6 %) vzorků bylo negativních, i když u třech z nich byly zjištěné obsahy AFM1 od 0,015 do 0,029 µg/l. Průměrná hodnota AFM1 v pozitivních vzorcích činila 0,046 µg/l (tabulka 4.6).

Detekované pozitivní koncentrace byly 0,048 µg/l a 0,045 µg/l. U 43 vzorků byl výsledek vyhodnocen jako negativní, což znamená, že koncentrace AFM1 v mléce nedosáhla hladiny 0,04 µg/l, z toho u 40 z těchto vzorků byl výsledek 0 µg/l. Koncentrace AFM1 v žádném ze vzorků nepřesáhla stanovená MRL EU pro AFM1 (0,05 µg/l). Vizuální zobrazení pozitivního výsledku testu na čtečce Charm EZ je ilustrováno v příloze 1.

**Tabulka 4.6: Výsledky stanovení aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém kravském mléce pomocí Charm MRL AFM1 v roce 2022**

Hodnocení výsledku	Hodnota AFM1 (µg/l)	Vyšetřené vzorky a jejich zařazení		Průměr AFM1 (µg/l)
		počet	%	
Pozitivní (+)	≥0,04	2	4,4	0,046
Negativní (-)	<0,04	3	6,7	0,019
Negativní (-)	0	40	88,9	0

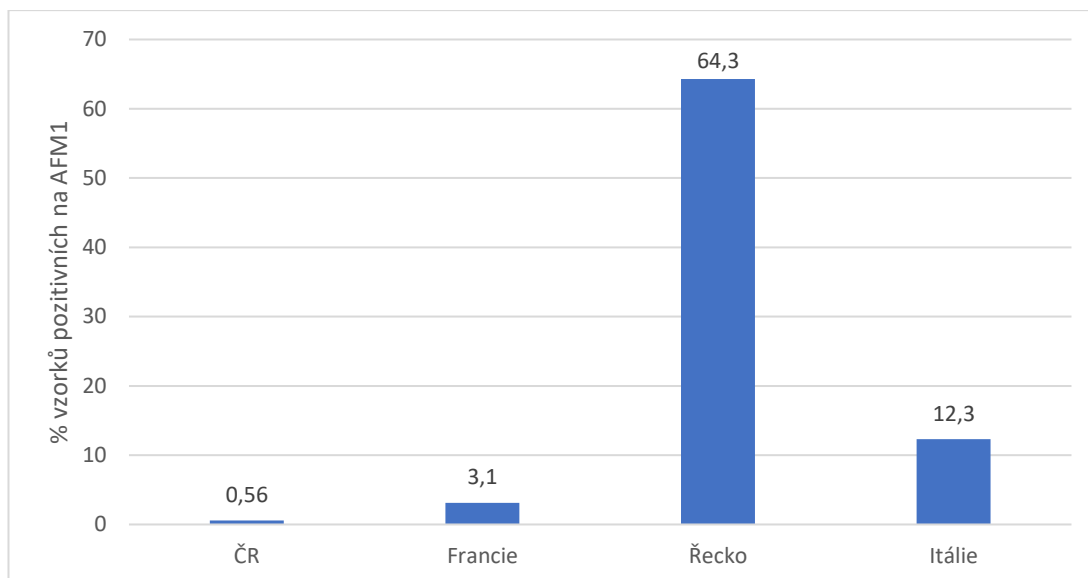
---

Procento pozitivních vzorků bylo poměrně nízké, což naznačuje vysoký standard do-  
držovaný při výrobě krmiv ve vyspělých státech Evropy, k nimž patří i ČR. Množství  
AFM1 ve vzorcích bylo pod platným limitem EU, avšak množství odebraných vzorků  
bylo poměrně nízké a zároveň všechny vzorky pocházely jen z jednoho kraje ČR.

Tvrzení o menším procentu mléka kontaminovaného AFM1 ve vyspělých státech  
Evropy podporují vědecké práce například z Francie, kde Boudra et al. (2007) zjistili  
3,1 % vzorků pozitivních na AFM1 s průměrnou hodnotou obsahu AFM1 0,0024 µg/l.  
Také práce týmu Camilleri et al. (2019) dospěla k podobnému výsledku. Pozitivních  
vzorků zde bylo nalezeno pouze 6 %, průměrná hodnota zde nebyla uvedena. Avšak i  
v případě vyššího procenta vzorků kontaminovaných AFM1 nemusí být průměrná  
hodnota obsahu AFM1 ve vzorku vysoká. Například v dalších z výzkumů provede-  
ných v Itálii sice autoři uvádějí vysoká procenta pozitivních vzorků, ale průměrné hod-  
noty obsahu AFM1 ve vzorcích zůstávaly nízké:

- 92 % pozitivních na AFM1, průměrná hodnota 0,0104 µg/l (Visciano et al., 2015)
- 52,9 % pozitivních na AFM1, průměrná hodnota 0,004 µg/l (Santini et al., 2013)
- 12,3 % pozitivních na AFM1, průměrná hodnota 0,037 µg/l (De Roma et al., 2017).

