

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Monitorování výskytu mykotoxinů v potravinách.

Lada Cinegrová

Bakalářská práce

2009

University Pardubice
Faculty chemical technology

Monitoring of mycotoxins in foodstuffs

Lada Cinegrová

Bachelor work

2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lada CINEGROVÁ**

Studijní program: **B2802 Chemie a technická chemie**

Studijní obor: **Chemie a technická chemie**

Název tématu: **Monitorování výskytu mykotoxinů v potravinách**

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

1. Vypracujte přehled základních zdravotních rizik spojených s expozicí mykotoxinům. Zaměřte se zejména na následky chronické per-orální expozice u lidí a hospodářských zvířat.
2. Popište základní rizikové faktory ovlivňující výskyt mykotoxinů v potravinách a možné preventivní kroky vedoucí k jejich redukci.
3. Zhodnoťte výsledky analýz mykotoxinů získané ze spotřebního koše potravin na území České republiky provedené v letech 1999 - 2007.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**


Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miloslav Pouzar, Ph.D.
Ústav ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

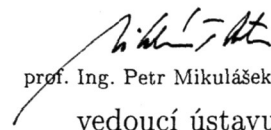
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2009**



prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 20. února 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 22. června 2009

Lada Cinegrová

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá Monitoringem dietární expozice člověka. V této práci jsou zahrnuty základní charakteristiky významných mykotoxinů a jejich výskyt v potravinách, faktory, které ovlivňují produkci mykotoxinů v potravinách a uvedeny významné mykotoxikózy. Dále jsou zde hodnoceny výsledky analýz mykotoxinů získané ze spotřebního koše potravin na území České republiky v letech 1999 – 2007.

Klíčová slova:

- Mykotoxiny
- Aflatoxin
- Ochratoxin A
- Patulin
- Monitoring dietární expozice člověka

Summary

This dissertation is focused on human diet monitoring; the paper studies the basic characteristics of the most significant mycotoxins and their presence in food, factors which affect the production of mycotoxins in food and mycotoxicosis. A later section assesses the results of mycotoxin analyses carried out on food products in the Czech Republic between 1999 and 2007.

Key words:

- Mycotoxins
- Aflatoxin
- Ochratoxin A
- Patulin
- Human diet monitoring

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Miloslavu Pouzarovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při výběru tématu této bakalářské práce. A dále své rodině za duševní podporu a trpělivost po celou dobu mého studia.

Obsah

1. Úvod	9
2. Historie mykotoxinů	10
3. Faktory ovlivňující produkci mykotoxinů v potravinách	12
3.1. Vlhkost	13
3.2. Teplota	13
3.3. Přítomnost kyslíku	13
4. Charakteristiky významných mykotoxinů a jejich výskyt v potravinách --	15
4.1. Aflatoxiny	16
4.2. Ochratoxiny	17
4.2.1. Ochratoxin A	18
4.3. Patulin	19
5. Významné mykotoxikózy	21
5.1. Ergotismus	22
5.2. Akutní kardiální beri – beri	23
5.3. Alimentární toxická aleukie	23
5.4. Reyův syndrom	24
5.5. Kwashiorkor	24
6. Spotřební koš potravin	25
7. Výsledky analýz monitoringu v letech 1999 – 2007	27
8. Mykotoxiny a systém rychlého varování pro potraviny a krmiva	31
9. Legislativní limity	34
10. Závěr	36

1. Úvod

V roce 1994 byla Okresní hygienická stanice Šumperk jedním z 12 pracovišť, které se měly podílet na sběru vybraných komodit spotřebního koše potravin pro projekt nazvaný „Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice – subsystém IV.“. Úkolem hygienické stanice bylo pořizovat v obchodní síti nákupy pro spotřební koš potravin.

Subsystém IV - Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice – se skládá ze 4 projektových částí.

Bakteriologická analýza potravin – ve studii je sledován výskyt některých patogenních agens v potravinách získaných v tržní síti – *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Listeria monocytogenes* a *S. aureus* (původci alimentárního onemocnění).

Ve studii MYKOMON je sledován výskyt toxinogenních vláknitých mikroskopických hub (plísňí), producentů aflatoxinů a ochratoxinu A ve vybraných druzích potravin.

GENOMON – zabývá se sledováním vybraných potravin z obchodní sítě, zda nejsou vyrobeny z geneticky modifikovaných potravin (GMO).

Chemická analýza potravin – ve studii je sledován výskyt organických látek (PCB, dibenzofurany, dioxiny, izomery DDT, DDD, DDE, endosulfan, PAU,.....), anorganických látek (dusitany, dusičnany, kadmium, olovo, rtuť, arsen, měď, zinek, mangan, selen, hořčík, chrom, nikl, hliník, železo, jod) [1].

Cílem této práce je na základě výsledků získaných v rámci projektu MYKOMON podat informaci o úrovni kontaminace potravin mykotoxiny v České republice.

2. Historie mykotoxinů

V dnešní době jsou lidé vystaveni celé řadě rizikových faktorů, jejichž dlouhodobé působení negativně ovlivňuje jejich zdravotní stav. Mezi takovéto faktory patří zejména toxické chemické látky vznikající v důsledku lidské činnosti. Vedle průmyslových škodlivin byly rovněž objeveny toxické a karcinogenní látky přírodního původu, jejichž škodlivý účinek na lidské zdraví je často stejně závažný a občas i závažnější. Mezi nejvíce toxické látky přírodního původu patří i sekundární metabolity vláknitých hub (plísni) zvané mykotoxiny [2].

První doložené zprávy o toxicitě plesnivých potravin pocházejí z konce 19. století z Japonska. Ve 30. a 40. letech 20. století byly na území Sovětského svazu zkoumány vzorky obilí, které byly napadeny plísněmi rodu *Fusarium*. Vzorky vykazovaly toxicitu pro pokusná zvířata a byly spojeny s onemocněním nazvaným alimentární toxická aleukie (ATA). Většina výzkumů v tomto období však byla zaměřena zejména na výzkum bakteriálních původců onemocnění, zprávy o toxicitě z obilných extraktů a plísňových kultur byly odmítány [3].

Velký zájem o vláknité mikromycety začal po skončení 2. světové války. Významný pokrok ve studiu vláknitých mikromycet nastal po objevu penicilinu. Vyvolal rozvoj biotechnologií, které využívaly vláknité mikromycety k produkci léků, enzymů, organických kyselin, vitamínů a fermentovaných potravin. Rok 1960 byl hlavním mezníkem ve změně pohledu na používání plesnivých potravin a krmiv. Ve Velké Británii došlo v té době ke zdecimování chovu krůt a drůbeže vlivem zkrmování podzemnice olejné napadené plísní *Aspergillus*. V současné době výzkum toxinogenních mikromycet a mykotoxinů dosahuje velkého rozmachu. Každý rok jsou objevovány nové toxické plísňové metabolity [2].

V ČSSR byl zahájen výzkum mykotoxinů na lékařské fakultě v Brně pod vedením doc. RNDr. Miroslava Polstera, CSc. Následovala VŠV Brno (nyní VFU Brno), která se zabývala výzkumem veterinárních toxikóz, v Hradci Králové a ve výzkumném ústavu ČSAV v Olejnici. Pro analýzu mykotoxinů byla zřízena referenční laboratoř při KHS Plzeň [3].

V současné době v České republice zajišťují sledování mykotoxinů v potravinách v rámci své dozorové činnosti kontrolní orgány – Orgán ochrany veřejného zdraví, Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Státní veterinární správa [2]. Dále se mykotoxiny v potravinách a potravinových surovinách zabývá Centrum hygieny potravinových řetězců na Státním zdravotním ústavu v Brně, které systematicky zkoumá vztahy vlastností plísňových kultur a produkce mykotoxinů [3].

Na základě stanovení mykotoxinů v potravinách nebo jejich biomarkerů v biologických materiálech (v lidské moči, krevním séru, mateřském mléce) je v České republice prováděno sledování a hodnocení dietární expozice populace vybraným mykotoxinům [2].

