

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

**Vláknité mikroskopické houby (plísně) a
mykotoxiny v bylinách**

Bakalářská práce

Autor:	Kateřina Jozífková
Studijní program:	B1501 Biologie
Studijní obor:	Systematická biologie a ekologie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. František Malíř, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Kateřina Jozífková

Poděkování:

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování panu doc. RNDr. Františku Malířovi, Ph. D., za cenné rady, ochotu, trpělivost a vstřícný postup při vedení mé bakalářské práce.

Anotace

JOZÍFKOVÁ, K. *Vláknité mikroskopické houby (plísně) a mykotoxiny v bylinách*. Hradec Králové, 2019. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce RNDr. František Malíř, Ph. D., 60s.

Hlavním cílem této práce je podat informace o vybraných vláknitých mikroskopických houbách, a jejich sekundárních metabolitech - mykotoxinech. Práce zahrnuje charakteristiku vybraných významných mykotoxinů - aflatoxiny, ochratoxiny, deoxynivalenol, fumonisiny, zearalenon aj., a jejich toxické účinky. Dále je práce zaměřena na vztahy globálního oteplování a zvyšující se kontaminace mykotoxinů. Práce se rovněž zabývá se charakteristikou bylin, jejich kontaminací a dále i okrajově legislativními limity.

Klíčová slova

plísně, mykotoxiny, mikromycety, aflatoxiny, ochratoxiny, léčivé byliny

Annotation

JOZÍFKOVÁ, K. *Filamentous microscopic fungi (molds) and mycotoxins in herbs*. Hradec Králové, 2019. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. František Malíř, Ph. D., 60p.

The main goal of this thesis is to provide informations about selected filamentous microscopic fungi, their secondary metabolites, mycotoxins. The thesis includes characteristics about selected important mycotoxins – aflatoxins, ochratoxins, deoxynivalenol, fumonisins, zearalenone etc. and their toxic effect. Hereafter the thesis is focused relation with global warming and ever-increasing contamination mycotoxins. The thesis also dealing with characteristics of herbs and their contamination and marginally deals with legislative limits.

Keywords

molds, mycotoxins, micromycetes, aflatoxins, ochratoxins, medicinal herbs

OBSAH

Úvod.....	10
1 Vláknité mikroskopické houby (plísně).....	11
1.1 Charakteristika vláknitých mikroskopických hub	11
1.2 Význam vláknitých mikroskopických hub.....	12
1.3 Nejvýznamnější toxinogenní rody – produkující mykotoxiny	12
1.4 Vztah mykotoxinů a změny klimatu.....	20
2 Charakteristika mykotoxinů	22
2.1 Obecná charakteristika	22
2.2 Toxické účinky mykotoxinů.....	23
3 Charakteristika nejvýznamnějších mykotoxinů.....	25
3.1 Aflatoxiny.....	25
3.2 Ochratoxiny.....	28
3.3 Deoxynivalenol.....	30
3.4 Fumonisin.....	31
3.5 Zearalenon.....	32
4 Charakteristika dalších mykotoxinů.....	34
4.1 Trichoteceny.....	34
4.2 Námelové alkaloidy	35
4.3 Citrinin	35
4.4 Alternariové mykotoxiny	36
4.5 Patulin	37
4.6 Další zástupci mykotoxinů.....	37
5 Byliny a jejich kontaminace.....	38
5.1 Charakteristika bylin.....	38
5.2 Využití bylin.....	40
5.3 Charakteristika významných rostlin a surovin používaných v TCM.....	40
6 Legislativa, bezpečnost potravin a léčivých rostlin	44
6.1 Bezpečnost potravin a krmiv.....	44
6.2 Regulace mykotoxinů	44
6.3 Regulace mykotoxinů v bylinách	45
Diskuze	46
Závěr.....	47
Seznam tabulek a obrázků	48
Seznam zdrojů.....	50
Přílohy	56

Seznam zkratek

AF	Aflatoxiny
AFB ₁	Aflatoxin B ₁
AFB ₂	Aflatoxin B ₂
AFG ₁	Aflatoxin G ₁
AFG ₂	Aflatoxin G ₂
AFL	Aflatoxikol
AFM ₁	Aflatoxin M ₁
Aw	Vodní aktivita
BEN	Balkánská endemická nefropatie
BS	Buněčná stěna
CIN	Chronická intersticiální nefropatie
CIT	Citrinin
ČR	Česká republika
DG SANTE	Generální ředitelství pro zdraví a bezpečnost potravin (Directorate-General for Health and Food Safety)
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
DON	Deoxynivalenol
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)
EFTA	Evropské sdružení volného obchodu (European Free Trade Association)
Eh	Vztah vláknitých mikroskopických hub ke kyslíku
EU	Evropská unie
FB ₁	Funosisnin B ₁
FB ₂	Fumonisin B ₂
FB ₃	Fumonisin B ₃
FUM	Fumonisin
GIT	Gastrointestinální trakt
i.p.	Intraperitoneární podání (injekčně do břišní dutiny)
i.v.	Intravenózní podání (nitrožilní)
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (International Agency for Research on Cancer)
IUPAC	Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou chemii (International Union of Pure and Applied Chemistry)
LD ₅₀	Střední letální koncentrace, usmrtí 50% testovaných organismů
MT	Mykotoxiny
NIV	Nivalenol
OTA	Ochratoxin A
p.o.	Perorální podání (ústní)
P-450	Hemoproteinové enzymy
PAT	Patulin
pH	Hodnota udávající na stupnici (0-14) kyselost, nebo zásaditost
RNA	Ribonukleová kyselina
RYR	Red yeast rice (červená kvasnicová rýže)
s.c.	Subkutánní podání (podkožní)
SFDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (State Food and Drug Administration)
ST	Sterigmatocystin
STP	Správné technologické postupy
SZP	Správné zemědělské postupy
TCM	Tradiční čínská medicína
TCT	Trichoteceny
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VMH	Vláknité mikroskopické houby
ZEA, ZEN	Zearalenon

Terminologický slovník

Abortus	Potrat před ukončením 28. týdne těhotenství
Aerobní	Za přítomnosti kyslíku
Aerosoly	Malé pevné, nebo kapalné částice v plynu
Ajurvéda	Tradiční indické lékařství
Anorexie	Nechutenství, odmítání jídla
Antagonismus	Protichůdné působení účinků
Antigen	Cizorodé částice
Antikoaguláty	Působící proti sraženinám
Antispasmodikum	Působící proti křečím
Apatie	Zeslabení reakcí a vjemů
Atrofie	Zmenšování buněk, úbytek živé tkáně
Bronchitida	Zánět průdušek
Cirhóza	Svraštění a zatvrdnutí orgánu např. jater
Degradace	Znehodnocení
Dekompozitor	Organismus rozkládající organickou hmotu na látky jednodušší
Disruptor	Hormonálně aktivní látka
Distenze	Roztažení, rozpětí
Diuretikum	Močopudné působení
Diuréza	Vylučování moči
Edém	Otok
Embryotoxicita	Účinek poškozující zárodek
Encefalopatie	Onemocnění mozku
Erytém	Zarudnutí kůže
Estrogen	Hormon
Expozice	Míra působení na živý organismus
Fragilita	Křehkost, lomivost
Fytoterapie	Léčba využívající byliny
Fytotoxin	Toxické sloučeniny rostlinného původu
Gastritida	Zánět žaludeční sliznice
Hemoragie	Krvácení mimo krevní řečiště
Hemostatikum	Zastavuje krvácení
Hepatocyt	Jaterní buňka
Hepatom	Nádor jater
Hepatotoxicita	Účinek poškozující játra
Heterotrofie	Výživa organickými látkami, vytvořenými jinými organismy
Hyperémie	Překrvení kapilár
Hypertrofie	Nadměrný růst určitého orgánu
Imunosuprese	Omezená schopnost organismu reagovat na cizí podněty
Imunotoxicita	Účinek poškozující imunitní systém
Ischemie	Nedokrvení, které vede k poškození nebo odumření orgánu
Karcinogenita	Účinek vyvolávající rakovinné bujení
Karcinom	Zhoubný nádor
Karminativum	Působí proti nadýmání a plynatosti
Leukoencefalomalácie	Smrtelné onemocnění koňovitých druhů, postižen je mozek (odumírání tkáně), játra a ledviny
Leukopenie	Pokles počtu leukocytů pod fyziologickou mez
Marker	Identifikační znak
Mutagenita	Schopnost vyvolat genetickou mutaci
Mykotoxikoza	Onemocnění vyvolané toxickými produkty vláknitých mikroskopických hub
Nefropatie	Porucha, onemocnění ledvin
Nefrotoxita	Účinek poškozující ledviny
Nekróza	Odumření tkáně
Neurotoxita	Účinek poškozující nervový systém
Parazitismus	Soužití dvou organismů, kdy jeden organismus využívá druhý

Permeabilita	Propustnost
Polyurie	Zvýšené vylučování moči
Progresivní	Postupné zhoršování
Prolaps	Vyhřeznutí, vysunutí určitého orgánu směrem dolů, ven
Proliferace	Chorobný růst tkáně
Protektivum	Ochranné látky
Rezervoár	Zdroj
Reziduum	Pozůstatek, zbytek
Salivace	Slinění, tvorba slin
Saprophytismus	Výživa získávána z odumřelých těl a organismů
Synergismus	Zesilování účinku
Vasokonstrikce	Zúžení cév

ÚVOD

Téma vláknitých mikroskopických hub (VMH) je považováno za velmi aktuální, proto se jím zabývá i tato bakalářská práce. Plísňe, vláknité mikroskopické houby, patří k jedněm z nejstarších organismů na Zemi, navíc ubikvitárně rozšířeným po celém světě. Díky enzymatickému vybavení jsou schopné kontaminovat prakticky jakýkoliv substrát a snižovat nutriční hodnotu různých potravin. Spory VMH se nacházejí v ovzduší, vodě, půdě, na povrchu živých a odumřelých organismů, předmětech i plochách. Toxinogenní VMH produkují mykotoxiny (MT), sekundární metabolity, způsobující významné ekonomické ztráty a zdravotní rizika pro člověka. VMH a MT mohou znehodnotit a snížit kvalitu potravin a krmiv.

Kontaminace potravin toxinogenními VMH a MT je přirozený proces, kterému nelze zamezit ani dodržováním správných zemědělských postupů (SZP) a správných technologických postupů (STP), nicméně lze toto riziko kontaminace těmito postupy alespoň částečně snížit.

Ke kontaminaci potravinových surovin dochází často již na poli, protože zde spolupůsobí řada stresových faktorů, jako např. vlhko, teplota, extrémní sucho, napadení škůdci, kterými mohou být např. obilniny aj. komodity poškozeny, což umožňuje následné snadné osídlení toxinogenními VMH. V současnosti jsou pozorovány změny ve výskytu - osídlení VMH - a to díky klimatickým změnám způsobeným globální změnou klimatu, kdy dochází k šíření a výskytu (nejenom toxinogenních) VMH, typických původně pro tropické oblasti, do oblasti mírného pásma a potažmo MT. Při působení na zemědělská zvířata pak lze efekt mykotoxinů pozorovat např. na jejich menším vzrůstu, orgánových vadách, nádorech aj.

S toxinogenními VMH a MT se lze v běžném lidském životě často setkávat, buď v rámci akutní expozice, v případě jejich nefunkční kontroly a dovozu vysoce kontaminovaných potravin z tzv. třetích zemí světa, či v rámci chronické (dlouhodobé) expozice, kdy dochází k opakovanému přívodu do organismu nízkých dávek MT a tudíž jejich dlouhodobému často multifunkčnímu spolupůsobení na zdraví. V lidském okolí se ve významných množstvích vyskytuje přibližně 20 MT, z nichž aflatoxiny (AF), ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON), fumonisiny (FUM) a zearalenon (ZEA) patří mezi pět nejvýznamnějších. Z tohoto důvodu jsou jednotlivé kapitoly zaměřeny na charakteristiku především těchto MT a jejich toxicitu, ale také i na další, dále na jejich možné producenty, tj. toxinogenní VMH a především na jejich výskyt v bylinách, kde dosud celosvětově komplexní informace o jejich výskytu často stále chybějí.

1 VLÁKNITÉ MIKROSKOPICKÉ HOUBY (PLÍSNĚ)

1.1 CHARAKTERISTIKA VLÁKNITÝCH MIKROSKOPICKÝCH HUB

VMH jsou eukaryotní organismy s heterotrofní výživou, živiny získávají absorpcí z okolí. Mají velkou morfologickou i fyziologickou rozmanitost a přizpůsobení života na různorodé biotopy. Hrají významnou roli v koloběhu živin, jako dekompozitoři organické hmoty. Většinou se u nich setkáváme se saprofytismem, trochu méně častý je parazitismus (Malíř *et al.*, 2003).

Významnou část jejich těla tvoří stélka, která je tvořena dutými vlákny (tzv. hyfy). Hyfy mohou být tvořeny buď jednou, nebo více buňkami. Hyfy společně tvoří podhoubí, nebo mycelium, útvar tvořený spleťmi hyf se pak nazývá sklerocium (Laciaková *et al.*, 2011). VMH se rozmnožují rozrůstáním hyf, nebo pomocí spor. Spory následně mohou vznikat pohlavní nebo nepohlavní cestou (Klusoň, 2014).

Pro řadu VMH, včetně většiny patogenních zástupců, je charakteristický výskyt ve formách anamorfa a teleomorfa. Anamorfa je nepohlavní stádium, které se rozmnožuje pomocí asexuálních spor, následně vznikající na základě mitotického dělení. Teleomorfa je sexuální stádium, u kterého předchází vzniku pohlavních spor meióza, a proto jsou nazývány houby meiosporické. Dohromady, tj. teleomorfa a jedna nebo více jí odpovídajících anamorf, je houba jako celek označována holomorfa (Laciaková *et al.*, 2011).

S VMH se lze setkat v ovzduší, půdě, vodě, nebo v krmivech, potravinových surovinách a v konkrétních potravinách, jak rostlinného tak živočišného původu – jako jsou např. chléb, pečivo, sýry, masné výrobky, ořechy, káva, čaje, ovoce, zelenina, sušené plody, obilí, rýže, luštěniny (Eman, 2003; Ashiq *et al.*, 2014), vedle toho např. také při nedostatečném větrání a vlhkosti v bytech (z důvodu vaření, praní a sušení prádla) a při špatně provedených izolacích bytů a domů (Ostrý, 1998; Laciaková *et al.*, 2011).

1.1.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RŮST VMH A TVORBU MT

VMH mají velmi všestranné požadavky na podmínky, ve kterých jsou schopny růst, proto se jedná o velmi běžné kontaminanty (Brera *et al.*, 1998; Ashiq *et al.*, 2014). I přesto existují faktory, které velmi výrazně ovlivňují růst a vývoj VMH. Patří sem např. vztah ke kyslíku (Eh), teplota, vodní aktivita (a_w), vlhkost vzduchu, pH, přítomnost hmyzu, mechanické oděrky, přítomnost jiných hub nebo chemických přípravků, dezinfekce (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011).

Tabulka 1 - Obecné charakteristiky pro růst VMH a produkci MT v potravinách

Faktor	Růst	Produkce mykotoxinů
Teplota	-12 – 55 °C	4 – 40 °C
pH	1,7 – 10	2,5 – 8 (optimum 5-8)
a_w	Min. 0.62	Min. 0.8 – 0.85
Eh	Aerobní podmínky	Aerobní podmínky
Vliv solí	Do 20 % NaCl	Do 14 % NaCl
Vliv cukrů	Do 50% sacharózy (<i>Aspergillus flavus</i>)	Do 50% sacharózy (<i>Aspergillus flavus</i>)

(Ostrý, 1998; Laciaková *et al.*, 2011)

1.2 VÝZNAM VLÁKNITÝCH MIKROSKOPICKÝCH HUB

Schopnost některých VMH vyvolávat mykózy a mykoalergie patří mezi velmi významné formy působení na zdraví - jak u zvířat, tak i u lidí. VMH dále snižují výnos plodin, způsobují úhyn dobytka a jeho oslabení, např. hubnutí (nechutenství - anorexie, úbytek svalové hmoty aj.). VMH často napadají oslabené jedince (Šimůnek, 2004). Toxinogenní VMH navíc mohou produkovat sekundární metabolity - mykotoxiny, které negativní účinky VMH ještě potencují (Malíř *et al.*, 2003). Zároveň ale VMH, přispívají ke koloběhu živin v přírodě, kde jako dekompozitoři neboli rozkladači, pomáhají rozkládat organickou hmotu, na jednodušší látky. Dokonce se využívají k výrobě potravin (sýrů, salámů), výrobě léčiv, organických vitamínů aj. VMH jsou přirozená součást ekosystému. Významnou roli hrají v koloběhu uhlíku v přírodě, např. při rozkladu dřeva (VMH rozkládají složku lignin) (Malíř *et al.*, 2003). Velmi významný objev, který ve své době dokázal omezit pooperační úmrtnost, učinil roku 1928 anglický bakteriolog Alexander Fleming. Objevil kmen *Penicillium notatum*, který má antimikrobiální účinky (Klusoň, 2014).

1.3 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ TOXINOGENNÍ RODY – PRODUKUJÍCÍ MYKOTOXINY

Mezi nejznámější producenty mykotoxinů patří toxinogenní VMH, především rodů: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* (Richard *et al.*, 2003), *Claviceps*, případně *Byssosclamyces* a *Alternaria*, ale jsou známy také další producenti z jiných rodů, např. *Stachybotrys*, *Myrothecium*, *Trichothecium*, *Phoma Diploidia* aj. - byť ne tak významní (Malíř *et al.*, 2003). Proto se tato bakalářská práce věnuje pouze těm nejvýznamnějším rodům.

1.3.1 ROD ASPERGILLUS

Tabulka 2 - Taxonomické zařazení rodu *Aspergillus*

Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod
Fungi	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae	<i>Aspergillus</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

Rod *Aspergillus* je fylogeneticky starý rod VMH, který byl popsán již v r. 1729 italským botanikem Pierem Antonio Michelim. Rod *Aspergillus* v r. 2001 obsahoval více jak 200 druhů (187 druhů, 24 synonym a 71 teleomorf), z toho je 18 patogenních pro člověka (Malíř *et al.*, 2003). Na základě podobnosti průřezu nepohlavním rozmnožovacím orgánem s kropítkem, dostal český název „kropidlák“ (Malíř *et al.*, 2003; Šimůnek, 2004). Pohlavní stadium tohoto rodu jsou vřeckaté houby, jejich plodnice jsou drobné, často menší než 1mm. V tomto rodu převažuje saprofytický způsob výživy (Richard *et al.*, 2003). Nepohlavní rozmnožovací orgány jsou tvořeny vláknem (konidiofor), který je na konci ztloustlý, a na něm se vyskytují válcovité buňky (fialidy – konidionosné buňky). Z těchto buněk se po dozrání odškrucují nepohlavní spory (konidie). Tvary a barvy konidioforů, fialidů, konidií jsou značně variabilní, nicméně v rámci rodu zastávají druhy rámcově stejný vzhled (Malíř *et al.*, 2003).

Mykotoxiny spojené s rodem *Aspergillus* jsou např. aflatoxiny, ochratoxiny, versicoloriny, sterigmatocystin, gliotoxin, citrinin, patulin, citreoviridin aj. (Richard *et al.*, 2003).