Vybrané evropské státy byly graficky porovnány s ohledem na % pozitivních vzorků  
na AFM1 (graf 4.4). Z grafu vyplývá, že nejnižší procento vzorků obsahujících AFM1  
bylo detekováno v ČR a Francii, kde zároveň byla i nejmenší průměrná hodnota AFM1  
(graf 4.3).



**Graf 4.4: Procenta vzorků pozitivních na aflatoxin M1 (AFM1) ve vybraných evropských státech**

U vzorků odebraných v dubnu 2022 byly kromě obsahu AFM1 sledovány také základní kvalitativní ukazatele mléka (tabulka 4.7). Hodnoty těchto ukazatelů byly posouzeny z hlediska obsahu AFM1, kde přímý vliv AFM1 na ukazatele kvality mléka nebyl prokázán. Vzorky byly rozděleny do tří skupin: vzorky bez nálezu AFM1 (negativní, AFM1 = 0 µg/l), vzorky s nálezem AFM1 (negativní, AFM1 = 0,015-0,029 µg/l) a vzorky s nálezem AFM1 (pozitivní, AFM1 =  $\geq 0,04$  µg/l).

Kvalita mléka ve vztahu k toxickým kontaminantům přímo souvisí s druhem a kvalitou krmiva dojníc. Také hraje roli návaznost na metabolismus mykotoxinů a jejich následné vylučování do mléka. Úroveň vylučování mykotoxinů mlékem je obecně nízká a mimo jiné je ovlivněna i lipofilitou daného mykotoxinu (Becker-Algeri et al., 2016). Výsledky našeho výzkumu jsou v souladu s prací týmu Křížová et al. (2016), kteří rovněž přímý vliv mykotoxinů na vybrané ukazatele kvality mléka neprokázali, ačkoli v této studii obsah mykotoxinů v mléce také nepatrně ovlivnil obsah tuku, stejně jako v naší studii. Nicméně k potvrzení teorie, že vyšší obsah tuku znamená vyšší obsah AFM1 u vzorku by bylo potřeba dalších výzkumů.

**Tabulka 4.7: Vliv obsahu aflatoxinu M1 (AFM1) na základní kvalitativní ukazatele mléka**

Ukazatel	Vzorky												p
	pozitivní (0,040-0,048 µg/l)				negativní (0,015-0,029 µg/l)				negativní (0 µg/l)				
	$\bar{x}$	$s_x$	min.	max.	$\bar{x}$	$s_x$	min.	max.	$\bar{x}$	$s_x$	min.	max.	
Tuk (g/100 g)	4,23	0,79	3,67	4,79	4,29	0,46	3,84	4,76	4,14	0,27	3,36	4,72	0,4086
Bílkovina (g/100 g)	3,52	0,028	3,50	3,54	3,50	0,28	3,27	3,82	3,43	0,19	2,71	3,72	0,4019
Kasein (g/100 g)	2,81	0,00	2,81	2,81	2,80	0,20	2,63	3,03	2,73	0,16	2,12	2,96	0,3503
Laktóza (g/100 g)	4,90	0,00	4,90	4,90	4,77	0,20	4,54	4,90	4,85	0,10	4,45	5,00	0,5935
Celková sušina (g/100 g)	13,45	0,72	12,94	13,97	13,38	0,39	12,93	13,64	13,24	0,39	11,79	14,06	0,3907
PSB ( $\times 1000/1$ ml)	134	4	131	137	136	57	81	195	204	100	65	576	0,1384
BMM (°C)	528	2	527	530	519	1	518	521	524	5	515	545	0,6390
TPS (g/100 g)	9,18	0,02	9,17	9,20	9,00	0,15	8,84	9,15	9,02	0,23	8,19	9,38	0,6357

PSB = počet somatických buněk; BMM = bod mrznutí; TPS = tukuprostá sušina

---

## Závěr

Z pohledu mléka je nejvýznamnějším mykotoxinem aflatoxin M1. V mléce je tento mykotoxin limitován na maximální hodnotu 0,05 µg/l.