3. Faktory ovlivňující produkci mykotoxinů v potravinách.

Existuje široká škála faktorů, které mají vliv na přítomnost plísní a následně i mykotoxinů v potravinách. Tvorba mykotoxinů je podmíněna jak biologickými, tak i chemickými a fyzikálními faktory. Mezi kritické fyzikální faktory patří teplota a relativní vlhkost substrátu. Chemické faktory zahrnují používání hnojiv nebo fungicidů. Mezi biologické faktory patří např. přítomnost hmyzu, nebo přirozená odolnost rostlin vůči napadení plísněmi. Některé druhy rostlin jsou totiž více náchylné ke kolonizaci nežli jiné. Podmínky v životním prostředí pak mohou zvýšit náchylnost rostlin, které jsou jinak odolnější. Některé studie prokázaly, že optimální podmínky pro růst hub nemusí nutně vést k nadměrné produkci toxinů [4]. V tabulce č. 1 jsou uvedeny faktory podporující produkci vybraných mykotoxinů během uskladnění.

Tabulka č. 1 - Faktory podporující produkci vybraných mykotoxinů během uskladnění [2].

Mykotoxiny	Vláknité mikromycety	Druh substrátu	Podporující podmínky
Aflatoxiny	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>	arašídy, bavlna, cereálie, olejniny, sušené ovoce	vlhké teplo - tropické oblasti - přehřátí při uložení
Ochratoxin A	<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Penicillium viridicatum</i>	káva, ječmen, oves, žito, pšenice	vlhkost při uskladnění, studené a vlhké klima
Paulin	<i>Penicillium expansum</i> <i>Byssochlamys</i>	jablka, kompoty, džusy, siláž	makroskopické poškození plodu, nedostatek anaerobiózy

3.1. Vlhkost

Polní vláknité mikromycety se rozvíjejí na různých rozkládajících se substrátech. Ke svému růstu vyžadují vysokou relativní vlhkost vzduchu (20 – 25 %). Relativní vlhkost vzduchu je dána poměrem mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení.

$$\Phi = 100 \cdot \frac{m}{M} \quad [\%],$$

kde m je hmotnost vodní páry, která je ve vzduchu obsažena a M je hmotnost vodní páry, kterou by obsahoval stejný objem vzduchu, kdyby byl při stejné teplotě a tlaku vodními parami nasycen.

Skladištní vláknité mikromycety jsou schopny růst na substrátech při nižší relativní vlhkosti (10 – 18 %). Z tohoto důvodu se zde sleduje vodní aktivita a_w . Aktivita vody a_w je poměr tlaku vodních par potraviny k tlaku par destilované vody při určité teplotě. Tato se počítá z rovnováhy vody mezi substrátem a okolním vzduchem při dané teplotě. Pokud je vodní aktivita a_w nižší, bude třeba méně upotřebitelné vody pro růst vláknitých mikromycet. Růst všech mikroorganismů je charakterizován vodní aktivitou a_w : minimální, optimální a maximální. Pro většinu vláknitých mikromycet je minimální vodní aktivita 0,7 [2].

3.2. Teplota

Optimální teplota pro produkci *Aspergillus flavus* se pohybuje v rozmezí od 25 do 35 °C při aktivitě vody a_w 0,90. V nedávné studii [4] bylo uvedeno, že optimální teplota pro vznik aflatoxinů produkovaných plísní *Aspergillus flavus* - je 30 °C při aktivitě vody a_w 0,996. Pro produkci T-2 toxinu se optimální teplota pohybuje v rozmezí od 6 do 12 °C.

3.3. Přítomnost kyslíku

Kyslík potřebuje pro svůj rozvoj většina vláknitých mikromycet. Vláknité mikromycety, které pro svůj růst potřebují nejvíce kyslíku, kontaminují povrch substrátu. Vláknité mikromycety vyžadující méně kyslíku se vyskytují v hloubce substrátu. Některé mikromycety jsou schopné rozvíjet se v anaerobním prostředí (vláknité mikromycety rodu *Byssochlamys* – produkují termostabilní askospory).

Kolísavé složení atmosféry mnohem více ovlivňuje vlastní produkci mykotoxinů nežli růst mikromycet. V prevenci rozvoje růstu vláknitých mikromycet a tvorby mykotoxinů jsou účinné koncentrace kyslíku nižší než 1 % a zvýšená koncentrace oxidu uhličitého [2].

4. Charakteristiky významných mykotoxinů a jejich výskyt v potravinách.

Mykotoxiny jsou sekundární toxické metabolity vláknitých mikromycet, které patří mezi významné toxiny přírodního původu. Jsou to strukturně odlišné komplexní organické sloučeniny o nízké molekulové hmotnosti, nebílkovinné povahy, toxické pro člověka a živé organismy. Díky svým toxickým účinkům jsou považovány za rizikové pro spotřebitele kontaminovaných potravin a krmiv. Mykotoxiny jsou metabolizovány v játrech a ledvinách. V současnosti je známo více než 300 mykotoxinů.

Tvorba mykotoxinů v přírodě je považována za celosvětový problém. V některých částech světa se některé mykotoxiny vyskytují častěji než jiné. Aflatoxiny jsou běžné ve vlhkých klimatických podmínkách v asijských a afrických zemích a v některých částech Austrálie. Mykotoxiny jsou pravidelně nacházeny v kukuřici, pšenici, rýži, krupici, arašidech a jiných luštěninách [6].

Výskyt významných mykotoxinů a stanovené rozmezí koncentrací mykotoxinů v potravinách jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 - Výskyt významných mykotoxinů a stanovené koncentrace mykotoxinů v potravinách [2].

Mykotoxin	Potravina	Stanovené koncentrace
Aflatoxin B ₁	arašídová - omáčka, pasta, směs, arašidy kandované, broskvová jádra, cereální snídaně, česnek nakládaný, česnekový prášek, čili – koření, papričky, čirok, čokoláda, fíky, fíková pasta, hrášek, jádra melounu, kakaová - drť, keksy, kari pasta, kari, kávová zrna, kokosová - zmrzlina, ořechy, kmín, kokosový olej, kukuřice - sušená, vařená, kukuřičné otruby, slupky, výrobky, slad, stonek, kukuřičný šrot, mandle, marcipán, maso, müsli, nudle, muškátový oříšek, olej, ořechy - brazilské, pistáciové, vlašské, paprika, pepř, pekařské výrobky, pistácie kandované, pivo, proso, rozinky, ryby, sezamové semeno, sojová mouka, špagety, tykvová jádra, vaječné výrobky, víno, zázvor, zrno ječmene	jednotky až stovky µg/kg

Ochratoxin A	obiloviny a výrobky z nich, rozinky, káva, pivo, luštěniny, koření, zelený čaj, sušené ovoce (fíky, rozinky), lékořice, grepová šťáva, červené a rozé víno, vinný ocet, vepřové maso, krev, vnitřnosti (játra, ledviny, výrobky z krve)	stovky ng/kg až desítky µg/kg
Patulin	jablka a výrobky z jablek, banány, grepy, broskve, meruňky, ananas, borůvky, plesnivé kompoty, hruškové džusy	desítky až stovky µg/kg

4.1. Aflatoxiny

Aflatoxiny byly objeveny v roce 1960, kdy v Anglii hledali příčinu uhynutí tisíců mladých bažantů a káčat. Po chemické stránce jsou aflatoxiny polycyklické, nenasycené, vysoce substituované kumariny. Byly identifikovány 4 přirozeně se vyskytující typy aflatoxinů: AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂. Nejčastěji se vyskytuje AFB₁ (obrázek č. 1). Do současné doby bylo identifikováno 20 aflatoxinů.

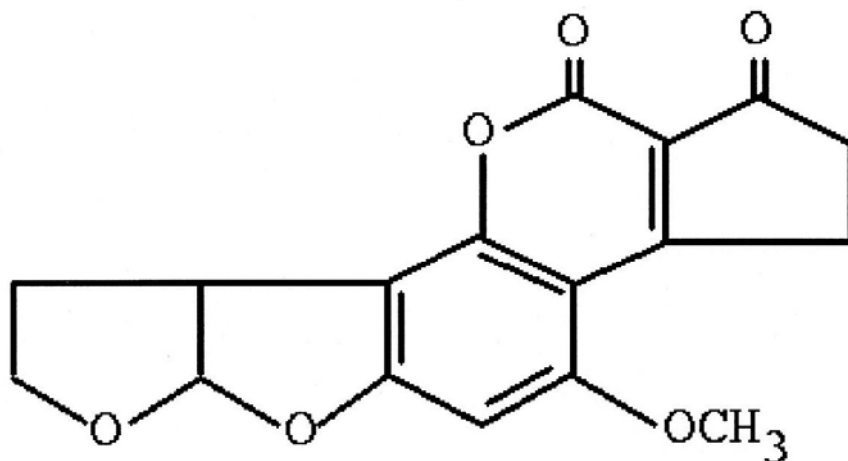
Producenty aflatoxinů jsou toxinogenní kmeny *Aspergillus flavus* (producent AFB₁ a AFB₂) a *Aspergillus parasiticus* (producent AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂). [4].

