



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Klasifikace: Draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Oponovaný draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Finální dokument	<input type="checkbox"/> <i>Pro oficiální použití</i>
Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

Přehled aktuálních problémů v oblasti chemické bezpečnosti potravin

Poznámka:

Zpracoval:

doc. ing. Vladimír Kocourek, CSc. (VŠCHT Praha)

ve spolupráci s prof. ing. Janou Hajšlovou, CSc. (VŠCHT Praha)

a s využitím příspěvků od dr. ing. K. Riddelové, ing. V. Bartáčkové, dr. ing. M. Doležala, ing. M. Nápravníkové, ing. P. Hrádkové, ing. A. Krplové a M. Zachariášové.

**Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 PRAHA 6 -
Ruzyně**

Tel.: +420 233 022 324 , fax.: +420 233 311 591, URL: <http://www.phytopsanitary.org>

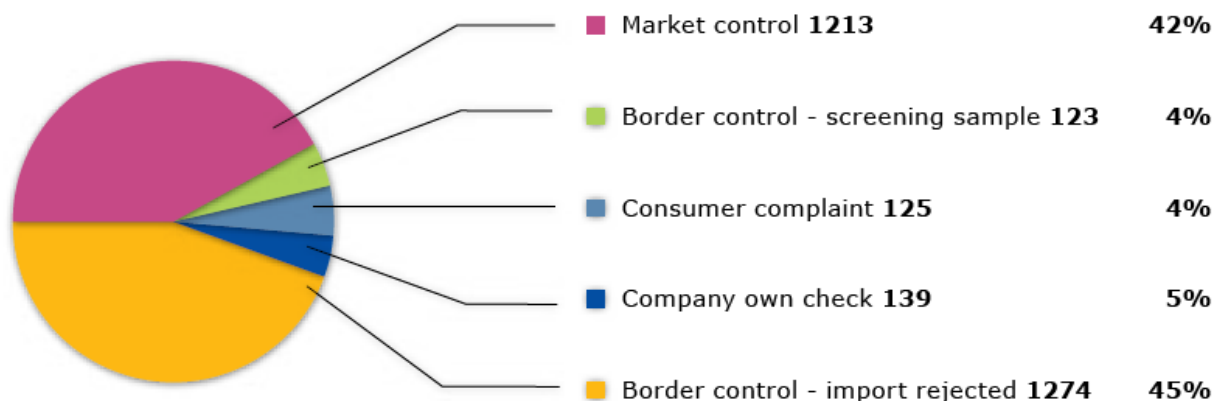
Úvod

V posledních letech výrazně přibylo informací o celé řadě potenciálně toxických chemických látek pronikajících do potravních řetězců. Nová rizika jsou odhalována v důsledku prudkého rozvoje stále citlivější analytické techniky a jako výstupy rozsáhlých toxikologických studií. Určitým problémem je skutečnost, že vědecké hodnocení každého nového rizika (identifikace nebezpečí, popis nebezpečí, odhad expozice, charakterizace rizika) je poměrně zdoluhavé a paralelně s ním nutně již probíhá i nezbytná komunikace rizika, která nemusí být - pro nedostatek vědeckých podkladů - vždy úplně korektní. V důsledku toho dochází velmi často ke změnám priorit ve výzkumu i v regulatorní sféře. Samotné informace o problémech v oblasti chemické bezpečnosti potravin bývají poněkud roztržštěné a pokud jsou vnímány izolovaně od ostatních aspektů (souvisejících například s nutriční hodnotou potravin, se specifickými dietárními potřebami určitých skupin konzumentů apod.), pak mohou zkreslit skutečnou závažnost situace a vést k nesprávným rozhodnutím. Tato studie by proto měla poskytnout stručný ale vyvážený přehled aktuálních problémů především v oblasti potravin rostlinného původu.

1. Výskyt potravin nevyhovujících požadavkům na chemickou bezpečnost [1]

Cenným zdrojem informací o reálných problémech spojených s incidencí (potenciálně zdravotně závadných) potravin na evropském trhu jsou hlášení a souhrnné zprávy ze Systému včasného varování pro potraviny a krmiva (Rapid Alert System For Food and Feed, RASFF). Tento systém primárně slouží především orgánům státní správy členských států, nicméně základní informace jsou ve své aktuální podobě dostupné i veřejnosti a tedy i všem provozovatelům potravinářských podniků.

Největším omezením informací čerpaných z RASFF je skutečnost, že reaguje pouze na závažná porušení již existujících právních předpisů pro potraviny, které se mohou pohybovat mezi členskými státy. Nejsou tedy často zachyceny aktuální problémy s látkami, které dosud nebyly dostatečně zhodnoceny tak, aby mohly být legislativou stanoveny jejich limity (výjimkou jsou nálezy látek, jejichž přítomnost není povolena vůbec). U některých látek, jako jsou např. rezidua pesticidů, není dokonce jednorázové překročení limitu (MRL) často považováno za ohrožení zdravotní nezávadnosti a v RASFF se vůbec neobjeví. Údaje z RASFF také vypovídají pouze o incidenci porušení limitů, nikoli o typických (průměrných) koncentracích škodlivin. Z Obrázku 1 je zřejmé, že prakticky polovina informací pochází z hraničních kontrol na vstupu do evropského prostoru, přičemž podstatná část těchto potravin je zamítnuta a na evropský trh tedy ani nepronikne.



Obrázek 1: Původ informací o nebezpečných potravinách

Pro komplexní zhodnocení celkové situace na trhu a trendů má smysl vycházet až ze souhrnných (ročních) zpráv vydávaných koordinačním střediskem s určitým zpožděním.

Přes veškerá omezení jsou ale publikované údaje velice zajímavé. Předmětem evropské regulace jsou tradičně mykotoxiny (aflatoxiny, ochratoxin A, fusariové toxiny, patulin), stopové prvky (kadmium, olovo, rtuť, cín), dusičnany, dioxiny a PCB, polycyklické aromatické uhlovodíky

(PAH) a 3-MCPD. Ve [zprávě RASFF za rok 2006](#) [1] dominovala především problematika mykotoxinů. Pomineme-li tradičně problematické suché plody (zejména ořechy, fíky,...) se stále vysokou incidencí aflatoxinů, pak zaujme například výskyt ochratoxinu A a fumonisinů u cereálních produktů – viz Tabulka 1.

Tabulka 1: Výskyt mykotoxinů v hlášení RASFF v r. 2006.

Substance	Feed	Cereal products	Coffee and cocoa	Baby food	Fruit and vegetables	Herbs and spices	Fruit juices	Nuts and nut products	Total
Aflatoxins	4	5	1	-	69	37	-	684	800
Fumonisin	-	14	-	1	-	-	-	-	15
Ochratoxin A	-	11	12	-	27	4	-	-	54
Patulin	-	-	-	1	1	-	5	-	7
Zearalenone	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Total	5	30	13	2	97	41	5	684	877

Pouze sedm oznámení bylo vydáno v souvislosti s obsahem dioxinů v potravinách, zdroje byly vždy nalezeny a lokalizovány. Naproti tomu výrazně vzrostl počet rybích produktů s nadlimitním obsahem benzo(a)pyrenu. Polovina z tohoto počtu se týkala uzených šprotů. Ke kontaminaci těchto výrobků zde ale zřejmě významně přispěl použitý rostlinný olej se zvýšeným obsahem PAU. Nadlimitní obsahy rtuti (z asi 90 % ve formě methyl-rtuti) byly nalézány především v mase mečouna, žraloka a tuňáka.

Tabulka 2: Potravinářská aditiva v hlášení RASFF v roce 2006

	alcoholic beverages	cereals and bakery products	confectionery	crustaceans	dietetic foods, food supplements	fish	food additives	fruit and vegetables	herbs and spices	non-alcoholic beverages	other food product / mixed	soups, broths and sauces	total
too high content of colour	-	-	11	-	1	2	-	1	1	-	1	1	18
too high content of sulphite	3	3	1	46	-	-	-	24	-	-	1	3	81
too high content (other)	-	3	5	1	-	12	2	6	-	14	3	2	48
unauthorised use of colour	-	1	4	1	2	3	-	21	10	-	4	5	51
unauthorised use of sulphite	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	3
unauthorised use (other)	-	2	5	-	-	6	-	5	-	4	2	-	24
undeclared colour	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
undeclared sulphite	-	-	-	5	-	1	-	2	-	-	-	-	8
undeclared (other)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total	3	9	27	53	3	27	2	59	12	18	12	11	236

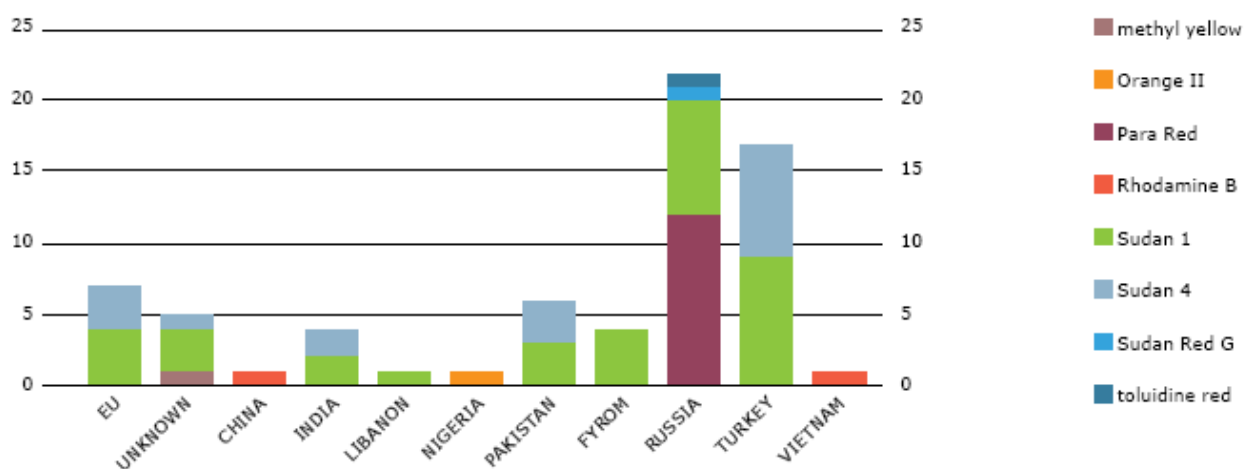
Potravinářská aditiva (přidatné látky) jsou velkou skupinou látek, které výrobci mohou přidávat do potravin úmyslně, s cílem zlepšit jejich užitnou hodnotu pro spotřebitele. Právní předpisy pak uvádí velmi podrobné seznamy látek, které smějí být použity a v jakých

potravinách. Aplikace přídatné látky, která není v právním předpise výslovně povolena, je považována za zakázanou. Některé z přídatných látek mohou být použity jen do velmi omezeného druhu potravin (např. erythrosin jen pro kandované a koktejlkové třešně), pro některé potraviny zase nesmějí být použity konzervanty, barviva nebo sladidla vůbec – např. dětská a kojenecká výživa.

Přítomnost přídatné látky v potravine se na obalu označuje názvem kategorie, do které přídatná látka podle funkce patří a jejím číselným kódem (E...). Tento kód je zaveden pro každou přídatnou látku podrobně zhodnocenou na základě toxikologických studií a považovanou v povolených dávkách za bezpečnou pro zdraví konzumentů. V rozporu s tím však je označování kódem „E“ laickou veřejností vnímáno spíše negativně. Velmi důležité jsou informace o složení pro osoby, kteří jsou na některou přídatnou látku přecitlivělí.