Práce se zaměřovala na přítomnost aflatoxinu M1 v mléce a bylo zjištěno:

- V období 2006-2020 bylo Státní veterinární správou České republiky v rámci cílených kontrol odebráno 720 vzorků mléka krav, koz a ovcí, z toho čtyři vzorky (0,56 %) byly pozitivní. Všechny pozitivní vzorky pocházely od krav.
- V roce 2018 bylo provedeno první stanovení přítomnosti aflatoxinu M1 v kravském mléce dodávaném do vybraného mlékárenského závodu. Z 67 vzorků bylo pozitivních 27 (40,3 %) vzorků. Vzorky s pozitivním nálezem byly všechny nadlimitní dle zmíněného maximálního reziduálního limitu. U dvou vzorků byla detekována koncentrace aflatoxinu M1 vyšší než 0,1 µg/l a u 25 vzorků se koncentrace aflatoxinu M1 pohybovala v rozmezí 0,05-0,1 µg/l.
- V roce 2022 bylo provedeno druhé testování přítomnosti aflatoxinu M1 v kravském mléce dodávaném do vybraného mlékárenského závodu. Z 45 vzorků byly identifikovány 2 (4,4 %) pozitivní. Průměrná hodnota aflatoxinu M1 v pozitivních vzorcích činila 0,046 µg/l.
- Vliv období ani druhu mléka na obsah aflatoxinu M1 v mléce nebyl prokázán.
- Obsah aflatoxinu M1 v mléce nemá prokazatelný vliv na vybrané kvalitativní ukazatele mléka.

Aflatoxin M1 přítomný v mléce představuje celosvětový problém, vzhledem k negativním účinkům na zdraví lidí a zvířat, proto je důležitý jeho stálý monitoring. K získání přesnějšího přehledu o situaci s aflatoxinem M1 v mléce je potřeba dalšího výzkumu.

---

---

## Seznam použité literatury

1. Akbar, N. et al. (2019). Occurrence and seasonal variations of aflatoxin M1 in milk from Punjab, Pakistan. *Toxins*, 11(10):574.
  2. Al Zuheir, I. M. et al. (2012). Presence of aflatoxin M1 in raw milk for human consumption in palestinian. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 9(3):201-205.
  3. Ali, M. A. I. et al. (2014). Aflatoxin M1 in raw and imported powdered milk sold in Khartoum state, Sudan. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 7(3):208-212.
  4. Alonso, V. A. et al. (2010). Naturally occurring aflatoxin M1 in raw bulk milk from farm cooling tanks in Argentina. *Food Additives and Contaminants*, 27(3):373-379.
  5. 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(1):34-38.
  6. Bankole, S. A. a Adebajo, A. (2003). Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. *African journal of Biotechnology*, 2(9):254-263.
  7. Baptista, A. S., et al. (2002). Thermolysed and active yeast to reduce the toxicity of aflatoxin. *Scientia Agricola*, 59(2):257-260.
  8. Becker-Algeri, T. A. et al. (2016). Mycotoxins in bovine milk and dairy products: A review. *Journal of food science*, 81(3):544-552
  9. Bhat, R. et al. (2010). Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(1):57-81.
  10. Bilandžić, N. et al. (2014). Seasonal effect on aflatoxin M1 contamination in raw and UHT milk from Croatia. *Food control*, 40(6):260-264.
  11. Bilandžić, N. et al. (2015). Monitoring of aflatoxin M1 in raw milk during four seasons in Croatia. *Food Control*, 54(8):331-337.
  12. Bilandžić, N. et al. (2016). Aflatoxin M1 in raw and UHT cow milk collected in Bosnia and Herzegovina and Croatia. *Food control*, 68:352-357.
  13. Boudra, H. et al. (2007). Aflatoxin M1 and ochratoxin A in raw bulk milk from French dairy herds. *Journal of dairy science*, 90(7):3197-3201.
-

- 
14. Boudra, H., a Morgavi, D. P. (2006). Development and validation of a HPLC method for the quantitation of ochratoxins in plasma and raw milk. *Journal of Chromatography B*, 843(2):295-301.
  15. Camaj, A. et al. (2018). Aflatoxin M 1 contamination of raw cow's milk in five regions of Kosovo during 2016. *Mycotoxin research*, 34(3):205-209.
  16. Cammilleri, G. et al. (2019). Aflatoxin M 1 in cow, sheep, and donkey milk produced in Sicily, Southern Italy. *Mycotoxin research*, 35(1):47-53.
  17. Caruso, M. et al. (2009). A clonal cell line (BME-UV1) as a possible model to study bovine mammary epithelial metabolism: metabolism and cytotoxicity of aflatoxin B1. *Toxicon*, 53(4):400-408. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(6):497-516
  18. Cavallarin, L. et al. (2011). Aflatoxin accumulation in whole crop maize silage as a result of aerobic exposure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(13):2419-2425.
  19. Coufal-Majewski, S. et al. (2016). Impacts of cereal ergot in food animal production. *Frontiers in veterinary science*, 3(2):15.
  20. Čmsch.cz (2022). Ročenky chovu skotu. [online] [cit. 29.03.2022]. Dostupné z: <https://www.cmsch.cz/plemenarska-prace/ku-kontrola-uzitkovosti/chovatelske-rocenky/rocenky-chovu-skotu/>
  21. Daou, R. et al. (2020). Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized, UHT cows' milk, and dairy products in Lebanon. *Food control*, 111:107055.
  22. De Roma, A. et al. (2017). A survey on the Aflatoxin M1 occurrence and seasonal variation in buffalo and cow milk from Southern Italy. *Food Control*, 81:30-33.
  23. Dohnal, V. et al. (2014). Metabolism of aflatoxins: key enzymes and interindividual as well as interspecies differences. *Archives of toxicology*, 88(9):1635-1644.
  24. Dyková J. (2021). Zhodnocení monitoringu mykotoxinů ve vybraných surovinách. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
  25. Eagri.cz (2021). Potraviny. [online] [cit. 28.02.2022]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/bezpecnost-potravin/>
  26. Ertas, N. et al. (2011). A survey of concentration of aflatoxin M1 in dairy products marketed in Turkey. *Food Control*, 22(12): 1956-1959.
-