Laboratorní produkce aflatoxinů je ovlivněna složením atmosféry, teplotou, vlhkostí substrátu a atmosféry. Optimální teplota pro jejich produkci je mezi 25 – 30 °C. Důležité jsou i různé biochemické faktory: stopové prvky (Zn, Mn), nenasycené mastné kyseliny. Z hlediska biosyntézy patří aflatoxiny mezi deketidy vznikající z acetátu přes polyhydroxyantrachinonové meziprodukty [5].

Relativní molekulová hmotnost aflatoxinu B₁ je 312. Tvoří světle žluté krystaly, emituje v UV světle modrou fluorescenci. Bod tání je 268 - 269 °C. Je nerozpustný v nepolárních rozpouštědlech, málo rozpustný ve vodě. Naopak dobře rozpustný je v polárních organických rozpouštědlech [2].

V porovnání s ostatními aflatoxiny má AFB₁ nejvyšší akutní toxicitu. Hodnoty LD₅₀ se mění podle druhu zasaženého organismu. U káčat se hodnota LD₅₀ pohybuje od 0,3 – 0,6 mg/kg, u drůbeže 0,35 mg/kg, u myši až po hodnotu 9,0 mg/kg, u křečka 10,2 mg/kg [5]. Hodnota LD₅₀ závisí na věku, pohlaví zvířete, způsobu podávání a složení krmiva, fyziologickém stavu zvířete. U lidí je odhad LD₅₀ 1 – 15 mg/kg [2].

Je to známý hepatokarcinogen. Karcinogenní účinky byly potvrzené u myší, opic, potkanů, kačen a pstruhů. Přítomnost aflatoxinů v potravě se pokládá za hlavní příčinu výskytu rakoviny jater u lidí v některých částech Afriky a Asie.



Aflatoxin B₁

Obrázek č. 1 - Aflatoxin B₁ [7].

Mutagenita aflatoxinu B₁ byla zjištěna na různých mikroorganismech: *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Photobacterium phosphoreum*, *Bacillus thuringiensis* a *Saccharomyces cerevisiae*) [5].

Při stanovení aflatoxinů v potravinách jsou používány metody – TLC (chromatografie na tenké vrstvě), HPTLC (vysokoúčinné tenkovrstvé chromatografie) a HPLC (vysokoúčinné kapalinové chromatografie), HPLC-MS a imunochemické metody [2].

4.2. Ochratoxiny

Ochratoxiny jsou plísňové sekundární metabolity produkované některými druhy *Aspergillus* a *Penicillium*.

Do skupiny ochratoxinů patří: ochratoxin A, jeho metylester a etylester, ochratoxin B, jeho metylester a etylester, ochratoxin C, 4-hydroxyochratoxin A a ochratoxin α .

Za nejvíce toxický je považován ochratoxin A. Velmi často kontaminuje potraviny a krmiva [8].

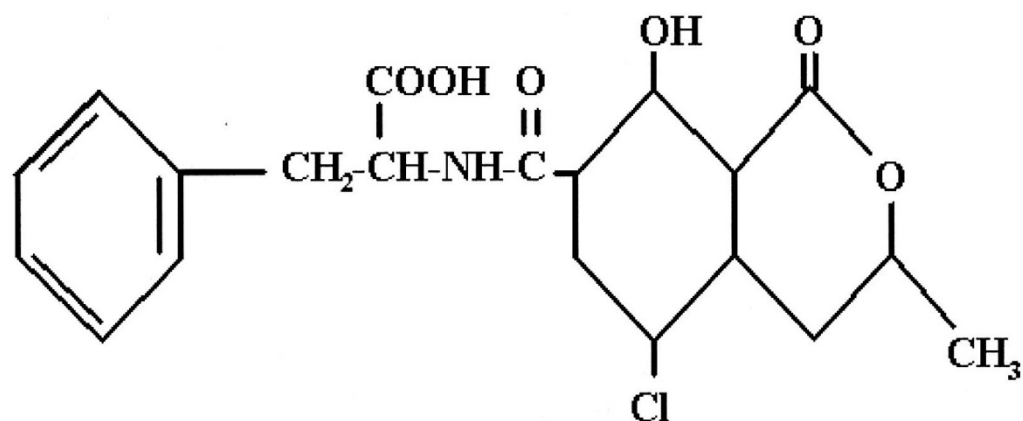
4.2.1. Ochratoxin A

Ochratoxin A byl objeven v roce 1965 v Jižní Africe, kdy byl izolován během laboratorního screeningu toxinogenních mikromycetů z *Aspergillus ochraceus* [8].

Optimální teplota pro produkci ochratoxinu A plísní *Aspergillus ochraceus* je 28 °C. V chladných oblastech je ochratoxin A spíše produkován vláknitými mikromycety rodu *Penicillium* od teploty 4 °C do 30 °C.

Z hlediska biosyntézy patří ochratoxin A mezi pentaketidy. Ochratoxin A je ve skupině ochratoxinů nejvíce dominantní. Po chemické stránce je to derivát 7-izokumarinu vázaného na aminoskupinu L-β-fenylalaninu [2].

Ochratoxin A (obrázek č. 2) je bezbarvá krystalická látka. Bod varu je 94 až 96 °C. Je dobře rozpustný v polárních organických rozpouštědlech, velmi málo rozpustný ve vodě.



fenylalaninová část molekuly

kumarinová část molekuly

Ochratoxin A

Obrázek č. 2 - Ochratoxin A [7].

Je to silný neurotoxin. LD₅₀ pro jednodenní káčata má hodnotu 150 µg/kg podané orálně, pro jednodenní kuřata je hodnota LD₅₀ 3,6 mg/kg. Také jsou známé teratogenní účinky sledované u kuřecích embriích, u ryb, potkanů a myši.

Ochratoxin A zasahuje do hlavních oblastí metabolismu, ovlivňuje transportní systémy mitochondrií, proteosyntézu a glukoneogenezi [5]. V organismu je vázán na plazmatické proteiny a metabolizuje se na hydroxylované deriváty.

Při stanovení ochratoxinu A v potravinách jsou používány metody – TLC (chromatografie na tenké vrstvě), HPTLC (vysokoučinné tenkovrstvé chromatografie) a HPLC (vysokoučinné kapalinové chromatografie), HPLC-MS a imunochemické metody [2].

4.3. Patulin

Patulin byl objeven během výzkumu nových antibiotik v roce 1941. Původně byl znám pod názvem klaviformin a byl izolován z *Penicillium claviforme* Chainem a kol. Jako patulin byl izolován v roce 1943 Anslowem a kol., jako antibioticky aktivní metabolit *Penicillium patulum*. Mezi producenty patulinu patří rody: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces* a *Byssochlamys*. Nejdůležitější jsou: *Penicillium expansum*, *Aspergillus clavatus* a *Byssochlamys nivea*.

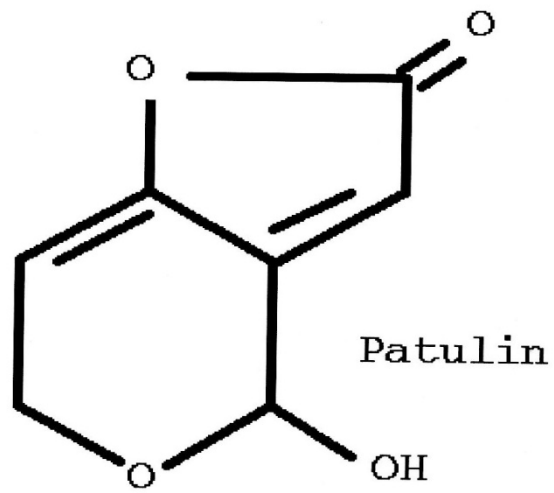
Evropské země byly mezi prvními, které limitovali přípustný obsah patulinu v potravinách na 50 µg/L. Odborná komise WHO stanovila maximální denní dávky patulinu na 0,4 µg/kg tělesné váhy [9].