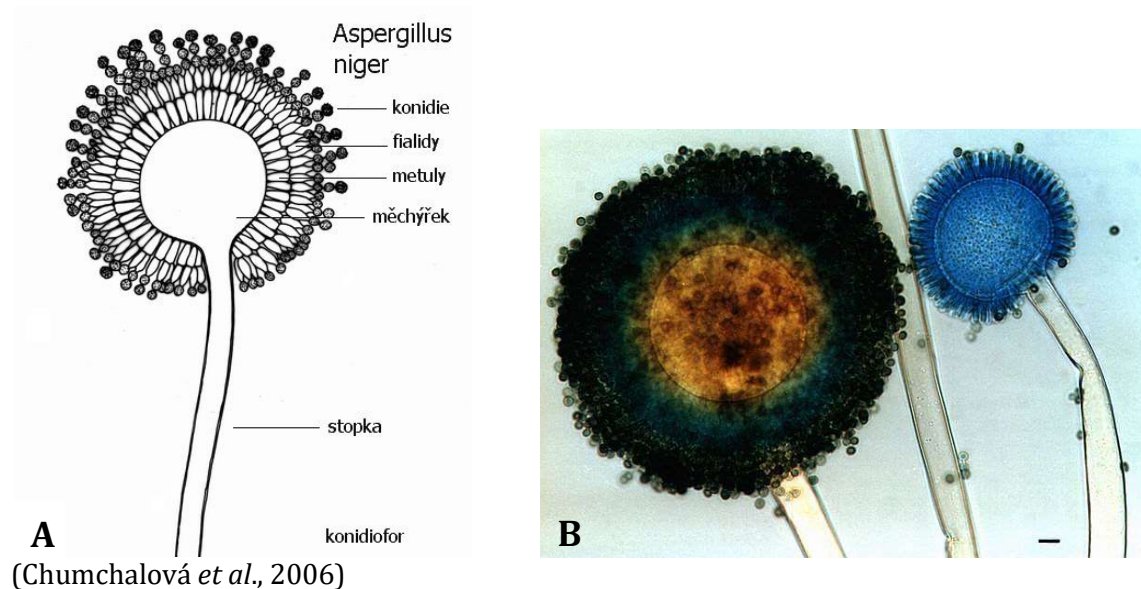
Anamorfy rodu *Aspergillus* a jejich teleomorfy jsou uvedeny v tab. 3

Tabulka 3 - Anamorfy rodu *Aspergillus* a jejich teleomorfy

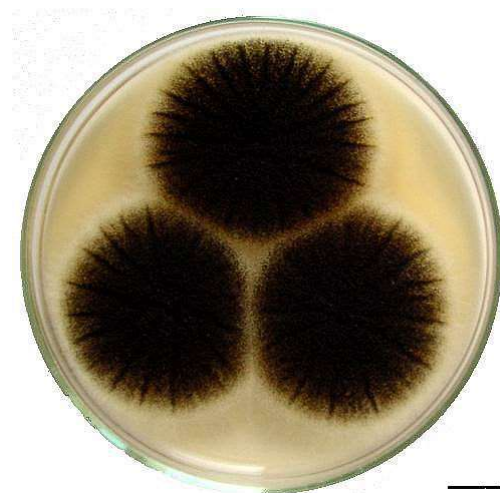
Anamorfa	Teleomorfa
Sekce <i>Aspergillus</i>	<i>Eurotium</i> Link:Fr. <i>Dichlaena</i> Mont. et. Durieu
Sekce <i>Fumigati</i>	<i>Neosartorya</i> Malloch et. Cain
Sekce <i>Ornati</i>	<i>Warcupiella</i> Subram <i>Scleroeleista</i> Subram <i>Hemicarpenteles</i> Sarbhoy et. Elphick
Sekce <i>Nidulantes</i>	<i>Emericella</i> Berk. et. Br.
Sekce <i>Flavipedes</i>	<i>Fennellia</i> Wiley et. Simmons
Sekce <i>Circumdati</i>	<i>Petromyces</i> Malloch et. Cain
Sekce <i>Cremeri</i>	<i>Chaetosartorya</i> Subram.

(Malíř et al., 2003)

Obrázek 1 - *Aspergillus* mikrohabitus - A) kresba; B) fotografie



Obrázek 2 - *Aspergillus* - makrohabitus fotografie



1.3.2 ROD *PENICILLINUM*

Tabulka 4 - Taxonomické zařazení rodu *Penicillium*

Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod	Podrod
Fungi	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergilloides</i> <i>Penicillium</i> <i>Biverticillium</i> <i>Furcatum</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

Název *Penicillium* poprvé použil německý botanik Johann Heinrich Friedrich Link v r. 1809 pro konidiální stádium VMH. Český název štětičkovec vznikl podle tvaru nepohlavního rozmnožovacího orgánu připomínajícím štětičky. Rod *Penicillium* do roku 2001 obsahoval cca 225 druhů, 352 synonym a asi 60 teleomorf (Malíř *et al.*, 2003). Rod *Penicillium* je příbuzný rodu *Aspergillus*, proto z toho plynou jen velmi malé rozdíly mezi těmito rody, rozdíl v morfologii oproti *Aspergillus* spočívá v neztlouhlém konidioforu. Převažuje saprofytický způsob výživy. Nepohlavní stádium je též tvořeno konidioforem, fialidy a konidiiemi. Některé rody byly používány i při výrobě plísňových sýrů. Zástupci jsou častěji spojováni s kontaminacemi během skladování (Sauer *et al.*, 1992; Richard *et al.*, 2003). Vyjma toxinogenních zástupců, produkujících MT má rod *Penicillium* i zástupce, kteří vykazují velmi prospěšné, antimikrobiální a septické účinky. Konkrétně se jedná o rod *Penicillium chrysogenum* dříve (*Penicillium notatum*), tento významný objev učinil Alexander Fleming roku 1928. Zjistil, že daný kmen je schopen potlačovat (suprimovat) stafylokoky, pneumokoky, meningokoky aj. (Klusoň, 2014).

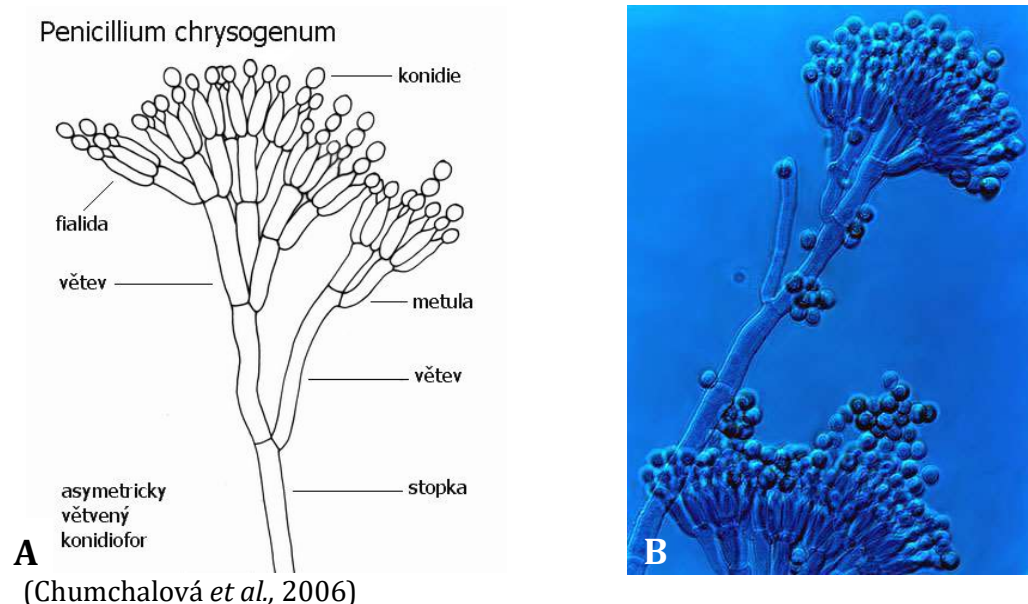
Anamorfa rodu *Penicillium* a jejich teleomorfy jsou uvedeny v tab. 5

Tabulka 5 - Anamorfa rodu *Penicillium* a její teleomorfy

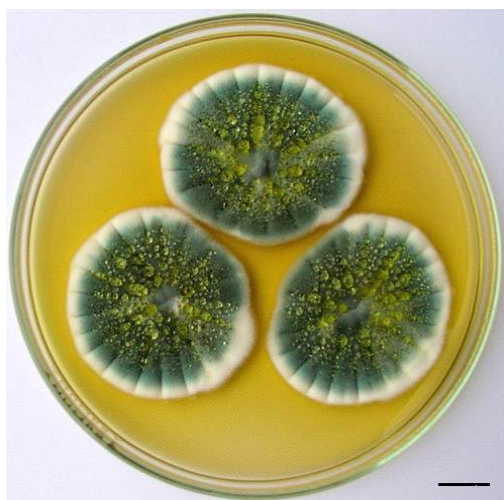
Anamorfa	Teleomorfa
<i>Penicillium</i>	<i>Eupenicillium</i> F. Ludw.
	<i>Talaromyces</i> C. R. Benj.

(Malíř *et al.*, 2003)

Obrázek 3 - *Penicillium mikrohabitus* - A) kresba; B) fotografie



Obrázek 4 - *Penicillium* - makrohabitus fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

1.3.3 ROD *FUSARIUM*

Tabulka 6 - Taxonomické zařazení rodu *Fusarium*

Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod
Fungi	Ascomycota	Hypocreales	Hypocreaceae	<i>Fusarium</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

Rod *Fusarium* je od předchozích rodů odlišný hlavně tím, že se řada druhů přizpůsobila k parazitismu. Zástupci rodu *Fusarium* jsou významnou součástí půdního ekosystému (Richard *et al.*, 2003). Konidiofory fusárií jsou méně nápadné než u předešlých rodů. Konidie mají dva druhy: mikrokonidie jsou tvořeny jednou buňkou, makrokonidie mají srpovitý tvar a jsou tvořeny několika buňkami. *Fusarium* se může vyskytovat ve dvou konidiových formách, jako jednotlivé konidiofory, ze kterých se odštěpují konidie, nebo shluky konidioforů, které se označují sporodochia. Český název srpovnička, dostal tento rod podle vzhledu jeho makrokonidií (Malíř *et al.*, 2003). Souvislé konidiové porosty se nazývají pionoty. Zástupci tohoto rodu se vyskytují nejvíce v různých obilovinách např. pšenice, ječmen, oves (Campbell *et al.*, 2000; Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011).

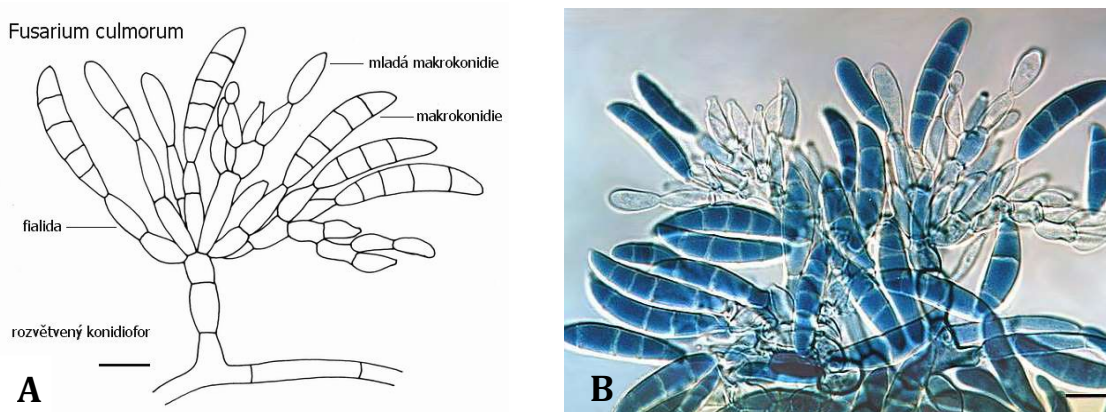
Anamorfa rodu *Fusarium* a její teleomorfy jsou uvedeny v tab. 7

Tabulka 7 - Anamorfa rodu *Fusarium* a její teleomorfy

Anamorfa	Teleomorfa
<i>Fusarium</i>	<i>Giberella</i> Sacc.
	<i>Nectria</i> Fr. (Fr.)

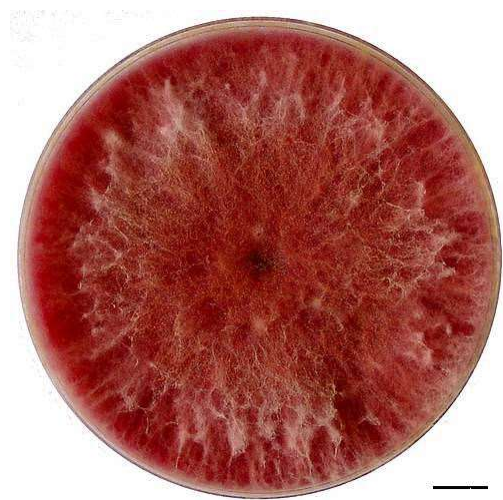
(Malíř *et al.*, 2003)

Obrázek 5 - *Fusarium mikrohabitus* - A) kresba; B) fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

Obrázek 6 - *Fusarium* - makrohabitus fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

1.3.4 ROD ALTERNARIA

Tabulka 8 - Taxonomické zařazení rodu *Alternaria*

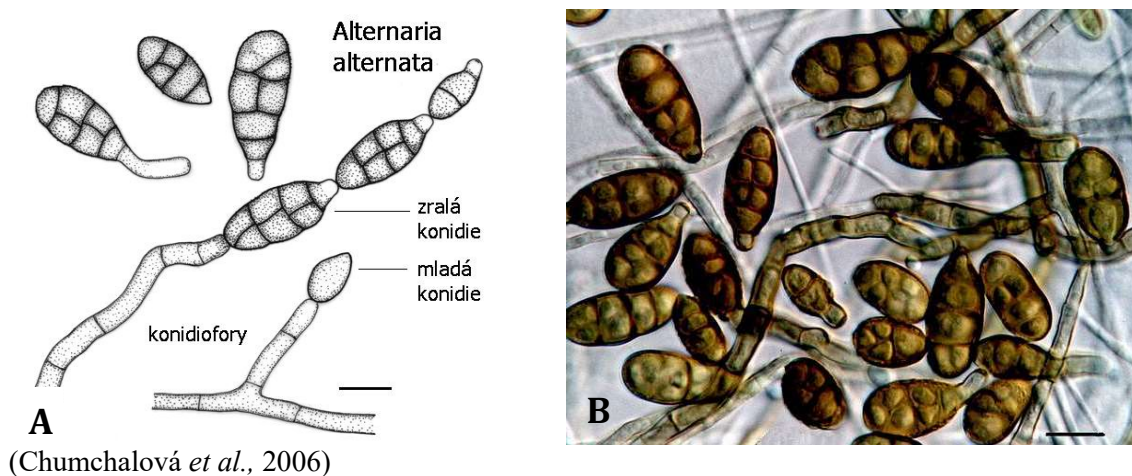
Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod
Fungi (houby)	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Alternaria</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

VMH rodu *Aternaria* poprvé popsal roku 1816, mykolog Christian G. D. Neevs (Malíř *et al.*, 2003). Rod *Alternaria* patří mezi kosmopolitně rozšířené VMH. Nejčastěji se vyskytuje jako dekompozitor organické hmoty, proto zaujímá důležitou roli v ekosystému. Některé druhy se adaptovaly na parazitismus rostlin. Rod *Alternaria* je charakteristický vzhledem makrokonidií, označené jako dictyospory, jsou mnohobuněčné, tlustostěnné a obvykle tmavé barvy (Laciaková *et al.*, 2011). Vzhledem k relativně větší velikosti konidií, mohou u citlivých jedinců vyvolat alergické reakce (Laciaková *et al.*, 2011). Zaznamenané jsou i mykotické infekce, za které jsou odpovědná *Alternaria* a to nejčastěji rodem *Alternaria alternata*, přirozeně se vyskytující jako dekompozitor rostlinných zbytků (Malíř *et al.*,

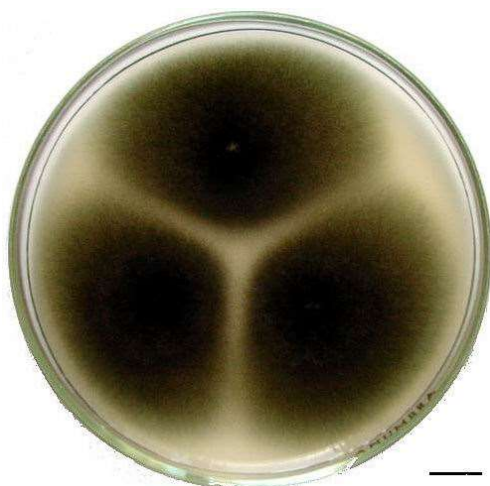
2003). Dále se některé druhy rodu *Alternaria* mohou podílet na vzniku a rozvoji astmatu u dětí i dospělých (Malíř *et al.*, 2003).

Obrázek 7 - *Alternaria* dickyospory - A) kresba; B) fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

Obrázek 8 - *Alternaria* - makrohabitus fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

1.3.5 ROD CLAVICEPS

Tabulka 9 - Taxonomické zařazení rodu *Claviceps*

Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod
Fungi (houby)	Ascomycota	Hypocreales	Clavicipitaceae	<i>Claviceps</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

VMH z rodu *Claviceps* patří k významným patogenům, které napadají různé druhy obilovin a travin. *Claviceps* se odlišuje od ostatních VMH schopností nahradit zrnka rostlin houbovou tkání tzv. sklerociem (Richard *et al.*, 2003). Tento rod se vyskytuje převážně jen na polích a prospívají mu vlhké, písčité půdy a teplé vlhké zimy (Richard *et al.*, 2003). Vývojový cyklus *Claviceps purpurea* poprvé popsal francouzský mykolog roku 1853 Louis René Tulasne (Malíř *et al.*, 2003). Do současné doby bylo popsáno přibližně 70 druhů rodu *Claviceps*.

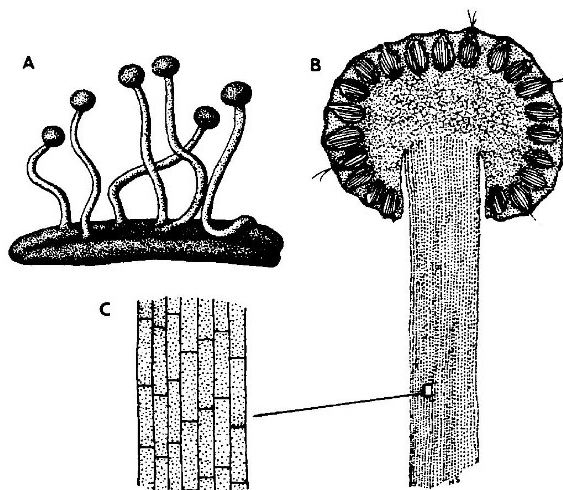
Teleomorfa rodu *Claviceps* a její anamorfa je uvedena v tab. 10

Tabulka 10 - Teleomorfa rodu *Claviceps* a její anamorfa

Teleomorfa	Anamorfa
<i>Claviceps</i> spp.	<i>Sphacelia</i> Lév.