- 
27. Eskola, M. et al. (2020). Worldwide contamination of foodcrops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(16):2773-2789.
  28. Fallah, A. (2015). Aflatoxin M1 in raw milk in Qazvin Province, Iran: a seasonal study. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(3):195-198.
  29. Fallah, A. et al. (2016). Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk of four dairy species in Yazd, Iran. *Food Control*, 68:77-82.
  30. FAO. (2001). *Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control*. FAO, Rome. ISBN 92-5-104611-5.
  31. Flajs, D. a Peraica, M. (2009). Toxicological properties of citrinin. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 60(4):457.
  32. Flores-Flores, M. E. et al. (2015). Presence of mycotoxins in animal milk: A review. *Food Control*, 53 (6):163-176.
  33. Ghanem, I. a Orfi, M. (2009). Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Syrian market. *Food Control*, 20(6): 603-605.
  34. Ghiasian, S. A. et al. (2007). Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk during the summer and winter seasons in Hamedan, Iran. *Journal of Food Safety*, 27(2):188-198.
  35. Gizachew, D. et al. (2016). Aflatoxin contamination of milk and dairy feeds in the Greater Addis Ababa milk shed, Ethiopia. *Food control*, 59 (1):773-779.
  36. Golge, O. (2014). A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in raw milk produced in Adana province of Turkey. *Food Control*, 45:150-155.
  37. González-Osnaya, L. et al. (2008). Simple liquid chromatography assay for analyzing ochratoxin A in bovine milk. *Food Chemistry*, 108(1):272-276.
  38. Gupta, R. C. (2012). *Veterinary toxicology: basic and clinical principles*. Elsevier, Amsterdam. ISBN 9780123859273.
  39. Habibipour, R. et al. (2010). A study on contamination of raw milk with aflatoxin M1 at the Hamedan Province, Iran. *Global Veterinaria*, 4(5):489-494.
  40. Hanuš, O. et al. (2018). Effect of increasing zearalenone levels on the coagulation properties of milk and the viability of yogurt bacteria. *Czech Journal of Food Sciences*, 36(4):277-283.
  41. Hazel, C. M. a Patel, S. (2004). Influence of processing on trichothecene levels. *Toxicology letters*, 153(1):51-59.
-

- 
42. Hoseiniyeh, F. et al. (2012). Effect of five essential oils on zearalenon production and growth of *Fusarium graminearum*. *Applied entomology and phytopathology*, 80 (9):81-94.
  43. Hussain et al. (2010). Aflatoxin M1 contamination in milk from five dairy species in Pakistan. *Food control* 21(2): 122-124.
  44. Iqbal, S. Z. a Asi, M. R. (2013). Assessment of aflatoxin M1 in milk and milk products from Punjab, Pakistan. *Food Control*, 30(1):235-239.
  45. Iqbal, S. Z. et al. (2014). Aflatoxin M1 in milk from urban and rural farmhouses of Punjab, Pakistan. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 7(1):17-20.
  46. Iqbal, S. Z. et al. (2017). The seasonal variation of aflatoxin M1 in milk and dairy products and assessment of dietary intake in Punjab, Pakistan. *Food Control*, 79:292-296.
  47. Jajić, I. et al. (2018). Aflatoxin M1 occurrence in Serbian milk and its impact on legislative. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 69(4):1283-1290.
  48. Jard, G. et al. (2011). Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28(11):1590-1609.
  49. Jedlička M. (2016). Další krok v boji s mykotoxiny. *Náš chov*, 5(8): 44–45.
  50. Jičínská, E. a Havlová, J. (1995). *Patogenní mikroorganismy v mléce a mlékárenských výrobcích. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN 80-85120-47-x.*
  51. Jouany, J. P. et al. (2009). Risk assessment of mycotoxins in ruminants and ruminant products. *Options méditerranéennes*, 85:205-224.
  52. Kadlec, P. et al. (2009). *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-051-4.*
  53. Kalač, P. (2011). The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry*, 125(2):307-317.
  54. Kalač, P. (2017). *Effects of Forage Feeding on Milk: Bioactive Compounds and Flavor. Academic Press. London. ISBN 978-0-12-811862-7.*
  55. Kalantari, H. a Mousavi, M. (2010). Review on T-2 toxin. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 5(1):26-38.
  56. Kamkar, A. et al. (2011). Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk produced in Ardebil of Iran. *x.*, 123-128.
-