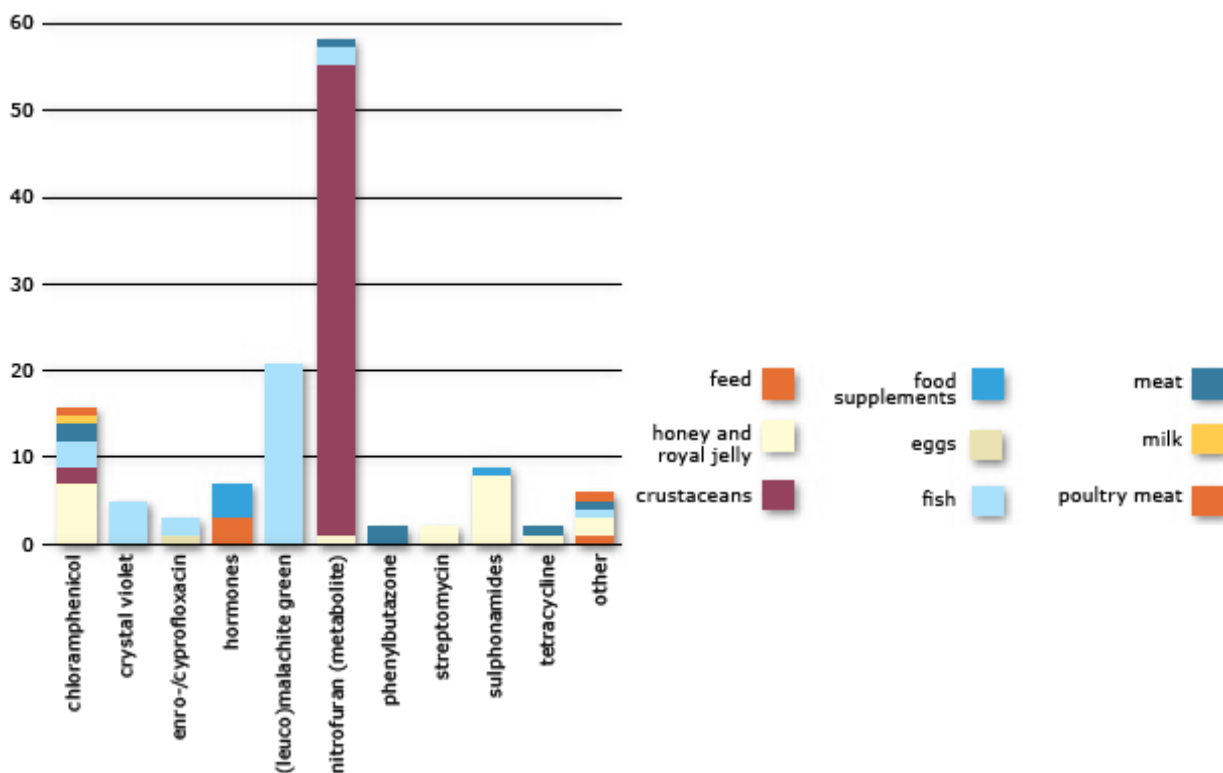
Situaci v porušování předpisů týkajících se potravinářských aditiv vcelku dobře dokumentuje Tabulka 2. Poměrně rozsáhlé bylo používání nepovolených barviv v koření – přehled podle jednotlivých látek a zemí původu je patrný z Obrázku 2.

2006 - notifications on illegal dyes by country of origin



Obrázek 2: nepovolená barviva v koření podle země původu – procentický podíl (RASFF, 2006)

Incidence porušování právních předpisů v oblasti reziduí veterinárních farmak je zřejmá z Obrázku 3. Zajímavý je nejen značný podíl nálezů explicitně zakázaného antibiotika chloramfenikolu v řadě produktů ale také výskyt doplňků stravy obsahujících nepovolené látky s hormonálním účinkem. Vcelku problematickou potravinou je z hlediska reziduí antibiotik a sulfonamidů med ze zemí mimo EU.



Obrázek 3: rezidua veterinárních farmak v potravinách – procentický podíl (RASFF, 2006)

V České republice zachytila Státní veterinární správa 4 vzorky masa od českých chovatelů (prasata, ovce), které obsahovaly rezidua zakázaného chloramfenikolu. V řadě vzorků rybí svaloviny pak byla zjišťována nepříjemná rezidua malachitové zeleni [2].

K ohrožení zdravotní nezávadnosti v důsledku závažného překročení maximálních limitů reziduí pesticidů sice v EU dochází, nicméně legislativní stav v této oblasti je v současné době značně nepřehledný. V budoucnu se očekává podstatné snížení počtu povolených přípravků na ochranu rostlin a vyjasnění v uplatňování reziduálních limitů. Státní zemědělská a potravinářská inspekce v roce 2006 [2] našla při kontrole reziduí pesticidů v ovoci a zelenině na našem trhu nejčastěji imidacloprid, azoxystrobin, dithiokarbamáty, procymidon a carbendazim. Maximální reziduální limity byly však překročeny u necelého 1 % vzorků.

Varování před látkami migrujícími z materiálů přicházejících do styku s potravinami bylo v RASFF vydáno v mnoha případech týkajících se uvolňování toxických těžkých kovů z keramických a kovových nádob (kadmium chrom, olovo, nikl), pozornost vyvolávají ale spíše případy opakovaného importu kuchyňského náčiní uvolňujícího primární aromatické aminy podezřelé z karcinogenních účinků. Počet oznámení těchto výrobků se přes veškerá opatření drží na stejné úrovni (30, stejně jako v předchozím roce). Obdobně neklesá počet oznámení týkajících se migrace formaldehydu z materiálů. Naproti tomu se podařilo zcela eliminovat průnik isopropylthioxanthonu, který v roce 2005 pronikl do potravin, včetně dětské výživy,

z tiskařských barev. Komise pro prevenci podobných případů vydala legislativní opatření: [Nařízení Komise č. 2006/2023/ES](#) o správné výrobní praxi pro materiály a předměty určené pro styk s potravinami.

2. Kontaminanty, pro které limity nebyly stanoveny anebo existují jen v omezeném rozsahu

Velká část chemických kontaminantů ohrožujících potraviny ať již v důsledku znečištění životního prostředí (tzv. environmentální kontaminanty) anebo v průběhu technologického zpracování (tzv. procesní kontaminanty), není dosud předmětem evropské legislativní regulace formou limitních hodnot. Evropská komise se snaží jejich výskyt snížit vhodnými preventivními opatřeními a pokud dojde k extrémním nálezům, jsou řešeny *ad hoc* kompetentními orgány zdravotnickými. Mezitím probíhá systematický monitoring a vyhodnocování toxikologické závažnosti a míry expozice konzumentů. Tento přístup je shodný i pro kontaminanty, které jsou ve skutečnosti přírodními látkami - například alternariové mykotoxiny, konjugované formy fusariových mykotoxinů, alkaloidy apod.

V poslední době jsou v potravinách intenzivně studovány zejména obsahy, příčiny a mechanismy vzniku a možnosti eliminace (mitigace) pro následující látky:

- ◆ akrylamid,
- ◆ furan,
- ◆ 3-chlorpropan-1,2-diol (3-MCPD): *limitován v Nařízení Komise č. 2006/1881/ES jen v bílkovinných hydrolyzátech, výskyt je však mnohem rozsáhlejší.*
- ◆ semikarbazid,
- ◆ benzen,
- ◆ bisfenol-A-diglycidether a jeho deriváty (BADGE aj.): *limity stanoveny pouze pro migrační testy, nikoli obsahy v potravinách,*
- ◆ ftaláty, *sledují se migrační testy, nikoli obsahy v potravinách,*
- ◆ polybromované difenylethery (PBDE) a další bromované retardátory hoření,
- ◆ perfluorované sloučeniny (PFOA, PFOS,..)
- ◆ kumarin: *je limitován jen v některých výrobcích, v poslední době se ale EK zabývá obsahem kumarinu v různých druzích potravin obsahujících skořici,*
- ◆ „maskované“ mykotoxiny: mykotoxiny přítomné ve formě konjugátů, z nichž se mohou uvolňovat; limity jsou zatím aplikovány pouze pro volné formy.
- ◆ minerální oleje a parafiny: *např. v rostlinných olejích*

Tento výčet látek samozřejmě není zcela vyčerpávající a bylo by jistě užitečné zmínit také celou řadu přírodních toxických látek, které se přirozeně vyskytují (nejenom) v potravinách rostlinného původu.

Vzhledem k omezenému prostoru jsou dalších částech modelově vybrány pouze některé chemické kontaminanty aktuálně nejvíce diskutované. Citovány jsou přednostně dostupné souhrnné studie a oficiální stanoviska kompetentních institucí.

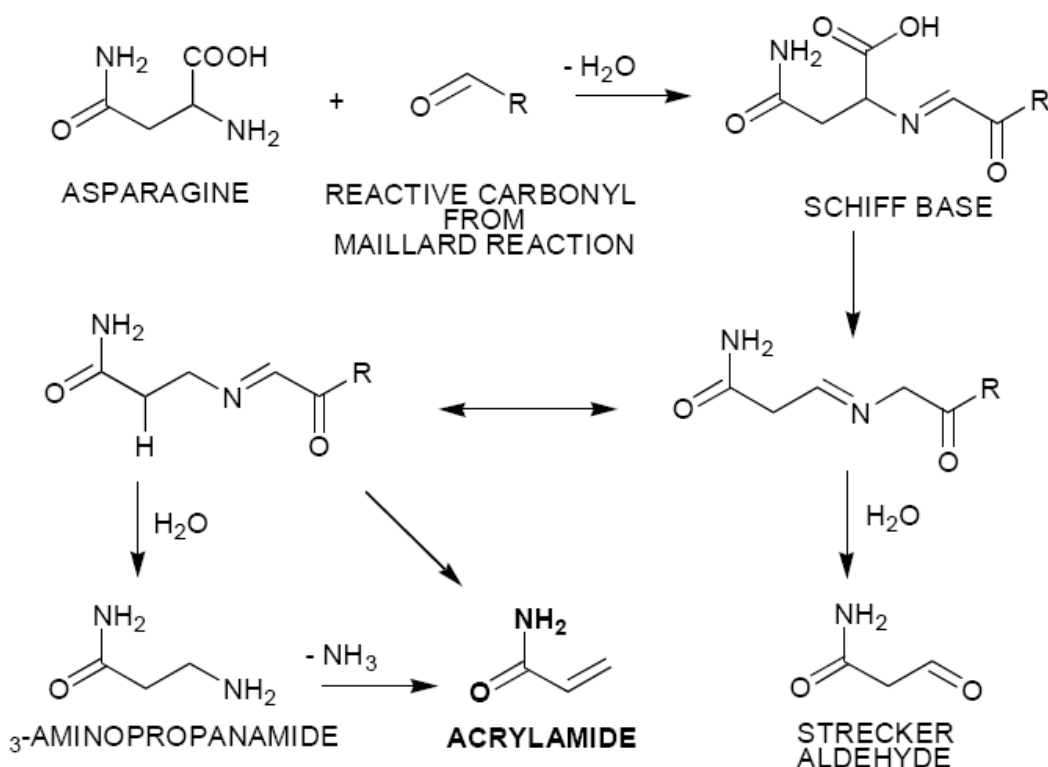
3. Akrylamid

Akrylamid je zařazen mezi látky mutagenní a do seznamu karcinogenů 2A skupiny. Donedávna se předpokládalo, že hlavním expozičním zdrojem akrylamidu je pitná voda a cigaretový kouř. Příjem běžné populace pitnou vodou je ale malý a maximální limit 0,1 µg/l je překročen jen zcela výjimečně.

Zájem o akrylamid v potravinách byl iniciován akutní intoxikací lidí a zvířat v jižním Švédsku. Následně švédský National Food Administration (Národní úřad pro potraviny) mimo jiné vyvinul nové metody stanovení akrylamidu v potravinách založené na technikách GC/MS a

LC/MS. Poté byla provedena rozsáhlá studie, ve které bylo analyzováno více než 100 náhodných vzorků různých druhů potravin (např. chléb, těstoviny, rýže, ryby, párky, hovězí a vepřové maso, sušenky, snídaňové cereálie, pivo a různé hotové pokrmy - pizza, potraviny na bázi brambor, kukuřice a mouky). Mnohé z těchto potravin, např. bramborové chipsy, smažené hranolky, sušenky a chléb, jsou konzumovány ve značných množstvích. V roce 2002 vydala Světová zdravotnická organizace (WHO) předběžné hodnocení potenciálních zdravotních důsledků vyplývajících z dietární expozice akrylamidu [3].

