

## Škodlivé a toxické látky v krmivech živočišného původu

Doc. MVDr. Ivan Herzig, CSc.  
Prof. MVDr. Ing. Pavel Suchý, CSc.

### 1. Úvod

Využívání tradičních i netradičních odpadních zdrojů bílkovin a energie z potravinářského průmyslu a ostatních odvětví národního hospodářství bylo v minulém období ve výživě zvířat zcela běžné. V posledním desetiletí došlo k vytvoření legislativních omezení jejich využívání ve výživě zvířat a řada tradičních i netradičních krmných surovin byla zakázána. Důvodem byly nejen zvýšené požadavky kladené na nutriční, hygienické a zdravotní aspekty krmiv, ale i požadavky související s etickými a emocionálními hledisky. Hlavním a nejvýznamnějším důvodem, který rozhoduje o použitelnosti příslušného krmiva pro výživu hospodářských zvířat je v současné době bezpečnost potravin.

Podle přílohy č. 1 k Vyhlášce č. 451/2000 Sb. patří mezi zakázané látky a produkty živočišného původu:

- výkaly, moč a obsah zažívacího traktu, získaný vyprázdněním nebo oddělením, bez ohledu na způsob zpracování nebo přimíchání,
- ošetřené kůže a jejich odpady,
- odpady z domácností,
- odpady z restauračních provozů,
- proteiny pocházející ze savčí tkáně, pokud jsou použity k výrobě kompletních nebo doplňkových krmných směsí pro přežvýkavce *s výjimkou*
  - a) mléka a mléčných výrobků
  - b) želatiny,
  - c) hydrolyzovaných proteinů s molekulovou hmotností nižší než 10 000 daltonů, které byly

1. získány z usní a kůží pocházejících ze zvířat poražených na jatkách, u nichž byla provedena před porážkou úřední veterinární kontrola podle příslušných právních předpisů, při níž nebyly zjištěny závady,

2. podrobeny výrobnímu postupu, který zahrnuje úpravy vhodné k co největšímu zabránění kontaminace usní a kůží a výrobků z usní a kůží, a to použitím vysolování (v láku), vyluhování ve vápenném louhu při následném intenzivním propírání, které je následováno vystavením suroviny pH většímu než 11 po dobu delší než 3 hodiny při teplotě větší než 80 °C, následované ošetřením teplem na více než 140 °C po dobu 30 minut při tlaku větším než 3,6 barů a

3. vyrobeny v podnicích, které provádějí vlastní kontrolní program (HACCP),

- d) hydrogenufosforečnanu vápenatého (DCP) získaného z odtučněných kostí,
- e) sušené plazmy a jiných krevních produktů.

Od 1.5.2004 platí v ČR nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002 ze dne 3. října 2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. Nařízení EU č. 1774/2002 s hygienickými předpisy týkajícími se živočišných konfiskátů zcela změnilo zacházení s odpady ze zpracování živočišné produkce. Podle tohoto nařízení se vedlejší živočišné produkty dělí do tří kategorií. Nejprísnější jsou požadavky na likvidaci materiálů kategorie 1, především vzhledem k riziku TSE. Do kategorie 3 patří části těl jatečných zvířat, kterými nemohou být šířeny žádné nemoci přenosné na člověka. Podle nařízení 1774/2002 se nesmí konfiskáty zpracovávat v jedné budově s jatečným provozem a provozny nesmějí mít společný příjezd. Separátní musí být i podniky na zpracování konfiskátů jednotlivých kategorií.

Všechny živočišné konfiskáty mohou být přímo spáleny. Také mohou být po stanovené předchozí úpravě zpracovány na moučku a tuk nebo nesusšenou hmotu a pak využity jako palivo. Tuk z materiálů 1. kategorie nemůže být zhodnocen jinak než spálením (nejlépe ve vlastní kotelně). Ostatní separované tuky lze využít i k technickým účelům v příslušných zpracovatelských podnicích, nebo při výrobě bionafty. Pokud to národní předpisy povolují, je možné použít patřičně ošetřený živočišný tuk ke krmení hospodářských zvířat (zvířat jiného druhu, než z něhož tuk pochází). Z konfiskátů kategorie 2 a 3 mohou být připravena hnojiva. Při produkci surovin pro krmiva z konfiskátů (nikoli 1. kategorie) musí být prováděna tlaková sterilace (u savců), nesmí být přimíchán materiál z živočišného druhu, kterým má být takto vyrobená bílkovinná moučka později zkrmována.

Z nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002 uvádíme, vzhledem k jeho rozsahu, část týkající se rozlišení materiálu do tří kategorií.

### *Materiál kategorie 1*

1. Materiál kategorie 1 zahrnuje vedlejší produkty živočišného původu dle následujícího popisu nebo z jakéhokoli jiného materiálu, který tento vedlejší produkt obsahuje:

- a) všechny části těla včetně kůže těchto zvířat:
  - i) zvířat podezřelých z infekce TSE v souladu s nařízením (ES) č. 999/2001 nebo u kterých byla přítomnost TSE úředně potvrzena;
  - ii) zvířat, která byla usmrcena v souvislosti s opatřeními k eradikaci TSE;
  - iii) zvířat jiných než hospodářských a volně žijících, včetně, jmenovitě, zvířat v zájmovém chovu, zvířat chovaných v zoologických zahradách a cirkusech;
  - iv) pokusných zvířat tak, jak jsou definována v článku 2 směrnice Rady 86/609/EHS ze dne 24. listopadu 1986 o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se ochrany zvířat používaných pro pokusné a jiné vědecké účely<sup>18</sup> a
  - v) volně žijících zvířat, podezřelých z infekce chorobami přenosnými na člověka nebo zvířata;
- b) i) specifikovaný rizikový materiál a
  - ii) v případě, kdy nebyl specifikovaný rizikový materiál odstraněn při likvidaci, celá těla mrtvých zvířat obsahujících specifikovaný rizikový materiál;
- c) produkty získané ze zvířat, kterým byly podány látky zakázané směrnicí 96/22/ES, a produkty živočišného původu obsahující rezidua kontaminantů nebezpečných pro životní prostředí a jiných látek uvedených v bodě 3 oddílu B přílohy 1 směrnice Rady 96/22/ES ze dne 29. dubna 1996 o kontrolních opatřeních u některých látek a jejich reziduí v živých

zvířatech a živočišných produktech a o zrušení směrnic 85/358/EHS a 86/469/EHS a rozhodnutí 89/187/EHS a 91/664/EHS<sup>19</sup>, pokud tato rezidua přesahují povolené úrovně stanovené právními předpisy Společenství nebo, v případě jejich absence, vnitrostátními právními předpisy;

d) všechen materiál živočišného původu shromážděný při čištění odpadních vod ze zpracovatelských zařízení kategorie 1 a jiných zařízení, ve kterých je odstraňován specifikovaný rizikový materiál, včetně odpadu zachyceného na česlech, odpadu z lapačů písku, směsí tuku a oleje, kalu a materiálů odstraněných z odtoků těchto zařízení, s výjimkou materiálů neobsahujících žádný specifikovaný rizikový materiál nebo jeho části;

e) kuchyňský odpad vzniklý v dopravních prostředcích mezinárodní přepravy a

f) směsi materiálu kategorie 1 s materiálem kategorie 2 nebo kategorie 3 nebo s oběma, včetně jakéhokoli materiálu určeného ke zpracování ve zpracovatelském zařízení pro materiál kategorie 1.

2. Materiál kategorie 1 musí být sbírán, přepravován a označen bez neodůvodněného prodlení v souladu s článkem 7 a, s výjimkou opačných ustanovení článků 23 a 24 musí být:

a) zneškodněn přímo jako odpad spálením ve spalovnách schválených v souladu s článkem 12;

b) zpracován ve zpracovatelském zařízení schváleném podle článku 13 s využitím kterékoli zpracovatelské metody 1 až 5, nebo, v případě, že tak bude požadovat příslušný orgán, s využitím zpracovatelské metody 1, v kterémžto případě musí být výsledný materiál trvale označen, pokud to bude technicky možné, zápachem, v souladu s přílohou VI kapitoly I a nakonec zneškodněn jako odpad spálením nebo spoluspálením ve spalovacím nebo spoluspalovacím zařízení schváleném v souladu s článkem 12;

c) s výjimkou materiálů uvedených v pododrážce i) a ii) písm. a) odst. 1 zpracovávaných ve zpracovatelském zařízení schváleném v souladu s článkem 13 s využitím zpracovatelské metody 1, v kterémžto případě musí být výsledný materiál trvale označen, pokud to bude technicky možné, zápachem, v souladu s přílohou VI kapitoly I a nakonec zneškodněn jako odpad zahrabáním na skládce schválené podle směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů<sup>20</sup>;

d) v případě kuchyňského odpadu podle odst. 1 písm. e) zneškodněn jako odpad zahrabáním na skládce schválené podle směrnice Rady 1999/31/ES, nebo

e) s ohledem na vývoj vědeckého poznání, zneškodněn jinými způsoby schválenými postupem podle čl. 33 odst. 2. po konzultaci s příslušným vědeckým výborem. Tyto způsoby mohou buďto doplňovat nebo nahrazovat způsoby podle písmen a) až d).