- 
57. Kamkar, A. et al. (2014). Aflatoxin M1 in raw cow and buffalo milk in Shush city of Iran. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 7(1):21-24.
  58. Kang'ethe, E. K. et al. (2009). Aflatoxin B1 and M1 contamination of animal feeds and milk from urban centers in Kenya. *African health sciences*, 9(4): 218-226.
  59. Keskin, Y. et al. (2009). Detection of aflatoxin M1 in human breast milk and raw cow's milk in Istanbul, Turkey. *Journal of food protection*, 72(4):885-889.
  60. Kos, J. et al. (2014). Occurrence and estimation of aflatoxin M1 exposure in milk in Serbia. *Food Control*, 38:41-46.
  61. Kovalsky, P. et al. (2016). Cooccurrence of regulated, masked and emerging mycotoxins and secondary metabolites in finished feed and maize: An extensive survey. *Toxins*, 8(12):363.
  62. Křížová, L. et al. (2016). Chemical, physical and technological properties of milk as affected by the mycotoxin load of dairy herds. *Archives Animal Breeding*, 59(2):293-300.
  63. Křížová, L. et al. (2021). Effect of Increasing Zearalenone Levels on the Technologically Problematic Microorganisms and Food Risky Pathogens (in Vitro). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 69(1):9.
  64. Kuboka, M. M. et al. (2019). Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk traded in peri-urban Nairobi, and the effect of boiling and fermentation. *Infection ecology & epidemiology*, 9(1): 1625703.
  65. Kummer, V. a Faldíková, L. (2002). Účinky mykotoxinů na zdraví a reprodukci hospodářských zvířat. [online] *Naschov.cz* [cit. 22.03.2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/ucinky-mykotoxinu-na-zdravi-a-reprodukcii-hospodarskych-zvirat/>
  66. Lee, J. E. et al. (2009). Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk in South Korea using an immunoaffinity column and liquid chromatography. *Food Control*, 20(2):136-138.
  67. Lee, M. R. (2010). The history of ergot of rye (*Claviceps purpurea*) III: 1940-80. *JR Coll Physicians Edinb*, 40(1):77-80.
  68. Li, Y. et al. (2011). T-2 toxin, a trichothecene mycotoxin: review of toxicity, metabolism, and analytical methods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(8): 3441-3453.
  69. Lindahl, J. F. et al. (2018). Aflatoxin M1 levels in different marketed milk products in Nairobi, Kenya. *Mycotoxin Research*, 34(4):289-295.
-

- 
70. Luo, Y. et al. (2018). Updating techniques on controlling mycotoxins-A review. *Food control*, 89(7):123-132.
  71. Magan, N. a Aldred, D. (2007). Postharvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. *International journal of food microbiology*, 119(1-2):131-139.
  72. Magan, N. a Olsen, M. (2004) *Mycotoxins in food: detection and control*. Woodhead Publishing. Cambridge. ISBN 0-8493-2557-9.
  73. Magan, N. et al. (2004). Role of spoilage fungi in seed deterioration. *Fungal biotechnology in agricultural, food and environmental applications*, 28(5):311-323.
  74. Mahendra, R. a Ajit, V. (2010). *Mycotoxins in Food, Feed and Bioweapons*. Springer, Berlin. ISBN 978-3-642-00724-8.
  75. Malíř, F. a Ostrý, V. (2003). *Vláknité mikromycety (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka*. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno. ISBN 9788070133958.
  76. Malyugina, S. (2019). Vliv mykotoxinů z travních porostů na zdraví a užitek přezývkavců. *Výzkum v chovu skotu*, 225(3):46.
  77. Mifka J. (2008). *Odbourávání mykotoxinů pomocí mikroorganismů*. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.
  78. Milićević, D. R. et al. (2017). A review of the current situation of aflatoxin M1 in cow's milk in Serbia: risk assessment and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(9):1617-1631.
  79. Milićević, D. R. et al. (2019). Impact of climate change on aflatoxin M1 contamination of raw milk with special focus on climate conditions in Serbia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(11):5202-5210.
  80. Min, L. et al. (2021). An overview of aflatoxin B1 biotransformation and aflatoxin M1 secretion in lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, 7 (3):42-48.
  81. Mohammed, S. et al. (2016). Aflatoxin M1 in raw milk and aflatoxin B1 in feed from household cows in Singida, Tanzania. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 9(2):85-90.
  82. Mohammadi-Ameur, S. et al. (2020). Occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in raw cow milk collected from different regions of Algeria. *Veterinary world*, 13(3):433.
-

