



VÝZKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY, v.v.i.
Praha Uhřetěves

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ
VĚDECKÝ VÝBOR VÝŽIVY ZVÍŘAT
KOMISE VÝŽIVY ODBORU ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY ČAZV

AKTUÁLNÍ POZNATKY VE VÝŽIVĚ A ZDRAVÍ ZVÍŘAT A BEZPEČNOSTI PRODUKTŮ 2015

Sborník z konference

22. října 2015

Praha Uhřetěves

OBSAH

MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK V KRMIVECH A AKTIVITY EFSA V OBLASTI VÝŽIVY ZVÍŘAT

PETR BENEŠ

ENDOKRINNÍ DISRUPTORY VE VÝŽIVĚ

JAROSLAV PETR, TEREZA ŽALMANOVÁ, KRISTÝNA HOŠKOVÁ, JAN NEVORAL,
KATEŘINA ZÁMOSTNÁ, ŠÁRKA PROKEŠOVÁ

PÍCNINY Z ČELEDI BOBOVITÝCH (FABACEAE): NEGATIVNÍ ÚČINKY NĚKTERÝCH OBSAHOVÝCH LÁTEK

LUBOMÍR OPLETAL, BOHUMÍR ŠIMERDA

ZMĚNY V ENERGETICKÉM HODNOCENÍ POTŘEBY PRO ZVÍŘATA

LADISLAV ZEMAN, PETR DOLEŽAL, EVA MRKVICOVÁ, PETRA ŽVÁČKOVÁ, PAVEL HORKÝ, PAVEL TVRZNÍK

MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK V KRMIVECH A AKTIVITY EFSA V OBLASTI VÝŽIVY ZVÍŘAT

Ing. Petr Beneš

Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor bezpečnosti potravin, Těšnov 17, 117 05 Praha 1

Klíčová slova:

monitoring, RASFF, EFSA, BREF, BAT

Monitoring cizorodých látek v krmivech

Každoroční sledování cizorodých látek v krmivech je prováděno Státní veterinární správou (SVS) a Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ).

Výsledky vyšetřování krmiv jsou posuzovány podle legislativy platné v době odběru vzorku, konkrétně podle směrnice EP a Rady č. 2002/32/ES o nežádoucích látkách ve znění pozdějších předpisů, doporučení Komise č. 576/2006/ES o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T-2 a HT-2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat. Z národní legislativy je to pak zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 356/2008 Sb., kterou se provádí zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění pozdějších předpisů.

SVS provádí vyšetřování krmných surovin a krmných směsí na obsah chemických prvků, zbytků pesticidních látek, nepovolených veterinárních léčiv, přítomnost mykotoxinů, případně antikokcidiv v krmivech pro finální fázi výkrmu. Krmiva s vyšším než přípustným obsahem kontaminujících látek a reziduí mohou být významným zdrojem potenciální zdravotní závadnosti surovin a potravin živočišného původu. Cestou vody k napájení zvířat mohou být podávány veterinární léčivé přípravky, případně i zakázaná léčiva. Proto se veterinární dozor soustředí na ta krmiva a krmné suroviny, případně vody, které tvoří významnou složku v krmné dávce určitého druhu jatečných zvířat, nebo mohou být, na základě zkušeností z minulých let, zdrojem kontaminace.

ÚKZÚZ provádí sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech, sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech, sledování správného používání doplňkových látek v krmivech a dalších parametrů týkajících se bezpečnosti krmiv

V roce 2014 bylo odebráno 1 038 vzorků krmiv, nevyhovujících bylo 31 vzorků (tedy 3,0 % hodnocených krmiv). Nejvyšší počet nevyhovujících vzorků byl zaznamenán u krmné suroviny glycerin z důvodu nedodržení deklarace obsahu sodíku a draslíku (8 vzorků) a kompletních krmiv pro selata ČOS (5 záchyťů). V roce 2013 cílené kontrole nevyhovělo 4,7 % odebraných vzorků.