(Malíř *et al.*, 2003)

Obrázek 9 - *Claviceps* - mikrohabitus kresba



Vysvětlivky:

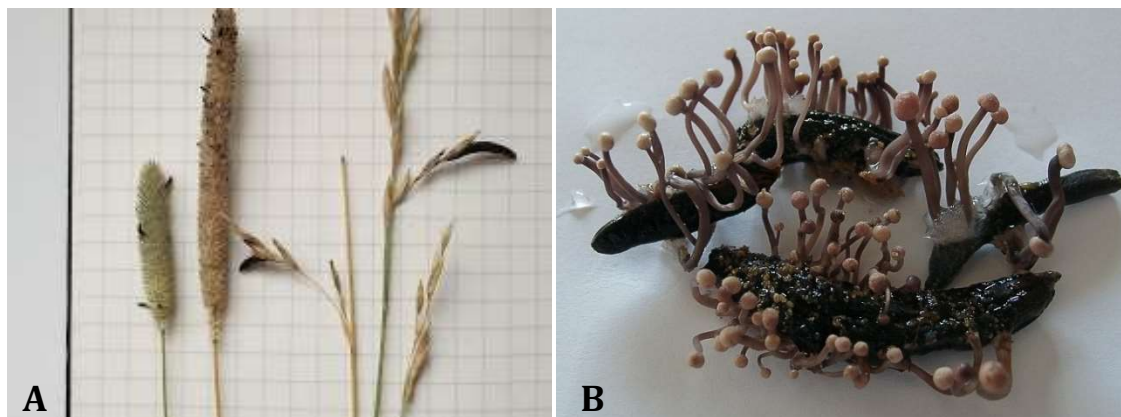
A - Stopkatá stromata vyvíjející se ze sklerocia

B - Struktura stromatu na řezu

C - Struktura hyfy

(Garraway *et al.*, 1984; Malíř *et al.*, 2003)

Obrázek 10 - *Claviceps* makrohabitus- A) sclerocia fotografie; B) stromata fotografie



(Blencowe, 2018)

1.3.6 ROD BYSSOCHLAMYS

Tabulka 11 - Taxonomické zařazení rodu *Byssochlamys*

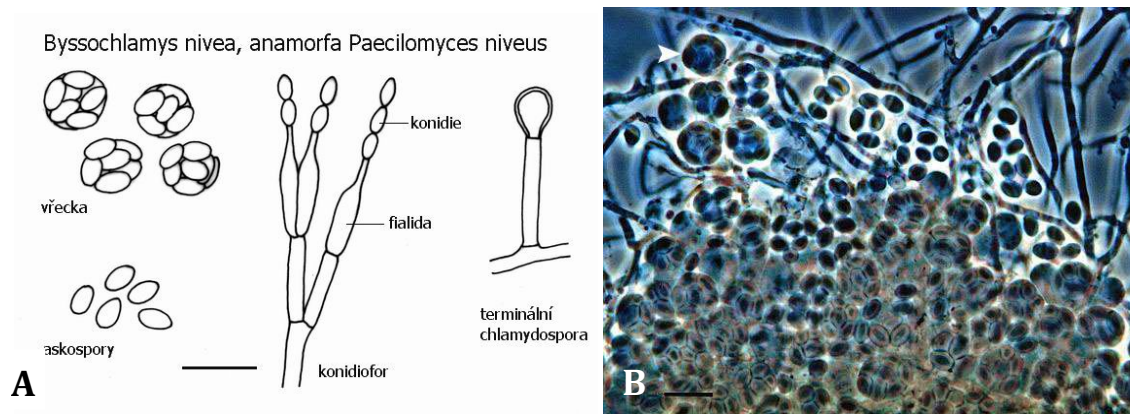
Říše	Oddělení	Řád	Čeleď	Rod
Fungi (houby)	Ascomycota	Eurotiales	Thermoasceae	<i>Byssochlamys</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

Velký význam má tato VMH v potravinářském a konzervářském průmyslu, protože dokáže znehodnotit i tepelně upravené produkty. Významní zástupci rodu *Byssochlamys* jsou např. *Byssochlamys fulva* a *Byssochlamys nivea*. Spory tohoto rodu, vykazují velkou tepelnou odolnost (termorezistenci), přežívají teploty 87–90 °C po dobu 30 minut

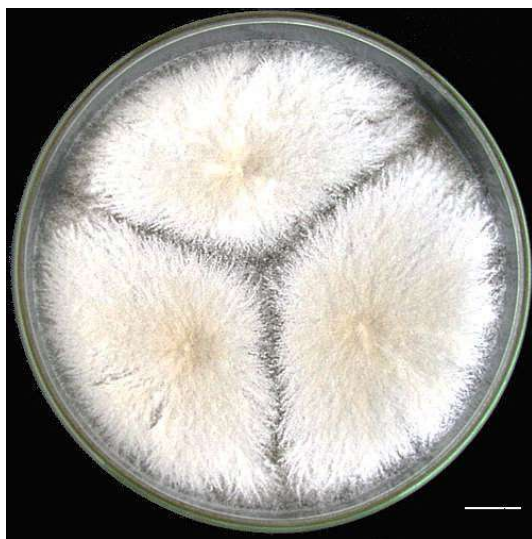
(Laciaková *et al.*, 2011), dovedou růst i při nízkém parciálním tlaku kyslíku a nízkém pH (Skalníková, 1998). Jejich optimální podmínky krůstu jsou např. teplota 10–40 °C, optimální teplota 30–35 °C (Laciaková *et al.*, 2011). V roce 1933 bylo zjištěno, že *B. fulva* může růst i pod vodní hladinou, dokáže syntetizovat kyselinu byssochlamovou, která se běžně tvoří pouze za aerobních podmínek (Skalníková, 1998). Často se vyskytují na nedostatečně upravených potravinách, např. kompoty, šťávy, mohou se vyskytovat i v krmivech, nebo na kazících se potravinách (Skalníková, 1998; Laciaková *et al.*, 2011).

Obrázek 11 - *Byssochlamys mikrohabitus* - A) kresba; B) fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

Obrázek 12 - *Byssochlamys* - makrohabitus fotografie



(Chumchalová *et al.*, 2006)

1.4 VZTAH MYKOTOXINŮ A ZMĚNY KLIMATU

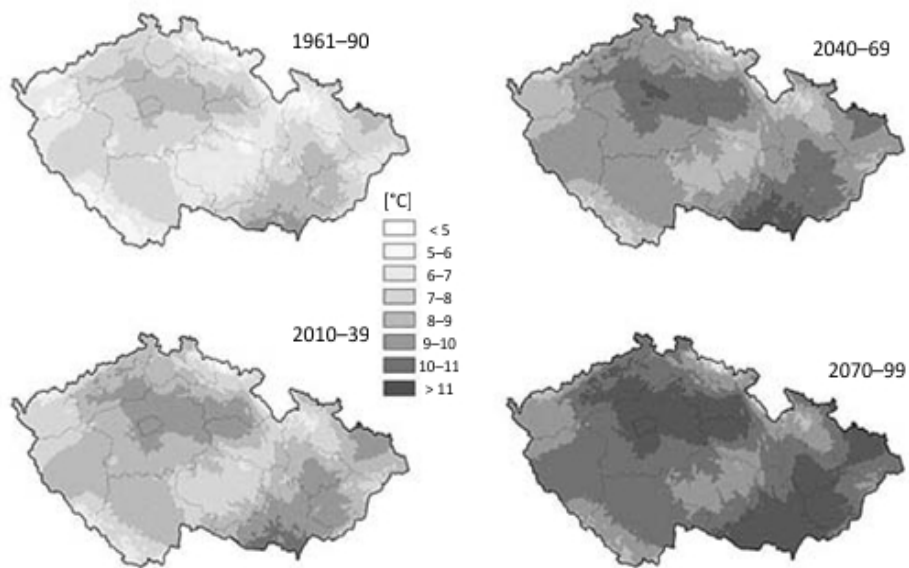
Nyní dochází ke změně klimatu, která má za následek četnější výkyvy teplot a různé extrémní projevy počasí (větší sucho, mráz, povodně, vichřice) (Ostrý *et al.*, 2017). Změnami vodní bilance, se za předních 30 let zvýšila průměrná teplota o 0,45 °C (Ostrý *et al.*, 2016; 2017). Na obr. 13. můžeme vidět postupný očekávaný průběh teplot, který podle Hydrometeorologického ústavu nastane, na základě dosavadního trendu. Bylo prokázáno, že environmentální stres má významné důsledky pro produkci sekundárních metabolitů, zejména pak mykotoxinů (Schmidt-Heydt *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 2015; 2017).

Předpokládá se, že vzhledem ke globálnímu oteplování a zvyšování CO₂ v ovzduší, se jeho výskyt během následujících 30–80 let znásobí dokonce 2 až 3x (Medina *et al.*, 2017). Zvyšování CO₂ v ovzduší má velký vliv na všechny živé organismy, fotosyntézu a výnosy plodin (Eastburne *et al.*, 2010; Vaughan *et al.*, 2014; Ray *et al.*, 2015; Vary *et al.*, 2015; Medina *et al.*, 2017). VMH jsou schopny tolerovat více CO₂, než jiné organismy, proto v budoucnu velké změny v koncentracích CO₂ nemusí mít tak markantní dopad pro VMH (Magan *et al.*, 2007; Medina *et al.*, 2017). Některé plodiny jsou však náchylnější ke kontaminacím mykotoxiny - právě za předpokladu, že se několikrát zvýší množství CO₂ v ovzduší právě díky postupnému oteplování planety (Medina *et al.*, 2017).

Odborníci se shodují, že v důsledku globálního oteplování a změn klimatu dochází ke stále větší kontaminaci a šíření VMH v Evropě (Ostrý *et al.*, 2016). Jedná se zejména o *Aspergillus flavus* (AFB₁), *Aspergillus carbonarius* (OTA) a *Fusarium verticillioides* (FUM). Ve sklizních, které proběhly 2012–2013 byly zjištěné velké koncentrace *Aspergillus flavus* (AFB₁), v porovnání s roky předešlými. Tyto kontaminace byly zaznamenány v Maďarsku, Srbsku a Itálii. Kukuřice byla používána jako krmivo pro dojnice, proto se v jejich mléce poměrně často a ve významných koncentracích vyskytoval také aflatoxin M₁, metabolit AFB₁. Vyšší kontaminace MT byly zaznamenány roku 2014 v Evropě, včetně České republiky (ČR). Jednalo se opět o kontaminovanou kukuřici, u které byly naměřeny vysoké koncentrace (DON, ZEA, FUM) (Ostrý *et al.*, 2016; 2017), i přes dodržování správných zemědělských postupů (SZP) v souladu s doporučením Generálního ředitelství pro zdraví a bezpečnost potravin (DG SANTE). V roce 2014 byly potvrzeny v Troubsku kontaminace kukuřice fusáriovými MT. Sklizeň obsahovala od 10,7 do 28,3 mg/kg fusáriových MT a dále také kontaminace ZEA, kde hodnoty přesahovaly 350 µg/kg, což je maximální limit pro nezpracované produkty z kukuřice (Ostrý *et al.*, 2016). Kontaminace DON nepřesahovaly maximální hodnoty, nicméně i přesto Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) v Brně uvedl, že úroveň kontaminace MT potravinářské kukuřice byly vyšší, než je v ČR obvyklé (Ostrý *et al.*, 2016).

MT často kontaminují již samotnou půdu, na které obiloviny rostou, pokud bude i nadále postupovat trend globální změny klimatu a oteplování, budou se více rozšiřovat kontaminované lokality i do mírnějšího podnebí (Boyd *et al.*, 2001; Miraglia *et al.*, 2009; Ostrý *et al.*, 2016; Tuori, 2017). Větší teploty a sucho mohou oslabit semena, povodně a větší vlhkost mohou zvýšit riziko kontaminace MT, časté střídání povodní, sucha, velkého větru, mohou zvýšit rozptýl spor, které se tak mohou dostat na větší vzdálenosti (Tuori, 2017).

Obrázek 13 - Předpokládané změny teplot v ČR



(Ostrý *et al.*, 2017)

2 CHARAKTERISTIKA MYKOTOXINŮ

Předpokládá se, že MT jsou VMH produkovány kvůli konkurenčnímu boji o zdroje, substrát a o přežití (WHO, 2007; Ostrý *et al.*, 2017), podobně jako v případě produkce antibiotik. Mykotoxiny jsou produkovány asi 300 druhy toxinogenních VMH (Colea *et al.*, 1981; Richard *et al.*, 2003), nicméně zdaleka ne všechny VMH jsou schopné produkce mykotoxinů tzv. toxinogenní. VMH jsou schopné produkce více MT současně, ale zároveň určitý MT může být produkován různými druhy VMH (Suchý *et al.*, 2005). Všechny kmeny, u kterých byla zjištěna produkce mykotoxinů, považujeme jako potencionálně toxinogenní, zároveň však přítomnost spor toxinogenního kmene ještě nezaručuje přítomnost MT, spory až na výjimky pak mykotoxiny neobsahují (Šimůnek, 2004). Většina běžně se vyskytujících mykotoxinů je produkována rody *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (Richard *et al.*, 2003).

Z chemického hlediska můžeme považovat mykotoxiny dokonce za lipofilní částice, proto jsou schopny akumulace v tukových buňkách rostlin a živočichů (Hussein *et al.*, 2001; Tuori, 2017). MT se vyznačují nízkou molekulovou hmotností, většinou nejsou detekovatelné zrakem, pachem a nemění organoleptické vlastnosti potravin. Oproti VMH, které je produkuje, jsou většinou velmi stabilní (Malíř *et al.*, 2013), termorezistentní, mají vyšší teploty tání, snášejí rozmanité hodnoty pH (Winter *et al.*, 2019). V současnosti se můžeme setkat přibližně s 400 druhy mykotoxinů (Su *et al.*, 2018). V lidském okolí se vyskytuje přibližně 20 mykotoxinů (Malíř *et al.*, 2003) a cca 70 jich bylo popsáno v potravinách (Ostrý *et al.*, 2017). Mezi nejvýznamnější z tohoto pohledu patří mykotoxiny aflatoxiny (AF), ochratoxiny zejména ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON), fumonisiny (FUM), především FB₁ a zearalenon (ZEA), význam mají ale také ze skupiny trichoteceny (TCT) T-2 a HT-2 toxiny, dále např. patulin (PAT), citrinin (CIT) a některé námelové (ergotové) alkaloidy atd. (Miller, 1995; Richard *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2009; Laciaková *et al.*, 2011; Ashiq *et al.*, 2014; Winter *et al.*, 2019).

2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA

„Jedná se o účinné látky mikroskopických hub, nebilkovinné povahy, toxické vůči člověku a hospodářským zvířatům a k expozici jimi dochází proti vůli a zájmům člověka.“ (přijaté definice z konference „Mykotoxiny“ pořádaná Československou vědeckou společností pro mykologii v Praze roku 1983) (Šimůnek, 2004).

Kontaminace MT často začíná již na poli, zvyšuje se během slizně, sušení, skladování (Wilson *et al.*, 1992, Richard *et al.* 2003). Uvádělo se, že od roku 1999 je přibližně kontaminováno mykotoxiny až 25% světových potravinových komodit (WHO, 1999; Malíř *et al.*, 2012; Tuori, 2017). Nově se však udává, že mykotoxiny jsou přítomny až ve 38% těchto vzorků (na základě 70 000 prověřených analýz z celkového počtu 19 000 vzorků, kde u více než 72% vzorků byly detekovány - AF, FUM, DON, ZEA, nebo OTA, které mohou spolupůsobit synergicky (Schatzmayer, 2012). Údajně každý rok v USA dosahují ztráty způsobené plísněmi a mykotoxiny výše 932 milionů dolarů (Richard *et al.*, 2003; Winter *et al.*, 2019). Produkce mykotoxinů může být ovlivněna nebo zvýšena různými ekologickými podmínkami, jako je poškození hmyzem, mechanické poškození během růstu nebo skladováním (Tassaneeyakul *et al.*, 2004; Ashiq *et al.*, 2014). Výskyt mykotoxinů a jejich kontaminace jsou charakteristické pro subtropické a tropické klima, kde dominuje velké

procento vlhkosti a vysoké teploty, které velmi pozitivně ovlivňuje právě jejich produkci. Díky změně klimatu (globálnímu oteplování) se areál vyšších kontaminací rozšiřuje stále více i do oblastí, které nebyly dříve pro MT tolik typické.

tab. 12 zachycuje plísně produkující MT s celosvětovou důležitostí

Tabulka 12 - VMH a jejich MT s celosvětovou důležitostí

Producenti	Mykotoxiny
<i>Aspergillus (A) parasiticus</i>	aflatoxiny B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>A. flavus</i>	aflatoxiny B ₁ , B ₂
<i>Fusarium (F) sporotrichoides</i>	t-2 toxin
<i>F. graminearum</i>	deoxynivalenol, zearalenon
<i>F. moniliforme (F. verticilloides)</i>	fumonisin B ₁
<i>Penicillium (P) verrucosum</i>	ochratoxin A
<i>A. ochraceus, A. carbonarius</i>	ochratoxin A
<i>P. citrinum, P. expansum, P. verrucosum</i>	citrinin
<i>A. terreus, A. carneus, A. niveus</i>	citrinin

(Laciaková *et al.*, 2011)

2.2 TOXICKÉ ÚČINKY MYKOTOXINŮ

Aby MT mohly působit, musí se určitým způsobem dostat do těla. Vstupní cesty mohou být dietární expozice (konzumace kontaminovaných potravin), což je považováno za nejčastější expozice u běžné populace, jako další je např. profesionální expozice (inhalace, nebo polítky, kdy se jedná o tzv. transdermální přenos - a to i neporušenou kůží), dále se můžeme setkat s expozicí v podobě aerosolů (Richard *et al.*, 2003; Malír *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011). MT mohou na organismy působit různými toxickými účinky, jako jsou např. karcinogenita, teratogenita, imunotoxicita, imunosupresivita (Petzinger *et al.*, 2000; FAO, 2001; Ashiq *et al.*, 2014), toxicita k reprodukční, nervové a endokrinní soustavě (Richard *et al.*, 2003). MT dále mohou způsobovat hemoragii, poškození ledvin a jater. Dále mohou mít pozdní toxické účinky po opakovaném příjmu - či přívodu nižších dávek (Ostrý *et al.*, 2017).

Rozdělení MT a jejich účinku ve vztahu ke karcinogenitě je uvedeno v tab. 13

Tabulka 13 - Tabulka karcinogenity MT dle IARC

Rozdělení	Účinek na lidské zdraví	Zástupci mykotoxinu
Skupina 1	Karcinogenní pro člověka	aflatoxin B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
Skupina 2A	Pravděpodobný karcinogen pro člověka	-
Skupina 2B	Možný karcinogen pro člověka	OTA, AFM ₁ , FUM B ₁ , B ₂ , fusarin C, ST
Skupina 3	Není klasifikovaný jako karcinogen pro člověka	ZEA, DON, NIV, fusarenon X, T-2 toxin, CIT, PAT

(WHO, 2019)

2.2.1 DĚLENÍ PODLE DOBY TRVÁNÍ ÚČINKU

Otravy mykotoxiny (podle doby trvání) se rozdělují na akutní, subakutní, subchronické, chronické a pozdní chronické účinky. Faktor, který ovlivňuje tyto otravy, je množství toxinu a také, zda se expozice toxinu opakuje, případně jak dlouho (WHO, 2007; Laciaková *et al.*, 2011). Akutní otravy jsou takové, kde se ve většině případů projevy dostavují za

krátký časový úsek, inhalačně i během několika hodin (h), dietárně do 24 h (Laciaková *et al.*, 2011). Chronické otravy jsou způsobeny především dlouhodobým působením či spolupůsobením nižších dávek mykotoxinů. Toxiny se v těle kumulují a následně mohou vyústit v různé toxické účinky, např. karcinogenitu, mutagenitu aj.

2.2.2 DĚLENÍ PODLE MÍRY TOXICITY

Tabulka 14 - Tabulka MT rozdělení dle míry toxicity

Toxicita	Zástupci mykotoxinu
Silně toxické	AF, OTA, PAT, T-2 toxin
Středně toxické	CIT
Slabě toxické	DON, ZEA

(Laciaková *et al.*, 2011)

3 CHARAKTERISTIKA NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH MYKOTOXINŮ

3.1 AFLATOXINY

Aflatoxiny (AF) jsou jedny z nejdůležitějších a nejtoxičtějších MT. AF dostaly svůj název podle nejznámějšího původce *Aspergillus flavus* (Klusoň, 2014; Winter *et al.*, 2019). S námelovými alkaloidy se jedná prakticky o nejprozkoumanější skupinu MT. Faktory, které ovlivňují produkci AF, jsou např. druh a složení substrátu, obsah vlhkosti nad 14 %, teplota 12-37°C (optimum 28°C), pH 2,5-6,0, doba růstu 3-15 dní. Produkci AF také ovlivňuje potenciál antigenů, rozmanitost plodin, přísun kyslíku, typ skladování a možné působení hmyzu (Suchý *et al.*, 2005; Ashiq *et al.*, 2014). Z chemického hlediska AF můžeme považovat jako polycyklické, vysoce substituované kumariny (Laciaková *et al.*, 2011). Doposud je známo asi 20 druhů AF, z nich jsou nejvýznamnější pro zdraví: aflatoxin B₁ (AFB₁ – podrobně viz PubChem CID: 186907), aflatoxin B₂ (AFB₂ – podrobně viz PubChem CID: 2724360), aflatoxin G₁ (AFG₁ – podrobně viz PubChem CID: 14421), aflatoxin G₂ (AFG₂ – podrobně viz PubChem CID: 2724362), aflatoxin M₁ (AFM₁ – podrobně viz PubChem CID: 15558498), aflatoxikol (AFL – podrobně viz PubChem CID: 104744). Za základní AF jsou považovány AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂. Následují AF např. AF (M₁, M₂, P, H, Q, aj.), které jsou označeny podle orgánu nebo potraviny, ve které byly poprvé nalezeny. Názvy AF jsou odvozeny od fluorescence vyzařované pod UV zářením (B-blue, G-green) (Richard *et al.*, 2003). AFM₁ je metabolit AFB₁, který v těle dojnice metabolizoval (Šimůnek, 2004), ale zároveň má AFM₁ asi 10x slabší účinek než AFB₁, ze kterého se metabolizoval (Klusoň, 2004; Winter *et al.*, 2019).

Kontaminace AF je častější za vysokých teplot a podprůměrných srážek (Richard *et al.*, 2003), častější výskyt je také zaznamenán na půdách s vyšším obsahem organické hmoty (Winter *et al.*, 2019). Potraviny kontaminované AF jsou jen důsledky všech událostí, které začínají v půdě. VMH produkující AF jsou přenášeny již v půdě, jejich růst a vývoj je ovlivněn vzájemným působením rostliny a půdy. AF mohou být produkovány již na rostlině, nebo později s nárůstem VMH při skladování rostlin (Winter *et al.*, 2019). Zbytky napadených rostlin v zemědělské půdě často slouží jako rezervoár pro *Aspergillus*, konkrétně spory *A. flavus* mohou být přenášeny přímým kontaktem s půdou (Abbas *et al.*, 2009; Horn *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2017; Winter *et al.*, 2019).