3. Přejídná manipulace nebo přejídné uskladnění materiálů kategorie 1 smí probíhat pouze v zařízeních pro přejídnou manipulaci kategorie 1 schválených v souladu s článkem 10.

4. Materiál kategorie 1 nesmí být ani vyvážen ani dovážen s výjimkou případů v souladu s tímto nařízením nebo pravidly stanovenými postupem podle čl. 33 odst. 2. Dovož a vývož specifikovaných rizikových materiálů může probíhat pouze v souladu s čl. 8 odst. 1 nařízením (ES) č. 999/2001.

### *Materiál kategorie 2*

1. Materiál kategorie 2 sestává z vedlejších produktů živočišného původu dle následujícího popisu, nebo z jakéhokoli jiného materiálu, který tento vedlejší produkt obsahuje:

a) hnůj a obsah trávícího traktu;

- b) všechen materiál živočišného původu sesbíraný při čištění odpadních vod z jatek a jiných schválených podle čl. 4 odst. 1 písm. d) nebo ze zpracovatelských zařízení kategorie 2 včetně odpadu zachyceného na česlech, odpadu z lapačů písku, směsí tuku a oleje, kalu a materiálů odstraněných z odtoků těchto zařízení;
- c) produkty živočišného původu obsahující rezidua veterinárních léčivých přípravků a kontaminantů uvedených v bodech 1 a 2 oddílu B přílohy 1 směrnice Rady 96/23/ES, pokud tato rezidua přesahují povolené úrovně stanovené právními předpisy Společenství;
- d) produkty živočišného původu jiné kategorie než kategorie 1 dovezené ze třetích zemí a které v případě provedení kontrol v souladu s právními předpisy Společenství nesplní veterinární požadavky pro jejich dovoz do Společenství, pokud nejsou vráceny nebo pokud je jejich dovoz povolen s omezeními podle právních předpisů Společenství;
- e) zvířata a jejich části, jiná než ta, která jsou uvedena v článku 4, která zahynou jiným způsobem než porážkou pro účely lidské spotřeby včetně zvířat usmrcených za účelem eradikace nákazy zvířat;
- f) směsi materiálu kategorie 2 s materiálem kategorie 3 včetně jakéhokoli materiálu určeného ke zpracování ve zpracovatelském zařízení kategorie 2 a
- g) vedlejší produkty z materiálů jiné kategorie než kategorie 1 a 3.

2. Materiál kategorie 2 musí být sbírán, přepravován a označen bez nepřiměřeného prodlení v souladu s článkem 7 a, s výjimkou opačných ustanovení článků 23 a 24 musí být:

- a) zneškodněn přímo jako odpad spálením ve spalovnách schválených v souladu s článkem 12;
- b) zpracován ve zpracovatelském zařízení schváleném podle článku 13 s využitím kterékoli zpracovatelské metody 1 až 5, nebo, v případě, že tak bude požadovat příslušný orgán, s využitím zpracovatelské metody 1, v kterémžto případě musí být výsledný materiál trvale označen, pokud to bude technicky možné, zápachem, v souladu s přílohou VI kapitoly I a
  - i) zneškodněn jako odpad spálením nebo spoluspálením ve spalovacím nebo spoluspalovacím zařízení schváleném v souladu s článkem 12, nebo
  - ii) v případě tavených/škvařených tuků dále zpracován na tukové deriváty k využití v organických hnojivech nebo půdních přídatcích nebo pro jiné technické využití, avšak v jiných než v kosmetických a léčivých přípravcích a zdravotnických prostředcích, nebo tukových zařízeních kategorie 2, schválených v souladu s článkem 14;
- c) zpracován ve zpracovatelském zařízení schváleném v souladu s článkem 13 s využitím zpracovatelské metody 1, v kterémžto případě musí být výsledný materiál trvale označen, pokud to bude technicky možné, zápachem, v souladu s přílohou VI kapitoly I a:
  - i) v případě výsledného materiálu bílkovinné povahy, využit jako organické hnojivo nebo půdní přídatek v souladu s požadavky, pokud existují, přijatými postupem podle čl. 33 odst. 2 po konzultaci s příslušným vědeckým výborem,
  - ii) přeměněn v zařízení na výrobu bioplynu nebo kompostování schválenými v souladu s článkem 15, nebo
  - iii) zneškodněn jako odpad zahrabáním na skládce schválené podle směrnice Rady 1999/31/ES;
- d) v případě materiálu rybího původu, zesilážován nebo zkompostován v souladu s pravidly přijatými postupem podle čl. 33 odst. 2;
- e) v případě hnoje, obsahu zažívacího traktu vyjmutého ze zažívacího traktu, mléka a mleziva, pokud je příslušný orgán nepovažuje za riziko šíření závažné přenosné choroby:
  - i) využit bez zpracování jako surovina v zařízení na výrobu bioplynu nebo kompostování schváleném v souladu s článkem 15 nebo upraveny v technickém zařízení schváleném k tomuto účelu v souladu s článkem 18;
  - ii) použit na půdu v souladu tímto nařízením, nebo

- iii) přeměněn v zařízení na výrobu bioplynu nebo kompostování v souladu s pravidly schválenými postupem podle čl. 33 odst. 2;
- f) v případě celých těl nebo částí těl volně žijících zvířat, která nejsou podezřelá z infekce chorobami přenosnými na člověka nebo zvířata, využít k produkci loveckých trofejí v technickém zařízení schváleném k tomuto účelu v souladu s článkem 18, nebo
- g) zneškodněn jinými způsoby nebo využít jinými způsoby schválenými postupem podle čl. 33 odst. 2 po konzultaci s příslušným vědeckým výborem. Tyto způsoby mohou buďto doplňovat nebo nahrazovat způsoby podle písmen a) až f).

3. Přejídná manipulace nebo přejídné uskladnění materiálů kategorie 2 s výjimkou hnoje smí probíhat pouze v zařízeních pro přejídnou manipulaci kategorie 2 schválených v souladu s článkem 10.

4. Materiál kategorie 2 nesmí být uváděn na trh ani vyvážen s výjimkou případů v souladu s tímto nařízením nebo pravidly stanovenými postupem podle čl. 33 odst. 2.

### *Materiál kategorie 3*

1. Materiál kategorie 3 zahrnuje vedlejší produkty živočišného původu dle následujícího popisu, nebo jakýkoli jiný materiál, který tento vedlejší produkt obsahuje:

- a) částí poražených zvířat, které jsou požitelné v souladu s právními předpisy Společenství, ale které nejsou určené pro lidskou spotřebu z obchodních důvodů;
- b) částí poražených zvířat, které byly prohlášeny za nepožitelné, ale které nenesou žádné známky chorob přenosných na člověka nebo zvířata a které pochází z těl zvířat, která jsou požitelná v souladu s právními předpisy Společenství;
- c) kůže, kopyta, paznehty a rohy, prasečí štětiny a peří pocházející ze zvířat poražených na jatkách, která prošla veterinární prohlídkou před porážkou a která byla v důsledku této prohlídky shledána vhodnými pro účely porážky pro lidskou spotřebu v souladu s právními předpisy Společenství;
- d) krev získaná ze zvířat jiných než přežvýkavců pocházející ze zvířat poražených na jatkách, která prošla veterinární prohlídkou před porážkou a která byla v důsledku této prohlídky shledána vhodnými pro účely porážky pro lidskou spotřebu v souladu s právními předpisy Společenství;
- e) vedlejší produkty živočišného původu pocházející z výroby produktů určených pro lidskou spotřebu včetně odtučněných kostí a škvarků;
- f) zmetkové potraviny živočišného původu, nebo zmetkové potraviny obsahující produkty živočišného původu, jiné než kuchyňský odpad, které nejsou již dále určeny pro lidskou spotřebu z komerčních důvodů nebo vzhledem k produkčním problémům či závadnému balení, které však nepředstavují žádné riziko pro zdraví lidí ani zvířat;
- g) syrové mléko pocházející ze zvířat, která nevykazují žádné klinické příznaky choroby přenosné tímto produktem na lidi nebo zvířata;
- h) ryby nebo ostatní mořští živočichové s výjimkou mořských savců, které byly uloveny na otevřeném moři za účelem výroby rybí moučky;
- i) čerstvé vedlejší produkty z ryb pocházející ze zařízení na výrobu rybích výrobků pro lidskou spotřebu;
- j) skořápky, vedlejší produkty z umělých líhní, vedlejší produkty z porušených vajec, které pocházejí ze zvířat, která nevykazují žádné klinické příznaky choroby přenosné tímto produktem na lidi nebo zvířata;
- k) kůže, kopyta, paznehty, peří, vlna, rohy, chlupy a kožešina, které pocházejí ze zvířat, která nevykazují žádné klinické příznaky choroby přenosné tímto produktem na lidi nebo zvířata a

l) kuchyňský odpad jiný než odpad uváděný v čl. 4 odst. 1 písm. e).