Po chemické stránce je patulin nenasycený lakton. Patří mezi polyketidové sekundární metabolity. Jeho biosyntetická dráha je jednou z nejlépe prozkoumaných drah sekundárního metabolitu hub. Prvním meziproduktem patulinové dráhy je kyselina 6-metylsalicylová. Vzniká kondenzací acetylkoenzymu A s třemi malonátovými jednotkami [2].

Relativní molekulová hmotnost patulinu (obrázek č. 3) je 154. Tvoří bezbarevné krystalky bez zápachu. Bod tání je 110 až 111 °C. Rozpustný je ve vodě, v alkoholech, acetonu, benzenu, chloroformu, etylacetátu. Nerozpustný v petroléru. Je stálý v kyselém prostředí a ztrácí aktivitu v alkalickém prostředí.

Původně se patulin používal jako antibiotikum na gramnegativní a grampozitivní bakterie. Je toxický pro živočišné i rostlinné buňky. Narušuje permeabilitu rostlinných buněčných membrán. [5]. LD₅₀ pro myš má hodnotu přibližně 15 mg/kg subkutánně a intraperitoneálně, 35 mg/kg mg perorálně.

Při stanovení Patulinu v potravinách jsou využívány metody – TLC (chromatografie na tenké vrstvě), HPTLC (vysokoučinné tenkovrstvé chromatografie) a HPLC (vysokoučinné kapalinové chromatografie) [2].



Obrázek č. 3 - Patulin [7].

5. Významné mykotoxikózy.

Od prvopočátku své existence se lidstvo setkávalo s mykotoxiny a jimi vyvolanými chorobami, a to zejména v období neolitu, kdy člověk začal obdělávat půdu, pěstovat plodiny a chovat zvířata. Jednoduchá společenství v minulosti se nemohla dostatečně účinně bránit kontaminaci a znehodnocování potravin patogenními a toxinogenními mikromycety. První popsané epidemie mykotoxikóz proběhly už ve starověku. K nejstarším popsaným mykotoxikózám (otravám způsobeným mykotoxiny) patří ergotismus, alimentární aleukie a onemocnění ze žluté rýže.

V 50. letech se začínají objevovat zprávy o nebezpečnosti zaplesnivělých potravin a krmiv. V dnešní době je přibližně 50 mykotoxinů dáváno do příčinné souvislosti s mykotoxikózami u lidí a zvířat.

Tabulka č. 2 - Akutní a chronická onemocnění lidí spojená s mykotoxiny [2].

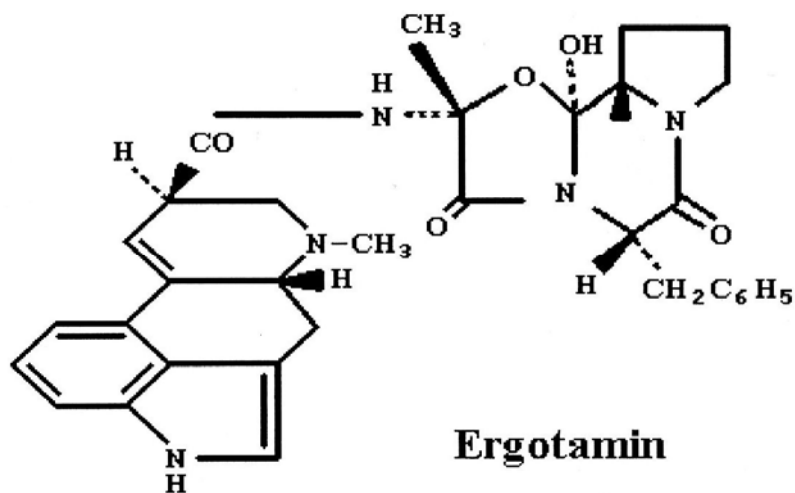
Mykotoxikóza	Mykotoxin
Aflatoxikóza	aflatoxiny
Akutní kardiální beri – beri	citroviridin
Alimentární toxická aleukie	trichoteceny (diacetoxyscirpenol, HT-2 toxin, T-2 toxin, nivalenol)
Balkánská endemická nefropatie	ochratoxin A, a další mykotoxiny (např. citrinin)
Cirhoza dětí v Indii	aflatoxiny
Duševní retardace dětí	aflatoxiny
Epidemická polyurea	? mykotoxiny ?
Ergotismus	námelové alkaloidy
Kwashiorkor	aflatoxiny
Nádory ledvin	ochratoxin A
Onemocnění ze žluté rýže	luteoskyrin, citrinin, rugulosin, islandotoxin, citroviridin, cyclochlorotin
Primární jaterní karcinom	aflatoxiny
Reyův syndrom	aflatoxiny
Tuková degenerace jater	aflatoxiny
Vývojová porucha mozku	? mykotoxiny – teratogeny ?

V tabulce č. 2 jsou uvedena některá akutní a chronická onemocnění lidí spojovaná s výskytem vysokých koncentrací mykotoxinů. Některá onemocnění jsou jasně prokázána, jiná jsou multifaktoriální (mykotoxiny mohou být jedním z možných činitelů), některá jsou prokázána nedostatečně (mykotoxiny jsou označeny?) [2].

5.1. Ergotismus

Mezi první zjištěné mykotoxikózy u člověka patří ergotismus. Ohniska spojená s kontaminací žitné mouky houbou *Claviceps purpurea* byla rozšířena v severní i střední Evropě ve středověku. Ve Francii roku 944 epidemie zabila na 40 000 obyvatel. Existují ojedinělé případy, kdy v Etiopii bylo hlášeno ohnisko s téměř 150 osobami. U člověka lze rozlišit dvě charakteristické formy ergotismu : křečový ergotismus a ergotismus snětí [10].

Toxické námelové alkaloidy ergotamin a ergocristin svými vasokonstrikčními účinky vedou ke vzniku gangrenózní formy ergotismu. První příznaky se projevují edémem končetin, parestéziemi a končí gangrénou. Konvulzivní forma je vyvolána námelovými alkaloidy, které jsou produkovány mikromycety *Claviceps fusiformis*. Intoxikace byla prokázána nejdříve gastrointestinálními příznaky – nauzeou, zvracením a závratěmi. Tyto byly následovány příznaky neurologickými – ospalost, křeče, slepota a paralýza [2].



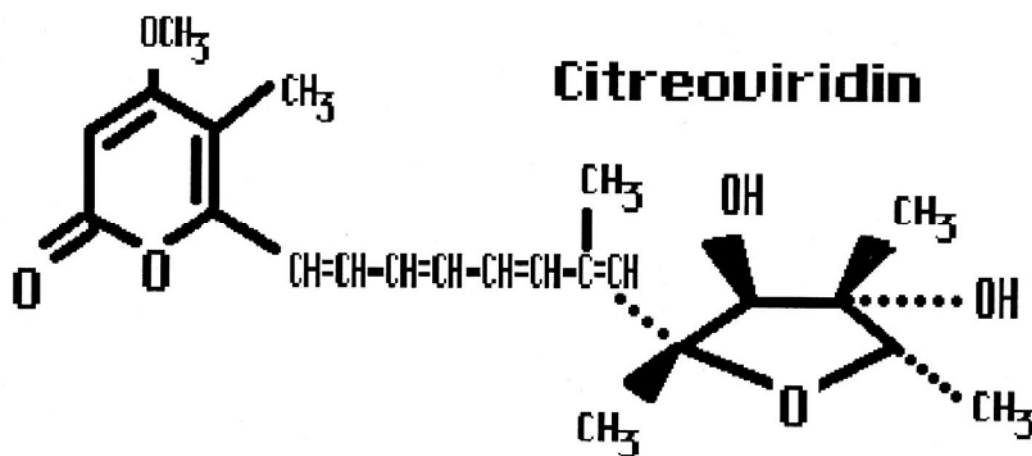
Obrázek č. 4 - Ergotamin [11].