Potraviny, které nejsou smažené, fritované nebo "přepečené" nejsou považovány za významný zdroj akrylamidu. Akrylamid nebyl nalezen v žádné ze syrových potravin nebo dosud zkoumaných vařených potravinách (brambory, rýže, těstoviny, mouka a slanina). Tyto výsledky otevřely zcela nové pole pro výzkum. Výzkumné instituce pokračují ve studiích, které jsou často zapojeny do projektů na mezinárodní úrovni. Jedná se například o projekt „HEATOX“ (nebezpečné sloučeniny vznikající při záhřevu potravin, jejich identifikace, charakterizace a odstranění), který je zaštitěn Evropskou komisí (<http://www.heattox.org>) a jehož výstupem je mimo jiné i celá řada doporučení přímo aplikovatelných v technologické praxi.



Obrázek 4: pravděpodobný mechanismus vzniku akrylamidu [4]

Nejvyšších hodnot dosahují tepelně upravené výrobky z brambor a cereálií. Tyto rostlinné materiály mají zásobní orgány, které obsahují velká množství škrobu a dalších živin jako jsou lipidy, polyfenoly a velké množství nízkomolekulárních sloučenin, kterými jsou

sacharidy a volné aminokyseliny (především se jedná o asparagin – viz Obrázek 4). Je známo, že existují velké odlišnosti v chemickém složení u většiny rostlinného materiálů. Tyto odlišnosti jsou zapříčiněny jak genetickými, tak i zemědělskými faktory. Hlavní reakční mechanismus vzniku akrylamidu souvisí s Maillardovou reakcí a zahrnuje reakce sacharidů, aminokyselin a proteinů.

Velice podrobné a přehledné informace o výsledcích výzkumu akrylamidu v potravinách a doporučení pro praxi (management rizik) jsou dostupné na oficiálních webových stránkách Evropské Komise, které byly pro odbornou veřejnost připraveny ve spolupráci s Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA):

http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_database_en.htm.

Tyto databázově uspořádané informace jsou rozděleny do deseti tematických okruhů:

1. Hladiny akrylamidu v potravinách,
2. Dietární expozice akrylamidu,
3. Způsoby redukce akrylamidu v potravinách,
4. Mechanismus vzniku akrylamidu v potravinách,
5. Biologická dostupnost akrylamidu,
6. Toxikologie, karcinogenita,
7. Biomarkery,
8. Epidemiologie,
9. Analytické metody,
10. Mezinárodní aktivity

Velmi užitečným dokumentem pro provozovatele potravinářských podniků a pro vývoj řady potravinářských technologií je tzv. „[Acrylamide Toolbox](#)“ vydaný evropskou konfederací výrobců potravin a nápojů CIAA [5]. Doporučení jsou zde detailně rozepsána podle jednotlivých potravinářských výrobků a technologických postupů a umožňují tak stanovit a řídit kritické body ve výrobě a distribuci rizikových potravin.

Ačkoli Evropská Komise nestanovila pro akrylamid žádné limitní hodnoty, vydala nedávno [Doporučení Komise č. 2007/331/ES](#) o monitoringu hladin akrylamidu v potravinách. V tomto dokumentu se konstatuje, že je nezbytné shromáždit spolehlivé údaje o množstvích akrylamidu v potravinách, a to z celého Společenství alespoň za dobu 3 let, aby byla získána jasná představa o obsahu akrylamidu v těch potravinách, které obsahují vysoká množství akrylamidu a/nebo výrazně přispívají k dietárnímu příjmu celé populace a zvláště zranitelných skupin, např. kojenců a malých dětí.

Aby se zaručila srovnatelnost analytických výsledků, mají být zvoleny metody, jimiž lze dosáhnout meze kvantifikace na úrovni 30 µg/kg u chleba a příkrmů pro kojence a 50 µg/kg u výrobků z brambor, ostatních výrobků z obilovin, kávy a ostatních výrobků. Výsledky analýzy se

předkládají ve formátu korigovaném na výtěžnost. Tyto údaje mají být jednou ročně předávány úřadu EFSA, který zajistí jejich uložení do databáze.

Problematika akrylamidu v potravinách je tedy z hlediska komunikace rizik a informací potřebných pro management rizik jedním z témat, která jsou oblasti bezpečnosti potravin řešeny již moderním způsobem odpovídajícím principům [Nařízení Komise č. 2002/178/ES](#).

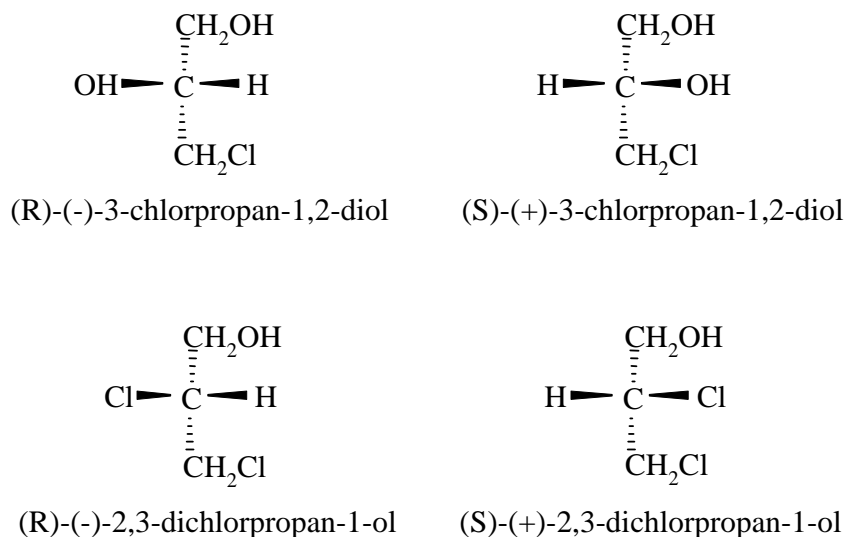
4. Chlorpropanoly

Sloučeniny 3-chlorpropan-1,2-diol (3-MCPD), dále 2-chlorpropan-1,3-diol (2-MCPD), 1,3-dichlorpropan-2-ol (1,3-DCP) a 2,3-dichlorpropan-1-ol (2,3-DCP) se řadí do skupiny chlorovaných derivátů glycerolu tzv. chlorhydrinů glycerolu nebo také chlorpropanolů. Tyto chlorované látky byly objeveny v potravinách již v roce 1978 a od té doby jsou podrobně zkoumány jako potenciální karcinogeny a mutageny s negativními účinky na lidské zdraví. Genotoxicita a karcinogenita *in vitro* již byla prokázána, avšak zatím není žádný důkaz o genotoxické aktivitě *in vivo*. Toxikologické efekty jsou různé i u jednotlivých enantiomerů. Tak např. (*S*)-enantiomer 3-MCPD způsobuje ve vyšších dávkách neplodnost u samců krys, naproti tomu jeho (*R*)-isomer má škodlivé účinky na ledviny [6].

Chlorované propanoly vznikají během výroby kyselých bílkovinných hydrolyzátů získávaných z různých bílkovinných surovin hydrolýzou kyselinou chlorovodíkovou. Původní surovina obsahuje určitý podíl tuků, které se částečně rozloží na glycerol. Ten pak spolu se zbylými tuky reaguje s kyselinou chlorovodíkovou za vzniku malého množství chlorpropanolů. V dalších potravinářských produktech může být jejich zdrojem i kuchyňská sůl nebo epichlorhydrinové pryskyřice, které jsou součástí některých ionexů pro úpravu vody nebo složkou obalových materiálů (např. umělých střívek). Při kyselé hydrolýze vzniká nejčastěji 3-MCPD. 2-MCPD je zastoupen přibližně desetkrát méně a ostatní chlorpropanoly jsou minoritní. Chlorpropanoly se v potravinách vyskytují nejen volné, ale i ve formě esterů s vyššími mastnými kyselinami [7]. Enantiomery opticky aktivních chlorpropanolů vykazují rozdílné biologické účinky, a proto je znalost jejich obsahu ve výrobcích určených k lidské výživě velice žádoucí – viz Obrázek 5. Objasnění stereochemie reakcí může pomoci v odhalení mechanismu vzniku a dekontaminace chlorpropanolů v nejrůznějších potravinách a potravinářských přísadách.

Za nejvýznamnějším zdroj dietární expozice člověka chlorpropanolům byly považovány kyselé hydrolyzáty bílkovin (v anglické literatuře uváděny termínem „hydrolysed vegetable proteins“, HVP), které se široce používají v potravinářském průmyslu jako složky kořenících přípravků a sojových omáček či jako koření a přísady při výrobě pikantních potravinářských a

dehydratovaných výrobků. Kyselé hydrolyzáty bílkovin jsou obvykle získávány z různých na bílkoviny bohatých rostlinných materiálů, např. z olejnatých semen či z pšeničného lepku hydrolyzou kyselinou chlorovodíkovou.



Obrázek 5: struktura 3-MCPD a 2,3-DCP [4]

V současné době však jsou z těchto produktů chlorpropanoly eliminovány dekontaminačními postupy tak, aby vyhověly evropskému legislativnímu požadavku na maximální povolený obsah 0,02 mg/kg pro 3-MCPD v kyselých bílkovinných hydrolyzátech a sojové omáčce obsahující 40 % sušiny ([Nařízení Komise č. 2006/1881/ES](#)). Těkavé dichlorpropanoly (minoritní) lze odstranit stripováním vodní parou, majoritní monochlorpropanoly je možné v hydrolyzátu rozložit jeho alkalizací, zahřátím na určitou dobu a zpětným okyselením na původní hodnotu pH. Určitou nevýhodou tohoto postupu jsou mírně odlišné sensorické vlastnosti produktu. Někteří výrobci také úplně opustili použití kyselých hydrolyzátnů a získávají hydrolyzáty fermentací. Všechny uvedené kroky mají vliv na sensorické vlastnosti produktu, který je poněkud odlišný od hydrolyzátu získávaného tradiční technologií. Žádoucích sensorických vlastností je pak dosaženo přidávkou aromatických látek [7].

V posledních letech byl ale 3-MCPD objeven i v mnoha dalších druzích potravin [7, 8] jako jsou sušenky, pekařské výrobky, masné a rybí produkty, polévky, uzeniny, karbanátky, koblihy a v některých tradičních přísadách jako jsou např. speciální tmavé slady, upravené škroby a extrakty masa. Jde především o potraviny s vyšším obsahem tuků, chloridu sodného, nízkou aktivitou vody a vystavené působení vyšších teplot. Dále se zjistilo, že domácí příprava pokrmů má rovněž za následek zvýšené hodnoty 3-MCPD, např. v topinkách a smažených sýrech.

Pokud se týká již zmíněné legislativní regulace, tak již květnu 2001 posoudil Vědecký výbor pro potraviny (SCF) toxikologická data pro 3-MCPD a tehdejší údaje o výskytu v potravinách a stanovil maximální tolerovatelný denní příjem (TDI) 3-MCPD na 2 µg/kg tělesné hmotnosti [6].

Hned v roce 2002 uvedla Evropská komise (EC) v platnost legislativní limit 20 µg/kg pro 3-MCPD (50 µg/kg sušiny) v kyselých HVP a v sojové omáčce. Tento limit a rozsah jeho platnosti je beze změny i v nyní platném [Nařízení Komise č. 2006/1881/ES](#). V současnosti ovšem pro 3-MCPD neexistují žádné limity pro jiné potravinářské produkty, které k dietární expozici nepochybně významně přispívají a které nebyly v původním dokumentu SCF uvažovány.

5. Furan

Furan je velice těkavá, čirá kapalina, která má heterocyklickou strukturu s aromatickým charakterem – viz Obrázek 6. Je již velmi dlouho znám jako surovina nebo významný intermediát celé řady průmyslových / chemických výrob ale první zmínky o výskytu furanu v potravinách se objevily až na konci 70. let, kdy furan byl jako produkt Maillardovy reakce detekován v kávě, karamelu, chlebu, vařeném mase a březovém sirupu [9]. Ve všech případech se jednalo o tepelně opracované produkty.