AF byly podrobněji popsány v 60. letech 20. století, kdy se začaly vyskytovat epidemie, především u hospodářského dobytka. Velké povědomí získaly AF díky propuknutí nemoci Turkey-X-disease na farmách v Anglii (Heathcote *et al.*, 1978; Malíř *et al.*, 2012). Epidemie si vyžádala úhyn více jak 100 000 kusů zvířat (Hrdina *et al.*, 2004; Winter *et al.*, 2019). Jedna z posledních a velmi závažných otrav proběhla v Keni roce 2004. Po konzumaci kontaminované kukuřice bylo prokázáno 317 případů otrav s následkem 125 úmrtí (Lewis *et al.*, 2005; Malíř *et al.*, 2012).

Tabulka 15 - Toxinogenní VMH rodu *Aspergillus* produkující AF

Rod	Druh
<i>Aspergillus</i>	<i>A. flavus</i>
	<i>A. parasiticus</i>
	<i>A. nomius</i>
	<i>A. argentinicus</i>
	<i>A. bombycis</i>
	<i>A. tamarii</i>
	<i>A. pseudotamarii</i>
	<i>A. zhaoqingensis</i>

(Malíř *et al.*, 2003)

3.1.1 VÝSKYT AF V SUROVINÁCH, POTRAVINÁCH A KRMIVECH

V surovinách můžeme zaznamenat silné kontaminace AF u podzemnice olejné, bavlny, kukuřice a pistácií (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011; Roudná, 2014; Winter *et al.*, 2019). Slabší kontaminace mohou být u např. mandlí, vlašských ořechů, koření, rozinek, zázvoru, kokosové moučky (Laciaková *et al.*, 2011). AF se mohou vyskytovat i v živočišném materiálu, což je způsobeno konzumací kontaminovaného krmiva např. u dojnic (Richard *et al.*, 2003). Pravděpodobně nejvyšší riziko expozice AF hrozí pracovníkům, kteří pravidelně a dlouhodobě přicházejí do kontaktu s krmivou, obilninami, jejich výrobou a zpracováním. AF mohou pronikat prostřednictvím kontaminovaného prachu do lidského těla (Šimůnek, 2004; Winter *et al.*, 2019).

3.1.2 TOXICKÉ ÚČINKY AF

Mechanismus toxicity spočívá v metabolické aktivaci AFB₁ mikrozomálními cytochromy P-450 na vysoce aktivní metabolit AFB₁-epoxid (Magnipudy *et al.*, 2005; Malíř *et al.*, 2012). Metabolit je dále schopný navázat se na DNA, RNA a proteiny (Pitt, 2000; Malíř *et al.*, 2012; Winter *et al.*, 2019), následně vznikají poškození DNA a mutace (Laciaková *et al.*, 2011). Důležitý je též AFL, který je schopný se v krvi navázat na albuminy (Šimůnek, 2004). AFB₁ je doposud nejsilnější popsáný karcinogen přírodního původu a neexistuje u něj žádná bezpečná dávka (hladina expozice), je to tzv. bezprahové působení (Malíř *et al.*, 2012). Akutní projevy otravy se projevují nekrózou hepatocytů, poruchami srážlivosti krve, kapilární fragilitou až hemoragií, nechutenstvím, otoky různých částí těla, zvracením, horečkou, mentálními změnami, následnou žloutenkou (Richard *et al.*, 2003; Malíř *et al.*, 2003). Akutní otravy se vyskytují nejčastěji u hospodářského dobytka, nicméně se i nyní můžeme setkat s akutními otravami u lidí a to v např. rozvojových zemích Afriky (Winter *et al.*, 2019). Chronické projevy otravy se projevují nárůstem krvácivých a nekrotizujících oblastí v játrech a ledvinách, proliferací jaterního parenchymu (Richard *et al.*, 2003). AF mají primárně účinky hepatotoxické, dále také mutagenní, karcinogenní, imunosupresivní, teratogenní (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011; Winter *et al.*, 2019). Jsou schopny vyvolat cirhózu jater, chronickou gastritidu, primární jaterní karcinom, Reyův syndrom, respirační onemocnění a mentální retardaci u dětí (Suchý *et al.*, 2005). U osob, které trpí hepatitidou typu B a jsou vystaveny působení AF, je asi třicetkrát vyšší pravděpodobnost výskytu karcinomu jater (Richard *et al.*, 2003; Ashiq *et al.*, 2014; Winter *et al.*, 2019). AFB₁ je klasifikován dle IARC jako prokázaný karcinogen pro člověka (Malíř *et al.*, 2003; 2012; Ostrý *et al.*, 2017). AF jsou také spojovány s potraty a nepříznivým vývojem u plodu skotu (Richard *et al.*, 2003). LD₅₀ AFB₁

se u vybraných laboratorních zvířat pohybuje v rozsahu 0,3–10 mg/kg při p.o.; 1,3–9,5 mg/kg při i.p. (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

3.1.3 VÝZNAMNÉ NEMOCI ZPŮSOBENÉ AF

3.1.3.1 Aflatoxikóza

Jak již bylo zmíněno, díky Turkey-X-disease se AF dostaly do povědomí a v tu dobu byly i podrobněji popsány. U tohoto případu otravy, měla zvířata nekrózu jater, nepřijímala potravu, trpěla slabostí křídel. Projevy se dostavily v rozsahu 3–6 hodin (Laciaková *et al.*, 2011). Společný faktor, který tato nakažená zvířata měla, bylo krmivo, které obsahovalo moučku z burských oříšků. Toxikologická analýza později odhalila rod *Aspergillus flavus*. Tato epidemie si vyžádala úhyn přibližně 100 000 krůtích mláďat (Hrdina *et al.*, 2004). Ve stejném období byla zaznamenána další epidemie afkatoxikózy, a to u pstruhů, u kterých byly zjištěny hepatomy (Laciaková *et al.*, 2011). Akutní aflatoxikóza byla zaznamenána např. v západní Indii r. 1974, kde byly nalezeny extrémně vysoké hladiny AF v kukuřici 6,25-15,6 mg/kg, otráveno bylo cca 397 osob a toxikóze podlehl 106 osob (Malíř *et al.*, 2012). Další případ epidemie je rovněž z Indie r. 1977, kde se otrávil kontaminovanou kukuřicí cca 994 osob a otravě podlehl 94 osob. Naměřeny byly koncentrace 0,01-1,1 mg/kg AF (Malíř *et al.*, 2012).

3.1.3.2 Kwashiorkor

Nemoc je vyvolaná nedostatkem bílkovin a energicky hodnotných potravin. Nejčastěji se s touto nemocí můžeme setkat v rozvojových zemích, jako jsou např. Ghana, Zimbabwe, Keňa, Nigérie, Súdán (Peraica *et al.*, 1999). Příznaky se většinou začínají projevovat u dětí, které jejich matka přestala kojit, a postupně mizí okolo 5 let věku dítěte. Postižení jsou většinou menšího vzrůstu, mají slabší končetiny, potýkají se s otoky vnitřních orgánů a tváří, což má za následek typický „baculatý“ vzhled, snižuje se chuť k jídlu, vyskytuje se padání vlasů, následně mohou pokračovat poruchy vědomí, apatie a v některých případech i smrt. Během posledních studií byly u dětí, které zemřely na Kwashiorkor, nalezeny AF v mozku a plicích (Peraica *et al.*, 1999; Dvořáčková, 2001; Richard *et al.*, 2003), proto jsou AF dávány do souvislosti s touto nemocí.

3.1.4 VÝZNAMNÝ ZÁSTUPCE AFLATOXIN B₁

3.1.4.1 Základní chemické a fyzikální vlastnosti

(podrobně viz PubChem CID: 186907)

Název podle IUPAC: (3S,7R)-11-methoxy-6,8,19-trioxapentacyclo[10.7.0.02,9.03,7.013,17]nonadeca-1,4,9,11,13(17)-pentaene-16,18-dione

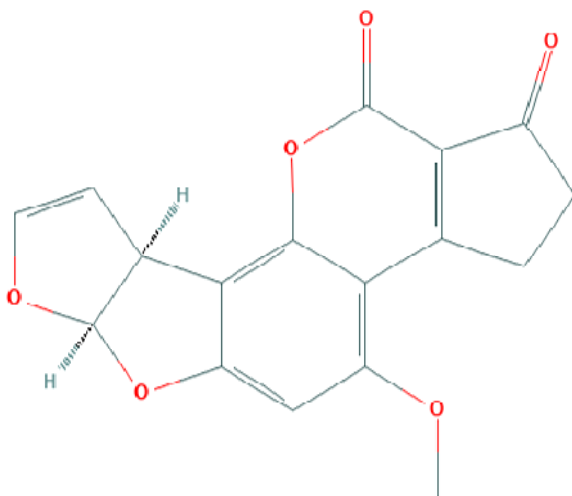
Sumární vzorec: C₁₇H₁₂O₆

Molekulová hmotnost: 312.27 g/mol

Popis: nažloutlé krystaly, pod UV zářením mají modrou barvu

Bod tání: 268 °C

Obrázek 14 - 2D Strukturní vzorec AFB₁



(PubChem, 2004)

3.2 OCHRATOXINY

Ochratoxiny, konkrétně ochratoxin A (OTA), dostaly svůj název podle rodu *Aspergillus ochraceus*, ze kterého byly poprvé izolovány. OTA je považován jako jeden z nejdůležitějších MT (Malíř *et al.*, 2016). Hlavní faktory, které ovlivňují produkci ochratoxinů jsou např. vlhkost 18-25 %, teplota 12-37 °C (optimální 25-37 °C), doba inkubace, intenzita světla, složení a druh substrátu, teplota, oxid uhličitý, vlhkost, pH minimálně 2,2 (Suchý *et al.*, 2005; Ashiq *et al.*, 2014). Z chemického hlediska lze ochratoxiny považovat za deriváty 7-izokumarinu vázané na aminoskupinu L-β-fenylalaninu (Laciaková *et al.*, 2011). Ochratoxinů existuje přibližně 30 včetně metabolitů a derivátů, nicméně nejvýznamnější pro lidské zdraví jsou: OTA (podrobně viz PubChem CID: 442530), ochratoxin B (podrobně viz PubChem CID: 20966), ochratoxin C (podrobně viz PubChem CID: 20997) aj. (Malíř *et al.*, 2016). Nejtoxičtější z ochratoxinů jsou OTA a OTC, nicméně výskyt OTC v krmivech a potravinách je velmi vzácný (Laciaková *et al.*, 2011).

V roce 1956 byl publikován první klinický popis onemocnění ledvin, v té době s neznámým původcem, jednalo se o Balkánskou endemickou nefropatii (BEN), později se dle popsaných příznaků usoudilo, že OTA se jeví jako nejpravděpodobnější původce této nemoci (Tanchev *et al.*, 1991; Richard *et al.*, 2003). Výskyt ochratoxinů poprvé zmínili Hald a Krogh r. 1972, a později Huld *et al.* r. 1979. Během této doby se začali zajímat o příčiny rozsáhlého poškození ledvin u poražených zvířat, většinou vepřů (Malíř *et al.*, 2012; Klusoň, 2014).

3.2.1 PRODUCENTI OCHRATOXINU

Producenti OTA z rodu *Aspergillus* (*A.*) zahrnují zástupce ze dvou sekcí - sekce *Circumdati* a sekce *Nigri*, producenti z rodu *Penicillium* (*P.*) zahrnují pouze sekci *Verrucosa* (Ostry *et al.*, 2013).

Tabulka 16 - Toxinogenní VMH rodu *Aspergillus* a *Penicillium* produkující OTA

Rod	Sekce	Druh
<i>Aspergillus</i>	<i>Circumdati</i>	<i>A. ochraceus</i>
		<i>A. steynii</i>
		<i>A. westerdijkiae</i>
	<i>Nigri</i>	<i>A. carbonarius</i>
		<i>A. foetidus</i>
		<i>A. lacticoffeatus</i>
		<i>A. niger</i>
		<i>A. sclerotioniger</i>
		<i>A. tubingensis</i>
<i>Penicillium</i>	<i>Verrucosa</i>	<i>P. verrucosum</i>
		<i>P. nordicum</i>

(Ostrý *et al.*, 2013)

3.2.2 VÝSKYT OCHRATOXINŮ V SUROVINÁCH, POTRAVINÁCH A KRMIVECH

Ochratoxiny se často vyskytují v oblastech, kde se běžně pěstují různé druhy obilovin. Kontaminace OTA můžeme zaznamenat u rostlinných surovin a potravin, jako je např. pšenice, ječmen, kukuřice, kurkuma, lékořice, zelený čaj, fíky, zelená káva, pivo, léčivé byliny (Patel *et al.*, 1997; Stegen *et al.*, 1997; Jorgensen, 1998; MacDonald *et al.*, 1999; Scudamore *et al.*, 1999; Otteneder *et al.*, 2000; Richard *et al.*, 2003). OTA můžeme nalézt i v masných výrobcích, protože se ukládají ve tkáních zvířat, která byla krmena kontaminovanými obilovinami (Richard *et al.*, 2003; Suchý *et al.*, 2005). Následně lze OTA prokázat v různých orgánech, v krvi, drůbežím a vepřovém mase (Malíř *et al.*, 2003).

3.2.3 TOXICKÉ ÚČINKY OCHRATOXINŮ

Mechanismus toxicity spočívá ve schopnosti navázání fenylalaninové části OTA, na místo které náleží aminokyselině fenylalaninu v procesu proteosyntézy. OTA oproti fenylalaninu obsahuje i část kumarinovou, která ale brání navázání do proteinového řetězce, proto toxin v konečné fázi zastaví proteosyntézu (Richard *et al.*, 2003; Suchý *et al.*, 2005). Akutní otravy se projevují sníženou diurézou, přímým poškozením parenchymu ledvin nebo selháním ledvin (Richard *et al.*, 2003). U testovaných zvířat bylo možné zaznamenat příznaky akutní otravy, jako např. krvácivost, srdeční a jaterní abnormality, histologické záněty žil, poškození GIT, poškození ledvin, úbytky hmotnosti, snížení výnosu (Richard *et al.*, 2003; Malíř *et al.*, 2003). Expozice vyšších dávek mohou vést až k selhání ledvin. Chronické účinky ochratoxinu se projevují jako: karcinogenita, genotoxicita, teratogenita, hepatotoxicita, mutagenita a imunotoxicita (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011). Ochratoxiny mají primární toxický efekt na ledviny, jsou schopny vyvolat karcinomy ledvin a jsou velmi pravděpodobně zodpovědné za BEN (Richard *et al.*, 2003). LD₅₀ OTA při p.o. u potkana je 22,0 mg/kg; 5,5 mg/kg při i.p. u pstruha (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

3.2.4 VÝZNAMNÉ NEMOCI ZPŮSOBENÉ OCHRATOXINŮ

3.2.4.1 Balkánská endemická nefropatie a Chronická intersticiální nefropatie

Jedná se o chronickou nemoc, vyvolanou OTA. Vyskytuje se u lidí a zvířat při velké konzumaci potravin nebo krmiv s tímto toxinem (Richard *et al.*, 2003). U lidí se jedná o velmi těžké onemocnění ledvin. Nemoc se nejčastěji projevuje mezi 30 až 50 rokem života a je častější u žen. Nemoc má ryze progresivní charakter, který končí smrtí (Laciaková *et al.*, 2011; Roudná, 2014). S nemocí se můžeme setkat nejčastěji v Bulharsku, Rumunsku a

Jugoslávii. Projevy tohoto onemocnění jsou bolest hlavy, hubnutí, polyurie, hořká chuť v ústech, nadměrná žízeň, nutkání k močení (Malíř *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011; Roudná, 2014).

Chronická intersticiální nefropatie (CIN) je onemocnění velmi obdobného charakteru jako BEN, nicméně vyskytuje se v severních zemích Afriky a dále také např. v Tunisu, Egyptě (Laciková *et al.*, 2011; Malíř *et al.*, 2016).

3.2.5 VÝZNAMNÝ ZÁSTUPCE OCHRATOXIN A

3.2.5.1 Základní chemické a fyzikální vlastnosti

(podrobně viz PubChem CID: 442530)

Název podle IUPAC: (2S)-2-[[[(3R)-5-chloro-8-hydroxy-3-methyl-1-oxo-3,4-dihydroisochromene-7-carbonyl]amino]-3-phenylpropanoic acid

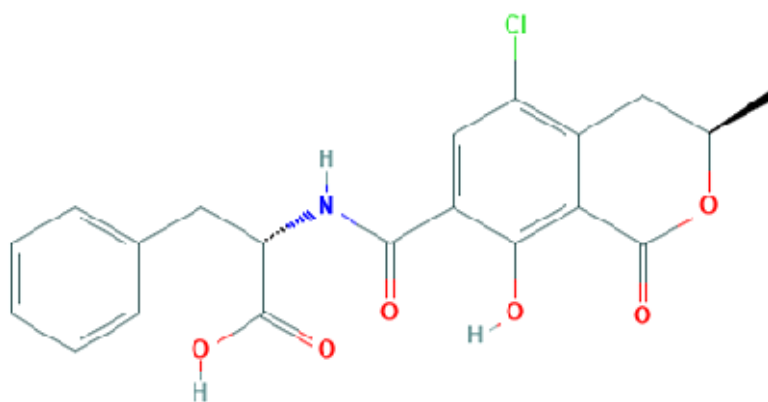
Sumární vzorec: C₂₀H₁₈ClNO₆

Molekulová hmotnost: 403.8 g/mol

Popis: bílá krystalická látka bez zápachu

Bod tání: 169 °C

Obrázek 15 - 2D Strukturní vzorec OTA



(PubChem, 2004)

3.3 DEOXYNIVALENOL

(podrobně viz PubChem CID: 40024)

Jedná se o pravděpodobně nejznámější a nejčastější kontaminant zrnin a produktů z nich (Sobrova *et al.*, 2010). Deoxynivalenol (DON) byl poprvé izolovaný r. 1972. Objev nezávisle na sobě učinili Mooroka *et al.*, a Yoshizawa (Malíř *et al.*, 2003). DON je významný zástupce MT ze skupiny trichoteceny typu B. Nejdůležitější vlastnost DON, je schopnost odolávat vysokým teplotám, což má za následek vysoké koncentrace i v tepelně upravených potravinách (Sobrová *et al.*, 2010). Dle IARC nejsou zatím dostatečné důkazy o jeho karcinogenitě, je zařazen do skupiny 3 (Sobrová *et al.*, 2010).

Tabulka 17 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující DON

Rod	Druh
<i>Fusarium</i>	<i>F. sporotrichioides</i> (W.G.Smith) Sacc.
	<i>F. graminearum</i> Schwabe
	<i>F. culmorum</i> (Peck) Wollenw.
	<i>F. poae</i> Sherb.

(Malíř *et al.*, 2003)

3.3.1 VÝSKYT DON V SUROVINÁCH, POTRAVINÁCH A KRMIVECH

Tento MT se vyskytuje v pšenici, žitu, ovsu, kukuřici, čiroku, ječmeni, rýži a jiných zrninách (Malíř *et al.*, 2003; Sobrová *et al.*, 2010). Můžeme je nalézt ve výrobcích ze zrnin, jako je popcorn, chleba, těstoviny, dále také ve sladu a pivu. Expozice pro člověka může být přímá, prostřednictvím potravin vyrobených z obilnin, nebo nepřímou prostřednictvím potravin živočišného původu např. ledviny, játra, mléko, vejce (Sobrova *et al.*, 2010). DON, T-2 toxin a nivalenol (NIV) jsou nejčastěji se vyskytující MT z rodu *Fusarium* (Sobrova *et al.*, 2010). Velmi často se vyskytuje v odebraných vzorcích krmiv a je označován jako *marker upozorňující i na možnost přítomnosti dalších mykotoxinů* (Malíř *et al.*, 2003; Suchý *et al.*, 2005; Sobrová *et al.*, 2010).