2. Materiál kategorie 3 musí být sbírán, přepravován a označen bez nepřiměřeného prodlení v souladu s článkem 7 a, s výjimkou opačných ustanovení článků 23 a 24 musí být:

a) zneškodněn přímo jako odpad spálením ve spalovnách schválených v souladu s článkem 12;

b) zpracován ve zpracovatelském zařízení schváleném podle článku 13 s využitím kterékoli zpracovatelské metody 1 až 5, v kterémžto případě musí být výsledný materiál trvale označen, pokud to bude technicky možné, zápachem, v souladu s přílohou VI kapitoly I, a zneškodněn jako odpad spálením nebo spoluspálením ve spalovacím nebo spoluspalovacím zařízení schváleném v souladu s článkem 12 nebo zahrabán na skládce schválené směrnicí 1999/31/ES;

c) zpracován ve zpracovatelském zařízení schváleném v souladu s článkem 17;

d) přeměněn v technickém zařízení schváleném v souladu s článkem 18;

e) využit jako surovina v zařízení na výrobu krmiva pro zvířata v zájmovém chovu schváleném v souladu s článkem 18;

f) přeměněn v zařízení na výrobu bioplynu nebo kompostování schváleném v souladu s článkem 15;

g) v případě kuchyňského odpadu uvedeném v odst. 1 písm. l) zpracován v zařízení na výrobu bioplynu nebo kompostování postupem podle čl. 33 odst. 2, nebo, dokud tato pravidla nebudou přijata, v souladu s vnitrostátními právními předpisy;

h) v případě materiálu rybního původu, zesiláčován nebo zkompostován v souladu s pravidly přijatými postupem podle čl. 33 odst. 2, nebo

i) zneškodněn jinými způsoby nebo využit jinými způsoby schválenými postupem podle čl. 33 odst. 2 po konzultaci s příslušným vědeckým výborem. Tyto způsoby mohou buďto doplňovat nebo nahrazovat způsoby podle písmen a) až h).

3. Přechodná manipulace nebo přechodné uskladnění materiálů kategorie 3 smí probíhat pouze v zařízeních pro přechodnou manipulaci kategorie 3 schválených v souladu s článkem 10.

## **2. Produkty kažení bílkovinné složky krmiv**

Dusíkaté látky se v krmivech mohou nacházet jak v anorganické, tak i organické formě.

### **Anorganická forma dusíkatých látek.**

V anorganické formě se dusíkaté látky v krmivech mohou vyskytovat v podobě dusičnanů ( $\text{NO}_3$ ) nebo dusitanů ( $\text{NO}_2$ ). Protože v krmivech animálního původu se tyto formy nacházejí jen ve velmi nízkých koncentracích nepředstavují z hlediska výživy zvířat živočišná krmiva vážné riziko.

### **Organická forma dusíkatých látek.**

V organické formě jsou v živočišných krmivech dusíkaté látky zastoupeny v podobě bílkovin, polypeptidů, peptidů, aminokyselin, dusíkatých bází, močoviny apod. Základní a nejvýznamnější složkou živočišných krmiv jsou proteiny, které jsou jedním z nejvýznamnějších zdrojů esenciálních aminokyselin. Jejich nedostatek stejně jako jejich nadbytek v dietách, je hrubou dietetickou závadou. Vysoké zastoupení proteinů v dietě, které výrazně překračuje potřebu zvířete, může působit jako antinutriční faktor, a to tím, že

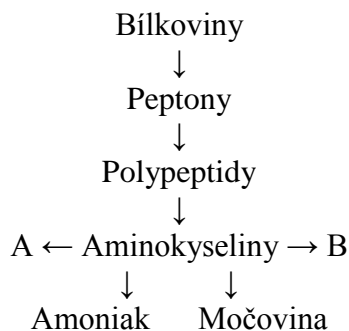
dochází k enormní zátěži jater a ledvin v důsledku zvýšení metabolických procesů spojených s jejich odbouráváním a vylučováním. Bylo experimentálně prokázáno, že přísun velkého množství dietního proteinu mění i funkce ledvin. Zvýšeným průtokem krve ledvinami dochází k výrazné hyperfiltraci plazmy v glomerulech, zvýšenému vylučování moči, což je spojeno i s nadměrným vylučováním vápníku, který se podílí na její pufraci. Naopak u fosforu se zvýšilo zadržování. Dlouhodobý vysoký příjem bílkovin může ovlivnit odvápnění kostí a zakyselování organismu.

Jako antinutriční faktor může působit i předávkování esenciálních aminokyselin. V odborné literatuře jsou popisovány případy toxicity aminokyselin (fenylalanin, tyroxin, tryptofan, methionin, cystin a histidin).

Jedny z nejvýznamnějších toxických látek jsou metabolity, vznikající při rozkladných procesech proteinů a dalších organických dusíkatých látek.

Rozklad bílkovin způsobují enzymy buněk a mikroorganismy. Postupný rozklad probíhá přes meziprodukty, až na aminy, fenol, kresol, indol, skatol a merkaptany. Dále se tvoří sirovodík a CO<sub>2</sub>.

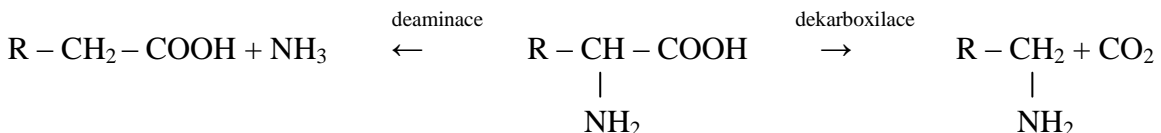
Postupný rozklad probíhá podle schématu (Hálik, 1972):



A) Aminokyseliny → aminy, fenol, p-kresol, indol, skatol, merkaptany, sirovodík, CO<sub>2</sub>

B) Aminokyseliny → mastné kyseliny → CO<sub>2</sub>, metan, H<sub>2</sub>

První procesy při rozkladu bílkovin jsou hydrolytické povahy. Štěpením peptidické vazby se uvolňují aminokyseliny. Proteolytická klostridia dovedou uvolněné aminokyseliny dekarboxilovat nebo deaminovat přičemž vznikají toxicky působící sloučeniny dle schématu.



Produkty výše uvedených degradací aminokyselin:

alanin	→	kys. propionová	→	arginin	→	ornitin	→	putrescin
valin	→	kys. isovalerová	→	lysin	→	kadaverin		
leucin	→	kys. isokapronová	→	tryptofan	→	tryptamín		
lysin	→	kys. kapronová	→	tyroxin	→	tyramin		

histidin → histamin  
fenylalanin → 2-fenylamin

Z biogenních aminů jsou toxikologicky nejvýznamnější putrescin, kadaverin, tyramin, spermin, 2-fenyletylamin a histamin. Ve většině případů lze současně zaznamenat silnou mikrobiální kontaminaci zárodky Enterobacteriaceae, Pseudomonas sp. a další. Za nejtoxičtější jsou považovány především aromatické aminy (histamin, tyramin), méně toxické jsou diaminy (putrescin, kadaverin).

Ze zdravotního hlediska biogenní aminy způsobují u přežvýkavců útlum bachorových rotací, lokální poškození sliznice bachoru a mají negativní vliv na bachorovou fermentaci. U monogastrů, stejně jako u přežvýkavců, dochází při detoxikaci biogenních aminů k zátěži jater a ledvin a k poškození sliznice střeva.

Velká řada antinutričních látek v proteinových krmivech živočišného původu vzniká i při nevhodném zpracování krmiv zejména při různých termických úpravách. Při vyšších teplotách dochází k denaturaci proteinů a tím klesá jejich stravitelnost u monogastrických zvířat.

Za závažnější změny lze pokládat reakce, ke kterým dochází mezi proteiny a dalšími živinami, při termickém ošetření krmiv, při kterých v krmivech vznikají toxické produkty. Za nejvýznamnější z těchto reakcí lze pokládat produkty Maillardovy reakce. Jde o reakci mezi amino skupinami s karbonylovými skupinami za vzniku tzv. Schiffových bází. Výsledkem jsou vysokomolekulární látky označované melanoidy, které jsou charakteristické svým hnědým zbarvením.

Z výživářského hlediska lze tyto degradace aminokyselin považovat za velice závažné, neboť při těchto procesech dochází ke snížení obsahu esenciálních aminokyselin, a tím ke zhoršení nutriční hodnoty krmiva.

Redukce aminokyselin:

- alanin → acetaldehyd
- leucin → 3-metylbutanal
- valin → 2-metylpropanal
- methionin → metional

V současné době jsou studovány i produkty nesprávného termického ošetření, případně nevhodného skladování u rybí moučky. Jde o toxickou látku označovanou jako gizerosin (GZR). Po chemické stránce se jedná o 2-amino-9-(4-imidazol)-7-azanonanoik kyselinu. Tvoří se reakcí eta-amino-radikálu lysinu s imidazolyletyl-radikálem histidinu nebo histaminu v průběhu zahřívání rybího masa. U zvířat, která přijímala krmivo s obsahem GZR, byly pozorovány patologické změny na kloubech, poškození ledvinového epitelu a výrazné změny na hepatocytech.

### 3. Produkty kažení tukové složky krmiv

Tuková složka krmiv podléhá po dobu skladování biochemickým a chemickým přeměnám. Biochemické změny jsou vyvolávány enzymy (lipáza). Změny probíhají zejména v tucích s obsahem vody. Chemické změny při žluknutí tukových částí probíhají autooxidací, kterou



podporuje světlo, teplo a katalytický účinek kovů. Vznikají peroxidy, karbonyly a mastné kyseliny.