U nás touto chorobou ojedinele onemocní děti, které ze zvědavosti ochutnají nápadně trčící zrna z žitných klasů. Námelová sklerocia mají příjemnou houbovou, na konci trochu palčivou chuť [11].

5.2. Akutní kardiální beri – beri

Onemocnění bylo popsáno před rokem 1910 a následně za 2. světové války z bojů britských jednotek s Japonci v jižní Asii. Onemocnění se projevuje křečemi a vzestupnou paralýzou. Na srdci je výrazná porucha rytmu (Wenckebachovy periody). Onemocnění může skončit úmrtím na zástavu srdce. Není léčitelné vitamínem B₁.

Vyvolávajícím toxinem akutní kardiální beri – beri je citreoviridin. Onemocnění je vyvoláno mykotoxinem *Penicillium citreoviride*. Toxin má žlutou barvu, která je na rýži patrná (žlutá rýže). Pokud je žlutá rýže vystavována v tenké vrstvě slunečním paprskům, dojde k účinné detoxikaci. Jedná se o jeden z mála případů, kdy jde jednoduše detoxikovat nějaký mykotoxin [11].



Obrázek č. 5 - Citreoviridin [11].

5.3. Alimentární toxická aleukie (ATA)

ATA se vyskytuje v obilném pásu, který se rozkládá od jihu Sibíře přes Ruskou tabuli až po Balkán. Onemocnění je způsobeno T-2 toxinem a příbuznými trichotheceny, které jsou produkovány houbami rodu *Fusarium*. Největší epidemie byly zaznamenány ve 40. letech v SSSR. V důsledku válečných událostí zůstalo obilí na poli pod sněhem a sklízelo se až na jaře. Pod sněhem bylo napadeno chladnomilnými fusariemi, které mohou růst a produkovat

mykotoxiny už při teplotě – 4 °C. V důsledku nedostatku jiných potravin zemřelo kolem 17 000 lidí. V současné době se onemocnění vyskytuje ojediněle v rozvojových zemích (Alžír).

Onemocnění probíhá ve třech fázích. V první fázi se jedná o trávicí ústrojí – záněty sliznice, zvracení, průjmy (i krvavé). Ve druhé fázi dochází k zdánlivé úlevě, která je doprovázená poklesem počtu krevních destiček a bílých krvinek. Ve třetí fázi jsou nemocní postiženi bakteriálními infekcemi a krvácením. Rekonvalescence pacientů, kteří přežijí, trvá několik měsíců. Při nemoci je důležitý přísun plnohodnotných bílkovin [11].

5.4. Reyův syndrom

Reyův syndrom je polyetiologický stav. Lze jen vyvolat některými léky (Acylpyrin), jedy a virovou infekcí. Bylo prokázáno, že u kojenců (do 1 roku života) krmených umělou výživou, je etiologickým faktorem aflatoxin. U onemocnění nastává rychlý přechod z horečnatého onemocnění do těžkého bezvědomí (první příznaky připomínají virózu). V komatu se projeví těžké poškození mozku a jater, které způsobí smrt [11].

5.5. Kwashiorkor

Kwashiorkor se hlavně vyskytuje v rozvojových zemích s hladomorem. U postižených se vyskytují hladové edémy způsobené nedostatkem bílkovin v krvi a je normální nebo jen mírně ztenčená vrstva podkožního tuku. Blízký vztah mezi výskytem onemocnění a příjmem aflatoxinů potravou (hlavně u dětí) byl zjištěn při výzkumu v Etiopii. Aflatoxiny v potravě a i v tělních tekutinách (krev, moč) byly zjištěny u nejtěžších, marastických, formách kwashiorkor [11].

6. Spotřební koš potravin.

Od roku 1999 byl do projektu „Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice – subsystem IV.“ přidán projekt MYKOMON. Tímto projektem se zabývá Centrum hygieny potravinových řetězců na Státním zdravotním ústavu v Brně. Projekt sleduje výskyt toxinogenních mikromycet (plísň) – producentů ochratoxinu A a aflatoxinů ve vybraných komoditách spotřebního koše potravin. Cílem projektu je získat informace o míře kontaminace potravin toxinogenními mikromycetami.

Každý rok je analyzováno 12 spotřebních košů potravin. Tyto reprezentují průměrnou spotřebu potravin v České republice. Nákupy byly pořizovány v obchodní síti ve vybraných místech v ČR. Jedná se o Prahu, Brno, Ostravu, Plzeň, Hradec Králové, Ústí nad Labem, České Budějovice, Žďár nad Sázavou, Znojmo, Jablonec nad Nisou, Benešov a Šumperk. Výběr zahrnoval místa s různou úrovní znečištění životního prostředí.

Každý spotřební koš se skládá ze 160 základních druhů potravin. S nakoupenými potravinami bylo před analýzami nakládáno tak, jak s nimi zachází běžný spotřebitel. Před analýzami byly poživatiny kuchyňsky upraveny – omytím, loupáním, vařením, pečením [12]. V tabulce č. 3 jsou uvedeny poživatiny, které byly vyšetřovány na přítomnost producentů aflatoxinů a ochratoxinu A.

Tabulka č. 3 – Poživatiny vyšetřované na přítomnost producentů aflatoxinů a ochratoxinu A.

Rok	Komodity
1999 - 2003	Salám Vysočina, salám Selský, salám polosuchý, salám Poličan, rozinky, těstoviny, rýže, sýr Eidam, paprika sladká, kmín, pepř černý, čočka, fazole, hrách, ořechy vlašské, arašídy, mouka polohrubá, mouka hladká, mouka hrubá, vločky ovesné, kroupy, krupice dětská, krupice dětská instantní, čaj ovocný, čaj černý.
2004	Salám trvanlivý tepelně opracovaný (2 druhy), salám trvanlivý fermentovaný (2 druhy), těstoviny, rýže, sýr tvrdý Eidam, paprika sladká, kmín, pepř černý, čočka, hrách, ořechy vlašské

2005	Salám trvanlivý tepelně opracovaný (2 druhy), salám trvanlivý fermentovaný (2 druhy), těstoviny, rýže, rozinky, sýr tvrdý Eidam, mouka polohrubá, mouka hladká, mouka hrubá, vločky ovesné, krupice pšeničná, kaše obilná dětská, čaj ovocný, čaj černý.
2006	Salám trvanlivý tepelně opracovaný (2 druhy), salám trvanlivý fermentovaný (2 druhy), těstoviny, rýže, sýr tvrdý Eidam, paprika sladká, kmín, pepř černý, čočka, hrách, ořechy vlašské
2007	Salám trvanlivý tepelně opracovaný (2 druhy), salám trvanlivý fermentovaný (2 druhy), těstoviny, rýže, rozinky, sýr tvrdý Eidam, mouka polohrubá, mouka hladká, mouka hrubá, vločky ovesné, krupice pšeničná, kaše obilná dětská, čaj ovocný, čaj černý.

7. Výsledky analýz monitoringu v letech 1999 – 2007

Specializované mykologické vyšetření v projektu MYKOMON bylo zaměřeno na popis a charakterizaci nebezpečí výskytu toxinogenních vláknitých mikroskopických hub (plísní) v potravinách [12]. V průběhu sledovaného období bylo vyšetřeno ze spotřebního koše celkem 2196 vzorků potravin na přítomnost mykotoxinů. V tabulce č. 4 je uveden přehled odebraných vzorků v letech 1999 – 2007.

Tabulka č. 4 – Přehled odebraných vzorků v letech 1999 – 2007 [12].

Rok odběru	Počet odběrových míst	Počet odebraných komodit	Počet odebraných vzorků
1999	12	25	300
2000	12	25	300
2001	12	25	300
2002	12	25	300
2003	12	25	300
2004	12	13	156
2005	12	16	192
2006	12	13	156
2007	12	16	192

V odebraných a vyšetřených vzorcích potravin byla prokázána pozitivní přítomnost potenciálně toxinogenních vláknitých mikroskopických hub *Aspergillus flavus* (producenti aflatoxinů) u 116 vzorků z 576 vzorků (20,14 %) a pozitivní přítomnost potenciálně toxinogenních vláknitých mikroskopických hub *Aspergillus* skupiny *Nigri* (potenciální producenti ochratoxinu A u 249 vzorků z 504 vzorků (49,4 %) [12]. V tabulkách č. 5 a 6 jsou uvedeny počty pozitivních vzorků odebraných v letech 1999 – 2007. Mykologická analýza pro identifikaci toxinogenních mikromycet byla prováděna dle platných norem a doporučení Mezinárodní komise mykologie potravin s použitím diagnostických živných půd.