3.3.2 TOXICKÉ ÚČINKY DON

Jeho mechanismus působení spočívá v inhibici syntézy proteinů na úrovni ribozomů (Laciaková *et al.*, 2011; Malíř *et al.*, 2013). Expozice toxinů způsobují, že mozek snižuje absorpci tryptofanu a posléze syntézy serotoninu. Akutní otrava těmito toxiny se projevuje nevolností, zvracením, průjmem, bolestí břicha, závratěmi, horečkou, svalovou slabostí, poškození GIT (Richard *et al.*, 2003; Suchý *et al.*, 2005). Extrémně vysoké dávky DON mohou způsobit „šokovou“ smrt (Sobrova *et al.*, 2010). Nejcitlivější zvířata, která mohou působením velkých dávek i uhynout, jsou např. prasata, myši a potkani. Mezi chronické účinky DON patří imunosupresivita, teratogenita, nefrototoxicita, neurotoxicita a reprodukční toxicita (Malíř *et al.*, 2003; 2013). Při chronické expozici na hospodářských zvířatech můžeme pozorovat úbytek na váze, nechutenství, nižší hmotnost zárodku a snížení výnosů z daného druhu (vejce, mléko, maso). Způsobuje akutní DON toxikózu a otravu červenou plísní. Synergické účinky byly pozorovány mezi DON a ABF₁, DON a NIV (Sobrová *et al.*, 2010). LD₅₀ DON se u vybraných laboratorních zvířat pohybuje v rozsahu 46,0 – 140,0 mg/kg při p.o.; 43,0 mg/kg při i.p. na myš; 27,0 – 45,0 při s.c. (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

3.4 FUMONISINY

První Fumonisin (FUM) byly izolovány v roce 1988. Objev učinili vědci z Jihoafrické republiky Gelderblom *et al.* (Richard *et al.*, 2003). FUM byly poprvé nalezeny z VMH *Fusarium moniliforme* (Gelderblom *et al.*, 1988; Richard *et al.*, 2003). Nejvíce prostudovaný je fumonisin B₁ (FB₁), podle IARC neexistují dostatečné důkazy o jeho karcinogenitě, proto prozatím není začleněn mezi prokázané karcinogeny (Richard *et al.*, 2003), nicméně je jako promotor, začleněn do sk. 2 B (Ostry *et al.*, 2017). Hlavní faktory, které ovlivňují produkci FUM jsou např. optimální teplota 25 °C, pH 3-9,5 (Suchý *et al.*, 2005). Z chemického hlediska řadíme FUM mezi složité alifatické sloučeniny (Malíř *et al.*, 2003). V současnosti je známo nejméně 90 fumonisinů a jejich metabolitů (Bartók *et al.*, 2008). FUM jsou rozděleny na skupiny A, B, C a G. Nejčastěji se setkáváme s FB₁ (podrobně viz

PubChem CID: 3431), fumonisin B₂ (FB₂ – podrobně viz PubChem CID: 2733489) a fumonisin B₃ (FB₃ – podrobně viz PubChem CID: 3034751) (Malíř *et al.*, 2003).

Tabulka 18 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující FUM

Rod	Druh
<i>Fusarium</i>	<i>F. moniliforme</i> J. Sheldon
	<i>F. proliferatum</i> (T. Matsushima) Nirenberg
	<i>F. anthophilum</i> (A. Braun) Wollenw.
	<i>F. oxysporum</i> Schlecht. var. <i>Redolens</i> (Wollenw.) Gordon.
	<i>F. dlaminii</i> Marasas, P.E. Nelson & T.A. Toussoun, Trimboli
	<i>F. nygamai</i> Burgess a Trimboli
	<i>F. napiforme</i> Marasas, P.E. Nelson & Rabie, Trimboli.

(Malíř *et al.*, 2003)

3.4.1 VÝSKYT FUM V SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH

Nejčastěji se s FUM setkáváme v kukuřici a výrobcích z ní, např. tortilly, kukuřičné kaše, mouka, cereálie, kukuřičný chléb, polenta a dále lze kontaminace zaznamenat i u pšenice, ječmene, fíků, černého čaje, chřestu, piva (Laciaková *et al.*, 2011; Roudná, 2014).

3.4.2 TOXICKÉ ÚČINKY FUM

Toxická podstata FUM spočívá v podobnosti se sfinganinem a sfingosinem, kde při nahrazení FUM dochází k útlumu a následně zástavě syntézy sfingolipidů, následně velké koncentrace zmíněných látek inhibují sodíkové kanály a způsobují selhání levé části srdce (Malíř *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011). Otravy FUM se projevují bolestmi břicha, průjmy, hemoragiemi, edémy (Richard *et al.*, 2003). Chronické působení FUM může mít za následek účinky např. neurotoxické a embryotoxické (Richard *et al.*, 2003). FB₁ a FB₂ jsou odpovědné za nemoci zvířat, jako jsou např. leukoencefalomalácie u poníků a koní, dále rakovina jater, nádorové onemocnění hlodavců, otok plic u prasat aj. (Richard *et al.*, 2003; Roudná, 2014).

3.5 ZEARALENON

(podrobně viz PubChem CID: 5281576)

První zearalenon (ZEA) byl údajně izolován v r. 1964, objev učinili Stob *et al.*, z mleté kukuřice, kde našli toxikogenní rod *Gibberella zeae* (anamorfa *Fusarium graminearum*) (Roudná, 2014). V historii vzrostl zájem a povědomí o tomto MT, zásluhou publikovaných studií, které upozorňovaly na souvislost výskytu hyperestrogenismu a předčasné puberty u dětí ve věku 7 a 8 let (Painter, 1997; Richard *et al.*, 2003). Produkci ZEA ovlivňuje teplota, která je ideální v rozsahu 3-8 °C (Suchý *et al.*, 2005). Z chemického hlediska se jedná o laktony kyseliny β-resorcylové (Malíř *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011).

Tabulka 19 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující ZEA

Rod	Druh
<i>Fusarium</i>	<i>F. culmorum</i> (W.G.Smith) Sacc.
	<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.
	<i>F. graminearum</i> Schwabe
	<i>F. moniliforme</i> Sheld.
	<i>F. oxysporum</i> Schltdl.
	<i>F. sambucinum</i>
	<i>F. semisectum</i> Berk. & Ravenel
	<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.

(Malíř *et al.*, 2003)

3.5.1 VÝSKYT ZEA V SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH

ZEA se mohou nalézat v kukuřici, čiroku, ječmenu, žitu, rýži, ovsu, rýži, prosu (Richard *et al.*, 2003, Roudná, 2014). Méně často se ZEA nachází v potravinách živočišného původu (Laciaková *et al.*, 2011).

3.5.2 TOXICKÉ ÚČINKY ZEA

Mechanismus toxicity ZEA spočívá ve schopnosti se navázat na intracelulární estrogení receptory ERa a Erb, které nalezneme v savčích tkáních (Laciaková *et al.*, 2011). ZEA toxikózy mohou být často příčinou souhlasného působení s trichoteceny (DON), kdy v nízkých koncentracích tyto dva MT působí jako antagonisté, ale ve vyšších koncentracích se jejich účinky lehce zvyšují (synergismus) (Malíř *et al.*, 2003). ZEA není pravděpodobně karcinogenní dle IARC, ale i přesto negativně podporuje rozvinutý karcinom (Richard *et al.*, 2003). Akutní otravy ZEA se výjimečně vyskytují u zvířat, ze kterých jsou nejcitlivější prasata a drůbež (Richard *et al.*, 2003; Malíř *et al.*, 2003). Projevy intoxikace ZEA jsou hyperémie, kalný výtok z vagíny, zvětšení prsních žláz, změny ovulace, hypertrofie bradavek (Richard *et al.*, 2003; Malíř *et al.*, 2003). V horších případech může nastat vaginální vyhřeznutí, atrofie varlat a vaječnicků, neplodnost, abortus. U ZEA byla prokázána i teratogenita (Richard *et al.*, 2003). LD₅₀ ZEA se u vybraných laboratorních zvířat pohybuje v rozsahu 5,0–16 000,0 mg/kg při p.o.; 5,0 mg/kg při i.p. u myši; 6,0 mg/kg při i.v. na králíka (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

4 CHARAKTERISTIKA DALŠÍCH MYKOTOXINŮ

4.1 TRICHOTECENY

První MT z trichoteceny (TCT) byl izolovaný v r. 1949 z rodu *Trichothecium roseum*, odtud tato skupina MT dostala své jméno (Laciaková *et al.*, 2011). TCT jsou produkovány zejména rodem *Fusarium*, nicméně původci jsou např. i z rodů *Myrothecium*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Stachybotrys* a *Cephalosporium* (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011; Malíř *et al.*, 2013). Jedná se o velmi různorodou a početnou skupinu MT, kterou spojuje podobnost charakteristického trichotecenového jádra (Suchý *et al.*, 2005). MT jsou dále klasifikovány do čtyř základních skupin, z nichž jsou nejdůležitější TCT typu A a B (Suchý *et al.*, 2005). TCT jsou největší skupinou MT, která zahrnuje více jak 170 zástupců (Malíř *et al.*, 2013). Nejvýznamnější zástupci jsou např. DON (podrobně viz kapitola 4.3 a PubChem CID: 40024), T-2 toxin (podrobně viz kapitola 5.1.3 a PubChem CID: 3034745), NIV (podrobně viz PubChem CID: 5284433), fusarenon X (podrobně viz PubChem CID: 304599), satratoxin G (podrobně viz PubChem CID: 6437354), HT-2 toxin (podrobně viz PubChem CID: 131698796).

4.1.1 VÝSKYT V SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH

TCT nejčastěji kontaminují různé druhy obilnin, proso, kukuřici, seno (Richard *et al.*, 2003; Suchý *et al.*, 2005) - již většinou na poli (Malíř *et al.*, 2013). Nalézt je lze také v kořeni, zázvoru, pivu, česneku, bramborách aj. (Malíř *et al.*, 2003; Roudná, 2014).

4.1.2 TOXICKÉ ÚČINKY TCT

Toxické účinky TCT spočívají v jejich schopnosti inhibovat syntézu bílkovin (Richard *et al.*, 2003). V eukaryotické buňce se naváží na ribozomy a inhibují enzymy, které jsou zodpovědné za proteosyntézu (Laciková *et al.*, 2011; Roudná, 2014). Akutní expozice TCT se vyznačuje poškozením funkce dělení buněk např. u kostní dřene, lymfatických uzlin, sleziny, brzlíku (Richard *et al.*, 2003). Účinky pozorované na postižených zvířatech jsou např. anorexie, úbytek hmotnosti, dermatitida, zvracení, krvavý průjem, abortus nebo případně i smrt (Richard *et al.*, 2003). Vykazují imunotoxicitu, hepatotoxicitu, hematotoxicitu, genotoxicitu, poškození GIT (Richard *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011; Malíř *et al.*, 2013). Jsou schopny vyvolat nemoci jako např. Alimentární toxickou alexii (ATA), Akutní DON toxikózu, otravu červenou plísní, stachybotryotoxikózu, dendrochiotoxikózu, fusariotoxikózu aj. LD₅₀ TCT se pohybuje v rozsahu 0,5 – 70 mg/kg (Malíř *et al.*, 2013).

4.1.3 VÝZNAMNÝ ZÁSTUPCE T-2 TOXIN

T-2 toxin byl poprvé izolován Bamburgen *et al.*, v r. 1968 z rodu *Fusarium sporotrichioides*. Producenti tohoto toxinu jsou kmeny rodu *Fusarium* (Malíř *et al.*, 2003). Z chemického hlediska patří T-2 toxin mezi TCT zástupce skupiny A. T-2 toxin je relativně termostabilní (Malíř *et al.*, 2013). Výskyt je zaznamenán v různých obilninách např. pšenice, obilí, oves, ječmen, rýže aj., dále také ve fazolích, kořeni a pivu (Malíř *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011). Mechanismus toxického účinku spočívá ve schopnosti inhibovat syntézu proteinů, DNA a RNA (Malíř *et al.*, 2013). Při laboratorních pokusech byly u laboratorních zvířat pozorovány příznaky, jako např. zánět a hemoragie GIT, edém,

leukopenie, degradace kostní dřevě a smrt. Je považován jako jeden z možných původců ATA (Malíř *et al.*, 2003). Pozdní toxické účinky jsou charakterizovány např. imunosupresí, imunotoxicitou, genotoxicitou, dermatotoxicitou, leukopenií, hemoragií (Malíř *et al.*, 2003; 2013). LD₅₀ T-2 toxinu se pohybuje v rozmezí 1–10 mg/kg (Malíř *et al.*, 2013).

4.2 NÁMELOVÉ ALKALOIDY

Námelové alkaloidy jsou jedny z prvních popsáných MT v historii (Richard *et al.*, 2003). První zmínky o epidemiích vyvolaných námelovými MT jsou z roku 430 př. n. l., tehdy byla epidemie označena jako Athénský (Thukydidův) mor. Údajný původce byl identifikován podle podrobných popisů nemoci a příznaků, které byly nalezeny. Epidemii údajně podlehla až třetina populace (Klusoň, 2014). Následovala epidemie ve Francii v r. 944 n. l., pojmenována „*Mal des Ardents*“ (Malíř *et al.*, 2012). Poslední větší epidemie, která postihla pouze dobytek, je z roku 1954. V ČR ergotismus poprvé popsal prof. Jan Antonín Scrinici v 18. století. Epidemie zasáhla oblast Mimoňska v letech 1736-1737, bylo zaznamenáno u lidí na cca 500 případech otrav a 100 případů úmrtí (Malíř *et al.*, 2003).

Toxikózy způsobené námelem se vyskytují více v rozvojových zemích. V současnosti se otravy nevyskytují často, nicméně občas nastane otrava u dětí, které ze zvědavosti ochutnají zvláště vypadající zrno na obilninách (Šimůnek, 2014). I přes všechny toxické účinky našly námelové alkaloidy využití především v lékařství, kde se používá hlavně v porodnictví nebo psychiatrii (Klusoň, 2014). Námelové alkaloidy jsou rozděleny do čtyř hlavních skupin podle jejich chemického složení: klaviny, kyseliny lysergové, amidy kyseliny lysergové a ergopeptidy (Richard *et al.*, 2003). Nejvýznamnější producent námelových alkaloidů je *Claviceps (C.) purpurea*, dále *C. fusiformis*, *C. paspali* (Richard *et al.*, 2003).

4.2.1 VÝSKYT V SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH

Vyskytují se na všech typech travin, a obilovin (žito, ječmen, oves, pšenice) (Richard *et al.*, 2003). Nejvíce bývají postižené obiloviny, které rostou ve vlhčích a zastíněných půdách, prospívají mu chladné zimy a následně vlhké růstové období (Laciaková *et al.*, 2011).

4.2.2 TOXICKÉ ÚČINKY NÁMELOVÝCH ALKALOIDŮ

Otravy námelem mohou vyvolat ergotismus, což je nejspíše první popsána mykotoxikóza (Linsell *et al.*, 1977; Richard *et al.*, 2003). Projevit se může jako konvulzivní nebo gangrenózní forma (Linsell *et al.*, 1977). Konvulzivní se vyznačuje převážně křečemi, poruchami hybnosti končetin a halucinacemi (Hrdina *et al.*, 2004). Gangrenózní forma se projevuje vasokonstrikcí, svalovými bolestmi, návaly horka a v těžkých případech nekrózou okrajových částí těla a smrtí (Richard *et al.*, 2003). Toxické účinky námele se dostaví, pokud objem sklerocíí přesáhne 2% (Hrdina *et al.*, 2004).

4.3 CITRININ

(podrobně viz PubChem CID: 54680783)

Nejvýznamnější producenti citrininu (CIT) sou např. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monascus* aj. (Richard *et al.*, 2003). Název je odvozen od žluté barvy CIT.

4.3.1 VÝSKYT V SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH

Vyskytuje se v krmivech, šťávách, různých obilninách např. pšenice, kukuřice, oves (Richard *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2012).

4.3.2 TOXICKÉ ÚČINKY

Mechanismus účinku CIT spočívá v poškození permeability buněk, buněčné degradaci a následné apoptóze (Richard *et al.*, 2003). CIT je neurotoxický a hepatotoxický pro zvířata. Rizikový faktor pro BEN (Richard *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2012). Je zařazen do skupiny 3, zatím není klasifikovaný jako karcinogen (Ostrý *et al.*, 2017). U laboratorních zvířat může vyvolat poškození ledvin (u potkanů) a nefropatii (u prasat) (Richard *et al.*, 2003). Pokud se vyskytuje současně s OTA, může zvyšovat jeho karcinogenitu (Kanisawa, 1984; Jeswal, 1995; Ostrý *et al.*, 2013). LD₅₀ CIT se u vybraných laboratorních zvířat pohybuje v rozsahu 35,0–67,0 mg/kg při i.p.; 19,0 mg/kg při i.v. na králíka; 37, 0 mg/kg při s.c. na morče (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

4.4 ALTERNARIOVÉ MYKOTOXINY

První zástupci alternariových MT byli izolováni a chemicky popsáni již v první polovině 50. let 20. století. Alvertoxiny I - III byly izolovány v roce 1973, nicméně jejich struktura byla zjištěna a popsána až roku 1986 (Malíř *et al.*, 2003). Alternariové toxiny patří k významným MT a fytotoxinům (Laciaková *et al.*, 2011). Optimum pro produkci MT: a_w 0,9 při teplotě 25 °C (Laciaková *et al.*, 2011).

Nejvýznamnější zástupci jsou např. kyselina tenuazová (podrobně viz PubChem CID: 54683011), alternariol monomethylether (podrobně viz PubChem CID: 5360741), alternariol (podrobně viz PubChem CID: 5359485), altenuen (podrobně viz PubChem CID: 34687), izoaltenuen (podrobně viz PubChem CID: 180444), alvertoxin I (podrobně viz PubChem CID: 104860), alvertoxin II (podrobně viz PubChem CID: 107702), alvertoxin III (podrobně viz PubChem CID: 114895) (Malíř *et al.*, 2003).

Tabulka 20 - Nejvýznamnější toxigenní VMH produkující alternariové MT

Rod	Druh
<i>Alternaria</i>	<i>A. alternata</i> (Fr.) Keissl.
	<i>A. tenuis</i> Auct.
	<i>A. tenuissima</i> (Kunze) Wiltshire
	<i>A. dauci</i> (Kuhn) Groves a Skolko
	<i>A. cucumerina</i> (Ellis & Everh.) Elliott
	<i>A. mali</i> Roberts

(Malíř *et al.*, 2003)

4.4.1 VÝSKYT V POTRAVINÁCH A SUROVINÁCH

Nejčastěji se s alternariovými toxiny můžeme setkat u různých rostlin a potravin, které obsahují zrniny např. pšenice, ječmen, oves, žito, dále také v jablkách, rajčatech a výrobcích z nich. Nalezeny byly také v mandarinkách, melounech, citrusech, olivách, pepři, jahodách, pekanových ořechách, mrkvi, řepce aj. (Malíř *et al.*, 2003; Laciaková *et al.*, 2011).

4.4.2 TOXICKÉ ÚČINKY ALTERNARIOVÝCH TOXINŮ

Nejvyšší akutní toxicitu má kyselina tenuazonová. Její mechanismus spočívá v inhibici syntézy proteinů (Laciaková *et al.*, 2011). Může způsobit kardiovaskulární kolaps, vyvolává salivaci, anorexii, erytémy, GIT hemoragie a smrt (Malíř *et al.*, 2003). Zároveň ale

může vykazovat i antivirovou, antibakteriální a protinádorovou aktivitu. Alternariové MT jsou známé pro svou citlivost a toxicitu u kuřat a psů (Laciaková *et al.*, 2011). Další zástupce - alternariol, může vykazovat cytotoxické a teratogenní účinky, má nízkou akutní toxicitu. Alternariové MT jsou považovány jako možný původce nemoci Onyalaí (Malíř *et al.*, 2003).

4.5 PATULIN

(podrobně viz PubChem CID: 4696)

Název patulinu (PAT) je odvozen od rodu *Penicillium patulum*, ve kterém byl poprvé objeven. Hlavní faktory, které ovlivňují produkci PAT, jsou např. teplota 2-35 °C (optimum 25 °C), pH 3,0-6,5, doba růstu 6-8 dní. (Suchý *et al.*, 2005). PAT byl popsán již ve 40. letech 20 století. Původně se využíval jako antibiotikum proti grampozitivním a gramnegativním bakteriím (Suchý *et al.*, 2005). Nejvýznamnějšího a nejčastějšího producenta PAT považujeme *Penicillium expansum*, nicméně PAT je produkován mnoha druhy VMH rodů *Aspergillus*, *Bysochlamys* a *Penicillium* (Suchý *et al.*, 2005; Laciaková *et al.*, 2011).

4.5.1 VÝSKYT PAT V SUROVINÁCH, POTRAVINÁCH A KRMIVECH

Výskyt PAT většinou koreluje s různými druhy poškození potravin, jako jsou např. špatná manipulace, výrobní procesy nebo poškození hmyzem. PAT se vyskytuje nejčastěji jako kontaminant jablek a produktu z nich, např. džusů, ovocných dřev, přesnídávek (Richard *et al.*, 2003).

4.5.2 TOXICKÉ ÚČINKY PAT

Mechanismus toxicity spočívá ve schopnosti PAT navázat se na sulfhydrylové skupiny bílkovin, což způsobuje narušení permeability BS a následně špatnou nebo žádnou funkci enzymů a dýchání (Laciaková *et al.*, 2011). Akutní projevy otravy se vyznačují např. poškozením jater, negativním efektem na GIT (vředy, hemoragie, edémy, distenze) (Laciaková *et al.*, 2011). Mezi chronické účinky PAT řadíme např. teratogenitu, embryotoxicitu, mutagenitu, imunosupresivitu. Jedná se také o prokázaný karcinogen pro některá citlivá zvířata (Malíř *et al.*, 2003). LD₅₀ PAT se u vybraných laboratorních zvířat pohybuje v rozsahu 17,0–31,5 mg/kg při p.o.; 4,5–10,0 mg/kg při i.p.; 5,0–8,6 mg/kg při i.v.; 10,0–11,0 při s.c. (Richard *et al.*, 2003; PubChem, 2004).