Obrázek 6: Struktura furanu

US Food and Drug Administration (FDA) v roce 2004 publikovala rozsáhlou studii [10] týkající se výskytu furanu v potravinách, která se stala zlomovou, neboť prokázala přítomnost této látky v celé řadě potravin nejrůznějšího druhu a původu. Na přítomnost furanu byly testovány především tepelně opracované potraviny (celkem 334 různých výrobků), z nichž většinu tvořila dětská a kojenecká výživa, byly ale analyzovány také konzervovaná zelenina, ovoce, ryby, maso, omáčky na těstoviny, nutriční nápoje, ovocné zavařeniny, pivo a káva. Furan byl detekován v mnoha potravinách včetně výše zmiňované dětské a kojenecké výživy, nejvyšší množství furanu byla v rámci produktů dětské a kojenecké výživy detekována ve fazolích, dýních a sladkých bramborách balených v konzervách či sklenicích. Souhrnné výsledky uvádí Tabulka 3.

Z uvedených dat je patrné, že při domácí přípravě je v dětské výživě furanu několikanásobně méně. Tento jev je možné vysvětlit tím, že při domácím zpracování jsou potraviny umístěny v otevřené nádobě, čili vznikající furan může během procesu unikat spolu s vodní párou. Oproti tomu, průmyslová výroba tepelně opracovává potraviny již zabalené v dobře uzavřených sklenicích či konzervách, což únik furanu z potraviny znemožňuje, furan se zakomponuje do matrice opracované potraviny a vykazuje potom poměrně vysokou retenci v této matrici.

Fakt, že furan byl nalézán pouze v potravinách tepelně zpracovaných vedl k závěru, že furan je procesní kontaminant charakteristický především pro průmyslové technologie. S touto informací začaly pracovat vědecké skupiny, které se zaměřily na studování možných způsobů vzniku furanu v potravinách. Bylo zjištěno, že furan se může v potravinách tvořit hned několika cestami. Hlavními prekursory vzniku jsou sacharidy, aminokyseliny, kyselina askorbová a nenasycené mastné kyseliny. Ze sacharidů a kyseliny askorbové se furan tvoří mechanismem Maillardovy reakce, do které jsou často zapojeny i zmíněné aminokyseliny. Nenasycené mastné kyseliny mohou furan tvořit při oxidačních reakcích.

Lze tedy specifikovat dvě skupiny potravin s potenciální možností výskytu vysokých hladin furanu:

- Tepelně opracované potraviny s relativně vysokou aktivitou vody (zejména zavažené ve sklenicích nebo konzervách)
- Potraviny s nízkou aktivitou vody, které podstoupily proces pražení nebo pečení (chléb, káva)

Furan je cytotoxický a primárním cílovým orgánem po dietární expozici jsou játra. Byly prokázány karcinogenní účinky furanu pro myši a krysy. IARC je klasifikován jako pravděpodobný karcergen pro člověka. Evropský úřad pro bezpečnost potravin proto věnoval incidenci furanu v potravinách velkou pozornost a dostupné informace o této problematice na konci roku 2004 shrnul do stručné zprávy [11].

Doporučení Evropské Komise z března 2007 „o monitorování přítomnosti furanu v potravinách“ (č. 2007/196/ES) iniciovalo rozsáhlý monitoring obsahů furanu v tepelně ošetřených potravinách, který realizují orgány úřední kontroly potravin ve všech členských zemích ES. Vzhledem ke značné těkavosti furanu jsou pro spolehlivé výsledky monitoringu velmi důležité správné metody odběru vzorků a zejména používané analytické postupy.

Tabulka 3: obsahy furanu nalezené ve studii US FDA [10]

Druh potravin	Obsah furanu (µg/kg)			Počet vzorků
	Průměrná hodnota	Minimum	Maximum	
Dětská výživa				
Jablečné džusy	4,2	2,5	8,2	14
Sladké brambory	81,8	58,0	108,0	21
Mrkev	37,6	20,2	50,6	7
Zelené fazolky	48,2	34,0	72,0	6
Squash	49,3	38,0	57,0	6
Kuřecí směs	22,7	15,9	29,4	2
Hruška	5,6	< 5	5,8	3
Banány	21,2	13,0	31,7	5
Zelenina	74,5	51,0	112,0	7
Kojenecká výživa				
Enfamil s železem	16,1	12,7	18,8	3
Pro Sobee	8,8	7,5	11,6	7
Káva (připravený nápoj)				
Instantní	6,0	< 2	7,2	5
Zrnková mletá	46,7	< 2	84,2	9
Různé směsi (omáčky, polévky, vývary, chili)				
Omáčka na těstoviny	12,3	< 5	26,1	7
Kuřecí vývar	11,8	6,7	18,2	7
Polévky	88,0	49,7	125,0	6
Chili s fazolemi	79,2	66,3	94,4	3
Chili omáčky	35,0	35,0	46,0	2
Těstoviny s omáčkou	39,4	29,8	42,9	7
Ryby				
	6,3	6,1	6,4	3
Ovocné a zeleninové konzervy, ovocné džusy				
Fazole	86,1	56,3	122,0	8
Zelené fazolky	6,1	5,9	6,3	2
Ovocné džusy	2,9	nd	3,4	17

nd... pod mezí detekce, <x...pod mezí stanovitelnosti pro danou matici

Problematika furanu v potravinách je zatím nadále v EU považována za významnou a po odhadech expozice, doplnění toxikologického hodnocení a bližším objasnění mechanismů jeho vzniku v potravinách budou pravděpodobně následovat doporučení pro výrobní praxi, případně bude obsah furanu v některých potravinách legislativně limitován.

6. Semikarbazid (SEM)

V roce 2003 vydal Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) tiskové prohlášení, v němž informoval o nálezech semikarbazidu (SEM) v potravinách, balených do skleněných obalů uzavíratelných kovovým víčkem s plastovým těsněním. Tento typ obalů se široce používá nejenom k balení běžných výrobků - ovocné džusy, džemy, marmelády, med, nakládaná zelenina, majonézy, hořčice, omáčky, kečup, ale velmi často také pro potraviny určené pro dětskou a kojeneckou výživu [12]. Prohlášení velmi rychle upoutalo pozornost nejen odborné veřejnosti.

Současně, byly EFSA iniciovány studie, které měly za úkol posoudit riziko vyplývající z přítomnosti SEM v potravinách, zejména v dětské výživě. Hlavním důvodem byl fakt, že u SEM, látky ze skupiny hydrazinů, byly ve studiích realizovaných na zvířatech prokázány slabé karcinogenní účinky a uvádí se i účinky genotoxické.

Původ SEM ve výše zmíněných potravinách byl spojen především s povoleným používáním azodikarbonamidu jako „nadouvadla“ při výrobě těsnících prvků do šroubovacích kovových uzávěrů skleněných obalů určených pro potraviny. Při technologických operacích během výroby z něj vzniká semikarbazid, který difunduje z těsnící hmoty a kontaminuje potravinu uvnitř obalu:

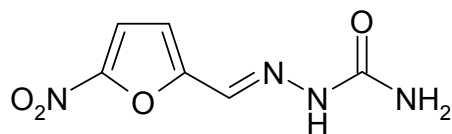
Azodikarbonamid: $\text{H}_2\text{N-CO-N=N-CO-NH}_2$

Semikarbazid: $\text{H}_2\text{N-NH-CO-NH}_2$

Hladiny SEM nalezené v potravinách s uzávěry typu „Twist-Off“ v rámci studií iniciovaných EFSA byly různé a pohybovaly se od nedetekovatelných (méně než 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) až do 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$. V dětské a kojenecké výživě jsou nálezy vyšší, pravděpodobně z důvodu většího poměru plochy těsnění víčka k objemu potraviny.

Jako další možné zdroje dietární expozice SEM byly identifikovány i některé jiné potraviny, u kterých přítomnost SEM nelze vysvětlit používáním azodikarbonamidu. Například u potravin živočišného původu slouží SEM jako indikátor nedovoleného použití veterinárního léčiva nitrofurazonu (ze skupiny nitrofuránů):

Nitrofurazon:



Pravděpodobnost přítomnosti SEM jako derivátu nitrofurazonu v potravinách živočišného původu je vzhledem k jeho zákazu podávání hospodářským zvířatům relativně malá.

Ještě na počátku roku 2004 byl azodikarbonamid v zemích EU běžně povolen jako „nadouvadlo“ do plastů určených pro styk s potravinami, s výjimkou alkoholických nápojů. „Nadouvadla“ jsou do polymerů přidávána během procesu výroby proto, aby vytvořila v celém systému polymeru drobné dutinky s plynem, díky kterým roste těsnicí schopnost materiálu. Nález SEM v potravinách balených do obalových materiálů, při jejichž výrobě byl použit azodikarbonamid, však vedl k přijetí [Směrnice Komise 2004/1/ES](#), která doplňuje [Směrnici Komise 2002/72/ES](#). Zmíněná směrnice zastavuje používání azodikarbonamidu, jakožto „nadouvadla“ pro výrobu těsnění kovových víček pro skleněné obaly. Přechodné období, během kterého by mělo dojít k ukončení používání azodikarbonamidu, bylo stanoveno na 18 měsíců, tzn. že absolutní zákaz vstoupil v platnost v srpnu 2005. Po tomto termínu není již použití azodikarbonamidu v EU legální. Výrobky uvedené na trh před tímto datem (materiály i potraviny) se však mohly na trhu ponechat až do ukončení trvanlivosti.

V případě použití azodikarbonamidu u obalů pro alkoholické nápoje bylo jeho používání zakázáno již v předchozích letech vzhledem k tomu, že reakcí azodikarbonamidu či jeho rozkladných produktů s ethanolem vzniká toxický ethylkarbamát.

Zdá se tedy, že problém semikarbazidu na evropském trhu by neměl být už nadále aktuální, přesto je třeba dbát, aby na tento trh nepronikly kontaminované výrobky z třetích zemí.

7. Estery ftalové kyseliny (ftaláty)

Dialkylestery a alkylarylestery 1,2-benzendikarboxylové, neboli ftalové, kyseliny jsou obecně známy pod názvem ftaláty. Ty pak bývají často spojovány s výskytem rakoviny, onemocnění dýchacích cest a s výskytem různých alergií. V posledních letech jsou některé estery ftalové kyseliny zařazovány mezi látky narušující hormonální činnost (tzv. „endocrine disruptors“).

Lidé jsou chronicky exponováni působení ftalátů požitím, vdechováním, kůží či dokonce přímo při některých lékařských postupech (dialýza, nitrožilní výživa, transfúze apod.). Vstup do těla kůží a inhalací je považován za hlavní způsob expozice lidí vlivu diethylftalátu obsaženému v běžných výrobcích osobní hygieny, jako jsou mýdla, šampony aj. Na druhou stranu pro ftaláty používané převážně jako změkčovače plastů (plastifikátory), např. di(2-ethylhexyl) ftalát (DEHP), dominuje vstup trávicím traktem.

Ačkoliv přesně kvantifikovat expozici ftalátům ze všech existujících zdrojů je téměř nemožné, předpokládá se, že potraviny představují hlavní cestu jejich příjmu člověkem. Ke kontaminaci potravin může docházet již vlivem znečištění vstupních surovin, dále v průběhu jejich zpracování a nakonec migraci do hotových výrobků z obalových materiálů.

Při sledování migrace DEHP z PVC folii do olivového oleje bylo zjištěno, že její rychlost podporuje vzrůst teploty, protřepávání obsahu a také vyšší počáteční množství změkčovadla. V neposlední řadě záleží rovněž na vlastnostech kontaktního média: čím více tuku potravina obsahuje, tím je riziko vyluhování větší. Bohužel i v případech, že obal změkčovadlo neobsahuje, může ho obsahovat inkoust používaný k potisku nebo, jak už bylo uvedeno, vstupní suroviny či polotovary.

Jedním z možných zdrojů kontaminace mléka a mléčných výrobků je také hnojení pastvin odpadními kaly z čističek vod. Zvířata, která jsou chronicky vystavena konzumaci kontaminované trávy, nestíhají přijatá množství ftalátů metabolizovat, a tak je ukládají. Při mobilizaci tuku doprovázející laktaci se pak mohou značná množství těchto látek uvolňovat do mléka. Obsah ftalátů je prokazatelně vyšší v tělech samic ovcí než v jehňatech, a to 2-21 mg/kg v porovnání s 0,5-9,5 mg/kg. Obsah ftalátů v ovčím mléce pak dosahuje až 3,30 µg/kg sušiny [13], podobně jako u mléka kravského [14].