Tabulka č. 5 - Frekvence výskytu potenciálně toxinogenních kmenů *Aspergillus flavus*
v potravinách (producenti aflatoxinů) v letech 1999 – 2007 [12].

Potravina	Počet vzorků (vzorky pozitivní /vzorky celkem)								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Pepř	10/12	3/12	5/12	4/12	---	4/12	---	---	---
Kmín	2/12	1/12	1/12	1/12	2/12				
Čaj ovocný	3/12	---	1/12	1/12	2/12	---	3/12	---	---
Čaj černý	2/12	3/12	4/12	6/12	5/12	---	3/12	---	2/12
Ovesné vločky	1/12	---	1/12	---	1/12	---	2/12	---	---
Mouka hladká	1/12	1/12	1/12	1/12	5/12	---	3/12	---	---
Mouka hrubá	---	---	---	---	1/12	---	1/12	---	---
Mouka polohrubá	---	---	---	---	2/12	---	3/12	---	---
Krupice	1/12	---	---	---	2/12	---	2/12	---	---
Paprika sladká	---	---	---	1/12	3/12	---	---	1/12	---
Rozinky	---	---	---	1/12	---	---	---	---	---
Těstoviny	---	---	---	1/12	---	---		---	---
Rýže	---	---	---	---	3/12	3/12	2/12	---	---
Kaše obilná dětská	---	---	---	---	---	---	3/12	---	1/12
Celkem	20/72	8/48	13/72	16/96	26/120	7/24	22/108	1/12	3/24

Tabulka č. 6 - Frekvence výskytu potenciálně toxinogenních kmenů *Aspergillus sk. niger* v potravinách (producenti ochratoxinu A) v letech 1999 – 2007 [12].

Potravina	Počet vzorků (vzorky pozitivní /vzorky celkem)								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Rozinky	11/12	11/12	9/12	10/12	9/12	---	9/12	---	12/12
Čaj černý	11/12	12/12	9/12	9/12	8/12	---	10/12	---	11/12
Čaj ovocný	7/12	7/12	5/12	8/12	4/12	---	11/12	---	8/12
Pepř	9/12	11/12	1/12	---	3/12	4/12	---	2/12	---
Paprika sladká	2/12	---	1/12	---	---	5/12	---	3/12	---
Kmín	---	---	1/12	---	1/12	---	---	---	---
Mouka hladká	---	---	1/12	1/12	---	---	---	---	1/12
Arašíd	---	---	---	1/12	---	---	---	---	---
Rýže	---	---	---	---	1/12	2/12	---	---	---
Mouka hrubá	---	---	---	---	---	---	2/12	---	---
Kaše obilná dětská	---	---	---	---	---	---	5/12	---	1/12
Celkem	40/60	41/48	27/84	29/60	26/72	11/36	37/60	5/24	33/60

Na základě výskytu potenciálně toxinogenních vláknitých mikroskopických hub *Aspergillus flavus* a výskytu potenciálně toxinogenních vláknitých mikroskopických hub *Aspergillus* skupiny *Nigri* byla provedena vyšetření vzorků potravin na obsah aflatoxinů a ochratoxinu A. Ke zjištění přítomnosti aflatoxinu B₁ a ochratoxinu A byla použita metoda instrumentalizované vysokoúčinné chromatografie na tenké vrstvě - HPTLC. V tabulce č. 7 jsou uvedeny výskyty mykotoxinů - aflatoxinu B₁ a ochratoxinu A v potravinách odebraných v rámci spotřebního koše v letech 1999 – 2007 [12].

V průběhu sledovaného období byla zjištěna pozitivní přítomnost aflatoxinu B₁ v potravinách spotřebního koše. Nejvyšší stanovená hodnota aflatoxinu B₁ ve vyšetřovaných vzorcích se pohybovala v rozmezí 7,1 - 19,2 µg/kg u černého pepře, v rozmezí 1,5 - 8,0 µg/kg u sladké papriky a 8,1 µg/kg u kmínu v roce 1999. U vzorku kmínu se jednalo o první potvrzený záchyt aflatoxinu B₁ v České republice.

Dle Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách jsou maximální limity stanoveny u aflatoxinu B₁ pro koření - 5,0 µg/kg [13].

Tabulka č. 7 – Výskyt aflatoxinu B₁ a ochratoxinu A v potravinách v letech 1999 – 2007 [10].

Rok odběru	Aflatoxin B ₁			Ochratoxin A		
	Počet pozitivních vzorků	Druh potraviny	Stanovená hodnota (μg/kg)	Počet pozitivních vzorků	Druh potraviny	Stanovená hodnota (μg/kg)
1999	3	černý pepř	19,2	5	rozinky	52,5
	1	kmín	8,1			
2000	---	---	---	4	rozinky	9,3
2001	6	paprika	4,1	8	rozinky	63,6
2002	3	paprika	1,5	3	rozinky	17,5
2003	1	paprika	4,3	3	rozinky	3,0
2004	3	paprika	8,0	---	---	---
2005	---	---	---	3	rozinky	40,7
2006	4	paprika	2,1	9	paprika	10,0
	4	černý pepř	7,1			
2007	---	---	---	8	rozinky	6,5

V průběhu sledovaného období byla zjištěna pozitivní přítomnost ochratoxinu A v potravinách spotřebního koše. Nejvyšší stanovená hodnota ochratoxinu A ve vyšetřovaných vzorcích se pohybovala v rozmezí 3,0 - 63,6 μg/kg u rozinek a 10,0 μg/kg u sladké papriky. Rozinky byly převážně původem z Turecka [14].

Dle Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách jsou maximální limity stanoveny u ochratoxinu A pro rozinky – **10 μg/kg** [13].

Výsledky získané v rámci tohoto projektu jsou pouze informativní a slouží jako podklady pro orgány státní správy, hygienickou službu, pro odbornou i širší veřejnost [12].

8. Mykotoxiny a systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF).

Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF – Rapid Alert System for Food and Feed) slouží od roku 2002 pro ohlašování rizik (přímých i nepřímých), které ohrožují zdraví lidí, zvířat nebo životního prostředí, pocházejících z potravin nebo krmiv. Hlášení slouží k zabránění distribuce rizikových potravin a krmiv případně k jejich stažení. Hlavním kritériem pro oznámení je poznatek, že daná potravina (výrobek) představuje přímé nebo nepřímé riziko pro zdraví a bezpečnost spotřebitele. V rámci systému existují 3 kategorie oznámení:

- a) Varování
- b) Informace
- c) Novinka [14].

Například v roce 2005 se v systému RASFF objevilo 6 897 oznámení zpracovaných na úrovni Evropské unie. Z celkového počtu oznámení tvořilo 13,85 % oznámení na přítomnost mykotoxinů. Nejvíce záchytů tvořily aflatoxiny (906 oznámení) zjištěné převážně u pistácií, v ořechové pastě, v loupáných arašídech, mandlích, rozinkách, sladké paprice, chilli (původ Irán, Turecko, Egypt, Čína, Ghana), následovány ochratoxinen A (42 oznámení) v paprice, chilli, rozinkách, muškátovém oříšku, v surových kakaových zrnech (Indie, Turecko, Španělsko). Nejméně záchytů tvořil patulin (7 oznámení), který byl zjištěn v jablečném džusu, jablečném nektaru, jablečné omáčce (Německo, Turecko, Kanada) [15].

Česká republika (ČR) řešila celkem 96 oznámení, která představují necelá 2 % z celkového počtu 6 897 oznámení. Jednalo se o oznámení, ve kterých byla ČR uvedena jako země původu, nebo do ní byl výrobek distribuován, nebo byla vedena jako dodavatel do jiného členského státu.

Z počtu 51 oznámení přijatých systémem RASFF v ČR bylo 7 potravin obsahujících nadlimitní obsah mykotoxintů (ochratoxin A zjištěn u rozinek, žitné mouky, patulin - dětská výživa, aflatoxiny – pálivá paprika, arašídy, lískové ořechy).