4.6 DALŠÍ ZÁSTUPCI MYKOTOXINŮ

Další zástupci, kteří jsou zmíněni pro úplnost: např. kyselina cyklopiazonová, gliotoxiny, kyselina penicilová, rubratoxiny, sterigmatocystiny, tremogeny, luteoskyriny aj. (Richard *et al.*, 2003; Šimůnek, 2004; Suchý *et al.*, 2005).

5 BYLINY A JEJICH KONTAMINACE

Léčivé byliny v celém světě představují velkou část celosvětového obchodu. Např. Čína je největší producent léčivých rostlin, jejich produktů a představuje až 40% podíl na obchodu s USA v oblasti léčivých rostlin a jejich produktů (Dubey *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2011). V současnosti se odhaduje, že tradiční čínskou medicínu (TCM) používá více než 100 mil. Evropanů a přibližně jedna pětina z nich ji používá pravidelně, jako zdravotní péči (WHO, 2013). V EU se nejčastěji pěstuje bazalka, bobkový list, naťový celer, pažitka, koriandr, majoránka, oregano, petržel, rozmarýn, šalvěj, estragon, tymián, kopr, kerblík, jalovec, saturejka, řeřicha. Dále se pěstují např. anýz, kerblík, levandule, nové koření (Peter *et al.*, 2012). Lidé po celém světě běžně konzumují léčivé rostliny a bylinné čaje každý den (Halt, 1998; Su *et al.*, 2018), nicméně si neuvědomují, že i léčivé rostliny jsou velmi náchylné na kontaminaci MT a kromě řady benefitních účinků pro člověka mohou vykazovat díky těmto kontaminacím také řadu negativních účinků. Léčivé byliny mohou být kontaminovány bakteriemi a plísněmi, které často pochází z půdy nebo hnoje (WHO, 2007). Cca 80% světové populace je závislých na léčivých bylinách, používá je jako tzv. primární léčbu, jelikož klasické medikamenty mohou být nedostatkovým zbožím, především v rozvojových zemích (Peter *et al.*, 2012). V roce 2018 bylo zjištěno v bylinných léčích více jak 40 mykotoxinů (Zhang *et al.*, 2018).

VMH jsou schopny kontaminovat pouze poškozené části rostlin, proto musí být plodiny dostatečně chráněny před různými druhy poškození, použitím SZP, aby se předešlo kontaminaci (Varga *et al.*, 2010). V příznivých podmínkách pro VMH, mohou být rostliny napadeny plísněmi v jakékoliv fázi života, sběru, manipulace, transportu a skladování (WHO, 2007; Su *et al.*, 2018). Přestože je prevence kontaminací MT hlavním cílem zemědělství a potravinářského průmyslu, kontaminaci VMH se však nedá nikdy úplně vyhnout. Proto je zapotřebí zlepšit podmínky při sušení a skladování, dále používat k jejich ošetření chemické organické látky nebo ozáření (Varga *et al.*, 2010). Kromě toho je zapotřebí dodržovat správnou hygienu při manipulaci, sledovat teplotu, vlhkost, množství kyslíku, mechanická poškození, čistotu skladovacích nádob, správné utěsnění skladovacích kontejnerů a nádob (Trucksess *et al.*, 2008; Varga *et al.*, 2010; Winter *et al.*, 2019).

Novou studovanou strategií v omezení kontaminace je používání éterických olejů extrahovaných z rostlin jako antioxidanty pro detoxikaci MT (Varga *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2013; Karlovsky *et al.*, 2016; Winter *et al.*, 2019), např. hřebíček a skořice, ovlivňují růst a syntézu OTA a FB₁, AF (B₁, B₂, G₁, G₂) (Varga *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2013). Další éterické oleje extrahované z rostlin např. tymián, bazalka, šalvěj, koriandr, máta, kmín, anýz, eukalyptus, oregano mají také významné protektivní účinky (Varga *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2013; Karlovsky *et al.*, 2016). Tyto účinky jsou způsobené chemickým složením rostlin, jako je např. kumarin, flavonoid, citral, eugenol, tymol, rosmanol aj. (Varga *et al.*, 2010; Peter *et al.*, 2012).

5.1 CHARAKTERISTIKA BYLIN

Za byliny jsou považovány rostliny, které nedřevnatí, mohou být různého vzhledu i velikosti. Byliny mohou obsahovat mnoho pro nás příznivých nebo i naopak škodlivých látek např. alkaloidy, antrachinony, glykosidy, silice, třísloviny, kumariny, pryskyřice, saponiny, taniny, fytoncidy, organické kyseliny, minerální látky, vitamíny, slizy, hořčiny,

těkavé oleje a konečně také mykotoxiny (Lánská *et al.*, 1975; Peter *et al.*, 2012). Byliny a jejich některé obsahové látky jsou uvedeny v tab. 21 Zásadou obsahových látek je lidé využívají v různých formách již několik tisíc let. Dle starých zápisů léčivé bylinky a koření již používali např. staří Egypťané okolo roku 1500 př. n. l., v lékařství starého Říma a Řecka (viz Hippokratovy spisy) (Lánská *et al.*, 1975; Brown, 1995; Peter *et al.*, 2012). Byliny do sebe mohou shromažďovat škodlivé látky např. těžké kovy, pesticidy a mohou být napadeny různými druhy MT (Trucksess *et al.*, 2008). Proto je velmi důležité dbát na jejich kvalitu a SZP, stejně jako u běžných potravin (WHO, 2007).

Tabulka 21 - Výběr důležitých bylin a jejich některé obsažené sloučeniny

Druh byliny	Důležité obsažené součiny
nové koření	eugenol, β -caryophyllene
anýz	(e)-anethole, methyl chavicol
černý pepř	piperine, s-3-carene, β -caryophyllene
kmín	d-carvone, carone derivatives
kardamom	α -terpinyl acetate, 1-8-cineole, linalool
skořice	cinnamaldehyde, eugenol
chilli	capsaicin, dihydrocapsaicin
česnek	eugenol, eugenyl acetate
koriandr	d-linalool, c10-c14-2-alkenals
římský kmín	cuminaldehyde, p-1, 3-mentha-dienal
kopr	d-carvone
fenykl	(e)-anethole, fenchone
zázvor	gingerol, shogaol, neral, geranial
muškátový květ	α -pinene, sabinene, 1-terpenin-4-ol
hořčice	allyl isothiocyanate
muškátový oříšek	sabinine, α -pinene, myristicin
petržel	apiol
šafrán	safranol
kurkuma	turmerone, zingiberene, 1,8-cineole
vanilka	vanillin, p-oh-benzyl-methyl ether
bazalka	methylchavicol, linalool, methyl eugenol
bobkový list	1, 8-cineole
majoránka	e- and t-sabinene hydrates, terpinen-4-ol
oregáno	carvacrol, thymol
oregáno	thymol, carvacrol
rozmarýn	verbenone, 1-8-cineole, camphor, linalool
šalvěj	thujone, 1,8-cineole, camphor
saturejka	carvacrol
estragon	methyl chavicol, anethole
tymián	thymol, carvacrol
máta peprná	1-menthol, menthone, menthufuran

(Peter *et al.*, 2012)

5.2 VYUŽITÍ BYLIN

Byliny a rostliny mají v současné době a životním stylu obrovský význam (Peter *et al.*, 2012). Stále více lidí se zajímá o životní styl, ve kterém se snaží omezovat chemické látky ať v potravinách, lécích nebo kosmetice, i proto se výrobci uchylují častěji k produkci přírodních produktů právě s využitím např. léčivých bylin a jejich esenciálních olejů (Trucksess *et al.*, 2008; Peter *et al.*, 2012). Byliny se využívají především jako kořenící přípravky, čaje, esenciální oleje, dále také jako základní suroviny pro přípravu alkoholických nápojů (pivo, bylinné pálenky), kosmetiky (parfémy, mýdla, pleťové vody, vlasové oleje) nebo pro přípravu léků a jako součást přírodní léčitelství (Lánská *et al.*, 1975; Peter *et al.*, 2012; Su *et al.*, 2018). Použití léčivých rostlin je pravděpodobně nejstarší metoda, kterou lidé používají jako lék proti nemocem (WHO, 2007; Trucksess *et al.*, 2008). Největší využití léčivých rostlin je zaznamenáno v Asii, konkrétně v Tradiční čínské medicíně (TCM) nebo Arjvédě (Trucksess *et al.*, 2008; Peter *et al.*, 2012; Su *et al.*, 2018). TCM je léčebný postup, který vznikl v Číně před tisíci lety. Používání léčivých bylin je jedna z několika metod, které se používají při tomto alternativním léčitelství. Základem jsou různé bylinné směsi, složené podle jejich funkce a využití na konkrétní nemoci. Bylinky se používají ve formě odvarů, čajů, granulátu, tablet, lisované směsi aj. V TCM se běžně používá kozinec, jinan dvoulaločný, „červená kvašená rýže“, skořicovník, zázvor lékařský, ženšen pravý, kokoška pastuší tobolka, pupečník asijský aj. (Su *et al.*, 2018). Použití fyto terapie je bezpečná a prospěšná metoda, nicméně musíme dbát na vysoké standardy kvality léčivých bylin, abychom se vyvarovali různými druhy kontaminací (WHO, 2007).

5.3 CHARAKTERISTIKA VÝZNAMNÝCH ROSTLIN A SUROVIN POUŽÍVANÝCH V TCM

5.3.1 KOZINEC (*ASTRAGALUS*)

Rostlina kozinec - latinsky *Astragalus*, čeleď *Fabaceae* pochází z Asie. Jedná se o jednu z nejdůležitějších rostlin TCM (Chang *et al.*, 2012; Toman *et al.*, 2018). Z rostliny se využívá kořen např. do polévek, čajů, nebo jako tobolky a extrakty (NCCIH, 2016). Používá se jako protektivum a doplněk na podporu léčby imunitního systému, infekce horních cest dýchacích, hepatitidy, srdečních chorob a při léčbě rakoviny (NCCIH, 2016). Kořen kozince obsahuje velké množství polysacharidů, flavonoidů a triterpenových saponinů (Toman *et al.*, 2018). Vedlejší účinky rostliny jsou např. průjem, žaludeční a střevní obtíže. Kozinec může svým účinkem negativně ovlivňovat některé imunosupresivní léky (NCCIH, 2016). Kozinec je ohrožen kontaminací různými toxinogenními mikroorganismy, především VMH následně MT, které mohou tyto rostliny kontaminovat během růstu, transportu nebo skladování (Halt, 1998; Toman *et al.*, 2018). Ve výzkumu v ČR bylo náhodně vybráno 40 různých vzorků *Astragalus propinquus*, tyto vzorky byly zakoupeny v lékárnách (2015-2016) v různých formách (Toman *et al.*, 2018). Výzkum odhalil 100% kontaminaci všech testovaných vzorků na OTA. OTA byl obsažen v různých koncentracích, které se pohybovaly od 28,8 do 1700,0 ng/g. Koncentrace mnohonásobně překračovaly tolerovatelný týdenní přívod (TWI) (Toman *et al.*, 2018).

5.3.2 JINAN DVOULALOČNÝ (*GINKGO BILOBA*)

Patří do čeledi *Ginkgoaceae*. Z listů se vyrábí výluhy, čaje, kapsle, kosmetika nebo tinktury (NCCIH, 2016). Semena tohoto stromu obsahují toxické kyanogenní glykosidy, kontakt nebo požití může vyvolat otravu nebo alergie (Nguyen *et al.*, 2019). Jinan se

využívá jako protektivum a doplněk na zmírnění demence, zlepšení průtoku krve do mozku, při Alzheimerově nemoci, astmatu, depresím, bronchitidě, roztroušené skleróze (NCCIH, 2016; Nguyen *et al.*, 2019). Obsahuje dvě primárně účinné látky terpenové laktony a flavonové glykosidy (Nguyen *et al.*, 2019). Rostlina může vykazovat vedlejší účinky jako např. bolest hlavy, zažívací potíže, zácpa, kožní reakce, proto se doporučuje maximální doporučená dávka 240 mg/den (Nguyen *et al.*, 2019). Ze stromu *Ginkgo biloba*, byla izolována endofytická houba *Phoma betae*, která produkovala sekundární fugální metabolit taxol (Martín *et al.*, 2015). I přestože je taxol sekundární metabolit hub, má protirakovinné účinky a v této době se používá proti rakovině prsu a Kaposiho sarkomu (Martín *et al.*, 2015). Další výzkum byl zaměřen zjištění toxických látek, mykotoxinů a pesticidů v *Ginkgo biloba* (Martínez-Domínguez *et al.*, 2014). Vzorky byly zakoupeny ze zemí Španělska (Almeria), Polska (Krakov) a USA. Nalezen byl AFB₁ od 5 do 54 µg/kg ve dvou vzorcích, AFB₂ od 4 do 300 µg/kg ve dvou vzorcích a T-2 toxin od 18 do 20 µg/kg ve dvou vzorcích. Extrémně vysoké byly hodnoty AFB₂, s obsahem 300 µg/kg, kdy limity v EU předpisech povolují pouze 2 µg/kg.

5.3.3 ŽENŠEN PRAVÝ (*PANAX GINSENG*)

Ženšen je rostlina, která patří do čeledi *Araliaceae*. Ženšen se používá jako protektivum a doplněk na podporu léčby cukrovky, zvýšení výkonu, posílení imunitního systému, léčby erektilní dysfunkce (NCCIH, 2016). Z rostliny se používá kořen, který se upravuje do podoby tinktur, tekutých extraktů nebo tablet (Filipiak-Szok *et al.*, 2016). Vedlejší účinky rostliny mohou být např. bolesti hlavy, nižší hladina cukru v krvi, nervozita a nespavost (NCCIH, 2016). Ženšen obsahuje saponiny, polysacharidy, antioxidanty a peptidy (Filipiak-Szok *et al.*, 2016). Má schopnost negativně ovlivňovat účinky léků proti krevním sraženinám (NCCIH, 2016). Filipiak-Szok *et al.* (2016) se v rámci výzkumu zaměřil na sledování AF a OTA ve vzorcích ženšenu. Hlavním cílem této studie bylo určit kontaminaci MT, konkrétně AF a OTA. Vzorky byly zakoupeny v polském Lublinu, ve formě tablet, sušených nebo práškových přípravků (Filipiak-Szok *et al.*, 2016). Tyto studie odhalily 100% kontaminaci všech vzorků ženšenu OTA od 1,72 do 5,83 ng/g, a AF konkrétně AFB₂ pouze v jednom konkrétním testovaném druhu ženšenu v množství 0,14 ng/g. V USA bylo testováno 10 vzorků ženšenu, 3 vzorky obsahovaly AFB₁ v koncentraci 0,1 µg/kg a 4 vzorky obsahovaly OTA od 0,4 do 1,8 µg/kg (Trucksess *et al.*, 2008).

5.3.4 ZÁZVOR LÉKAŘSKÝ (*ZINGIBER OFFICINALE*)

Rostlina z čeledi *Zingiberaceae*. Používá se jako protektivum a doplněk na podporu léčby artritidy, zmírnění menstruačních bolestí, vysokého cholesterolu, žaludečních potíží, má protizánětlivé účinky (NCCIH, 2016), používá se také jako karminativum (Peter *et al.*, 2012). Z rostliny se používá kořen, čerstvý nebo sušený v prášku, tablety, extrakty nebo čaje (NCCIH, 2016). Obsahuje saponiny, esenciální oleje, flavonoidy, steroidy, taniny, terpenoidy, fenolické sloučeniny. Mezi vedlejší účinky může patřit stimulace žaludečních šťáv a žluče pro osoby s onemocněním žlučníku a žaludku. Zázvor může zpomalit srážení krve a následně ovlivnit funkci antikoagulačních léků (NCCIH, 2016). Wen *et al.* (2014) se v rámci výzkumu zaměřil na kontaminaci AF a OTA v různých formách zázvoru. Hlavním cílem této studie bylo určit kontaminanty a procentuální kontaminaci MT. Vzorky byly zakoupeny na trzích a v supermarketech (Peking, Čína). Bylo analyzováno celkem 30 vzorků, 10 různých forem zázvoru (čerstvý, pečený, mletý, plesnivý, různé čaje). Kontaminovány byly 4 zkoumané druhy zázvoru a celkem 10 vzorků. OTA se vyskytoval

hlavně na čerstvém plesnivém zázvoru od 0,32 do 5,17 ng/g, v mletém zázvoru od 0,31 do 0,4 ng/g. AFB₁ byl detekován v zázvorových čajích a čajích v příměších zázvoru od 0,15 do 1,38 ng/g (Wen *et al.*, 2014). Další výzkum v Indii, kde bylo testováno 25 vzorků, z nichž dva vzorky obsahovaly OTA od 23,0 do 80,0 µg/kg (Trucksess *et al.*, 2008).

5.3.5 RED YEAST RICE „ČERVENÁ KVASNICOVÁ RÝŽE“

Red Yeast Rice (RYR) se vyrábí fermentací rýže s kvasinkami *Monascus purpureus* (NCCIH, 2013). Používá se jako doplněk stravy při snižování hladiny cholesterolu (NCCIH, 2013), lék na zažívací potíže a také jako karminativum. Obsahuje monakoliny a lovastatin. Obsažený lovastatin může vyvolat mnoho vedlejších účinků, jako jsou bolesti svalů, poškození ledvin, jater, nevolnosti, pálení žáhy (NCCIH, 2013). Li *et al.* (2011) se v rámci výzkumu zaměřil na sledování CIT v červené kvasnicové rýži a produktech z nich, kdy bylo zakoupeno 109 vzorků z 5 kategorií obsahující RYR, potravinové doplňky, léčivé potraviny, léčivé rostliny, semena. CIT byl detekován v 31 vzorcích (28%) od 16,6 do 5253,0 ng/g. Vysoký výskyt CIT naznačuje silnou kontaminaci této potraviny. Jelikož je CIT velmi běžný kontaminant těchto potravin, Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (SFDA) prosadil v současné době v Číně limity na obsah CIT v potravinách s příměsemi RYR 50 µg/kg (Li *et al.*, 2011). Studie v Nizozemí odhalily kontaminaci CIT ve všech testovaných vzorcích od 0,2 do 17,1 mg/kg, v USA byl CIT nalezen v 7 z 9 testovaných vzorků, na Tchaj-wanu se vyskytovaly koncentrace od 0,28 do 6,29 mg/kg (Sabater-Vilar *et al.*, 1999; Heber *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2005; Trucksess *et al.*, 2008).

5.3.6 SKOŘICE (*CINNAMOMUM*)

Skořicovník patří do čeledi *Lauraceae*. Využívá se jako kapsle, čaje, extrakty nebo esenciální oleje (NCCIH, 2016). Skořice má velmi silné antiseptické účinky. Používá se jako protektivum a doplněk při léčbě snížení cukru v krvi, léčby plísňových onemocnění, bronchitidy, zvýšení energie, proti nachlazení (NCCIH, 2016), jako diuretikum, hemostatikum, antispasmodikum a karminativum (Peter *et al.*, 2012). Vysoké koncentrace skořice mohou způsobit pálení žáhy, zažívací potíže, pocení. Obsahuje esenciální olej cinnamaldehyd a kumarin. Jalini (2016) se ve svém výzkumu zaměřil na přírodní výskyt AF v komerčních druzích koření jako je červená paprika, černý pepř, kurkuma a skořice. Celkem bylo analyzováno 20 vzorků skořice, z různých náhodných trhů v Íránu. Výzkum odhalil kontaminaci AFB₁ u 6 z 20 vzorků (30%) v rozsahu od 0,85 do 4,53 ng/g. Kontaminované vzorky skořice v tomto výzkumu nepřekročily maximální přípustné limity.