Nejnovější analýzy z roku 2007 potvrzují migraci ftalátů z kovových víček šroubovacích sklenic obsahujících pesto, rajčatové omáčky, celé olivy v oleji i různé olivové oleje [14]. Při analýze 15 vzorků různých druhů potravin byl DEHP detekováno v 6 z nich v rozmezí 2,5 – 8,7 mg/kg, přičemž v 5 případech jeho hladina překročila evropský limit 3 mg/kg (Specific Migration Limit uvedený ve [Směrnici 2002/72/EK](#)). Množství diisodecylftalátu (DIDP) bylo naopak ve všech vzorcích pod mezí detekce 0,5 mg/kg.

Výsledky obdobné švýcarské studie z roku 2006 prezentuje Tabulka 4 [16]. Pro potraviny uskladňované ve skleněných obalech se šroubovacím víčkem byly simulovány podmínky pasterizace/sterilizace potravin následované 10 dny skladování při 40°C. Podmínky standardizovaného migračního testu pro olejnaté potraviny byly simulovány olivovým olejem podle Směrnic č. 97/48/EK a č. 82/711/EHS. Autoři studie uvádějí, že těsnění kovového víčka obsahuje nejčastěji 25-45% plastifikátoru. [16].

Výčet dostupných toxikologických studií týkajících se ftalátů a odhadů jejich NOAEL shrnuje stanovisko vědeckého panelu Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) z roku 2005 [14].

Ftaláty v potravinách pocházejí z převážné části z materiálů přicházejících do styku s potravinami, nebyly tedy vydány limity pro jejich obsahy v potravinách ale namísto toho jsou regulovány zdrojové materiály (zejména obaly, výrobní a dopravní zařízení a kuchyňské nástroje a nádobí).

Tabulka 4: obsahy ftalátů v potravinách konzervovaných v rámci migračního experimentu [16].

Druh potraviny	Migrant - ftalát	Koncentrace (mg/kg)
Plněné olivy	DEHP	20
Mušle v oleji		430
Tuňák v oleji		140
Pesto alla Genovese		415
Česnek v oleji	DINP	30
Sýr feta v oleji		150
Sušená rajčata v oleji		95
Rajčatová omáčka	DIDP	55-170

Zásadním problémem při monitoringu ftalátů v potravinách (ale i složkách životního prostředí) je skutečnost, že tyto látky jsou již doslova všudypřítomné a jsou také ve stopových množstvích obsaženy prakticky ve všech chemikáliích, rozpouštědlech a laboratorních materiálech nezbytných pro analýzu testovaných vzorků. Rozlišit pak analytický signál ftalátů přítomných ve vzorku od ftalátů pocházejících z prostředí analytické laboratoře, materiálů a chemikálií je velmi obtížné a reálná nejistota takových výsledků často vede k dezinterpretacím.

V současné době platí v ČR Vyhláška č.38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy, jakožto prováděcí vyhláška Zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Tato vyhláška stanovuje obecný tzv. limit celkové migrace, kdy plasty a výrobky z plastů určené pro styk s potravinami nesmí uvolňovat do potravin své vlastní složky v množství přesahujícím 10 mg/dm² povrchové plochy výrobku nebo 60 mg/kg potraviny pro nádoby, víčka, těsnicí vložky, zátky a jim podobné části obalů.

Kromě toho jsou v seznamu povolených monomerů jiných výchozích látek uvedeny Specifické Migrační Limity (SML) pro každou povolenou látku zvlášť anebo tvrzení, že látka nesmí být detekována vůbec (ND), a v tom případě je její výskyt limitován mezí detekce ověřenou analytickou metodou (LOD). Můžeme zde nalézt kyselinu isoftalovou (SML = 5 mg/kg), dimethyl-isoftalát (SML = 0,05 mg/kg), diallyl-ftalát (ND, LOD = 0,01 mg/kg), ftalovou a tereftalovou kyselinu (SML 7,5 mg/kg), a ještě o-ftalovou kyselinu, ftalanhydrid a dimethyl-tereftalát, které nemají určen SML. V neúplném seznamu přísad, které mohou být použity pro výrobu plastů, figuruje ještě směs 50 % n-decyl-n-oktyl-ftalátu / 25 % di-adeeryl-ftalátu / 25 % di-n-oktyl-ftalátu (SML = 5 mg/kg, riziko překročení v tukových simulantech) [17]. Jelikož se všechny tyto látky nacházejí v tzv. oddílu A, lze je používat na veškeré plastové výrobky určené pro styk s potravinami, a to počínaje výrobky, které děti dávají do úst nebo které přichází do styku s dětskou stravou, přes obalové materiály určené pro krátkodobé i dlouhodobé skladování

potravin až po výrobky, u nichž se předpokládá jen minimální kontakt s potravinami, jako tomu u těsnění čerpadel či dopravních pásů.

Ekologické sdružení ARNIKA v roce 2004 vypracovalo poměrně obsáhlý seznam potravin balených do PVC v různých prodejnách po celé ČR [17].

8. Benzen

Benzen je kancerogenní látka, která je mimo jiné emitována do volného ovzduší při spalování fosilních paliv a vyskytuje se zde spolu s toluenem a ethylbenzenem, případně dalšími aromatickými uhlovodíky. Používá se jinak v chemických výrobcích a rozsáhlý výzkum profesionální expozice prokázal, že může způsobovat poruchy krvevotvorby a karcinomy u lidí. V průmyslu ale i ve zkušebních a výzkumných laboratořích je z tohoto důvodu nahrazován jinými, méně rizikovými látkami. Inhalační expozice benzenem z ovzduší je trvale sledována a vyhodnocována.

Stopové hladiny benzenu (řádově až desítky $\mu\text{g}/\text{kg}$) byly zjišťovány v některých nealkoholických nápojích již na počátku 90. let ve Spojených státech. US Food and Drug Administration ve spolupráci s nápojovým průmyslem dospěla k závěru, že se jedná o nápoje, které byly konzervovány kyselinou benzoovou (resp. benzoanem sodným) a současně obsahovaly kyselinu askorbovou, ať již z přírodních zdrojů nebo přidanou za účelem obohacení o vitamin C. Předpokládá se, že benzen může z těchto prekursorů vznikat zejména během delšího skladování při zvýšené teplotě [18]. Svou roli pravděpodobně hraje i kyselina citronová a/nebo fosfáty přidávané do některých nápojů pro regulaci kyselosti. Vznik benzenu je zřejmě katalyzován přítomností kovů a UV světlem.

Ačkoli koncentrace benzenu v nealko nápojích jsou relativně nízké a ve srovnání s expozicí inhalační ji lze považovat za zanedbatelnou, přistoupili někteří výrobci nápojů k technologickým opatřením, která incidenci a hladiny benzenu podstatně snižují, při zachování mikrobiologické bezpečnosti, resp. trvanlivosti [19].

Přesto pozdější studie prokazují, že zvýšené koncentrace benzenu v nápojích na evropském trhu se stále vyskytují [20, 21] a problém zcela vyřešen není. Tak např. nedávná data z Velké Británie ukázala, že ze 150 testovaných nápojů obsahovaly 4 výrobky koncentrace benzenu vyšší než $10 \mu\text{g}/\text{l}$, což je dočasně navrženo jako evropský akční limit [22]. Pro porovnání lze ale uvést, že limit pro pitnou vodu je podle Směrnice 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě pouze $1 \mu\text{g}/\text{l}$, US EPA stanovila pro pitnou vodu limit $5 \mu\text{g}/\text{l}$ a stejný limit se uplatňuje pro nápoje.

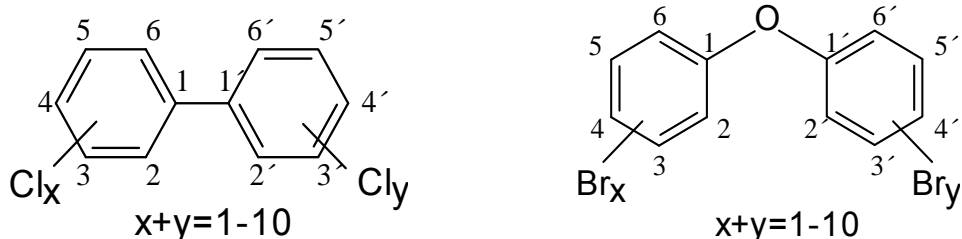
Benzen byl ale v poměrně značných koncentracích nalezen také v mnoha dalších potravinách, zpravidla s dalšími těkavými aromatickými uhlovodíky (toluen, ethylbenzen, xylen, styren...), případně chlorovanými alifatickými uhlovodíky, jako je např. chloroform [23]. Jednalo se o ovoce, zeleninu, margarín, máslo, rostlinné oleje, sýry, masné výrobky, mleté maso a řadu dalších. Nejvyšší koncentrace benzenu byly nalezeny v mletém hovězím mase, hamburgerech, rostlinných olejích ale i v čokoládě, cereáliích, syrových banánech a avokádu. Přesto se zdá být pravděpodobné, že nealkoholické nápoje mohou mít na dietárním příjmu benzenu největší podíl. Nicméně se uvádí, že inhalační expozice tvoří více než 90 % expozice celkové [20].

Regulace formou limitních hodnot pro koncentrace benzenu v nápojích se v nejbližší době neočekává a Evropský úřad pro bezpečnost potravin souhrnné stanovisko k obsahu benzenu a dalších těkavých organických látek v potravinách zatím nevydal.

9. Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Polybromované difenyl ethery (PBDE) jsou významnou skupinou bromovaných retardátorů hoření (BFR). Mechanismus jejich účinku spočívá ve skutečnosti, že při nadměrném zahřátí dochází k rozkladu těchto látek dříve než u vlastní polymerní matrice, do které jsou inkorporovány, přičemž vznikají produkty, které zabraňují vzniku hoření. Proto jsou přidávány do širokého spektra materiálů jako jsou plasty, textilní materiály, tištěné elektrické obvody (desky), stavební materiály, vybavení dopravních prostředků a další, odkud se uvolňují do prostředí (emisní zdroje).

PBDE jsou chemické látky aromatického charakteru strukturně podobné polychlorovaným bifenyly (PCB) – viz Obrázek 7. Celkový počet kongenerů PBDE stejně jako v případě polychlorovaných bifenyly (PCB) činí 209. Ne všechny kongenery jsou průmyslově využívány. Existují tři komerční směsi PBDE označované podle nejhojněji zastoupených kongenerů: PentaBDE, OktaBDE a DekabDE, jejichž složení a použití ukazuje Tabulka 5. Na základě Směrnice EK č. [2002/95/EC](#) „o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních“ nelze nejpozději od 1.7. 2006 v členských zemích EU používat PBDE do nových elektronických zařízení. Výroba technických směsí PentaBDE a OktaBDE v Evropské unii byla ukončena v roce 2004. Oproti tomu komerční směs DekabDE se téměř ve všech státech Evropské unie může používat bez omezení, výjimkou je Švédsko a Norsko [24, 25].



Obrázek 7: Strukturální podobnost mezi PCB a PBDE

Nebezpečí PBDE pro člověka spočívá především v jejich schopnosti narušovat fyziologické funkce endokrinního systému např. vazbou na receptor pro strukturálně podobný přírodní hormon. Díky těmto vlastnostem bývají často zařazovány mezi „endocrine disrupting compounds“ (EDCs) [26]. Mohou také ovlivňovat imunitní reakce organismu, reprodukční cyklus, působit na vývoj další generace a dále pak mohou působit jako neurotoxiny a jsou zkoumány jako potenciální karcinogeny [24, 25]. V neposlední řadě je nutné zohlednit i riziko vzniku toxických látek při fotolýze a pyrolýze mateřských sloučenin. Mezi nejnebezpečnější patří bezesporu polybromované a smíšené polybromované/chlorované dibenzodioxiny (PBDD a smíšené PXDD) a dibenzofurany (PBDF a smíšené PXDF) [25, 27].

Tabulka 5: Přehled, použití a složení komerčních směsí PBDE (v závorce je uvedeno označení kongenerů) [25].