- 
83. Moravcová, H. a Nedělník, J. (2005). Studium obsahu aflatoxinu M1 ve vzorcích mléka z distribuční sítě ČR v letech 2004–2005 [online] Vupt.cz [cit. 01.03.2022]. Dostupné z: [https://www.vupt.cz/files/pub\\_05/morav\\_05\\_01.pdf](https://www.vupt.cz/files/pub_05/morav_05_01.pdf)
84. Mousavi, K. A. et al. (2017). Detoxification of aflatoxin M1 (AFM1) in dairy base beverages (acidophilus milk) by using different types of lactic acid bacteria-mini review. *Current Nutrition & Food Science*, 13(2):78-81.
85. Movassaghghazani, M. H. et al. (2017). Incidence of aflatoxin M1 in human and cow milk in Kashan, Iran. *Journal of food quality and hazards control*, 4(4):99-102.
86. Muhammad, K. et al. (2010). Monitoring of aflatoxin M1 in market raw milk in Lahore city, Pakistan. *Pak. J. Zool*, 42:697-700.
87. Muhialdin, B. J. et al. (2020). Review on the biological detoxification of mycotoxins using lactic acid bacteria to enhance the sustainability of foods supply. *Molecules*, 25(11):2655.
88. Mulunda, M. a Mike, D. (2014). Occurrence of aflatoxin M1 from rural subsistence and commercial farms from selected areas of South Africa. *Food Control*, 39:92-96.
89. Nedělník, J. a Moravcová, H. (2005). Problematika výskytu mykotoxinů v krmivech pro dojnice. *Veterinářství* 55:214-219.
90. Nguyen, T. et al. (2020). Control of aflatoxin M1 in milk by novel methods: A review. *Food chemistry*, 311(5):125984.
91. Niessen, L. (2007). PCR-based diagnosis and quantification of mycotoxin producing fungi. *International journal of food microbiology*, 119(1-2):38-46.
92. Nile, S. H. (2016). Occurrence and analysis of aflatoxin M1 in milk produced by Indian dairy species. *Food and Agricultural Immunology*, 27(3): 358-366.
93. Oluwafemi, F. et al. (2014). Survey of aflatoxin M1 in cows' milk from free-grazing cows in Abeokuta, Nigeria. *Mycotoxin research*, 30(4), 207-211.
94. Omar, S. S. (2012). Incidence of aflatoxin M1 in human and animal milk in Jordan. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 75(22-23):1404-1409.
95. Ostrý, V. (2000). Mikroskopické vláknité houby: Účinky mykotoxinů na lidské zdraví. *Vesmír*. 79(4):187-189.
-

- 
96. Ostrý, V. a Ruprich, J. (1996). Výskyt fumonisinů v potravinách na bázi kukuřice v České republice [online] Biotox.cz [cit. 03.01.2022]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/toxikon/mikromycety/fumonisin2.php>
  97. Ostrý, V., Kýrová, V. (2021). Aflatoxiny 60. let poté. [online] CZVP SZÚ [cit. 04.03.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/Aflatoxiny60letpote.pdf>
  98. Pattono, D. et al. (2011). Detection and quantification of ochratoxin A in milk produced in organic farms. *Food Chemistry*, 127(1):374-377.
  99. Prandini, A. et al. (2009). On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and chemical toxicology*, 47(5):984-991.
  100. Rahimi, E. et al. (2009). Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized and UHT milk commercialized in Esfahan and Shahr-e Kord, Iran. *Food Security*, 1(3):317-320.
  101. Ruangwises, S., a Ruangwises, N. (2009). Occurrence of aflatoxin M1 in pasteurized milk of the school milk project in Thailand. *Journal of Food Protection*, 72(8):1761-1763.
  102. Sahin, H. Z. et al. (2016). Aflatoxins in dairy cow feed, raw milk and milk products from Turkey. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 9(2):152-158.
  103. Salari, N. et al. (2020). Aflatoxin M1 in milk worldwide from 1988 to 2020: a systematic review and metaanalysis. *Journal of Food Quality*, 1(6):x-x.
  104. Saleh, I. a Goktepe, I. (2019). The characteristics, occurrence, and toxicological effects of patulin. *Food and chemical toxicology*, 129(7):301-311.
  105. Santini, A. et al. (2013). Aflatoxin M1 in raw, UHT milk and dairy products in Sicily (Italy). *Food Additives & Contaminants: Part B*, 6(3):181-186.
  106. Scaglioni, P. et al. (2014). Aflatoxin B1 and M1 in milk. *Analytica chimica acta*, 829(6):68-74.
  107. SCOOP, (2002). Report of Experts participating in Task 3.2.7. Assessment of dietary intake of Ochratoxin A by the population of EU Member States [online] [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/3.2.7\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/3.2.7_en.pdf)
  108. Scott, P. (2009). Ergot alkaloids: extent of human and animal exposure. *World Mycotoxin Journal*, 2(2):141-149.
  109. Sefidgar, S. A. A. et al. (2011). Aflatoxin M1 in pasteurized milk in Babol city, Mazandaran Province, Iran. *Iranian journal of public health*, 40(1):115.
-