Krmiva s vysokým obsahem tuku (rybí moučky, živočišné tuky apod.) uskladněné po delší dobu v nevyhovujících podmínkách se lehko kazí. Příčinou biologického znehodnocení suroviny jsou bakterie, viry a houby.

Oxidované lipidy tvoří velmi nebezpečnou skupinu látek vznikající působením vyšších teplot na nenasycené mastné kyseliny a cholesterol. Vznikají však i oxidací nenasycených mastných kyselin při pokojové teplotě žluknutím tuků. Jejich škodlivé působení na organismus spočívá v karcinogenním a aterogenním působení, poškozování buněk a urychlení jejich stárnutí. Prevencí vzniku těchto toxických látek je podávání antioxidantů do krmiv a krmných směsí.

Oxidací tuků vznikají některé mutageny, promotory a karcinogeny, jako např. hydroperoxidy mastných kyselin a cholesterolu, endoperoxidy a epoxidy mastných kyselin a cholesterolu, enové a jiné aldehydy, alkoxy a hydroperoxy radikály.

Za nejvýznamnější z těchto degradačních produktů tuků lze pokládat zejména lipoperoxidy. V krmivech je hodnotíme jako dieteticky závažné látky způsobující:

- snížení růstové intenzity zvířat,
- snížení produkce u hospodářských zvířat,
- degradaci vitamínů v krmivech,
- na celulární a subcelulární úrovni způsobují tzv. oxidativní stres,
- změnu v lipoproteinových frakcích krve v preklinickém stádiu aterosklerotických změn.

Tyto změny byly prokázány nejen u člověka, ale i u brojlerových kuřat a u vykrmovaných prasat při zkrmování fritovacích tuků.

Některé mastné kyseliny (abiogenní) jako kyselina eruková (C 22:1) z řepky olejné a rybích tuků, určité trans mastné kyseliny a rozvětvené mastné kyseliny zvyšují tvorbu peroxidů a radikálů. Působí zmnožení peroxisomů, protože jsou špatně oxidovány v mitochondriích a jsou přednostně oxidovány v peroxisomech.

Tvorbu kyslíkových radikálů podporuje vedle tuků také peroxid vodíku, olovo, kadmium a jejich soli, peroxidy, radiace, katechol, fenobarbital a mnoho karcinogenů (nitrosloucheniny, hydraziny, polycyklické uhlovodíky).

Běžně nenasycené mastné kyseliny, zejména kyselina olejová, linolová, linolénová a arachidonová jsou náchylné na oxidaci působením vzdušného kyslíku. Rovněž kyselina eikosapentaenová (EPK) a dokosaheptaenová v rybích tucích jsou velmi snadno oxidovány. Čím více má mastná kyselina nenasycených vazeb, tím je citlivější na oxidaci.

Vyšší teploty oxidaci velmi urychlují. Nejprve vznikají peroxidy mastných kyselin a pak se rozkládají na několik látek jako uhlovodíky, ketony, aldehydy a alkoholy. Vznikající sloučeniny je možno rozdělit do dvou základních skupin: na těkavé a netěkavé.

Z těkavých sloučenin jsou to kyselé látky s různou délkou uhlíkatého řetězce a nekyselé sloučeniny nasycených a nenasycených mastných uhlovodíků, estery, alkoholy, aldehydy, ketony, laktony a aromatické sloučeniny.

Z netěkavých sloučenin jsou to karbonylové sloučeniny, peroxidy včetně epoxidů, hydroxymastné kyseliny, alkokysubstituované nenasycené estery, cyklické monomerní, dimerní a polymerní uhlovodíky a konjugované deriváty ketonů. Polymery mastných kyselin vznikají při všech reakcích, kdy se tvoří volné radikály. Může probíhat i za nízké teploty a bez kyslíku.

Stupeň oxidace tuků lze orientačně posoudit podle pachu a chuti, typické pro žluklé tuky. Přesně laboratorním stanovením oxidů a peroxidů. Experimentální studie u zvířat ukázaly, že polární sloučeniny ze zahřívání tuků působí značné patologické poškození tkání orgánů. Jsou poškozovány proteiny, lipidy, nukleové kyseliny a sulfhydrylové skupiny. Vznikají křížové reakce makromolekul. Dochází k destrukci bílkovin, inhibici proteosyntézy a nukleových kyselin. Reaktivní oxidační produkty mění aktivitu enzymů a jejich inhibitorů, mění vnitřní hladiny cyklických nukleotidů, poškozují vnitřní membrány a působí cytotoxicky ve fagocytech.

Z výše uvedeného vyplývá, že tuky představují nejméně stabilní živinu krmiva, která je citlivá k celé řadě faktorů.

Velmi citlivé jsou tuky zejména vůči vyšším teplotám. Při termickém ošetření tuků dochází nejen k jejich rozkladu, ale i k izomeraci mastných kyselin. Při izomeraci vznikají transizomery mastných kyselin označované také jako biogenní mastné kyseliny. Tento proces izomerace mohou vyvolat i některé mikroorganismy v rámci svého mikrobiálního odbourávání tuků a syntéze tuků mikrobiálních. Velké množství těchto transizomerů vzniká především při ztužování tuků hydrogenací, pečení, fritování, ale i při zpracování krmiv při vysoké teplotě a tlaku. Toto byl i jeden z důvodů zákazu používání odpadních tuků z výroby potravin pro výživu hospodářských zvířat.

Transizomery mastných kyselin interferují s esenciálními mastnými kyselinami a tím blokuje jejich biologický účinek. V určitém slova smyslu je lze označit jako antivitamin F. Jejich negativní vliv na organismus zvířat lze shrnout do níže uvedených bodů:

- obecně narušují činnost žláz s vnitřní sekrecí,
- cílově tlumí činnost varlat a vaječnicků,
- snižují syntézu prostaglandinů,
- mohou vyvolat poruchy srdeční činnosti,
- jejich účinek je dáván i do souvislosti s hemolytickou anémií,
- u hospodářských zvířat bylo pozorováno snížení příjmu krmiva a s tím související pokles produkce.

#### **4. Produkty kažení sacharidové složky krmiv**

Sacharidy se rozkládají za zvýšené tvorby organických kyselin, které způsobují vzestup kyselosti vodního výluhu. Při termickém ošetření cukrů dochází k jejich karamelizaci. Na rozdíl od Maillardových reakcí je karamelizace proces bez spoluúčasti aminokyselin. Přesto, že při karamelizaci nedochází ke vzniku toxických produktů, snižuje se biologická hodnota cukrů a tím i nutriční hodnota krmiv.

Protože živočišná krmiva prakticky neobsahují sacharidy, vyjma glykogenu (z výživářského hlediska jde o zanedbatelné množství), nepředstavují sacharidy, a jejich degradační produkty, z toxikologického hlediska prakticky žádný problém.

Štěpné produkty vznikající při rozkladu bílkovin, tuků a vytvořené toxiny, vyvolávají podráždění sliznic trávicího ústrojí, působí degenerativní změny na játrech a dalších orgánech zvířat, což v konečné fázi vede k onemocnění zvířat a ke snížení jejich užitkovosti.

Z patologických projevů poškození bývá zjišťováno zpomalení růstu, snížení tělesné hmotnosti, ukládání tuku v srdci, záněty ve tkáních, nekrotická ložiska a malignizace tkání vedoucí ke vzniku nádorů.

## 5. Kontaminanty

Kontaminanty představují jedny z nejzávažnějších antinutričních látek v krmivech. Je to dáno především tím, že v živých organismech, které jsou zdrojem animálních krmiv dochází k jejich kumulaci a s tím související i koncentraci. Veškeré kontaminanty lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- fyzikálně mechanické kontaminanty,
- chemické kontaminanty,
- biologické kontaminanty.

### Fyzikálně mechanické kontaminanty

**Fyzikálně mechanické kontaminanty** – jde o přítomnost příliš hrubých, tvrdých, ostrých ale i prachových částic, které mohou kontaminovat animální krmiva. Jejich antinutriční charakter lze spatřovat v tom, že mechanicky poškozují sliznice gastrointestinálního traktu, navíc mohou negativně působit svým chemickým složením a mohou být i významným nositelem nejrůznějších patogenních partikulí. Většinou je přítomnost těchto látek v krmivu spojena z hrubými nedostatky při výrobě krmiv.

**Radioaktivní látky** – jde o nejzávažnější kontaminanty. V krmivech vystupují v podobě nejrůznějších radionuklidů. Jejich biologický účinek závisí na řadě faktorů, z nichž je nejvýznamnější typ a dávka záření. Z nejvýznamnějších radionuklidů lze uvést radioaktivní cesium (Cs), stroncium (Sr), plutonium (Pu), yttrium (Y), lanthan (La), plutonium (Pu), jod (I) a další radioaktivní prvky.

### Chemické kontaminanty

**Anorganické kontaminanty** – jde zejména o různé toxické prvky, které také označujeme jako metaloidy.

Z nejvýznamnějších metaloidů lze uvést kontaminanty ze skupiny těžkých kovů jako je olovo (Pb), kadmium (Cd) a rtuť (Hg). Z dalších prvků, které mají již menší význam, ale které také mohou kontaminovat krmiva, to jsou arsen (As), měď (Cu), mangan (Mn), berylium (Be), chrom (Cr), cín (Sn), selen (Se) a další.