	PBDE	Složení	Použití
Povolené směsi PBDE	Komerční směs DekaBDE	stopové množství oktaBDE < 3 % nonaBDE > 97 % dekaBDE (209)	Vysoce odolné polystyrenové plasty (HIPS): kryty pro televizory, počítače, mobilní telefony; různé plasty: polykarbonáty, polyesterové pryskyřice, polyamidy, polyvinylchlorid, polypropyleny, tereftaláty a guma
	Komerční směs PentaBDE	< 0,2 % triBDE (17, 28) 24 – 30 % tetraBDE (47, 66, 77) 50 – 60 % pentaBDE (85, 99, 100) 4 – 8 % hexaBDE (138, 153, 154)	Polyuretanové pěny: matrace, čalouněná sedadla a jiný polstrovaný nábytek, koberce, imitace dřeva, barvy, zvukoizolační materiál, malé elektronické části, plátěné potahy, epoxy pryskyřice apod.
Zakázané směsi PBDE	Komerční směs OktaBDE	10 – 12 % hexaBDE (138, 153, 154) 44 % heptaBDE (183) 35 – 37 % oktaBDE (203) 10 – 11 % nonaBDE < 1 % dekaBDE (209)	Akrylonitril - butadien - styrenové plasty (ABS): kryty pro faxy, počítače a jinou elektroniku, telefony, kryty kuchyňských zařízení, audio/video zařízení apod.

Důsledkem masivního používání PBDE je kontaminace prakticky všech složek životního prostředí. Jejich přítomnost byla zjištěna ve vzduchu, prachu, říčních i mořských sedimentech, půdě, odpadních kalech, ale také v tělech mořských i sladkovodních živočichů, dokonce i u vzorků lidských tkání [25]. Velká pozornost je po celém světě soustředěna na obsah PBDE v

mateřském mléce, které by tak mohlo být cestou příjmu těchto látek již pro novorozence. V době, kdy se ve velkém množství používala technická směs PentaBDE, byly v mateřském mléce v největších koncentracích detekovány níže bromované kongenery (BDE 47, BDE 99 a BDE 100), z kterých je tato technická směs složena. Současné švédské studie uvádí, že koncentrace níže bromovaných kongenerů klesají, zatímco koncentrace výše bromovaných kongenerů s vyšší persistencí (BDE 153) stoupají [28].

Kromě konzumace kontaminovaných potravin dochází k expozici lidské populace BFR i vdechováním prachových částic. Mnoho studií dokumentuje přítomnost těchto polutantů v prachu z vnitřních prostor. Protože v domácnostech a kancelářích je velký počet různých výrobků obsahující BFR, není překvapující, že v prachu z vnitřního prostředí jsou nalézány hladiny BFR 1,5 – 50x vyšší ve srovnání s venkovním prostředím [25]. Nejvíce zastoupeným kongenerem ve vzorcích prachu bývá zpravidla BDE 209, který často tvoří až 88 % celkového obsahu PBDE. Dalšími majoritními kongenery jsou BDE 99 a 47. Tento profil kongenerů souvisí s nízkou těkavostí BDE 209 a silnější vazbou na pevné částice vzduchu. Naopak ostatní kongenery se spíše nacházejí v parní fázi. Tabulka 6 uvádí přehled zastoupení kongenerů PBDE v městském prachu (ng/g) [25, 29, 30].

Tabulka 6: Příklady nálezů PBDE v městském prachu (ng/g)

Lokalita	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 100	BDE 99	BDE 154	BDE 153	BDE 183	BDE 209	Ref
Německo	0,9	122	(-)	20,8	180	13,8	30,7	23,3	980	29
USA (1)	(-)	430	(-)	150	880	77	140	73	2000	29
USA (2)	20,7	1220	28,5	274	1700	156	181	30,7	2090	29
Kanada	15	1100	37	490	1800	380	470	44	1100	29
Švédsko	2,2	51	3,3	24	79	3,9	4,9	4,8	470	29
Singapur	1,2	110	(-)	65	340	43	76	18	2200	30

Pro odhad zdravotního rizika způsobeného PBDE je vedle posouzení možných cest expozice také důležité zohlednit metabolismus těchto sloučenin v organismu. V tělech živých organismů včetně člověka byly identifikovány methoxylované (MeO-PBDE) a hydroxylované (OH-PBDE) polybromované difenyl ethery. Původ těchto sloučenin je tématem mnoha diskuzí, z jejichž závěrů vyplývají dvě teorie: (i) zdrojem těchto látek je metabolismus průmyslově vyrobených PBDE v organismu ryb či mořských savců [31] a (ii) velké množství těchto sloučenin je ve formě degradačních produktů a metabolitů přijímáno z přírodních zdrojů [58]. OH-PBDE

jsou na rozdíl od MeO-PBDE relativně reaktivní a mohou stejně jako samotné PBDE negativně působit na lidský endokrinní systém [33, 34].

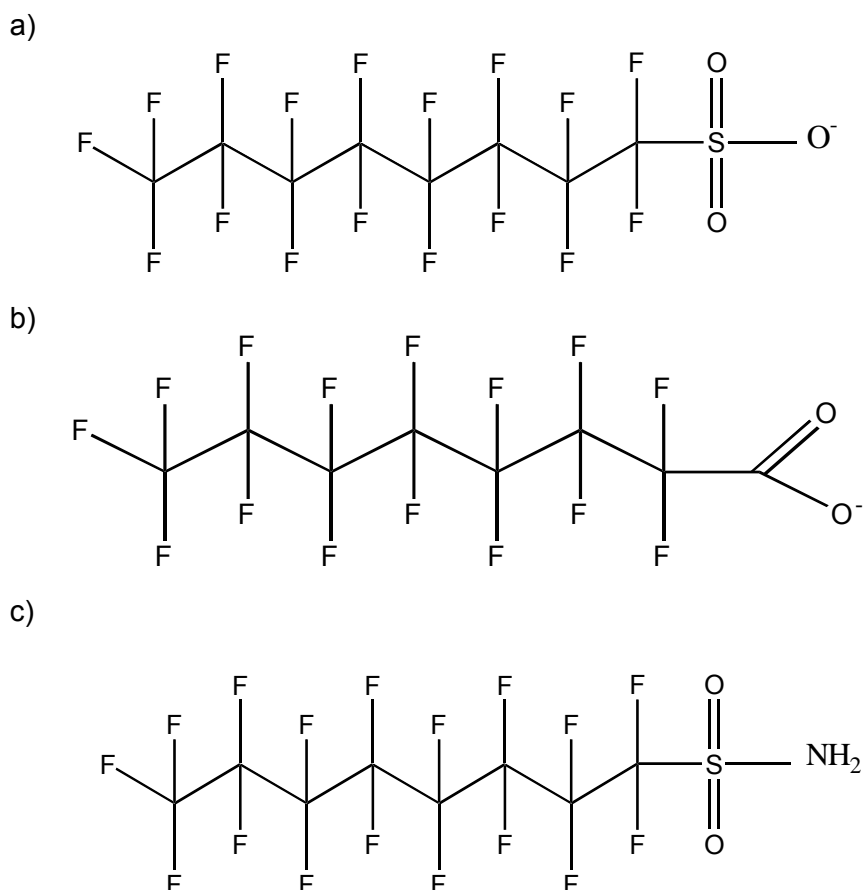
10. Perfluoroalkylované sloučeniny (PFAS)

Perfluoroalkylované sloučeniny (PFAS) je společný název pro skupinu syntetických fluorovaných látek, včetně jejich oligomerů a polymerů. V technických směsích kolísá délka alkylovaného perfluorovaného řetězce od 4 do 20 atomů uhlíku, většina dostupných dat se však týká sloučenin s osmi atomy uhlíku. Mezi nejsledovanější zástupce perfluorovaných sloučenin, viz Obr. 8, patří perfluorooktansulfonát a jeho soli (PFOS), kyselina perfluorooktanová (PFOA) a jejich prekursor perfluorooktansulfonamid (FOSA) [35 - 37].

PFOS i PFOA jsou produkty chemického průmyslu a také většina PFAS v prostředí degraduje téměř výhradně na tyto dvě látky. Do životního prostředí, a tedy i do potravních řetězců, tak pronikají zejména při degradaci příbuzných perfluorovaných sloučenin, používaných při výrobě polovodičů, jako aditiva do hasicích pěn a do hydraulických tekutin a ve fotografickém průmyslu. PFOS a jemu příbuzné látky byly používány na ochranu textilií, oděvů, nábytku, čalounění, koberců a výrobků z kůže proti znečištění. Uvedená využití souvisí s unikátními vlastnostmi těchto látek, které se promítají do schopnosti těchto látek modifikovat vlastnosti povrchů těchto materiálů a poskytovat jim tak odolnost proti špíně, olejovitým látkám a vodě. PFOA se používá jako pomocné činidlo při výrobě polytetrafluorethylenu (PTFE) známého spíše pod názvy Teflon nebo Gore-Tex [38, 39].

Perfluorované sloučeniny mohou do organismu proniknout orální cestou, inhalací nebo v malé míře také dermální cestou. Po vstupu do organismu dochází k adsorpci a jejich distribuci zejména do jater a tělních tekutin a posléze se váží na proteinovou složku tkání. Látky jsou z organismu člověka postupně vylučovány, nicméně vzhledem k často současně probíhající expozici existuje jen malá pravděpodobnost, že jsou z lidského organismu během života zcela eliminovány. Odhaduje se, že polovinu přijatého množství PFOS lidské tělo vyloučí přibližně za 9 let, PFOA za 1 – 3 roky [40, 41].

Přesný mechanismus toxického účinku jednotlivých perfluorovaných sloučenin však není doposud plně známý. Mezi škodlivé účinky PFOS a PFOA může patřit vliv na transport a metabolismus mastných kyselin, vliv na funkce biologických membrán, interference s bioenergetickými procesy v mitochondriích či vliv na reprodukční cyklus a na základě některých studií jsou považovány za potenciální karcinogeny [42, 43].



Obrázek 8: Chemická struktura PFOS (a) PFOA (b) FOSA (c)

Na základě nedávno realizovaných studií týkajících se výskytu PFOS a PFOA bylo potvrzeno, že se jedná o globální kontaminanty, a to jak abiotické, tak i v biotické složky prostředí, včetně člověka. Vzhledem k možnému zdroji expozice potravinami, jsou hladiny PFAS celosvětově sledovány zejména ve sladkovodních a mořských rybách. Nedávné práce uvádějí i nálezy PFOS a PFOA v mateřském mléce, což identifikuje tuto matici jako vhodný indikátor zátěže populace těmito škodlivinami. Přestože nejvíce publikovaných studií o nálezech PFAS pochází ze Spojených států a Kanady (oblast Velkých jezer), detekované hladiny v Evropě bývají podobné, přičemž PFOS je majoritně detekovaným analytem a jeho hladiny se pohybují v rozmezí jednotek až stovek ng/g matrice. Výjimkou jsou extrémně vysoké nálezy PFOS ve vzorku úhoře (9030 ng/g matrice), které byly nalezeny v průmyslové oblasti Belgie [44, 45, 46].

Tyto nálezy spolu s dostupnými toxikologickými daty ovlivnily chemický průmysl natolik, že v roce 2000 oznámil největší světový producent perfluorovaných látek, americká společnost 3M, dobrovolné odstavení výrobní linky. Problematikou perfluorovaných sloučenin, resp. riziky pro konzumenty v důsledku dietární expozice, se v současné době zabývá i pracovní skupina Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority) [47].