- 
110. Schumann, B. et al. (2009). Effects of the level of feed intake and ergot contaminated concentrate on ergot alkaloid metabolism and carry over into milk. *Molecular nutrition & food research*, 53(7):931-938.
  111. Siddappa, V. et al. (2012). Occurrence of aflatoxin M1 in some samples of UHT, raw & pasteurized milk from Indian states of Karnataka and Tamilnadu. *Food and chemical toxicology*, 50(11):4158-4162.
  112. Sobrova, P. et al. (2010). Deoxynivalenol and its toxicity. *Interdisciplinary toxicology*, 3(3):94.
  113. Sørensen, L. K. a Elbæk, T. H. (2005). Determination of mycotoxins in bovine milk by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography B*, 820(2):183-196.
  114. Stoev, S. D. (2013). Food safety and increasing hazard of mycotoxin occurrence in foods and feeds. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(9):887-901.
  115. Straňák, A. (2002). Účinky mykotoxinů na zdraví a reprodukci hospodářských zvířat. [online] *Náš chov* [cit. 20.12. 2021]. Dostupné z: <https://naschov.cz/ucinky-mykotoxinu-na-zdravi-a-reprodukcii-hospodarskych-zvirat/>
  116. Streit, E. et al. (2013). Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12):2892-2899.
  117. Suchý, P. a Herzig, I. (2005). Plísňe a mykotoxiny, prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. [online] *Výzkumný ústav živočišné výroby* [cit. 20.12. 2021]. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/Hezig-Suchy-Plisne-a-mykotoxiny-2005.pdf/>
  118. Suliman, S. E. et al. (2013). Presence of aflatoxin M1 in dairy cattle milk in Khartoum State-Sudan. *Poljoprivreda I Sumarstvo*, 59(2):199.
  119. Svscr.cz (2022). Kontaminace potravních řetězců. [online] [cit. 29.03.2022]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/category/dokumenty-a-publikace/prehled-podle-temat/kontaminace-potravnich-retezcu/>
  120. Šilha, J. a Hart, V. (2005). Nepodceňujme nebezpečí vzniku mykotoxinů v předkládaných krmivech. [online] *Myslivosť*.cz [cit. 04.01.2022]. Dostupné z: <https://www.myslivosť.cz/Casopis-Myslivosť/Myslivosť/2005/Prosinec---2005/Nepodcenujme-nebezpeci-vzniku-mykotoxinu-v-predkla>
-

- 
121. Škrbić, B. et al. (2014). Levels of aflatoxin M1 in different types of milk collected in Serbia: Assessment of human and animal exposure. *Food Control*, 40(6):113-119.
  122. Tajkarimi, M. et al. (2007). Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk in five regions in Iran. *International journal of food microbiology*, 116(3): 346-349.
  123. Tajkarimi, M. et al. (2008). Seasonal survey in content M1 aflatoxin in raw milk taken from 15 dairy factory. *Pajouhesh And Sazandegi*, 2008:2-10.
  124. Tsakiris, I. N. et al. (2013). Risk assessment scenarios of children's exposure to aflatoxin M1 residues in different milk types from the Greek market. *Food and chemical toxicology*, 56:261-265.
  125. Turna, N. S. a Wu, F. (2021). Aflatoxin M1 in milk: A global occurrence, intake, & exposure assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 183-192.
  126. Uhlíková, T. (2019). Problematika výskytu kontaminujících látek v mléce. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
  127. Velíšek, J. a Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin 2*. OSSIS, Tábor. ISBN 978-80-86659-16-9.
  128. Venâncio, R. L. et al. (2019). Occurrence and seasonality of aflatoxin M1 in milk in two different climate zones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(6): 3203-3206.
  129. Visciano, R. et al. (2015). A one-year survey on aflatoxin M1 in raw milk. *Italian Journal of Food Science*, 27(2):271.
  130. Walter, P. P. et al. (2015). Mycotoxins Prevention and Decontamination by Yeasts. *Journal of basic microbiology*, 55(7):805-818.
  131. WHO. (2002). Evaluation of certain mycotoxins in food: Fifty-Sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (Vol. 56). World Health Organization, Geneva. ISBN 92-4-120906-2
  132. Wu, Q. et al. (2009). Biological degradation of aflatoxins. *Drug metabolism reviews*, 41(1):1-7.
  133. Xiong, J. et al. (2020). Prevalence of aflatoxin M1 in raw milk and three types of liquid milk products in central-south China. *Food Control*, 108:106840.
-



- 
134. Ying, L. et al. (2018). Updating techniques on controlling mycotoxins – A review. *Food Control*, 89: 123-132.
  135. Zeman, L. (2006). *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Praha: Profi Press, ISBN 80-86726-17-7.
  136. Zheng, Z. (2005). Validation of an ELISA test kit for the detection of ochratoxin A in several food commodities by comparison with HPLC. *Mycopathologia*, 159(7): 265-272.
-