## Rizikové chemické prvky

Podle vyhlášky 117/1987 Sb. byly do skupiny cizorodých látek, u nichž byla stanovena nejvyšší přípustná množství, řazeny: antimon, arzén, cín, fluór, hliník, chrom, jod, kadmium, měď, nikl, olovo, molybden, mangan, kobalt, rtuť, selen, zinek, železo (celkem 18 prvků). Podle vyhlášky 264/1993 Sb. bylo zařazeno 11 prvků: antimon, arzén, cín, fluór, hliník, chrom, kadmium, nikl, olovo, rtuť a vanad. Podle vyhlášky 451/2000 Sb. jsou mezi nežádoucí látky zařazeny: arzén, fluór, kadmium, olovo a rtuť. Zvýšená pozornost by měla být věnována zatížení krmiv tzv. rizikovými chemickými prvky, zejména kadmiu, rtuti, olovu a do jisté míry i chromu.

**Kadmium.** V rostlinných a živočišných tkáních jsou opakovaně nacházeny vyšší hladiny kadmia. Zdroje kontaminace životního prostředí jsou mimo zpracovatelského průmyslu také energetika a veškeré systémy spalující fosilní paliva. Kadmium je obsaženo spolu s jinými chemickými prvky i v kyselých srážkách, dále ve fosforečných hnojivech, zvláště ve fosfátech africké provenience, v komunálních odpadech, čistírenských kalech. Význačným zdrojem kadmia mohou být i suroviny používané k výrobě minerálních krmiv.

Hromadění kadmia v půdě v důsledku antropogenní činnosti nepříznivě ovlivňuje její úrodnost, činnost půdních mikroorganismů, růst a vývoj rostlin. Snižuje se jakost rostlinné produkce a následně je zdrojem výskytu kadmia v potravinových řetězcích.

Pro další zajištění výroby zemědělských produktů s vyhovujícím obsahem kadmia je nutné soustavně hladiny sledovat a hledat kontaminující zdroje a prosazovat opatření kontaminaci krmiv minimalizující.

**Rtuť.** Základní zdroje kontaminace prostředí sloučeninami rtuti jsou emise z energetických a průmyslových závodů, průmyslové odpady, odpadní vody, výroba a manipulace s rtuťnatými prostředky na moření osiva. U hospodářských zvířat chovaných v našich podmínkách je nejvýznamnější příjem rtuti krmivem. Až na výjimky je kontaminace živočišných produktů rtutí způsobena nezákonným a nezodpovědným zkrmováním mořeného osiva obilnin.

Používání přípravků na bázi rtuti pro moření obilí je spojeno se znečišťováním spodních i povrchových vod, do kterých je tento prvek splachován ze zasetých obilí. Dokazují to vysoké obsahy rtuti v mase a v orgánech mnoha druhů ryb. Rybí moučky vyrobené z kontaminovaných ryb jsou dalším zdrojem rtuti pro hospodářská zvířata. Obsah rtuti v rybích moučkách je uváděn 0,17 - 0,22 mg.kg<sup>-1</sup> a zkrmování těchto mouček se projevilo vzestupem rtuti v játrech a ledvinách. Nejvýrazněji vzrostl obsah v peří pokusných zvířat (až na 0,85 mg.kg<sup>-1</sup>). V této souvislosti lze upozornit na nebezpečí zkrmování péřové moučky vyráběné z kontaminovaného materiálu.

**Olovo.** Na základě údajů o pohybu olova v biosféře a v zemědělské výrobě je zřejmé, že jeho obsahy v rostlinných a živočišných produktech nedosahují u nás nebezpečných hodnot.

Do biosféry se olovo dostává především z výfukových zplodin motorových vozidel. Na základě údajů získaných z měření, která byla provedena do roku 1982, nehrozí akutní nebezpečí kontaminace rostlin používaných jako krmivo olovem ve vzdálenosti přesahující 20 - 50 m od komunikací. Závažná je situace v bezprostředním okolí dálnic a silně frekventovaných silnic, kde se koncentrace olova v porostech pohybuje v rozmezí 15 - 20 mg.kg<sup>-1</sup>. S postupným zaváděním bezolovnatého benzínu se bude toto riziko snižovat.

Vážná je situace v okolí průmyslových závodů, jako jsou hutě, doly, kde v souvislosti s výrobou a zpracováním barevných kovů a spalováním uhlí.

Dalším zdrojem olova může být skupina surovin používaných k výrobě minerálních krmiv. V superfosfátech se zjistily dosti vysoké hodnoty olova jak u provenience africké (23 - 43 mg.kg<sup>-1</sup>), tak ruské (25 - 30 mg.kg<sup>-1</sup>). V krmných fosfátech bylo zjištěno olovo v rozmezí od 0,72 do 6,89 mg.kg<sup>-1</sup>.

Chrom. Nejzávažnějším zdrojem chromu představuje pro hospodářská zvířata hydrolyzát chromočiněných kožních odpadů, tzv. glutinový šrot. Chrom je obsažen v emisích hutí a elektráren, uplatňuje se při výrobě chromových pigmentů s využitím v barvířství, tiskařském průmyslu, při impregnaci dřeva, při výrobě zrcadel a v chemickém průmyslu.

Obsah chromu v krmivech od roku 1985 významně klesá. Nejzávažnějším zdrojem je již zmíněný glutinový šrot, jehož vyloučením ze systému výživy zvířat bylo již dříve doporučeno, dále obilní smetky, objemná krmiva z určitých oblastí, masokostní moučky, bentonit a některé komponenty minerálních krmných přísad.

Četnost překročení platných limitů klesá v pořadí rtuť > chrom > kadmium > olovo.

**Organické kontaminanty** – jde o velkou škálu nejrozličnějších organických látek, které mohou kontaminovat živočišná krmiva. Původ těchto látek je v zemědělské výrobě (pesticidy), nebo v průmyslové výrobě. Většina těchto látek je liposolubilních, tzn. že se kumulují v tucích. Z tohoto pohledu jsou krmiva živočišné provenience jejich významným nositelem. Většina těchto látek je charakteristická chronickou toxicitou a vysokou stabilitou a perzistencí.

V současné době lze z živočišných krmiv za aktuální a nejvýznamnější kontaminanty pokládat polychlorované bifenyly, polychlorované dibenzodioxiny a polychlorované dibenzofurany.

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou značně rozšířené kontaminanty vnějšího prostředí. PCB jsou průmyslové produkty značného komerčního významu, vznikající substitucí vodíkových atomů bifenyly jedním (monochlorbifenyly) až deseti atomy chloru (dekachlorbifenyly) a počet izomerů a homologů chlorovaných bifenyly je 209.

Toxicita jednotlivých izomerů PCB je značně rozdílná, některé dosahují toxicity chlorovaných dibenzodioxinů nebo dibenzofuranů, které mohou směsí těchto látek kontaminovat.

Na rozdíl od chlorovaných pesticidů se PCB dostaly do prostředí nechtěně, a to jednak otevřenými aplikacemi, nevhodným ukládáním na skládkách, vypouštěním do odpadních vod apod. Jejich likvidace je mimořádně obtížná vzhledem k jejich chemické stálosti, odolnosti vůči biologické degradaci a nehořlavosti.

V podmínkách ČR na sebe soustředily pozornost nátěrové hmoty určené na úpravu vnitřního povrchu silážních a senážních objektů, případně dalších zařízení živočišné výroby. Uvolňování polychlorovaných bifenyly z nátěrů a přenos reziduí do silážní hmoty je ovlivněn řadou faktorů, mimo jiné i koncentracemi organických kyselin vznikajících při konzervaci

píce silážováním. Nedodržení technologie přípravy píce, jejího uložení, nevytěsnění kyslíku z hmoty siláže, je provázáno zvýšenou tvorbou kyseliny octové, která uvolnění polychlorovaných bifenylnů ovlivňuje.

Z hlediska výživy hospodářských zvířat má vedle již zmíněného uplatnění PCB v nátěrových hmotách význam jejich použití v tepelno-technologických a hydraulických zařízeních, kde únik tekutin obsahujících tyto látky může kontaminovat krmiva (živočišné moučky, krmiva kontaminovaná únikem z mechanizačních strojů).

Polychlorované dibenzodioxiny (krátce PCDD nebo dioxiny) a –furany (PCDF nebo furany) jsou polychlorované aromatické uhlovodíky se dvěma fenylovými kruhy v molekule. Každý fenylový kruh může obsahovat maximálně 4 atomy chloru. Hovorově se pro zjednodušení a vzhledem k velké podobnosti dioxinů a furanů používá dnes souhrnné označení dioxiny pro směs izomerů PCDD a PCDF.

Již okolo roku 1970 byla o dioxinech poprvé zmínka v souvislosti s DDT. Do povědomí se však dostaly teprve v červenci 1976 při průmyslové havárii v italském Sevesu. Mezi nejtoxičtější dioxiny patří 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-para-dioxin (2,3,7,8-TCDD), který získal označení “Seveso-dioxin”, vzhledem k tomu, že byl hlavní složkou emisí. 2,3,7,8-TCDD byl odhalen v r. 1957 jako kontaminant pesticidu 2,4,5-trichlorfenoxyoctové kyseliny (2,4,5-T). Tento herbicid byl spolu s 2,4 D (2,4-dichlorfenoxyoctová kyselina) použit od roku 1962 ve válce ve Vietnamu jako defoliant. Vedle antropogenních emisí existuje již od pradávna přirozený původ těchto látek při spalování organických substancí, např. po úderu blesku nebo při erupcích lávy. Huminové látky a lignin obsahují organické sloučeniny na stejné bázi ovšem bez halogenových prvků ve velkém množství.