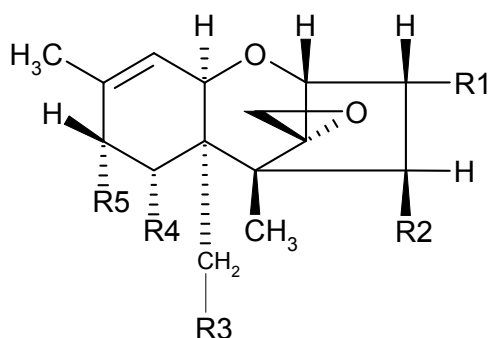
11. Fusariové mykotoxiny

Mykotoxiny jsou toxické sekundární metabolity řady druhů mikroskopických vláknitých hub, které mohou kontaminovat široké spektrum potravin a krmiv. V současné době je známo téměř 350 druhů toxinogenních vláknitých hub, přičemž řada z nich má schopnost za příznivých podmínek produkovat více než jeden toxin. Dnes je známo více než 300 mykotoxinů, avšak přibližně jen 20 těchto sloučenin se vyskytuje v potravinách či krmivech ve vyšších hladinách, které mohou představovat zdravotní riziko pro člověka či hospodářská zvířata. V klimatických podmínkách mírného pásu jsou nejobávanějšími kontaminanty obilovin sekundární metabolity mikromycet rodu *Fusarium* - fusariové mykotoxiny. Mezi nejvýznamnější fusariové mykotoxiny patří trichotheceny, fumonisiny a mykoestrogen zearalenon.

Trichotheceny

Trichothecenové mykotoxiny jsou produkovány celou řadou fusarií (např. *F. sporotrichioides*, *F. graminearum*, *F. poae* a *F. culmorum*), minoritně také zástupci dalších druhů jako např. *Myrothecium* a *Trichothecium*.

Chemicky se jedná o tricyklické seskviterpenoidy, jejichž struktura je uvedena na Obrázku 9. V současnosti je známo více než 180 látek řadících se do této skupiny mykotoxinů, avšak ne všechny znamenají významné riziko pro zdraví konzumentů. Mechanismus jejich toxického působení spočívá v jejich schopnosti vázat se na ribosomy, blokovat translační proces a bránit tím v syntéze bílkovin [48, 49].



Obrázek 9: Obecná struktura trichothecenů

Z hlediska četnosti nálezů je nejvýznamnějším zástupcem této skupiny deoxynivalenol (DON), jenž se obvykle vyskytuje v kontaminovaných substrátech také v nejvyšších koncentracích. Kromě DON jsou dalšími významnými zástupci trichothecenových mykotoxinů skupiny B například nivalenol (NIV), fusarenon-X (FUS-X), 3- a 15- acetyldeoxynivalenol (3- a 15- ADON), skupinu A reprezentují T-2 toxin (T-2) a HT-2 toxin (HT-2) [50].

Přítomnost těchto mykotoxinů je nejběžnější v cereáliích, zvláště pšenici a kukuřici, méně pak v ovsu a žitu [51, 52]. Vzhledem k poměrně značné teplotní stabilitě trichothecenů se tyto látky vyskytují také v cereálních produktech. Přechod trichothecenů do živočišných produktů z krmiva není významný [48, 53]. Problémem mohou být mykotoxiny při zkrmování dlouhodobě kontaminované krmné dávky.

V zemích ES jsou stanoveny jednotné evropské limity zatím pouze pro DON (viz Tabulka 7). Limitní hodnoty pro HT-2 a T-2 toxin se teprve připravují a mají brzy vstoupit v platnost.

Tabulka 7: nejvyšší přípustná množství (NPM) pro deoxynivalenol podle [Nařízení Komise č. 2007/1126/ES](#).

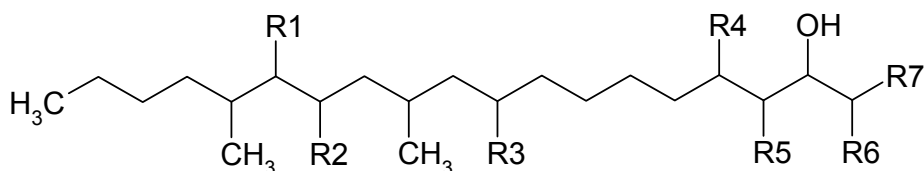
Druh potraviny	NPM (µg/kg)
nezpracované obiloviny jiné než tvrdá pšenice , oves a kukuřice	1 250
nezpracovaná tvrdá pšenice a oves	1 750
nezpracovaná kukuřice	1 750
obiloviny určené k přímé spotřebě, obilná mouka (vč.kukuřičné mouky, kukuř. krupičky a kukuř. krupice), otruby ve formě konečného výrobku uváděné na trh pro přímou spotřebu, klíčky kromě obilných příkrmů a ostatních příkrmů pro kojenče a malé děti	750
těstoviny v suchém stavu	750
pečivo (vč. malého běžného pečiva), jemné a trvanlivé pečivo, sušenky a svačinky z obilovin, snídaňové cereálie	500
obilné příkrmy a ostatní příkrmy pro kojenče a malé děti	200
obilné produkty určené k přímé konzumaci a další maloobchodní výrobky	500
mouka používaná jako surovina potravinářských výrobcích	750

Fumonisin

Fumonisin se řadí do skupiny fusariových mykotoxinů produkovaných především vláknitými houbami *F. moniliformis* a *F. proliferatum*.

Tyto látky byly poprvé izolovány v roce 1988 z kultury mikroskopické vláknité houby *Fusarium verticillioides* (synonymum *F. moniliforme*). V následujících letech jim byla věnována stále větší pozornost, a to zejména v oblastech, kde je významnou složkou stravy kukuřice, tj. převážně v oblastech jižní Afriky, Číně a USA [54].

Z chemického hlediska se jedná o estery propantrikarboxylové kyseliny s dimetyleikosanem nebo dimetylnonadekanem. Základní skelet fumonisinů a funkční skupiny jsou zobrazeny na Obrázku 10.



Obrázek 10: Obecná struktura fumonisinů

Podle struktury molekuly jsou fumonisinové rozděleny do čtyř skupin - A, B, C a P [55]. Díky jejich častému výskytu je největší pozornost věnována zástupcům skupiny B. Pro ilustraci je možno uvést, že fumonisin (FB1) tvoří typicky 70 – 85% celkové kontaminace fumonisinů, zatímco fumonisin B2 (FB2) asi 15 – 25 % a fumonisin B3 (FB3) 3 – 8 % [55].

Scientific Committee on Food (SCF) zveřejnil v roce 2003 doporučení pro hodnotu tolerovatelné denní dávky (TDI) fumonisinů. Pro sumu fumonisinů B1, B2 a B3 byla aktuální doporučená hodnota vycházející ze závěrů JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food and Feed) stanovena na 2 µg / kg b. w. [56].

V rámci EU platí pro fumonisinové FB1 a FB2 [Nařízení Komise č. 2007/1126/ES](#), které stanovuje nejvyšší přípustná množství pro nezpracovanou i zpracovanou kukuřici, kukuřičné výrobky a výrobky pro kojení a malé děti (viz Tabulka 8).

Druhy Fusarií produkující fumonisinové napadají především kukuřici, ačkoliv byla zjištěna kontaminace i jiných polních plodin, např. rýže [57, 58]. Výskyt fumonisinů v pšenici nebo ječmeni není příliš obvyklý. Byla vyslovena hypotéza, že látky obsažené v zrně pšenice či ječmene mohou působit jako inhibitory syntézy fumonisinů, nebo naopak, že látky v zrně kukuřice působí jako aktivanty [59]. Kukuřice je tedy jedinou surovinou, jež bývá fumonisinové významněji kontaminována.

Tabulka 8: nejvyšší přípustná množství (NPM) pro sumu fumonisinů FB1, FB2 a FB3 podle [Nařízení Komise č. 2007/1126/ES](#).

Druh potravin	NPM (µg/kg)
nezpracovaná kukuřice	2 000
kukuřičné pokrmy, krupice a mouka	1 000
potraviny založené na kukuřici určené k přímé spotřebě mimo krupek, mouky a jídla pro zvláštní výživu dětí a kojenců	400
pokrmy založené na zpracované kukuřici určené pro zvláštní výživu dětí a kojenců	200

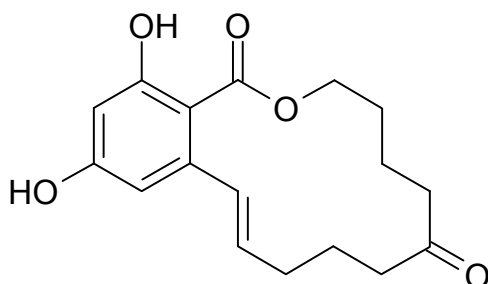
Zearalenon

Dalším z významných mykotoxinů produkovaných vláknitými houbami rodu *Fusarium* je zearalenon, z chemického hlediska 6-(10-hydroxy-6-oxo-trans-1-undecenyl)resorcyklin lakton (viz Obrázek 11). Zearalenon je díky svým účinkům řazen do skupiny estrogenů, tj. látek majících negativní účinek na hormonální rovnováhu a funkci pohlavních orgánů. Byla také prokázána jeho genotoxicita. Pro zearalenon jsou v členských zemích EU hygienické limity opět stanoveny Nařízením [č. 1126/2007/ES](#), hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 9.

Tabulka 8: nejvyšší přípustná množství (NPM) pro zearalenon podle [Nařízení č. 1126/2007/ES](#)

Druh potravin	NPM (μg/kg)
nezpracované obiloviny jiné než kukuřice	100
nezpracovaná kukuřice	200
obiloviny určené k přímé spotřebě, obilná mouka, otruby ve formě konečného výrobku uváděného na trh pro přímou spotřebu a klíčky kromě potravin označených #	75
kukuřice určená k přímé spotřebě, kukuř. mouka, kukuř. krupička, kukuř. krupice, kukuř. klíčky a rafinovaný kukuř. olej#	200
pečivo (vč. malého běžného pečiva), jemné a trvanlivé pečivo, sušenky a svačinky z obilovin, snídaňové cereálie kromě svačinek z kukuřice a kukuř. snídaňových cereálií#	50
svačinky z kukuřice a kukuř. snídaňové cereálie#	50
obilné příkrmy (kromě kukuřičných) a ostatní příkrmy pro kojence a malé děti#	20
kukuřičné příkrmy pro kojence a malé děti#	20

Zearalenon se nejčastěji vyskytuje hlavně v kukuřici, méně často bývají kontaminovány jiné obiloviny, například pšenice a ječmen [60].



Obrázek 11: Struktura zearalenonu

V poslední době se do popředí zájmu odborníků dostávají také takzvané „maskované“ formy některých trichothecenů a zearalenonu (konjugáty se sacharidy), jež jsou výsledkem detoxikačního procesu metabolismu rostlin [50].

První zmínky o maskovaných mykotoxinech se objevily již v polovině 80. let 20. století, kdy byly pozorovány mykotoxikózy zvířat, při kterých výsledky klinických studií zvířat neodpovídaly množství mykotoxinů stanovenému ve zkrmovaném krmivu. Neočekávaně vysoká toxicita použitého krmiva byla pravděpodobně způsobena konjugovanými formami mykotoxinů, které v tehdejší době unikaly analytickým stanovením. Konjugované formy mykotoxinů pravděpodobně vznikají při detoxikačních procesech obilovin. Do dnešní doby byly identifikovány metabolity DON, ZON a ochratoxinu A.

Detoxikační reakce pravděpodobně chrání rostliny před toxickými látkami z okolního prostředí, ale také před sloučeninami, které rostliny tvoří samy, a zahrnují především tzv. transformace (deepoxidace, deacetylace a isomerace) a konjugace. Během těchto reakcí jsou reaktivní funkční skupiny redukovány či maskovány tak, aby se toxicita nově vzniklého produktu snížila či úplně eliminovala. Při konjugacích jsou volné mykotoxiny vázány na více polární látky, např. na glukosu.

Biologická dostupnost a toxicita těchto látek není doposud známa. Potencionální nebezpečí maskovaných mykotoxinů spočívá v jejich hydrolýze při průchodu trávicím traktem savců, při kterém může dojít k uvolnění původního, více toxického mykotoxinu. K rozkladu konjugovaných mykotoxinů dochází pravděpodobně také za vhodných podmínek při technologickém zpracování obilného zrna [61].

Konjugované formy mykotoxinů nejsou zatím v potravinách a krmivech rutinní chemickou analýzou sledovány. Kvůli své vyšší polaritě jsou při použití běžných extrakčních činidel hůře extrahovatelné, dochází k jejich ztrátám v průběhu přečištění a pro kvantitativní analýzy nebyly donedávna komerčně dostupné jejich analytické standardy [62].