Z počtu 38 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly trhu byla zjištěna přítomnost mykotoxinů v 11 případech. Jednalo se o sušené rozinky (původ Irán, Turecko, Uzbekistán), u kterých byl překročen limit pro přítomnost ochratoxinu A. U sušených skořápkových plodů – pistácie, lískové ořechy, arašídy (Irán, Turecko, Čína) byl zjištěn nadlimitní obsah aflatoxinů.

Ze 7 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly dovozu bylo odmítnuto 5 zásilek arašídů, sušených fiků, lískových ořechů a směsí ořechů v medu (Turecko, Čína) z důvodu přítomnosti aflatoxinů. [16].

V roce 2006 se v systému RASFF objevilo 6 840 oznámení zpracovaných na úrovni Evropské unie. Z celkového počtu oznámení tvořilo 12,59 % oznámení na přítomnost mykotoxinů. Nejvíce záchytů tvořily aflatoxiny (800 oznámení) zjištěné převážně u pistácií, v arašidech, lískových oříškách, sušených fících (původ Čína, Argentina, Brazílie, Ghana, Turecko), dále ochratoxin A (54 oznámení) v sušených fících, instantní kávě, cereálních produktech (Turecko, Španělsko). Nejméně záchytů tvořil patulin (7 oznámení) zjištěný v ovocných šťávách. [15].

ČR řešila celkem 152 oznámení. Ta představují 2,2 % z celkového počtu 6 840 oznámení. Jednalo se o oznámení, ve kterých byla ČR uvedena jako země původu, nebo do ní byl výrobek distribuován, nebo byla vedena jako dodavatel do jiného členského státu.

Z počtu 75 oznámení přijatých systémem RASFF v ČR bylo 8 potravin a krmiv obsahujících nadlimitní obsah mykotoxinů (ochratoxin A zjištěn u rozinek – země původu Irán, Česká republika, v paprice – Brazílie, v instantní kávě – Brazílie, aflatoxiny – krmivo pro psy – USA, pistácie – Irán, arašidy – Brazílie, Polsko).

Z počtu 73 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly trhu byla zjištěna přítomnost mykotoxinů v 26 potravinách. Jednalo se o sušené rozinky (země původu Uzbekistán, Afganistán) a instantní kávu (Brazílie, Ekvádor, Polsko), u kterých byl překročen limit pro přítomnost ochratoxinu A. U para ořechů (Bolívie), pistácií (Irán), sušených fiků (Turecko), arašídů v kokosové šťávě (Vietnam), pražených mletých lískových oříšků (Gruzie) byl zjištěn nadlimitní obsah aflatoxinů.

Ze 4 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly dovozu byly odmítnuty 4 zásilky arašídů, arašídů v kokosové šťávě, sušených fiků (Čína, Vietnam, Turecko) z důvodu přítomnosti aflatoxinů. [16].

V roce 2007 se v systému RASFF objevilo 7 354 oznámení zpracovaných na úrovni Evropské unie. Z celkového počtu oznámení tvořilo 10,04 % oznámení na přítomnost mykotoxinů. Nejvíce záchytů tvořily aflatoxiny (708 oznámení) zjištěné převážně u pistácií, v semenech melounů, slunečnice, arašidech, arašídové pastě, chilli (původ Irán, Nigerie, Turecko, Indie), následovány ochratoxinen A (30 oznámení) v paprice, rozinkách, sušených fících (Peru, Turecko, Španělsko). [15].

ČR řešila celkem 150 oznámení. Ta představují 2,04 % z celkového počtu 7 354 oznámení. Opět se jednalo o oznámení, ve kterých byla ČR uvedena jako země původu, nebo do ní byl výrobek distribuován, nebo byla vedena jako dodavatel do jiného členského státu.

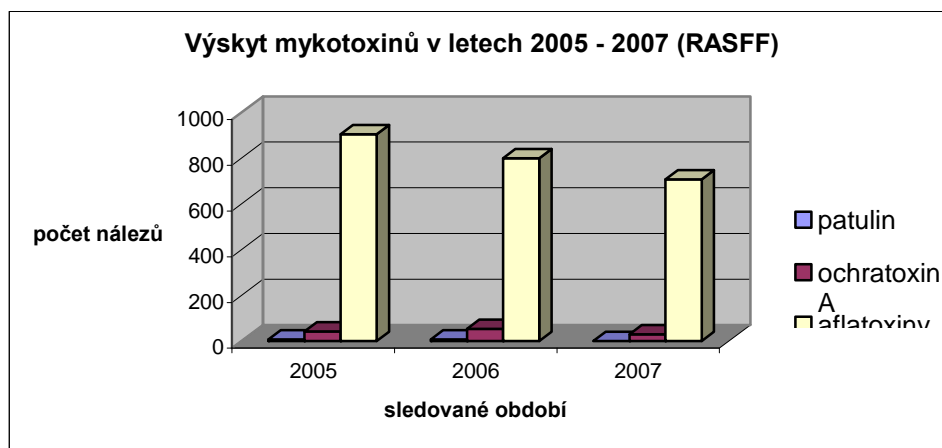
Z počtu 76 oznámení přijatých systémem RASFF v ČR bylo potravin obsahujících nadlimitní obsah mykotoxinů (ochratoxin A zjištěn u rozinek, v instantní kávě, rýži – Polsko, Česká republika, aflatoxiny – mletý zázvor, rýže, arašidy, pistácie – Irán, Čína, Indie).

Z počtu 72 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly trhu byla zjištěna přítomnost nadlimitního obsahu aflatoxinů v 6 potravinách. Jednalo se o pistácie (země původu Irán) a mleté mandle (USA, Německo).

Z 2 oznámení odeslaných z ČR týkající se kontroly dovozu byly odmítnuty 2 zásilky arašídů a mandlí (Vietnam, USA) z důvodu přítomnosti aflatoxinů. [16].

V grafu č. 1 je uveden výskyt jednotlivých mykotoxinů (patulin, ochratoxin A, aflatoxiny) za sledované období 2005 – 2007.

Graf č. 1 – Výskyt mykotoxinů v letech 2005 – 2007 v rámci EU (RASFF).



9. Legislativní limity

Aflatoxin B₁

- JECFA FAO/WHO nestanovila pro aflatoxiny provizorní tolerovatelný týdenní přívod (PTDI). Stanovený expoziční limit nemá číselnou hodnotu, je označen zkratkou ALARA – pokud možno co nejnižší příjem, (JECFA, 1995) [2].
- Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách uvádí maximální limity pro tyto vybrané potraviny:
 - jádra podzemnice olejné, jenž mají být před použitím k lidské spotřebě či jako potravinová složka tříděna nebo jinak fyzikálně ošetřena – 8,0 µg/kg
 - skořápkové plody, jenž mají být před použitím k lidské spotřebě či jako potravinová složka tříděna nebo jinak fyzikálně ošetřeny – 5,0 µg/kg
 - sušené ovoce a výrobky z něj zpracované určené k přímé lidské spotřebě nebo pro použití jako potravinová složka – 2,0 µg/kg [13].
- Vyhláška MZ ČR č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků, v platném znění, uvádí příslušný limit pro tyto vybrané potraviny:
 - nejvyšší přípustné množství pro dětskou a kojeneckou výživu – 0,0005 mg/kg
 - nejvyšší přípustné množství pro arašídy k přímé spotřebě – 0,002 mg/kg
 - nejvyšší přípustné množství pro ořechy a sušené ovoce jako surovina – 0,005 mg/kg
 - nejvyšší přípustné množství pro ořechy a sušené ovoce pro přímou spotřebu – 0,002 mg/kg
 - nejvyšší přípustné množství pro koření - 0,02 mg/kg [17].