5.3.7 LÉKOŘICE (*GLYCYRRHIZA*)

Lékořice je rod z čeledi *Fabaceae*. Z lékořice se využívá kořen v podobě pastilek, tinktur, extraktů (NCCIH, 2016). Používá se jako protektivum a doplněk na podporu soustředění (Trucksess *et al.*, 2008), léčby kožních vyrážek (NCCIH, 2016), bronchitidy (Chen *et al.*, 2011), onemocnění žaludku, diabetu 2. typu, žaludečních vředů (Fintelmann, 1991; Chen *et al.*, 2011). Má antivirové účinky. Při konzumaci vysokých koncentrací nebo dlouhodobému užívání nastávají vedlejší účinky např. únava, bolest hlavy, vysoký krevní tlak a svalové problémy (NCCIH, 2016). Obsahuje kyselinu glycyrrhizinovou. Ariño *et al.* (2006) se v rámci výzkumu zaměřil na kontaminaci OTA v lékořici a jejích produktech. Celkem bylo analyzováno 30 vzorků různých forem lékořice a produktů např. čerstvý kořen, sladkosti, extrakty, tyto vzorky byly zakoupeny ze supermarketů v Zaroze (Španělsko) a poskytnuté od místních pěstitelů (Ariño *et al.*, 2006). Kontaminováno bylo

100% vzorků. OTA se vyskytoval v různých koncentracích od 0,5 do 252,8 ng/g. Nejvyšší koncentrace a zároveň největší rozsah hodnot byl nalezen u sušeného kořene lékořice od 1,4 do 252,8 ng/g. V Německu bylo testováno 11 vzorků tablet s obsahem lékořice, z nich 10 vzorků obsahovalo OTA od 0,7 do 2,6 µg/kg (Trucksess *et al.*, 2008).

V příloze tab. 22 jsou shrnuty nejvýznamnější MT, jejich původci, hlavní kontaminované byliny, toxické účinky mykotoxinů a konečně tzv. expoziční a dále legislativní limity dle nařízení komise č. 1881/2006.

6 LEGISLATIVA, BEZPEČNOST POTRAVIN A LÉČIVÝCH ROSTLIN

Vzhledem k nebezpečným účinkům spojeným s MT přibližně 100 zemí zavedlo do konce roku 2003 specifické limity pro přítomnost MT v potravinách a krmivech (Milicevic *et al.*, 2010; Winter *et al.*, 2019).

6.1 BEZPEČNOST POTRAVIN A KRMIV

Strategie bezpečnosti potravin jsou od roku 2001 základními řídicími dokumenty v ČR, vychází jako ve všech zemích EU z analýzy rizik (hodnocení, řízení a komunikace o riziku). Na základě strategie zajištění bezpečnosti potravin vzniklo Informační centrum bezpečnosti potravin (ICBP), jehož úkolem je získávat a třídit informace ohledně bezpečnosti potravin. ICBP je součástí odboru bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství (MZ). Systém zajištění ochrany potravin a krmiv je v ČR a EU zajištěno Orgány ochrany veřejného zdraví (OOVZ), Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí (SZPI), Státní veterinární správou (SVS), Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) a Ústav pro kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv (ÚSKVBL) (Malíř *et al.*, 2006). Pro ohlašování rizikových potravin a krmiv byl zaveden Evropský systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF), systém slouží k ohlašování přímého nebo nepřímého rizika pro lidské zdraví, které pochází z potravin a krmiv. Tento systém slouží k rychlému šíření informací mezi členy systému Evropskou komisí, členskými státy EU, Evropským sdružením volného obchodu (EFTA) a Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA) (Malíř *et al.*, 2006).

6.2 REGULACE MYKOTOXINŮ

V EU jsou mykotoxiny v potravinách regulovány nařízením komise 1881/2006 a ve znění pozdějších předpisů, a v krmivech směrnicí evropského parlamentu a rady 2002/32/ES. Nařízení 1881/2006 stanovuje maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách a 2002/32/ES stanovuje maximální limity pro aflatoxiny a námelové alkaloidy v krmivech. Regulační limity mohou mít vážné důsledky pro obchod např. likvidace veškeré zemědělské produkce kontaminované MT nebo zákaz vývozu (embargo) (Malíř *et al.*, 2006).

Regulační limity dle nařízení komise č. 1881/2006, AF, OTA, DON, ZEA, PAT, CIT a FUM viz příloha tab. 23-29

Expoziční limity se používají v případě, že neexistuje legislativa a regulační limity pro danou problematiku.

- PTWI - prozatímní tolerovatelný týdenní přívod
- PTDI - prozatímní tolerovaný denní přívod
- TWI - tolerovaný týdenní přívod
- TDI - tolerovatelný denní přívod
- ARfD – tolerovaná jednodenní expozice
- PMTDI - prozatímní maximální tolerovatelný denní přívod
- ALARA - nejmenší dosažitelný přívod (Ostrý, 1998; Karlovsky *et al.*, 2016)

6.3 REGULACE MYKOTOXINŮ V BYLINÁCH

Světová zdravotnická organizace (World Health Organization – WHO), agentura Organizace spojených národů. WHO vydalo pokyny pro hodnocení kvality léčivých přípravků s odkazem na kontaminanty a rezidua. Pokyny by měly zajistit vysoké kvality léčivých rostlin na celosvětové úrovni. Legislativní struktura by měla zaručit kvalitu a bezpečnost léčivých rostlin a produktů z nich (WHO, 2007).

6.3.1 *LIMITY MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE V BYLINÁCH A BYLINNÝCH MATERIÁLECH A VÝROBCÍCH Z NICH*

- Surové léčivé rostliny a bylinné materiály určené k dalšímu zpracování
 - spory plísní max. 10^5 na gram
 - Bylinné materiály, které byly předem ošetřeny/upraveny
 - plísně max. 10^4 na gram
 - Ostatní bylinné materiály pro vnitřní použití
 - plísně max. 10^3 na gram
 - Rostlinné léčivé přípravky, o kterých se před použitím přidá vroucí voda
 - plísně max. 10^4 na gram
 - Ostatní bylinné přípravky
 - plísně max. 10^3 na gram
- (WHO, 2007)

DISKUZE

Tato práce shrnuje základní charakteristiky významných vláknitých hub a jejich sekundárních metabolitů - mykotoxinů a zabývá se následnou charakteristikou významných zástupců mykotoxinů, které byly vybrány nejen na základě jejich rozšíření a míry potenciálních negativních účinků na lidské zdraví i zdraví hospodářských zvířat, ale také na základě důležitosti, kterou jim přisuzuje legislativa ČR a EU. Z této důležitosti pak vyplývá míra kontroly a regulací, které jsou stručně zmíněny na konci práce ve formě implementovaných směrnic EU, regulačních a expozičních limitů. Zde se pochopitelně nabízí množství otázek ohledně adekvátnosti těchto kontrolních a regulačních opatření k rizikům spojených s expozicí mykotoxinům. Další zajímavou otázkou, je, zdali existují i některé jiné mykotoxiny než nivalenol, které, ačkoliv opominuty v legislativě, představují riziko takové, že vyžadují kontrolu a mnohem vyšší míru pozornosti, než jaká jim byla dosud věnována.

Jedním z velkých témat současnosti je téma globální změny klimatu a globálního oteplování, proto se tato práce zabývá částečně i těmito vlivy na zvyšující se míru kontaminace mykotoxiny. Dále rozebírá problematiku původců a faktory ovlivňující produkci mykotoxinů. V jednotlivých kapitolách jsou pak podrobněji diskutovány jak charakteristiky, tak stručná historie, týkající se jak VMH, tak i mykotoxinů.

Poměrně významná část je věnována bylinám, zde však pro rozsáhlost tématu nebylo možné podchytit plně veškerou problematiku, protože by práce podstatně překročila zamýšlený rozsah. Mykotoxiny v bylinách představují v současnosti čím dál větší problém, protože se lidé stále častěji přiklánějí k používání přírodních produktů na bázi bylin, např. typu léků, čajů, potravin, kosmetiky, čisticích prostředků, aj. Jedním z trendů v nynější době je např. vegetariánství, veganství a rostlinná strava a u těchto skupin konzumentů omezení potravin živočišného původu. Proto se značná část průmyslu zaměřila na výrobu těchto přírodních produktů, např. bylin, bylinných produktů, esenciálních olejů atd. Spotřebitelé jsou tak vystaveni mnohem větší expozici mykotoxinům právě prostřednictvím rostlin/bylin a bylinných přípravků.

Současně platné maximální limity dle Evropské komise regulují hlavně potraviny a minimálně i některé druhy koření, kde se limity týkají zatím bohužel pouze aflatoxinů a ochratoxinu A. Můj názor je, že hledání tzv. nových expozičních zdrojů – týkajících se bylin pak představuje významnou výzvu pro budoucnost.

ZÁVĚR

SVMH se náš organizmus setkává velmi často. Z toho plyne, že bychom neměli podceňovat negativní vliv konzumace kontaminovaných potravin, protože mykotoxiny, sekundární metabolity vláknitých mikroskopických hub, mohou mít různé toxické účinky na lidské zdraví, někdy dokonce způsobují smrt. Největší význam z hlediska toxicity mají této práci ze zmíněných mykotoxinů aflatoxiny a ochratoxiny, které jsou schopny ohrozit zdraví člověka svými toxickými účinky- např. karcinogenitou, nefrotoxicitou, hepatotoxicitou, mutagenitou a celou řadou dalších účinků.

Mykotoxiny představují vážnou a neustálou hrozbu pro zemědělství a tím i pro světovou produkci potravin, včetně bylin. Díky dopadu globálního oteplování se stále více setkáváme s vyšším procentem kontaminace i v oblastech, které nejsou pro mykotoxiny tak charakteristické např. v mírném pásu. Celosvětově je až 38% potravinových surovin kontaminováno mykotoxiny, což dodavatele nutí likvidovat nezanedbatelné množství surovin a potravin. Situaci může navíc zhoršit uvalení embarga na některé kontaminované potravinové komodity, což následně může způsobit zvyšování jejich cen. Byliny, vzhledem k jejich stále rostoucí oblíbě a spotřebě, pak patří z pohledu VMH a mykotoxinů do oblasti stále relativně málo prozkoumané.

V současné době ohrožují mykotoxiny v našich podmínkách mnohem více hospodářská zvířata než lidskou populaci, což je způsobeno jejich často vysokým obsahem v krmivech. Legislativa EU, a tedy i ČR je v tomto ohledu nedostatečná, existující převážně pouze ve formě doporučení, což je v ostrém kontrastu k závazným limitům, týkajících se člověka, kterými jsou ošetřeny potravinové komodity, jak suroviny, tak potraviny určené ke konzumaci. Vyjma lékořice a některých druhů koření obsahy mykotoxinů nejsou dosud v bylinách systematicky regulovány.

V ČR je v současnosti relativně malé riziko expozice MT z potravin, zejména pokud se jedná o výrobky a potraviny české provenience, i přesto však může opakovaná expozice nízkých dávek vést k chronickým účinkům mykotoxinů a navíc také díky globalizaci potravinového trhu k nám mohou být dovezeny potraviny či suroviny včetně bylin ze třetích zemí s vysokým obsahem mykotoxinů, které mohou mít za následek i akutní otravy.

Mykotoxiny pak představují globální problém. Je známo, že kontaminacím mykotoxiny nelze zcela zabránit, ale s přihlédnutím ke všem negativním efektům a hrozbám, které mykotoxiny přítomné v potravinách, bylinách (ale i krmivech) představují, je naprosto nezbytné jim a jejich původcům (VMH) věnovat trvalou a soustavnou pozornost.

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka 1 - Obecné charakteristiky pro růst VMH a produkci MT v potravinách.....	11
Tabulka 2 - Taxonomické zařazení rodu <i>Aspergillus</i>	12
Tabulka 3 - Anamorfy rodu <i>Aspergillus</i> a jejich teleomorfy.....	13
Tabulka 4 - Taxonomické zařazení rodu <i>Penicillium</i>	14
Tabulka 5 - Anamorfa rodu <i>Penicillium</i> a její teleomorfy	14
Tabulka 6 - Taxonomické zařazení rodu <i>Fusarium</i>	15
Tabulka 7 - Anamorfa rodu <i>Fusarium</i> a její teleomorfy.....	15
Tabulka 8 - Taxonomické zařazení rodu <i>Alternaria</i>	16
Tabulka 9 - Taxonomické zařazení rodu <i>Claviceps</i>	17
Tabulka 10 - Teleomorfa rodu <i>Claviceps</i> a její anamorfa.....	18
Tabulka 11 - Taxonomické zařazení rodu <i>Byssoschlamys</i>	18
Tabulka 12 - VMH a jejich MT s celosvětovou důležitostí.....	23
Tabulka 13 - Tabulka karcinogenity MT dle IARC	23
Tabulka 14 - Tabulka MT rozdělení dle míry toxicity	24
Tabulka 15 - Toxinogenní VMH rodu <i>Aspergillus</i> produkující AF	26
Tabulka 16 - Toxinogenní VMH rodu <i>Aspergillus</i> a <i>Penicillium</i> produkující OTA.....	28
Tabulka 17 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující DON	31
Tabulka 18 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující FUM.....	32
Tabulka 19 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující ZEA.....	33
Tabulka 20 - Nejvýznamnější toxinogenní VMH produkující alternariové MT	36
Tabulka 21 - Výběr důležitých bylin a jejich některé obsažené sloučeniny.....	39
Tabulka 22 - Významné mykotoxiny, jejich producenti, hlavní kontaminované byliny, toxické efekty, maximální a expoziční limity	56
Tabulka 23 - Maximální limity AF ve vybraných surovinách a potravinách.....	58
Tabulka 24 - Maximální limity OTA ve vybraných surovinách a potravinách	59
Tabulka 25 - Maximální limity DON ve vybraných surovinách a potravinách.....	59
Tabulka 26 - Maximální limity ZEA ve vybraných surovinách a potravinách.....	60
Tabulka 27 - Maximální limity FUM ve vybraných surovinách a potravinách.....	60
Tabulka 28 - Maximální limity CIT ve vybraných surovinách a potravinách	60
Tabulka 29 - Maximální limity PAT ve vybraných surovinách a potravinách.....	60

Obrázek 1 - <i>Aspergillus</i> mikrohabitus - A) kresba; B) fotografie.....	13
Obrázek 2 - <i>Aspergillus</i> - makrohabitus fotografie	13
Obrázek 3 - <i>Penicillium</i> mikrohabitus - A) kresba; B) fotografie.....	14
Obrázek 4 - <i>Penicillium</i> - makrohabitus fotografie	15
Obrázek 5 - <i>Fusarium</i> mikrohabitus - A) kresba; B) fotografie	16
Obrázek 6 - <i>Fusarium</i> - makrohabitus fotografie	16
Obrázek 7 - <i>Alternaria</i> dickyospory - A) kresba; B) fotografie.....	17
Obrázek 8 - <i>Alternaria</i> - makrohabitus fotografie.....	17
Obrázek 9 - <i>Claviceps</i> - mikrohabitus kresba	18
Obrázek 10 - <i>Claviceps</i> makrohabitus- A) sclerocia fotografie; B) stromata fotografie	18
Obrázek 11 - <i>Byssochlamys</i> mikrohabitus - A) kresba; B) fotografie	19
Obrázek 12 - <i>Byssochlamys</i> - makrohabitus fotografie	19
Obrázek 13 - Předpokládané změny teplot v ČR.....	21
Obrázek 14 - 2D Strukturní vzorec AFB ₁	28
Obrázek 15 - 2D Strukturní vzorec OTA	30

SEZNAM ZDROJŮ

1. ARIÑO, A., HERRERA, M., ESTOPAÑAN, G., JUAN, T. *High levels of ochratoxin A in licorice and derived products*. International Journal of Food Microbiology. 2006, vol. 114, no. 3, 366-369s. ISSN 0168-1605.
2. ASHIQ, A., HUSSAIN, M., AHMAD, B. *Natural occurrence of mycotoxins in medicinal plants: A review*. Fungal Genetics and Biology. 2014, vol. 66, 1-10s. ISSN 1087-1845.
3. BARTÓK, T., SZEKERES, A., SZÉCSI, A., BARTÓK, M., MESTERHÁZY, A. *A new type of fumonisin series appears on the scene of food and feed safety*. Cereal Research Communications. 2008, vol. 36, no. 3, 315-319s. ISSN 1788-9170.
4. BLENCOWE, C. *Misidentifying Fungi (Desperate times)*. [online]. 2018. [cit. 10-10-2019]. Dostupné z: <http://misidentifyingfungi.blogspot.com/2018/08/desperate-times.html>.
5. EVROPSKÁ KOMISE. *Nařízení komise (ES) 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách*. [online]. 2006. [cit. 2-11-2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1574811658885&uri=CELEX:32006R1881>.
6. EVROPSKÝ PARLAMENT. *Směrnice Evropského Parlamentu a rady 2002/32/ES ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech*. [online]. 2002. [cit. 26-10-2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0032>.
7. FILIPIAK-SZOK, A., KURZAWA, M., SZŁYK, E., TWARUŻEK, M., BŁAJET-KOSICKA, A., GRAJEWSKI, J. *Determination of mycotoxins, alkaloids, phytochemicals, antioxidants and cytotoxicity in Asiatic ginseng (Ashwagandha, Dong quai, Panax ginseng)*. Springer Publisher. Bratislava: Chemicke Zvesti. 2016, vol. 71, no. 6, 1073-1082s. ISSN 0366-6352.
8. HALT, M. *Moulds and mycotoxins in herb tea and medicinal plants*. Kluwer Academic Publishers. 1998, vol. 14, no. 3, 269-274s. ISSN 1573-7284.
9. HRDINA, V., HRDINA, R., JAHODÁŘ, L., MARTINEC, Z., MĚRKA, V. *Přírodní toxiny a jedy*. Praha: Galén, 2004. 302s. ISBN 80-7262-256-0.
10. CHEN, A., HUANG, L., WANG, L., TANG, D., CAI, F., GAO, W. *Occurrence of toxigenic fungi in ochratoxin A contaminated liquorice root*. Food Additives and Contaminants. 2011, vol. 28, no. 8, 1091-1097s. ISSN 0265-203X.

11. CHUMCHALOVÁ, J., NĚMEC, M., KOTOUČKOVÁ, L., PÁČOVÁ, Z., SAVICKÁ, D., KUBÁTOVÁ, A., PATÁKOVÁ, P. *Miniatlas mikroorganismů*. [online]. [cit. 10-10-2019]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/obsah/fakulty/fpbt/ostatni/miniatlas/images/plisne/>.
12. JALINI, M. *Natural Occurrence of Aflatoxins Contamination in Commercial Spices in Iran*. Iranian Journal of health, safety and environment. 2016, vol. 3, no. 2, 513-517s. ISSN 2345-5535.
13. JESWAL, P. *Cumulative effect of Ochratoxin A and citrinin on induction of hepatorenal carcinogenesis in mice (Mus musculus)*. England: Biomedical letters. 1995, vol. 52, no. 208. 269-275s. ISSN 2410-955X.
14. KANISAWA, M. *Synergistic effect of citrinin on hepatorenal carcinogenesis of ochratoxin A in mice*. Developments in food science. 1984, vol. 7, 245-254s.
15. KARLOVSKY, P., SUMAN, M., BERTHILLER, F., MEESTER, J., EISENBRAND, G., PIRRIN, I., OSWALD, I., SPEIJERS, G., CHIODINI, A., RECKER, T., DUSSORT, P. *Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination*. Mycotoxin Research. 2016, vol. 32, no. 4, 179-205s. ISSN 1867-1632.
16. KLUSOŇ, P. *Toxikologie*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí. 2014. 125s. ISBN 978-80-7414-811-8.
17. LACIAKOVÁ, A. *et al. Mikroskopické vláknité huby a mykotoxiny v potravinách a krmivách*. Košice: Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie. 2011. 278s. ISBN 978-80-8077-252-9.
18. LÁNSKÁ, D. *et al., Koření pro každé vaření*. Praha: Práce. 1975, vol. 1, 256s. ISBN 24-096-75.
19. LI, Y., Zhou, Y., Yang, M., Ou-Yang, Z. *Natural occurrence of citrinin in widely consumed traditional Chinese food red yeast rice, medicinal plants and their related products*. Food chemistry. 2012, vol. 132, no. 2, 1040-1045s. ISSN 0308-8146.
20. LINSELL, C. *The mycotoxins and human health hazards*. Germany: Walter de Gruyter for IUPAC. Pure and Applied Chemistry. 1977, vol. 49, no. 11, 1765-1769s. ISSN 1365-3075.
21. MALÍŘ F., OSTRÝ V., BÁRTA I., BUCHTA V., DVOŘÁČKOVÁ I., PAŘÍKOVÁ J., SEVERA J., ŠKARKOVÁ J. *Vláknité mikromycety (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003, vol. 1, 349s, ISBN 80-7013-395-3.