Literatura

- [1] The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) Annual Report 2006. European Communities, Luxemburg 2007 (ISBN 978-92-79-05477-8).
- [2] Zpráva o výsledcích sledování cizorodých látek v potravních řetězcích v roce 2006. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2006.
- [3] Health implications of acrylamide in food. Joint FAO/WHO consultation, Geneva, June 2002. (http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/acrylamide_june2002/en/; staženo 12.11.2007)
- [4] HEATOX Heat-generated food toxicants: identification, characterisation and risk minimisation. Final report, Lund University, 2007 (www.heattox.org; staženo 12.11.2007)
- [5] CIAA Acrylamide Toolbox. CIAA, rev. 11., Dec.2007 (http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/ciaa_acrylamide_toolbox.pdf; staženo 11.12.2007)
- [6] SCF Opinion of the Scientific Committee on Food on 3-monochloro-propane-1,2-diol (3-MCPD), EC Health & Consumer Protection – DG, Brussels 2001. (http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out91_en.pdf; staženo 11.11.2007)
- [7] Stadler R.H. et al.: The Formation of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in Food and Potential Measures of Control. In: Thermal Processing of Food. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Wiley-VCH Verlag GmbH, 2007
- [8] Collection and collation of data on levels of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) and related substances in foodstuffs. EC Health & Consumer Protection – DG, Brussels 2004. (http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-9_final_report_chloropropanols_en.pdf; staženo 11.11.2007)
- [9] Crews, C., Castle, L.: A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods, Trends in Food Science & Technology 18 (2007), 365-372
- [10] Exploratory Data on Furan in Foods, U.S. Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, CFSAN/Office of Plant and Dairy Foods (May 2004) <http://www.fda.gov/OHRMS/DOCKETS/98fr/04n-0205-nrd0001.pdf> (17.12.2007)
- [11] Report of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on Provisional Findings on Furan in Food, The EFSA Journal 137 (2004) 1-20. (<http://www.efsa.eu.int>; staženo 17.12.2007)
- [12] Advice of the ad hoc expert group set up to advise the EFSA on the possible occurrence of semicarbazide in packaged foods, EFSA, Brusel 2003. http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178620768561.htm; (staženo 10.11.2007)
- [13] Rhind, S., et al.: Concentrations of alkyl phenols and diethylhexyl phthalate in fat, liver and muscle of sheep grazing pastures fertilised with sewage sludge or inorganic fertiliser. Environmen. Health Perspectives, 113 (2005b) 447-453.

- [14] David, F., Sandra, P.: Phthalate esters in the environment. Monitoring program for the determination of phthalates in the air, vegetation, cattle feed, milk and fish in the Netherlands, vol. 10. European Council for Plasticisers and Intermediates, 2001, s. 22-29.
- [15] European Food Safety Authority. Statement of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food on a request from the Commission on the possibility of allocating a group-TDI for Butylbenzylphthalate (BBP), di-Butylphthalate (DBP), Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), di-Isononylphthalate (DINP) and di-Isodecylphthalate (DIDP), 2005.
- [16] Fankhauser-Noti A., Grob, K.: Migration of plasticisers from PVC gaskets of lids for glass jars into oily foods: Amount of gasket material in food contact, proportion of plasticizer migrating into food and compliance testing by simulation. Trends in Food Science and Technology, 17 (2006) 105-112.
- [17] Organizace Arnika. <http://bezjedu.arnika.org/chemicke-latky.shtml> (staženo 15.11.2007)
- [18] Data on Benzene in Soft Drinks and Other Beverages. US Food and Drug Administration, CFSAN/Office of Food Additive Safety. May 19, 2006; Updated July 12, 2007 (<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/benzdata.html>; staženo 8.12.2007)
- [19] Guidance Document to Mitigate the Potential for Benzene Formation in Beverages. International Council of beverage Associations, UNESDA Brussels, 2006. (<http://www.icba-net.org/>; staženo 8.12.2007)
- [20] van Poucke C., Detavernier C., van Bocxlaer J.F., Vermeylen R., van Peteghem C.: Monitoring the benzene contents in soft drinks using HS-GC-MS on the Belgian market. J. Agric. Food Chem. 56 (2008) 4504-4510
- [21] Survey of benzene in soft drinks (UK Food Standards Agency); (<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis0606.pdf>; staženo 10.11.2007)
- [22] Summary Record of The Standing Committee on The Food Chain and Animal Health, Brussels, Belgium, 31 March 2006; DG Health and Consumer Protection; 2006.
- [23] Fleming-Jones M.E., Smith R.E.: Volatile organic compounds in foods: A five year study. J. Agric. Food Chem. 51 (2003) 8120-8127
- [24] Committee on Toxicity of Chemical in Food Consumer Products and the Environment: (<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/bfrstatement.pdf>; staženo dne 24. 11. 2007).
- [25] Janssen S.: Brominated Flame Retardants: Rising Levels of Concern. Health Care Without Harm, Arlington, USA, 2005.
- [26] Mendes J. J. A.: The endocrine disrupters: a major medical challenge. Food Chem. Tox. 40 (2002) 781-788.
- [27] Rahman F., Langford K. H., Scrimshaw M. D., Lester J. N.: Polybrominated diphenyl Ether (PBDE) Flame Retardants. The Science of the Total Environment, 275 (2001) 1–17.

- [28] Fångström B., Strid A., Athanassiadis I., Grandjean P., Weihe P., Bergman A.: A Retrospective Time Trend Study of PBDEs and PCBs in Human Milk from the Faroe Islands. *Organohalogen Compounds*, 66 (2004) 2829–2833.
- [29] Karlsson M., Julander A., van Bavel B., Hardell L.: Levels of brominated flame retardants in blood in relation to levels in household air and dust. *Environ. Int.* 33 (2007) 62-69.
- [30] Tan J., Cheng S. M., Loganath A., Chong Y. S., Obbard J. P.: Polybrominated diphenyl ethers in house dust in Singapore. *Chemosphere* 66 (2007) 985-992.
- [31] Sandholm A., Emanuelsson B. M., Klasson W. E.: Bioavailability and Half-life of Decabromodiphenyl Ether (BDE 209) in Rat. *Xenobiotica*, 33 (2003) 1149–1158.
- [32] Gribble G. W.: The Natural Production of Organobromine Compounds. *Environmental Science and Pollution Research*, 7 (2000) 37–49.
- [33] Malmberg T.: Identification and Characterisation of Hydroxylated PCB and PBDE Metabolites in Blood. Congener Specific Synthesis and Analysis. PhD Thesis, Department of Environmental Chemistry, 2004, Stockholm University.
- [34] Malmvärn A.: Brominated Natural Products at Different Trophic Levels in the Baltic Sea, Identification of Polybrominated Dioxins, Hydroxylated and Methoxylated Diphenyl Ethers. Department of Environmental Chemistry, 2007, Stockholm University.
- [35] F. M. Hekster, P. de Voogt: Perfluoroalkylated substances – Aquatic environmental assessment. RIKZ and University of Amsterdam. Report RIKZ / 2002.043, 2002.
- [36] J. A. Culbertson, J. M. Prins, E. P. Grimsrud, R. A. Rasmussen, M. A. K. Khalil, M. J. Shearer: Observed Trends for CF₃-containing compounds in background air at Cape Meares, Oregon, Point Barrow, Alaska, and Palmer Station, Antarctica. *Chemosphere*, 55 (2004) 1109 – 1119.
- [37] W.-T. Tsai, H.-P. Chen, W.-Y. Hsien: A review of uses, environmental hazards and recovery/recycle technologies of perfluorocarbons (PFCs) emissions from the semiconductor manufacturing processes. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15 (2002) 65 – 75.
- [38] Swedish Chemicals Inspectorate and Swedish EPA: Perfluorooctane sulfonate, Dossier prepared in support for a nomination of PFOS to the UN-ECE LRTAP Protocol and the Stockholm Convention, 2004.
- [39] 3M: Sulfonated Perfluorochemicals in the Environment: Sources, Dispersion, Fate and Effects (AR226-0545). 3M Company, St. Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [40] OECD: Co-operation on Existing Chemicals – Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2002.
- [41] US EPA: Draft hazard assessment of perfluorooctanoic acid and its salts, 2002, Washington, D. C., USA.

- [42] Kennedy G., et al.: The toxicology of Perfluorooctanoate. *Crit. Rev. Toxicol*, 34 (2004) 351 – 384.
- [43] Hu W., et al.: Alterations in cell membrane properties caused by perfluorinated compounds, *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 135 (2003) 77 – 88.
- [44] Hoff P. T., et al.: Perfluorooctane sulfonic acid and organohalogen pollutants in liver of three freshwater fish species in Flanders (Belgium): relationships with biochemical and organismal effects, *Environ. Pollut.* 137 (2005) 324-333.
- [45] Kannan K., et al.: Perfluorooctanesulfonate and Related Fluorinated Hydrocarbons in Marine mammals, Fishes, and Burds from Coast of the Baltic and the Mediterranean Seas, *Environ. Sci. Technol.* 36 (2002) 3210 – 3216.
- [46] Giesy J. P., Kannna K.: Global distribution of Perfluooctane Sulfonate in Wildlife, *Environ. Sci. Technol.* 35 (2001) 1339 – 1342.
- [47] Sondermann C.: EFSA Recent Communications activities, Brussels, December 2006. (http://www.efsa.eu.int/EFSA/DocumentSet/sh_sondermann_4thmeet_en.0.pdf; staženo 11.11.2007)
- [48] Placinta C. M., D’Mello J. P. F., Macdonald A. M. C.: A rewiw of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins; *Animal Feed Science and Technology* 78 (1999) 21 – 37
- [49] Trichothecenes with a Special Focus on DON; Summary Report of a Workshop held in September 2003 Organised by the ILSI Europe Natural Toxin Task Force; ISBN 1-57881-174-0
- [50] Balzer A., Tardieu D., Bailly J.-D., Guerre P.: Les trichothécènes : nature des toxines, présence dans les aliments et moyens de lutte; *Revue de Medecin Veterinaire* 6 (2004) 299 – 314
- [51] Murphy P. A., Hendrich S., Landgren C., Bryant C. M.: Food Mycotoxins: An Update; *Journal of Food Science* 71 (2006) 51 – 65
- [52] Hussain S. H., Brasel j. M.: Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on human and animals; *Toxicology* 167 (2001) 101 – 134
- [53] Velíšek J; *Chemie potravin* 3, OSSIS, Tábor, s. 205-217, 1999
- [54] Marasas W. F. O.: Discovery and occurence of the Fumonisin: A historical perspective; *Environmental Health Perspectives* 109 (2001) 239 – 243
- [55] Rheeder J. O., Marasas W. F. O., Vismer H. F.: Production of Fumonisin analogs by *Fusarium* species; *Applied and Environmental Microbiology* 68 (2002) 2101 – 2105
- [56] Updated opinion of the Scientific Committee on Food on Fumonisin B1, B2 and B3 (2003)

- [57] Kim E. K., Scott P. M., Lau B. P.-Y., Lewis D. A.: Extraction of Fumonisin B1 and B2 From White Rice Flour and Their Stability in White rice flour, Cornstarch, Cornmeal, and Glucose; *J. Agric. Food. Chem.* 50 (2002) 3614 – 3620
- [58] Weidenbörner M.: Foods and fumonisins; *Eur. Food Res. Technik.* 212 (2001) 262 – 273
- [59] Soriano J. M., Dragacci S.: Occurrence of fumonisins in foods; *Food Res. Int.* 37 (2004) 985 – 1000
- [60] Zinedine A., Soriano J. M., Molto J. C., Manes J.: Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone; *Food Chem. Toxicol.* 45 (2007) 1 – 18
- [61] Schneweis I., Meyer K., Engelhardt G., Bauer J.: Occurrence of zearalenone- β -D glucopyranoside in wheat, *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 1736- 1738, 2002
- [62] Berthiller F., Dall'Asta C., Schuhmacher R., Lemmens M., Adam G., Krska R.: Masked mycotoxins: determination of a deoxynivalenol glucoside in artificially and naturally contaminated wheat by liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Journal of agricultural and food chemistry*, 53, 3421-3425, 2005