Podle počtu atomů chloru v molekule dioxinů se rozlišují monochlor- až oktachlor-dibenzodioxiny, příp. –furany. Z hlediska životního prostředí mají význam izomery se čtyřmi a více atomy chloru, v rámci hygieny potravin a toxikologie pak izomery se substitucí v poloze 2,3,7,8.

Čisté izomery PCDD/F jsou bezbarvé, krystalické látky s bodem varu od 420 °C. Termolýza nastává při teplotách 600 až 1000 °C. Obecně nejsou rozpustné ve vodě, za normálního tlaku vzduchu málo těkavé a stabilní v kyselinách a zásadách. Jde o lipofilní látky a proto se kumulují zejména v tukové tkáni zvířat a člověka.

Dioxiny a furany jsou syntetické látky, které vznikají v procesu spalování nebo při chemických procesech jako průvodní jev, příp. znečištění. Při spalování lze rozlišit dva mechanismy vzniku: ze sloučenin chloru, jako jsou např. chlorbenzen, chlorfenol, PCB, při 400 – 800 °C, z organických látek neobsahujících chlor, ale za přítomnosti chloru při 300 – 500 °C. V půdě jsou tyto sloučeniny prakticky imobilní.

Z celkového počtu 210 definovaných izomerů má pouze 7 dioxinů a 10 furanů toxikologicky závažnou substituci atomy chloru v poloze 2,3,7,8. Biologicky nejúčinnější izomer je 2,3,7,8-TCDD.

Akutní toxicita této sloučeniny nehraje pro člověka s výjimkou havárií žádnou roli. Příznaky akutní otravy dioxiny se vyskytují na kůži a postihují dále játra, nervový a imunitní systém. Nejčastějším projevem poškození kůže byl výskyt chlorakné. Akutní smrtelná dávka pro člověka není známá. U těchto sloučenin je významná chronická toxicita a možný

kancerogenní účinek. Informace o tomto působení lze získat převážně z pokusů na zvířatech, zejména hlodavcích. Tyto nálezy pak doplňují údaje epidemiologických studií s vysoce exponovanými lidmi. Vzhledem k rozdílné citlivosti pokusných zvířat a člověka je však interpretace zjištěných výsledků ztížená.

Předpokladem všech pozorovaných účinků u obratlovců i člověka je vazba dioxinů na buněčný Ah-receptor. Tento účinek může být iniciován také vazbou látek se strukturou podobnou dioxinům (např. PCB) na vazebná místa Ah-receptoru. Organismus nereaguje na vazbu jednoho izomeru, nýbrž na kumulativní zatížení látkami s vazbou na receptory. Funkčně představuje Ah-receptor transkripční faktor aktivovaný ligandy, který řídí tvorbu určitých enzymů. Takto lze PCDD/F přiřadit účinek podobný hormonům. Experimentálně prokázané účinky zprostředkované vazbou na Ah-receptory jsou např.: indukce enzymů: zvýšení syntézy enzymů metabolizujících cizorodé látky, inhibice genové exprese: nulová tvorba některých enzymů, např. glukózo-6-fosfatázy, ovlivnění syntézy a aktivity buněčných receptorů a růstových faktorů.

Donedávna byl za největší nebezpečí považován potenciální kancerogenní účinek PCDD/F. Na tom se zakládal i toxikologický odhad rizika, neboť v pokusech na zvířatech bylo možné vyvolat velmi nízkými dávkami tvorbu nádorů v různých tkáních a orgánech.

V letech 1991 – 1994 bylo poukázáno na imunotoxický účinek a na toxický účinek pro reprodukci. PCDD/F se zařazují do skupiny genově netoxických kancerogenů, protože se nepodařilo prokázat žádné vzájemné působení s genetickým materiálem buňky. V oblasti reprodukční toxicity byla v pokusech na zvířatech s TCDD zjištěna embryo- a fetotoxicita, teratogenita, ovlivnění samčí i samičí plodnosti, pre- a postnatální poruchy vývoje v souvislosti s expozicí matky TCDD. U člověka se dosud nepodařilo prokázat statisticky významný reprodukčně toxický účinek, a to ani po vysokých expozicích TCDD v Sevesu nebo Vietnamu.

Velká pozornost je věnována imunotoxickému působení dioxinů. Dioxiny jsou buněčné jedy. Působením na membrány, receptory, enzymy a hormony se mění funkce nervových buněk a buněk imunitního systému. Pokusy na zvířatech odhalily již dříve negativní vliv TCDD na lymfatickou tkáň a orgány, zvláště brzlík. Vysokými, ale subletálními dávkami (> 1 µg TCDD/kg tělesné hmotnosti - TV) došlo u hlodavců k involuci brzlíku. Podáváním dioxinů v dávkách, které jinak nevedly k žádným biologickým změnám, došlo k narušení imunitních reakcí zprostředkovaných T- a B-lymfocyty. Zvýšila se vnímavost zvířat k bakteriálním, virovým i parazitárním nemocím. Prokázalo se, že TCDD ovlivňuje proces vyžívání a diference imunokompetentních buněk.

Toxikokinetika, tj. míra příjmu, distribuce a stupeň metabolizace v organismu, určuje stupeň toxického působení dioxinů a je závislá na druhu, izomeru a dávce. Příjem dioxinů do organismu může nastat cestou perorální, inhalační a transkutánní, přičemž poslední dva jmenované způsoby nemají za normálních podmínek význam, pouze v případě expozice na pracovišti nebo při haváriích. Vstřebávání dioxinů v trávicím traktu závisí na látce, kde jsou dioxiny obsaženy, dále na velikosti molekuly a rozpustnosti izomerů. V pokusech na zvířatech bylo zjištěno, že v případě obsahu dioxinů v tuku (což je z hlediska hygieny potravin většina případů) nastává resorpce v trávicím traktu kolem 80 % přijaté dávky. Jsou-li dioxiny adsorbovány na povrchu prachových částic, je resorpce podstatně horší, izomery vázané na aktivní uhlí se nevstřebávají. Nejlépe se vstřebávají tetra- a pentachlordioxiny, zatímco u hepta- a oktachlordioxinů je vstřebatelnost slabší. Po průchodu střevním epitelem

se dostávají dioxiny do krve, kde se váží na sérové lipidy a lipoproteiny. U savců a ptáků dochází k rozdělení především mezi játra a tukovou tkáň, u ryb mezi svalovinu a tukovou tkáň. Pokusy na krysách ukázaly na závislost rozdělení TCDD mezi játra a tuk s ohledem na dávku. Při nízké dávce (10 ng TCDD/kg TV) se ukládá více TCDD v tukové tkáni než v játrech. Při dávkách nad 100 ng TCDD/kg TV stoupá procentuální podíl množství kumulujícího se v játrech. U lidí dochází ke kumulaci převážně v tukové tkáni, dominují OCDD.

Metabolizace dioxinů je považována za detoxikační reakce, které slouží k jejich eliminaci. 2,3,7,8-tetra- a pentachlordibenzofurany jsou metabolizovány v játrech krys s poločasem rozpadu 1 – 2 dny prostřednictvím enzymů (např. cytochrom P450). U furanů je pro rychlé odbourávání významná volná pozice 4- a 6-, kde dochází k hydroxylaci a následné glukuronizaci. Na rozdíl od krys nastává u lidí velmi pomalá metabolizace a PCDF jsou stálé. Poločas rozpadu TCDD je u krys mezi 10 - 31 dny. U lidí byla naopak publikována lhůta mezi 7 – 11 lety.

Faktory ekvivalentní toxicity: Dioxiny a furany se nacházejí v prostředí vždy jako směsi jednotlivých izomerů. Toxicita těchto izomerů je rozdílná. Pro srovnání toxického působení směsi izomerů a pro celkové posouzení je vhodné zavést srovnávací veličinu. Vychází se z předpokladu, že intenzita účinku směsi izomerů se skládá z účinků jednotlivých izomerů, tzn. u jednotlivých složek nenastává žádná interakce v jejich působení. Základem je nejtoxičtější izomer, tj. 2,3,7,8- TCDD, kterému byl přiřazen ekvivalentní faktor 1. Z něj jsou odvozeny faktory ekvivalentní toxicity, které definují intenzitu účinku jednotlivých izomerů ve srovnání s TCDD. Ekvivalent toxicity (TE) je veličina, které se připisuje stejný toxický účinek, jaký by mělo odpovídající množství 2,3,7,8-TCDD (1).

Z celkového příjmu dioxinů připadá 90 % na potraviny, z nichž dominují potraviny živočišného původu. V Německu je zatížení obyvatelstva pod 1 pg iTE/kg/TV/den.