Ochratoxin A

- EU SCF stanovila provizorní limit tolerovaný denní přívod (PTDI) 5 ng/kg t. hm./den. (EU SCF, 1998).
- JECFA stanovila provizorní tolerovaný týdenní přívod (PTWI) 100 ng/kg t. hm./den. (JECFA, 1995) [18].
- Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, uvádí maximální limity pro tyto vybrané potraviny:

- sušené hrozny révy vinné (korintky, rozinky, sultánky) – 10,0 µg/kg [13]
- Vyhláška MZ ČR č. 53/2002 Sb., uvádí příslušný limit pro:
 - směrné množství pro dětskou a kojeneckou výživu – 0,001 µg/kg.
 - přípustné množství u mouky a cereálních výrobků – 0,003 µg/kg [17].

Paulin

- JECFA FAO/WHO stanovili provizorní tolerovatelný denní přívod (PMTDI) pro patulin 0,4 µg/kg t. hm./den. (JECFA, 2000) [19].
- Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, uvádí maximální limity pro tyto vybrané potraviny:
 - ovocné šťávy, rekonstituované koncentrované ovocné šťávy a ovocné nektary – 50 µg/kg
 - jablečná šťáva a pevné výrobky z jablek, včetně jablečného kompotu a jablečného pyré, pro kojence a malé děti, takto označené a prodávané – 10 µg/kg [13].
- Vyhláška MZ ČR č. 53/2002 Sb., uvádí příslušný limit pro:
 - směrné množství pro dětskou výživu – 0.03 mg/kg.
 - směrné množství pro kojeneckou výživu – 0.02 mg/kg [17].

10. Závěr

Tato bakalářská práce shrnuje základní charakteristiky významných mykotoxinů a jejich výskyt v potravinách, faktory, které ovlivňují produkci mykotoxinů v potravinách a uvádí významné mykotoxikózy. Uvádí a hodnotí výsledky analýz mykotoxinů získané ze spotřebního koše potravin na území České republiky v letech 1999 – 2007, dále mykotoxiny a systém rychlého varování pro potraviny a krmiva v letech 2005 – 2007.

Z výsledků projektu vyplývá, že na území České republiky byla zjištěna přítomnost aflatoxinů a ochratoxinu A ve vyšetřovaných vzorcích. Z toho plyne doporučení i nadále provádět cílené kontroly zaměřené na sladkou papriku, kmín, černý pepř z hlediska výskytu aflatoxinů a na rozinky, sladkou papriku z hlediska výskytů ochratoxinu A.

Informace a výsledky získané v rámci tohoto projektu představují důležitou část podkladů pro informační systém, slouží jako podklady pro orgány státní správy, hygienickou službu, pro odbornou i širší veřejnost.

V rámci svých dozorových činností orgány státní správy (Orgán ochrany veřejného zdraví, Státní veterinární správa, Česká zemědělská a potravinářská inspekce) provádějí odběry vzorků potravin v provozovnách stravovacích služeb, v distribučních sítích, u dovozců, výrobců zaměřené na kontrolu zdravotní nezávadnosti výrobků.

Na základě Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 178/2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva byl zřízen systém rychlého varování pro potraviny a krmiva – RASFF, jehož hlavním cílem je zabránit ohrožení spotřebitele nebezpečnými potravinami nebo krmivy. Tok informací o nebezpečných výrobcích je zabezpečen mezi státy Evropské unie.

Literatura

1. Státní zdravotní ústav Praha. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí. Souhrnná zpráva za rok 2007 (2008).
2. František Malíř, Vladimír Ostrý a kolektiv autorů. Vlákňité mikromycety (plísňě), mykotoxiny a zdraví člověka (Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, Brno 2003, ISBN 80-7013-395-3).
3. Jan Šimůnek. Mykotoxiny. Historie mykotoxinů (online), únor 2003, dostupné na : <http://www.med.muni.cz/prelek/MYKOTW/mthis.htm>, (10.2.2009).
4. Hussein S. Hussein, Jeffrey M. Brasel. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology* 167 (2001) 101-134.
5. Vladimír Betina. Mykotoxíny – chémie – biológia – ekológia (ALFA Bratislava, 1990).
6. K.E.Akande, M.M.Abubakar, T.A.Adegbola and S.E.Bogoro. Nutritional and Health Implications of Mycotoxins in Animal Feeds: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition* 5 (5): 398-403, (2006).
7. Jan Šimůnek. Mykotoxiny. Přehled nejdůležitějších mykotoxinů (online), únor 2003, dostupné na: http://www.med.muni.cz/prelek/MYKOTW/mtpr_idx.htm, (10.2.2009).
8. Paul Bayman, James L. Baker. Ochratoxins: A global perspective. *Mycopathologia* (2006) 162: 215-223.
9. Matthew M. Moake, Olga I. Padilla-Zakour, and Randy W.Worobo. Comprehensive Review of Patulin Control Methods in Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*: 8 - 21 (Vol. 1, 2005 Institute of Food Technologists)
10. Pieter S. Steyn. Mycotoxins, general view, chemismy and structure. *Toxicology Letters* 82/83 (1995) 843-851.
11. Jan Šimůnek. Mykotoxiny. Mykotoxikózy (online), únor 2003, dostupné na: <http://www.med.muni.cz/prelek/MYKOTW/mtonem.htm>, (10.2.2009).
12. Jiří Ruprich a kolektiv. Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců v letech 1999 - 2007 : bakteriologická a mykologická analýza potravin, výskyt GMO na trhu potravin v ČR a dietární expozice populace chemickými látkami z potravin. Odborné zprávy za roky 1999 - 2007 (2008).
13. Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, dostupné na: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/cs/oj/2006/l_364/l_36420061220cs00050024.pdf, (22.6.2009).
14. F. Malíř a V. Ostrý. Informace vědeckého výboru pro potraviny ve věci : Ochratoxin A v potravinách. (15.3.2007)

15. Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) – 2005 Weekly Overview Reports, dostupné na: http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/archive_2005_en.htm, (22.6.2009).
16. Ministerstvo zemědělství České republiky. Zprávy o činnosti systému rychlého varování pro potraviny a krmiva v České republice za rok 2005, 2006, 2007. (2006-2008), dostupné na: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1003003&docType=ART&nid=11386>, (22.6.2009).
17. Sbírka zákonů. Částka 22. Ročník 2002. Dostupné na: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2002/sb022-02.pdf>, (22.6.2009).
18. Directorate-General Health and Consumer Protection. Assessment of dietary intake of Ochratoxin A by the population of EU Member States. Report of experts participating in Task 3.2.7 (January 2002), dostupné na: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/task_3-2-7_en.pdf, (22.6.2009).
19. Directorate-General Health and Consumer Protection. Assessment of dietary intake of Patulin by the population of EU Member States. Report of experts participating in Task 3.2.8 (March 2002), dostupné na: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/3.2.8_en.pdf, (22.6.2009).

Seznam použitých zkratk

AFB ₁	Aflatoxin B ₁
AFB ₂	Aflatoxin B ₂
AFG ₁	Aflatoxin G ₁
AFG ₂	Aflatoxin G ₂
ATA	Alimentární toxická aleukie
OTA	Ochratoxin A
GMO	Geneticky modifikované potraviny
PAU	Polyaromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
RASFF	Rapid Alert System for Food and Feed
TLC	Chromatografie na tenké vrstvě
HPTLC	Vysokoučinné tenkovrstvé chromatografie
HPLC	Vysokoučinné kapalinové chromatografie
JECFA	Spojený výbor expertů FAO a WHO pro potravinářská aditiva (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady
MZ ČR	Ministerstvo Zdravotnictví České republiky
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
PTWI	Provizorní tolerovatelný týdenní příjem (Provisional tolerable weekly intake)
PTDI	Provizorní limit tolerovaný denní přívod

Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Monitorování výskytu mykotoxinů v potravinách.
Autor práce	Lada Cinegrová
Obor	Chemie a technická chemie
Rok obhajoby	2009
Vedoucí práce	Ing. Miloslav Pouzar, Ph.D.
Anotace	Tato bakalářská práce se zabývá Monitoringem dietární expozice člověka. V této práci jsou zahrnuty základní charakteristiky významných mykotoxinů a jejich výskyt v potravinách, faktory, které ovlivňují produkci mykotoxinů v potravinách a uvedeny významné mykotoxikózy. Dále jsou zde hodnoceny výsledky analýz mykotoxinů získané ze spotřebního koše potravin na území České republiky v letech 1999 – 2007.
Klíčová slova	Mykotoxiny Aflatoxiny Ochratoxin A Patulin Monitoring dietární expozice člověka