---

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1: <i>Aspergillus flavus</i> .....	15
Obrázek 1.2: Biotransformace aflatoxinu B1 (AFB1) na aflatoxin M1 (AFM1) .....	22
Obrázek 1.3: Schéma kontaminace mykotoxiny.....	28
Obrázek 1.4: Schéma účinku bakterií mléčného kvašení (BMK) na mykotoxiny.....	32
Obrázek 3.1: Postup provedení Charm testů na stanovení aflatoxinu M1 (AFM1)...	41

---

## Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Přehled vybraných mykotoxinů a jejich producentů .....	10
Tabulka 1.2: Významná akutní a chronická onemocnění spojovaná s mykotoxiny..	12
Tabulka 1.3: Zařazení mykotoxinů do kategorií dle karcinogenního účinku včetně limitních koncentrací.....	13
Tabulka 1.4: Toxigenní druhy rodů <i>Aspergillus</i> a <i>Emericella</i> .....	14
Tabulka 1.5: Přehled kontaminace mléka aflatoxinem M1 (AFM1) ve vybraných zemích v letech 2009-2019 .....	17
Tabulka 1.6: Průměrné hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém mléce v různých zemích světa .....	18
Tabulka 1.7: Výskyt ochratoxinu A v mléce ve vybraných evropských státech .....	25
Tabulka 1.8: Vybrané způsoby dekontaminace mykotoxinů.....	31
Tabulka 1.9: Porovnání dekontaminačního efektu různých kmenů bakterií mléčného kvašení (BMK) na aflatoxin M1 (AFM1).....	33
Tabulka 1.10: Limity aflatoxinu B1 (AFB1) a <i>Claviceps purpurea</i> v krmivech.....	35
Tabulka 3.1: Počty vyšetřených vzorků na aflatoxin M1 (AFM1) a procentuální četnosti vzorků jednotlivých druhů mlék v letech 2006-2020.....	38
Tabulka 3.2: Porovnání použitých testovacích souprav.....	39
Tabulka 4.1: Vliv období na přítomnost aflatoxinu M1 (AFM1) v mléce dojníc, koz a ovcí.....	43
Tabulka 4.2: Vliv období na obsah aflatoxinu M1 (AFM1) v mléce dojníc, koz a ovcí .....	45
Tabulka 4.3: Vliv druhu mléka na přítomnost aflatoxinu M1 (AFM1) v letech 2006-2020.....	47
Tabulka 4.4: Vliv druhu mléka na obsah aflatoxinu M1 (AFM1) v letech 2006–2020 .....	48
Tabulka 4.5: Výsledky stanovení aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém kravském mléce pomocí Aflasensuru v roce 2018 .....	50
Tabulka 4.6: Výsledky stanovení aflatoxinu M1 (AFM1) v syrovém kravském mléce pomocí Charm MRL AFM1 v roce 2022.....	50
Tabulka 4.7: Vliv obsahu aflatoxinu M1 (AFM1) na základní kvalitativní ukazatele mléka.....	53

---

---

## Seznam grafů

Graf 4.1: Produkce mléka v České republice v letech 2006-2020.....	44
Graf 4.2: Maximální hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) zjištěné v rámci monitoringu v kravském mléce v letech 2006-2020.....	46
Graf 4.3: Průměrné hodnoty aflatoxinu M1 (AFM1) ve vybraných státech Evropy .	47
Graf 4.4: Procenta vzorků pozitivních na aflatoxin M1 (AFM1) ve vybraných evropských státech .....	52

---

---

## Seznam použitých zkratek

µg/kg – mikrogram/kilogram

µg/l – mikrogram/litr

AFB1 – aflatoxin B1

AFB2 – aflatoxin B2

AFG1 – aflatoxin G1

AFG2 – aflatoxin G2

AFM1 – aflatoxin M1

AFM2 – aflatoxin M2

AFP1 – aflatoxin P1

AFQ1 – aflatoxin Q1

BKM – bakterie mléčného kvašení

DON – deoxynivalenol

ELISA – Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay

EU – Evropská unie

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points

HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie

IARC – Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

LC-MS/MS – tandemová hmotnostní spektrometrie

ML – maximální limit

MLR – maximální limit reziduí

MRL – maximum residue limit

OTA – ochratoxin A

ppb – parts per billion

ppt – parts per trillion

PSB – počet somatických buněk

SVS ČR – Státní veterinární správa České republiky

USA – Spojené státy americké (United States of America)

WHO/FAO – World Health Organisation/Food and Agriculture Organization of the United Nations

---

---

## Přílohy

**Příloha 1: Zobrazení pozitivního výsledku na čtečce Charm EZ**



Zdroj: archiv autora

**Příloha 2: Inkubátor, čtečka Charm EZ a testovací proužky**



Zdroj: archiv autora

---

Příloha 3: Vizuální porovnání platného (vpravo) a neplatného (vlevo) výsledku na testovacím proužku



Zdroj: archiv autora