Expozice přes potraviny činí podle těchto údajů 63,2 pg iTE/osobu a den. Procentuálně z toho připadá na mléko a mléčné výrobky 38,0 %, maso a masné výrobky 22,6 %, ryby 33,5 %, vejce 1,4 % a na potraviny rostlinného původu 4,4 %.

Mořské ryby jsou více kontaminovány než ryby sladkovodní. Maso ve srovnání s rybami je zatíženo podstatně méně. Vyšší hodnoty však mohou být nalezeny ve zvěřině.

Zajímavé jsou obsahy PCDD/F v mateřském mléce. V letech 1985 – 1990 byly v Německu zjištěné hodnoty kolem 30 pg iTE/g tuku, v posledních letech však klesla kontaminace o 40 – 50 %.

Výsledky získané v pokusech na zvířatech umožňují stanovit tzv. přijatelné denní dávky (Tolerable Daily Intake – TDI) pro člověka. Hodnota TDI představuje 1/100 nejnižší prahové dávky v pokusech na zvířatech pro nejcitlivější reakci. Tento tzv. No Observable (Adverse) Effect Level (NO/A/EL) činí pro krys 1 ng/kg TV a den a odpovídá hodnotě TDI pro člověka 10 pg iTE/kg TV a den (WHO – Euro, 1990). V Německu byla tato hodnota stanovena na 1 pg iTE /kg TV.

Vycházejí z výpočtu, že člověk smí přijat denně maximálně 70 pg iTE a z mléka a mléčných výrobků (obecně z mléčného tuku) pochází denně 38 % tohoto příjmu, potom touto cestou vstupuje nejvýše 26,6 pg iTE/den. Při asi 40 g mléčného tuku (máslo, sýry, mléko) denně je



to 0,6 pg iTE/g mléčného tuku. Bylo zjištěno, že průměrná zátěž mléčného tuku dioxiny odpovídá hodnotě 0,6 pg iTE/g.

Použije-li se tento výpočet pro tuk masa (včetně tuku v masných výrobcích), zjistí se tolerovatelná hodnota 0,4 pg iTE/g tuku. I zde prokázaly analýzy v tuku masa obsah reziduí dioxinu na těchto hodnotách.

### **Kontaminanty biologického charakteru**

Tyto kontaminanty mají původ v živých organismech. Kontaminaci krmiv těmito biologickými kontaminantami předchází většinou hrubé závady charakterizované nedodržíváním předpisů a nařízení při výrobě, uskladnění a manipulaci s krmivy. Tyto biologické kontaminanty lze rozdělit do dvou základních skupin:

- mikroskopické kontaminanty,
- makroskopické kontaminanty.

#### **Mikroskopické kontaminanty:**

##### **a) priony**

#### **Bovinní spongiformní encefalopatie**

V roce 1986 byla ve Velké Británii objevena bovinní spongiformní encefalopatie (BSE) a relativně rychle se rozšířila cestou kontaminovaných krmiv na území obchodních partnerů v Evropě (Ricketts, 2004). Praxe využití mouček z uhynulých těl skotu jako krmiva vedla k recyklaci prionů, původců onemocnění a následnému vzniku nových míst zdrojů epidemií v zemích přijímající toto krmivo.

Nástup rychlých diagnostických testů a jejich široké využití vedlo k průkazu BSE v zemích dříve onemocnění neuvádějící a rozpoznání velkého počtu infekcí v zemích, kde dříve byly uváděny jen klinické případy. WHO doporučila, aby eradikace BSE zůstala základním principem ochrany veřejného zdraví a úkolem národní i mezinárodní kontroly (Ricketts, 2004).

Existuje diskuse, zda BSE by měla být klasifikována jako infekce, nákaza, zoonóza nebo zda odpovídá definici produkčního onemocnění. Transmisivní spongiformní encefalopatie (TSE) jsou označovány za chronická zhoubná onemocnění se spongiformní vakuolizací a akumulací infekčních proteinových prionů v CNS. Je velmi pravděpodobné, že BSE pochází z ovčí scrapie i když to zatím vyvolává diskusi. Onemocnění může být přeneseno ze skotu na řadu druhů s důsledkem malých TSE epidemií u koček domácích, zoo zvířat, přežvýkavců a lidí. V terénu existuje přenos krmivem kontaminovaným proteinem přežvýkavců a dodržování preventivních opatření zabrání recyklaci infektu a redukuje počet nových infekcí (Doherr, 2003).

Povinné hlášení klinických podezření kombinované s plánovaným vyhledáváním BSE v rizikové populaci je pro posouzení stavu v zemi nezbytné.

Infekční studie a přenos na další druhy zvířat klasifikují BSE jako infekci a zoonózu. Absence vylučování původce a horizontální šíření kategorizuje BSE jako nekontagiozní.

BSE lze považovat za multifaktoriální infekční onemocnění, které je závislé na faktorech managementu (především krmivu) a proto patří do skupiny definované jako produkční choroby (Doherr, 2003).

Subakutní TSE byly po určitou dobu známy u lidí a zvířat, ale až do vzniku krize „šílených krav“ jim byla věnována malá pozornost. BSE zvýšila pozornost na současné farmářství a nastolila otázku kanibalizmu jako celku a jeho zneužití u býložravců. I když svět kanibalizmu může se zdát nadměrný v případě skotu je pravda, že BSE se šířilo z krávy na krávu přes krmení masokostní moučkou kontaminovanou infekčním materiálem. Všeobecně toto tvrzení upozorňuje na problém kanibalizmu mezi druhy zvířat (Moutou, 2004).

### Historie bovinní spongiformní encefalopatie (BSE)

1981: Britský krmivářský průmysl zjednodušil, z důvodu snižování nákladů, technologický postup při výrobě živočišných mouček.

22. prosince 1984: Veterinář David Bee vyšetřuje v Sussexu “krávu 133”. Sedm měsíců později je diagnostikována spongiformní encefalopatie.

11. února 1985: “Kráva 133” pošla. Mezitím vykazují také jiné krávy stejné příznaky. Začala epidemie BSE.

1986: Britští vědci vysvětlují, že se objevilo nové onemocnění. Získalo název bovinní spongiformní encefalopatie (BSE).

Prosinec 1987: Odborná vyšetření poukazuje, že možným zdrojem infekce BSE ve Velké Británii je zkrmování velkého množství živočišných mouček.

Říjen 1988: Byl prokázán přenos BSE na myši. Znamená to, že BSE může překonat mezidruhové bariéry.

Červenec 1989: EU zakazuje vývoz skotu z Velké Británie, který byl narozen před 18. červencem 1988 včetně telat, která pocházejí z krav podezřelých z BSE.

9. dubna 1990: EU se rozhodla pro zákaz vývozu hovězího z Velké Británie, které by mohlo potenciálně pocházet ze skotu stíženého BSE.

2. listopadu 1990: ve Švýcarsku odhalen první případ BSE. Jde rovněž o první případ na evropském kontinentu, kdy postižené zvíře nebylo importováno.

Prosinec 1990: Komise EU vydává zákaz zkrmování živočišných mouček pro skot, ovce a kozy.

Březen 1991: Poprvé onemocněl BSE skot, který se narodil po zákazu zkrmování živočišných mouček v roce 1990. Je to první případ tzv. BAB (born after ban).

1992: Německo hlásí první případ BSE. Jde o postižený kus dovezený z Velké Británie.

Duben 1996: EU ukládá Velké Británii odstranit veškerý skot starší 30 měsíců. Jde o 4 miliony kusů.

18. červenec 1996: EU předepisuje pro zpracování zvířecích odpadů na živočišné moučky tepelné ošetření po dobu 20 minut při 133 °C a tlaku 3 bary. Tyto podmínky jsou nutné pro zničení prionů – původců BSE.

23. dubna 1998: zavedení rychlého testu na BSE v EU.

23. června 1999: EU stanovila opětovné povolení exportu hovězího masa z Británie na 1. srpen 1999.

29. října 1999: Expertní komise EU objasňuje německé a francouzské pochybnosti o britském hovězím jako liché.

1. srpna 2000: Vědecký řídicí výbor Komise EU předkládá studii o riziku BSE. Podle této práce je Německo spolu s Francií zařazeno do kategorie 3 – “pravděpodobné riziko”.

24. listopadu 2000: V německém státě Schleswig-Holstein je odhalen první původní případ BSE.

Září 2004: V ČR bylo do současnosti prokázáno 14 případů BSE.

## **b) viry**

Krmiva živočišné provenience mohou být významným zdrojem virových partikulí, které mohou vyvolat velmi závažná onemocnění zvířat, jako je:

Nakažlivá obrna prasat (Kloboukova nemoc)

Vezikulární choroba prasat

Slintavka a kulhavka

Vezikulární exantém prasat

Slizniční nemoc skotu

Mor prasat

Infekční gastroenteritida prasat

Newcastleská choroba (Pseudomor drůbeže)

Mor skotu

Choroba meadi a visna

Aujeszkyho choroba

Africký mor prasat

Výše uvedené virové choroby jsou jen stručným přehledem těch nejzávažnějších onemocnění virové etiologie. Obecně lze konstatovat, že živočišná krmiva mohou být velmi významným faktorem při přenosu viróz. Proto je nutné z veterinárního hlediska přísně dozorovat živočišná krmiva od jejich vzniku, zpracování až po vlastní krmění.