22. MALÍŘ, F., OSTRÝ, V. *Aflatoxiny - toxické účinky u člověka*. Kontakt. 2012, vol. 14, no. 1, 85-93s. ISSN 1212-4117.
23. MALÍŘ, F., OSTRÝ, V., NOVOTNÁ, E. *Toxické účinky vybraných trichotecenových (epoxytrichotecenových) mykotoxinů u člověka*. Kontakt. 2013, vol. 15, no. 1, 89-99s. ISSN 1212-4117.
24. MALÍŘ, F., OSTRÝ, V., PFOHL-LESZKOWICZ, A., MALÍŘ, J., TOMAN, J. *Ochratoxin A: 50 Years of Research*. Toxins. 2016, vol. 8, no. 7, 1-49s. ISSN 2072-6651.
25. MARTÍN, J., GARCÍA-ESTRADA, C., ZEILINGER, S. *Biosynthesis and Molecular Genetics of Fungal Secondary Metabolites*. Fungal Biology. 2015, vol. 2, 351s. ISSN 2198-7777.
26. MARTÍNEZ-DOMÍNGUEZ, G., ROMERO-GONZÁLEZ, R., FRENICH, A. *Determination of toxic substances, pesticides and mycotoxins, in ginkgo biloba nutraceutical products by liquid chromatography Orbitrap-mass spectrometry*. Microchemical Journal. 2014, vol. 114, 124-130s. ISSN 0026-265X.
27. MEDINA, A., AKBAR, A., BAAZEEM, A., RODRIGUEZ, A. *Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough?* Fungal Biology Reviews. 2017, vol. 31, no. 3, 143-154s. ISSN 1749-4613.
28. NCCIH. *Asian Ginseng* [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 17-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/asianginseng/ataglance.htm>>.
29. NCCIH. *Astragalus*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 17-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/astragalus>>.
30. NCCIH. *Cinnamon*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 15-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/cinnamon>>.
31. NCCIH. *Ginger*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 15-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/ginger>>.
32. NCCIH. *Ginkgo*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 15-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/ginkgo/ataglance.htm>>.
33. NCCIH. *Licorice Root*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2016. [cit. 15-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/licoriceroot>>.

34. NCCIH. *Red Yeast Rice*. [online]. National Center for Complementary and Integrative Health. 2013. [cit. 16-10-2019]. Dostupné z: <<https://nccih.nih.gov/health/redyeastrice>>.
35. NGUYEN, T., ALZHRAMI, T. *Ginkgo Biloba*. StatPearls Publishing. 2019. 1-10s.
36. OSTRÝ, V. *Vláknité mikroskopické houby (plísně), mykotoxiny a zdraví člověka*. Praha: Státní zdravotní ústav, 1998. 20s. ISBN 80-7071-102-7.
37. OSTRÝ, V., KÝROVÁ, V. *Toxinogenní vláknité mikroskopické houby a mykotoxiny v potravinách*. Praha: Divize nakladatelství Academia, Živa. 2017, vol. 5, 133-135s. ISSN 0044-4812.
38. OSTRÝ, V., MALÍR, F., JEFREMOVA, M., RUPRICH, J. *Global warming, climate change and the safety of food of animal origin*. Maso International - Journal of Food Science and Technology. 2016, vol. 2, 81–86s. ISSN 1805-529X.
39. OSTRÝ, V., MALÍR, F., RUPRICH, J. *Producers and important dietary sources of ochratoxin A and citrinin*. Toxins. 2013, vol. 5, no. 9, 1574–1586s. ISSN 2072-6651.
40. OSTRÝ, V., MALÍR, F., TOMAN, J., GROSSE, Y. *Mycotoxins as human carcinogen - the IARC monographs classification*. Mycotoxin Research. 2017, vol. 33, no. 1, 65-73s. ISSN 0178-7888.
41. PERAICA, M., RADIĆ, B., LUCIĆ, A., PAVLOVIĆ, M., *Toxic effects of mycotoxins in humans*. Bulletin of the World Health Organization. 1999, vol. 77, no. 9, 754-766s. ISSN 1564-0604.
42. PETER, K., SHYLAJA, M., *Introduction to herbs and spices: medicinal uses and sustainable production*. Handbook od Herbs and Spices. 2012, vol. 2, no. 2, 1-16s. ISBN 978-0-8509-040-9.
43. PUBCHEM. *Explore Chemistry*. [online]. U. S. National Library of Medicine (National Center for Biotechnology Information). 2004. [cit. 28-09-2019]. Dostupné z: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>>.
44. RICHARD, L. *et al. Mycotoxins – risk in plant, animal and human systems*. Council for Agriculture Science and Technology. Ames (USA): Task Force Report. 2003. 139s. ISBN 1-887383-22-0.
45. ROUDNÁ, I. *Mykotoxiny a lidské zdraví*. [online]. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové. 2014. 89s. [cit. 10-10-2019]. Dostupné z: <<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/65407>>.

46. SCHATZMAYR, G. *Global impact of mycotoxins on the food and feed industry-facts and future scenarios*. Netherlands: WMF meets IUPAC. 2012, vol. 6, no. 3, 39s.
47. SKALNÍKOVÁ, H. *Toxicita termorezistentních mikromycet izolovaných z čajů*. Bakalářská práce. Brno: Lékařská fakulta MU. 1998. 69s.
48. SOBROVA,P., ADAM, V., VASATKOVA, A., BEKLOVA, M., ZEMAN, L., KIZEK, R. *Deoxynivalenol and its toxicity*. Interdisciplinary Toxicology. 2010, vol. 3, no. 3, 94-99s. ISSN 1337-9569.
49. SU, CH., HU, Y., GAO, D., LUO, Y., CHEN, A., JIAO, X., GAO, W. *Occurrence Of Toxicogenic Fungi And Mycotoxins On Root Herbs From Chinese Markets*. Journal of Food Protection. 2018, vol. 81, no. 5, 754-761s. ISSN 1944-9097.
50. SUCHÝ, P., HERZIG, I. *Plísně a mykotoxiny, prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech*. [online]. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby. 2005. 25s. [cit. 20-10-2019]. Dostupné z: <<https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/Hezig-Such%C3%BD-Plisne-a-mykotoxiny-2005.pdf>>.
51. ŠIMŮNEK, J. *Plísně a mykotoxiny*. [online]. Brno: Masarykova univerzita: Lékařská fakulta. 2004. 72s. [cit. 2-10-2018]. Dostupné z: <https://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/plisne_a_mykotoxiny.pdf>.
52. TOMAN, J., OSTRÝ, V., GROSSE, Y., ROUBAL, T., MALÍŘ, F. *Occurrence of ochratoxin A in Astragalus propinquus root and its transfer to decoction*. Mycotoxin research. 2018, vol. 34 no. 3, 223-227s. ISSN 0178-7888.
53. TRUCKSESS, M., SCOTT, P. *Mycotoxins in botanicals and dried fruits: A review*. Food Additives and Contaminants. 2008, vol. 25, no. 2, 181-192s. ISSN 0265-203X.
54. TUORI, D. *The Impact of Climate Change on Mycotoxin Contamination in Cereal Grains and the Implications for Children's Health in Canada*. [online]. Thesis Project. Canada: Queen's University School of Environmental Studies. 2017. 54s. [cit. 10-08-2019]. Dostupné z: <<https://pdfs.semanticscholar.org/30e5/b2d7c5d2ff749886db0de9d31f47e52f37d2.pdf>>.
55. VARGA, J., KOCSUBÉ, S., PÉTERI, Z., VÁGVÖLGYI, C., TÓTH, B. *Chemical, Physical and Biological Approaches to Prevent Ochratoxin Induced Toxicoses in Humans and Animals*. Toxins. 2010, vol. 2, no. 7, 1718-1750s. ISSN 2072-6651.
56. WAŚKIEWICZ, A., BESZTERDA, M., BOCIANOWSKI, J., GOLIŃSKI, P. *Natural occurrence of fumonisins and ochratoxin A in some herbs and spices*

- commercialized in Poland analyzed by UPLCeMS/MS method.* Food Microbiology. 2013, vol. 36, no. 2, 426-431s. ISSN 0740-0020.
57. WEN, J., KONG, W., HU, Y., WANG, J., YANG. *Multi-mycotoxins analysis in ginger and related products by UHPLC-FLR detection and LC-MS/MS confirmation.* Food Control. 2014, vol. 43, 82-87s. ISSN 0956-7135.
58. WHO (World Health Organization). *WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues.* Geneva, Switzerland: WHO. 2007. 105s. ISBN 9789241594448.
59. WHO (World Health Organization). *WHO traditional medicine strategy 2014–2023.* Geneva, Switzerland: WHO. 2013. 76s. ISBN 9789241506090.
60. WHO (World Health Organization). *Agents Classified by the IARC Monographs.* [online]. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization (IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans). 2019. [cit. 27-11-2019]. Dostupné z: <<https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>>.
61. WINTER, G., PEREG, L. *A review on the relation between soil and mycotoxins: Effect of aflatoxin on field, food and finance.* European Journal of Soil Science. 2019, vol. 70, no. 4, 1-16s. ISSN 1365-2389.
62. XING, F., HUA, H., SELVARAJ, N., YUAN, Y., ZHAO, Y., ZHOU, L., LIU, Y. *Degradation of fumonisin B1 by cinnamon essential oil.* Food Control. 2013, vol. 38, no. 1, 37-40s. ISSN 0956-7135.
63. ZHANG, L., DOU, X., ZHANG, CH, LOGRIECO, A., YANG, M. *A Review of Current Methods for Analysis of Mycotoxins in Herbal Medicines.* Toxins. 2018, vol. 10, no. 2, 1-39s. ISSN 2072-6651.
64. ZHENG, R., WANG, W., TAN, J., XU, H., ZHAN, R., CHEN, W. *An investigation of fungal contamination on the surface of medicinal herbs in China.* Chinese Medicine. 2017, vol. 12, no. 2, 1-8s. ISSN 1749-8546.

PŘÍLOHY

Tabulka 22 – Významné mykotoxiny, jejich producenti, hlavní kontaminované byliny, toxické efekty, maximální a expoziční limity

Mykotoxin	Nejvýznamnější původci	Hlavní kontaminované byliny *	Hlavní účinky toxinů	Expoziční limity (HBGV)	Maximální limity dle 1881/2006 *
Aflatoxiny AFB1, AFB2, AFG1, AFG2; metabolit AFM1 v mléce	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>A. flavus</i> (JECFA 2001a)	smldinec, ženšen pravý, kozinec, lékořice, kustovnice čínská, chřest hroznovitý, polpava, krušina, zázvor, kajenský pepř, chilli papričky, heřmánek, pomerančové listy, muškátový oříšek	Velmi silné toxické účinky, genotoxické, karcinogenní (po transformaci na 8,9- epoxid v játrech), klasifikován jako karcinogen pro člověka, AFM1 je klasifikován jako pravděpodobný karcinogen pro člověka (EFSA 2007; IARC 2012; JECFA 1999, 2001a)	Kvůli karcinogenitě není považovaná žádná dávka jako bezpečná, proto je snaha o co nejmenší množství - ALARA (JEFCA FAO/WHO 1997)	Koření** AFB1 5 µg/kg; Suma AF (B1,B2,G1,G2) 10 µg/kg
Ochratoxin A (OTA)	<i>Aspergillus alutaceus</i> , <i>Aspergillus carbonarius</i> , <i>Penicillium verrucosum</i> (EFSA 2006)	lékořice, děhel čínský, pazvonek chloupkatý, černý pepř, kajenský pepř, kari, tymián, oregáno, kurkuma, bílý pepř, zázvor, chilli papričky, zelený čaj,	Nefrotoxický, renální nádory u hlodavců ve vysokých dávkách (EFSA 2006), JECFA 2001a, IARC 1993); Klasifikován jako karcinogen pro zvířata a jako možný pro člověka (IARC 1993).	PTWI 120 ng/kg t. hm. den (EFSA 2006) a 100 ng/kg t. hm.den (JECFA 2001a)	Koření ** OTA 15 µg/kg; Lékořice kořen 20 µg/kg; Lékořice výtažek 80 µg/kg
Deoxynivalenol (DON) a derivát (3- a 15-acetyl-DON)	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> (EFSA 2004, 2011a; JECFA 2001a, 2011)	-	Anorexie, zvracení, průjem, snížený růst, ovlivnění funkce brzlíku, sleziny, srdce, jater. Imunitní systém ovlivňují vysoké dávky (EFSA 2004; IARC 1993; JECFA 2001a ;SCF 2002); není klasifikován jako karcinogen pro člověka (IARC 1993).	TDI 1 µg/kg t. hm.den pro DON (SCF 2002, EFSA 2004); PMTDI 1 µg/kg t. hm. den; ARfD 8 µg/kg t. hm. den pro DON a jeho deriváty (JECFA 2011)	***
Fumonisin B1, B2, a B3 (FUMB1, FUMB2, FUMB3)	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Aspergillus niger</i> (EFSA 2005; JECFA 2001a, 2012)	kajenský pepř, česnek, kurkuma, oregáno, bílý pepř, černý pepř, bazalka, černý čaj, heřmánek, chřest,	Inhibuje syntézu sfingolipidů, způsobuje apoptózu, nádory u hlodavců (EFSA 2005; JECFA 2001a ;SCF 2003, IARC 2002), předpokládáný teratogen. FB1 je klasifikován jako možný karcinogen pro člověka (IARC 2002).	PMTDI (JECFA 2001a, 2012) a TDI (SCF 2003) 2 µg/kg t. hm. den pro FB1, FB2, a FB3 samostatně nebo kombinace	***

Zearalenon (ZEN, ZEA)	<i>Fusarium</i> spp. (JECFA 2000, EFSA 2011b)	žezlen	ZEN a jeho metabolity interferují s α - a β - estrogenovými receptory a endokrinními disruptory	PMTDI 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den pro ZEN, doporučeno aby celkový příjem ZEN a jeho metabolitů nepřekročily PMTDI (JECFA 2000); TDI 0.25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den ZEN (EFSA 2011b)	***
Další trichoteceny, e.g., T-2 toxin, HT-2 toxin, nivalenol (NIV)	<i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. langsethiae</i> (JECFA 2001a), <i>F. poae</i> and <i>F. cerealis</i> , <i>F. culmorum</i> and <i>F. graminearum</i> (EFSA 2013)	zázvor, česnek, koření	Akutní účinky T-2 toxinu se vyznačují podobně jako ozáření (průjem, krvácení, hematotoxicita, a imunosupresivita) (EFSA 2004; IARC 1993; JECFA 2001a; SCF 2002); podobným efektem se vyznačuje i NIV (EFSA 2013); není klasifikován jako karcinogen pro člověka (IARC 1993).	TDI 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den (EFSA 2011a) PMTDI 0.06 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den (JECFA 2001a) pro T-2 a HT-2 toxiny v kombinaci. TDI 1.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den pro NIV (EFSA 2013)	***
Ergotové alkaloidy	<i>Claviceps</i> spp., V EU většinou <i>C. purpurea</i> (EFSA 2012, BfR 2004)	všechny typy travin	Interferuje s neurotransmiterery; akutní toxicita: konvulzivní neurotoxicita, krvácení z dělohy, potraty; chronická toxicita: vazokonstrikce s ischemií, nekrózy končetin (ergotismus) (EFSA 2012, BfR 2004).	Různé EAs mají podobné toxické účinky; ARfD 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den TDI 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den na oba se uplatňuje součet EAs (EFSA 2012)	***
Patulin (PAT)	<i>Byssochlamys</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp. (IARC 1986; JECFA 1996)	-	Gastrointestinální vředy, imunotoxicita a neurotoxicita pro zvířata; genotoxicita (JECFA 1996); pro určení karcinogenity u zvířat jsou nedostatečné důkazy, pro člověka není klasifikován jako karcinogen (IARC 1986).	PMTDI 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t. hm. den (JECFA 1996)	***

(Waskiewicz *et al.*, 2013; Karlovsky *et al.*, 2016; Zheng *et al.*, 2017; Su *et al.*, 2018)

* primárně zaměřeno na výskyt v bylinách a léčivých rostlinách

** podrobnější výčet bylin a koření viz tab. 23 – 24.

*** v případě chybějících maximálních limitů dle nařízení komise 1881/2006 pro koření, nebo jednotlivé byliny, pracujeme s expozičními limity (HBGV)

Tabulky níže dle: Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách (Ve znění pozdějších přepisů)

Tabulka 23 - Maximální limity AF ve vybraných surovinách a potravinách

Aflatoxiny		
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)	
	B1	Suma B1, B2, G1, G2
Jádra podzemnice olejná a ostatní olejnata semena, jež mají být před použitím k lidské spotřebě nebo před použitím jako potravinová složka tříděna nebo jinak fyzikálně ošetřena s výjimkou — jader podzemnice olejná a ostatních olejnatých semen určených na drcení na výrobu rafinovaného rostlinného oleje	8,0	15,0
Jádra podzemnice olejná a ostatní olejnata semena a z nich zpracované výrobky určené k přímé lidské spotřebě nebo k použití jako potravinová složka s výjimkou — surových rostlinných olejů určených na rafinaci — rafinovaných rostlinných olejů	2,0	4,0
Následující druhy koření: <i>Capsicum</i> spp. (sušené plody, celé nebo mleté, včetně chilli, mletého chilli, kayenského pepře a papriky) <i>Piper</i> spp. (plody, včetně bílého a černého pepře) <i>Myristica fragrans</i> (muškátový oříšek) <i>Zingiber officinale</i> (zázvor) <i>Curcuma longa</i> (kurkuma) Směsi koření, které obsahují jedno či několik z výše uvedených koření	5,0	10,0
Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti	0,10	-

Tabulka 24 - Maximální limity OTA ve vybraných surovinách a potravinách

Ochratoxin A	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Nezpracované obiloviny	5,0
Všechny produkty pocházející z nezpracovaných obilovin, včetně zpracovaných výrobků z obilovin a obilovin určených k přímé lidské spotřebě	3,0
Pražená kávová zrna a mletá pražená káva kromě rozpustné kávy	5,0
Koření, včetně sušeného koření <i>Piper</i> spp. (plody, včetně bílého, černého pepře) <i>Myristica fragrans</i> (muškátový oříšek) <i>Zingiber officinale</i> (zázvor) <i>Curcuma longa</i> (kurkuma) <i>Capsicum</i> spp. (sušené plody, celé nebo mleté, včetně chilli, mletého chilli, kayenského pepře a papriky)	15,0 30,0 (do 31. 12. 2014) 15,0 (od 1. 1. 2015)
Směsi koření obsahující jedno z výše uvedených koření	15,0
Lékořice (<i>Glycyrrhiza glabra</i> , <i>Glycyrrhiza inflata</i> a další druhy) Kořen z lékořice, složka bylinného čaje	20,0
Lékořice (<i>Glycyrrhiza glabra</i> , <i>Glycyrrhiza inflata</i> a další druhy) Výtažek z lékořice pro použití v potravinářských výrobcích, zejména v nápojích a cukrovinkách	80,0
Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti	0,50

Tabulka 25 - Maximální limity DON ve vybraných surovinách a potravinách

Deoxynivalenol	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Nezpracovaná pšenice tvrdá a oves	1750,0
Obiloviny určené k přímé lidské spotřebě, obilná mouka, otruby a klíčky ve formě konečného výrobku uváděného na trh pro přímou lidskou spotřebu	750,0
Pečivo (včetně malého běžného pečiva), jemné a trvanlivé pečivo, sušenky, svačinky z obilovin a snídaňové cereálie	500,0
Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím	1750,0
Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti	200,0

Tabulka 26 - Maximální limity ZEA ve vybraných surovinách a potravinách

Zearalenon	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím	350,0
Obiloviny určené k přímé lidské spotřebě, obilná mouka, otruby a klíčky ve formě konečného výrobku uváděného na trh pro přímou lidskou spotřebu	75,0
Kukuřice určená k přímé lidské spotřebě, svačinky z kukuřice a kukuřičné snídaňové cereálie	100,0
Nezpracované obiloviny, jiné než kukuřice	100,0
Kukuřičné příkrmy pro kojence a malé děti	20,0

Tabulka 27 - Maximální limity FUM ve vybraných surovinách a potravinách

Fumonisin	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím	4000,0
Kukuřice určená k přímé lidské spotřebě, kukuřičné potraviny k přímé lidské spotřebě	1000,0
Kukuřičné snídaňové cereálie a svačinky z kukuřice	800,0
Kukuřičné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti	200,0

Tabulka 28 - Maximální limity CIT ve vybraných surovinách a potravinách

Citrinin	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Doplňky stravy na bázi rýže fermentované červenými kvasnicemi <i>Monascus purpureus</i>	2000,0

Tabulka 29 - Maximální limity PAT ve vybraných surovinách a potravinách

Patulin	
Potraviny	Maximální limity (µg/kg)
Ovocné šťávy, rekonstituované koncentrované ovocné šťávy a ovocné nektary	50,0
Pevné výrobky z jablek, včetně jablečného kompotu a jablečného pyré určené k přímé lidské spotřebě	25,0
Jablečná šťáva a pevné výrobky z jablek, včetně jablečného kompotu a jablečného pyré, pro kojence a malé děti, takto označené a prodávané	10,0