## **c) bakterie**

Bakterie vytvářejí mnoho toxinů, které v mnoha případech mohou ohrožovat zdraví zvířat.

Salmonella typhi

Salmonella paratyphi

Clostridium botulinum

Clostridium perfringens

Streptococcus fecalis

Escherichia coli

Campylobacter

TBC

Obdobně jako u virových onemocnění i u chorob bakteriální etiologie jsou krmiva animální provenience významným faktorem při přenosu bakteriálních chorob. I zde je nutné nad těmito krmivy dodržovat přísný veterinární dohled.

## **d) parazité**

Krmiva živočišného původu mohou být i významným vektorem při přenosu parazitárních onemocnění, a to proto, že tato krmiva mohou obsahovat parazity, jejich vajíčka, nebo jejich vývojová stádia. Jejich přítomnost v krmivech signalizuje hrubé hygienické nedostatky při jejich získávání, výrobě, nebo uskladnění.

## **Makroskopické kontaminanty (makroorganismy)**

### **a) bezobratlí**

Mezi bezobratlé živočichy kteří se vyskytují v krmivech patří řada druhů, které označujeme jako skladištní škůdce. Do této skupiny patří zejména zástupci z řádu roztoči (Acarina), pisivky (Psocoptera), brouci (Coleoptera) a motýly (Lepidoptera). Tyto organismy způsobují ztráty na krmivech a vyvolávají zdravotně – hygienické poškození krmiv. Zdravotně – hygienický dopad spočívá v tom, že kontaminují krmiva svými těly, nejrůznějšími výměšky a jsou významnými přenašeči patogenních agens. Jejich negativní dopad na krmiva lze shrnout do níže uvedených bodů:

- do krmiv vylučují alergické produkty (bio – alergeny),
- do krmiv vylučují produkty u nichž byla prokázána kancerogenita,
- zanechávají v krmivech zbytky chitinózních skeletů (bio –fragmenty),
- přenáší do krmiv virové patogeny,
- přenáší do krmiv bakteriální patogeny,
- přenáší do krmiv patogenní plísňe a jejich spory.

### **b) obratlovci**

Do této skupiny lze zařadit nejrůznější druhy škůdců z třídy ptáci (Aves) a savci (Mammalia).

Obecně lze shrnout jejich negativní vliv na krmiva do následujících bodů:

- způsobují ztráty konzumací krmiv,
- znehodnocení krmiv trusem, výkaly a močí.
- jsou významnými přenašeči infekčních onemocnění.

Největší význam z obratlovců mají především synantropní hlodavci, jako je potkan (*Rattus norvegicus*), krysa (*Rattus rattus*), myš domácí (*Mus musculus*), ale i řada synantropních hlodavců např. hraboš polní (*Microtus arvalis*), hrabošík podzemní (*Pitymys subterraneus*), hryzec vodní (*Arvicola terrestris*) případně různé druhy myšic (*Apodemus*).

## **6. Obecné zásady hodnocení a využívání krmiv živočišného původu**

Vedle zjištění rozsahu, v jakém jsou odpady živočišného původu k dispozici, jaké jsou jejich vlastnosti, skladovatelnost, požadavky na úpravu před zařazením do krmných směsí nebo dávek, jaká je jejich nutriční hodnota, stravitelnost, produkční účinnost a ekonomika využívání, je základním předpokladem uplatnění těchto zdrojů ve výživě zvířat i znalost obsahu specificky účinných či zdraví škodlivých látek a jejich působení na zdravotní stav zvířat při různém zastoupení v krmné dávce.

Zařazování těchto zdrojů do krmné dávky hospodářských zvířat je náročné jak z hlediska dodržování výživářského režimu, tak pro zajištění dostatečného množství a pravidelného přísunu těchto zdrojů. Snaha o jejich maximální využívání neznamena využívat tyto zdroje vždy a všude za každou cenu a podmínek, které by byly neekonomické, neefektivní a spíše škodlivé než prospěšné zdraví, a tím i užitkovosti zvířat.

Použitelnost zemědělských, průmyslových a jiných odpadů ke krmení hospodářských zvířat závisí na nutriční hodnotě a zdravotní nezávadnosti suroviny před opracováním.

Veterinárně zdravotní aspekty získávání, ošetření a používání těchto krmiv ve výživě hospodářských zvířat nejsou za žádných okolností dostatečné. Svědčí pro to události posledních let, kdy došlo k řadě „havárií“ a následným pochybnostem o bezpečnosti potravin.

## Literatura

- Boďa, K. et al. (1981): Netradičné krmivá vo výžive hospodárskych zvierat. Príroda, Bratislava. 324 s.
- Doherr, M.G. (2003): Bovine spongiform encephalopathy (BSE) – infectious, contagious, zoonotic or production disease? *Acta Vet. Scand. Suppl.*, 98: 33-42.
- Hálik, J. (1972): Hygiena krmív. 192-201. In: Labuda J. et al.(1972): Hospodárne využitie krmív a krmných zmesí. Príroda, Bratislava. 270 s.
- Herzig, I., Toulová, M. (1980): Veterinární problematika náhradních krmiv. ÚVTIZ, Praha. 67 s.
- Herzig, I., Toulová, M. (1983): Veterinarnye problemy ispolzovania netradicionnykh kormov. Kolos, Moskva. 56 s.
- Hennig, A., Poppe, S. (1975): Živočišné odpady jako krmivo. SZN, Praha. 302 s.
- Hlava B. (1979): Krmiva - jakostní znaky. ZNZ Praha. 171 s.
- Hrnčířová, D., Brožková, J. (1989): Překladový slovník: Výživa a krmení hospodářských zvířat. ÚVTIZ Praha. 280 s.
- Chrappa, V. (1992): Restrikčné metódy výživy, netradičné a alternatívne zdroje krmív u hydiny. Autoreferát dizetácie. SAV, ÚBGŽ Ivanka pri Dunaji. 52 s.
- Labuda J. et al.(1972): Hospodárne využitie krmív a krmných zmesí. Príroda, Bratislava. 270 s.
- Moritz, J.S., Latshaw, J.D. (2001): Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poult. Sci.*, 80 (1):79-86.
- Moutou, F. (2004): Grass-eater or meat-eater, a matter of prions. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 97 (2): 79-83.
- Pesti, G.M. (2003): Poultry protein. *Feed International*, 24 (11): 26-28.
- Ricketts, M.N. (2004): Public health and the BSE epidemic. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.*, 284: 99-119.
- Slavík, L. (1990): Využití živočišných odpadů pro krmné účely. ÚVTIZ, Praha. 75 s.
- Stratil, P. (1993): ABC zdravé výživy, Brno. 351 s.
- Yagi, F. et al. (1981) *J. Appl. Biochem.* 3: 58.

Van Heugten. E., Van Kempen, T.A.T.G. (2002): Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing-finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. J. Anim. Sci., 80 (1): 171-178.

Veselý Z. et al. (1984): Výživa a krmení hospodářských zvířat. SZN, Praha. 356 s.

Anonym: Polychlorierte Dibenzo-para-dioxine und Dibenzofurane. Handbuch Lebensmittelhygiene 8. Akt.-Lfg. 11/1998.

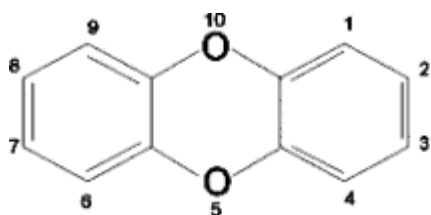
Vyhláška č. 451/2000 Sb., kterou se provádí zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění zákona č. 244/2000 Sb.

Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1774/2002 ze dne 3. října 2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu.

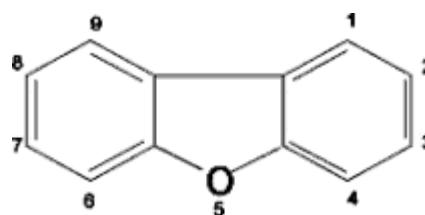
[http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=CS&numdoc=32002R1774&model=guichett](http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=CS&numdoc=32002R1774&model=guichett).

## Příloha 1.

Struktura PCDD a PCDF:



PCDD



PCDF

## Příloha 2.

Mezinárodní systém “NATO-CCMS-CODE” uvádí mezinárodní faktory ekvivalentní toxicity (iTEF)

Izomer	iTEF
2,3,7,8 – TCDF	0,1
1,2,3,7,8 – PeCDF	0,05
2,3,4,7,8 -PeCDF	0,5
1,2,3,4,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9 - HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	0,01
OCDF	0,001
2,3,7,8 – TCDD	1
1,2,3,7,8 – PeCDD	0,5
1,2,3,4,7,8 – HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8 – HxCDD	0,1
1,2,3,4,7,8,9 – HpCDD	0,01



### Příloha 3.

Počet atomů Cl v molekule	Homolog	Zkratka	Počet izomerů dioxinů	Počet izomerů furanů
1	monochlor....	-	2	4
2	dichlor....	-	10	16
3	trichlor....	-	14	28
4	tetrachlor....	TCDD/F	22	38
5	pentachlor...	PCDD/F	14	28
6	hexachlor...	HxCDD/F	10	16
7	heptachlor...	HpCDD/F	2	4
8	oktachlor....	OCDD/F	1	1
Suma izomerů			75	135