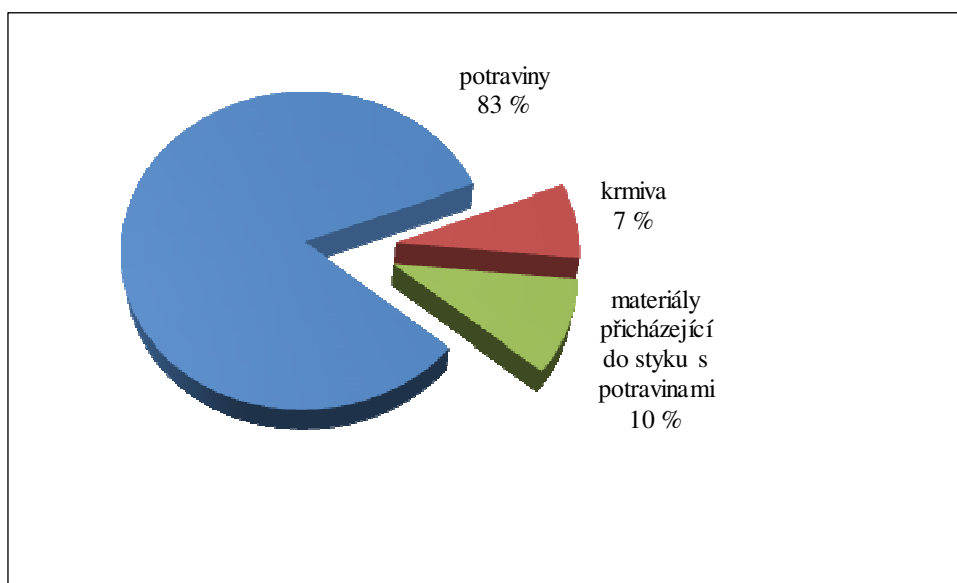
V rámci analytických činností bylo provedeno celkem 18 333 stanovení sledovaných parametrů, z toho nevyhovujících bylo 47 výsledků stanovení analytů. Nejčastěji nevyhověl obsah zinku a hořčíku (5 případů), sodíku (4), dále byla zjištěna pochybení týkající se přítomnosti tkání přežvýkavců (4) a obsahu draslíku (3).

RASFF

Systém rychlého varování pro potraviny a krmiva (Rapid Alert System for Food and Feed - RASFF) slouží pro sdílení informací o přímých nebo nepřímých rizicích ohrožujících zdraví lidí, zvířat a životní prostředí, která pocházejí z potravin nebo krmiv. Hlášení vyměňovaná systémem RASFF slouží zejména k zabránění uvedení rizikových potravin a krmiv do oběhu, případně jejich stažení ze společného evropského trhu.

Členem sítě pro oblast krmiv jsou SVS a ÚKZÚZ, na základě § 16 odst. 1 zákona č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění pozdějších předpisů.

Podíl oznámení týkajících se potravin a krmiv na celkovém počtu oznámení týkajících se České republiky v roce 2014



Oba dozorové orgány v roce 2014 řešily celkem 15 případů, nejčastěji se jednalo o přítomnost GMO, nálezy úlomků kostí živočichů v krmné směsi, nadlimitní množství mykotoxinů či přítomnost patogenních organismů.

Pokud jde o oznámení přijatá, týkající se České republiky (celkem 128), nejčastějšími prohřešky byl výskyt mykotoxinů a přítomnost geneticky modifikovaných složek.

Datum	Referenční číslo	Kategorie	Produkt	Nebezpečí	Oznamuje	Země původu	Dozorový orgán
10. 1. 2014	2014.0028	Informace	plná sušená drůbeží krev	úločky kostí	Polsko	ČR	ÚKZÚZ
29. 1. 2014	2014.0125	Informace	sójová moučka (krmivo)	Salmonella Mbandaka	Německo	Německo	SVS
31. 1. 2014	2014.0135	Informace	krmná směs pro papoušky se slunečnicovými semínky	aflatoxiny	Belgie	Belgie (surovina z Egypta)	ÚKZÚZ
6. 2. 2014	2014.0175	Informace	cholinchlorid	nepovolená GMO rýže Bt63	Belgie	Čína	ÚKZÚZ
25. 2. 2014	2014.0267	Informace	cholinchlorid	nepovolená GM rýže Bt63	Belgie	Čína	ÚKZÚZ
4. 6. 2014	2014.0642-inf03	Varování	inaktivované (krmné) kvasnice	melamin	Polsko	Litva (surovina z ČR)	ÚKZÚZ
11. 6. 2014	2014.0794	Informace	sušená střívka pro psy	Salmonella Stanley	Slovensko	ČR	SVS
20. 6. 2014	2014.0847	Varování	loupané arašídy	aflatoxiny	Belgie	Madagaskar	ÚKZÚZ

			(krmivo)				
22. 8. 2014	2014.1179	Varování	vejce a skořápky	Salmonella enteritidis	Dánsko	Dánsko	SVS
6. 10. 2014	2014.1363	Varování	žvýkačka pro psy	Salmonella Derby a vysoký obsah Enterobacteriaceae	Rakousko	ČR	SVS
7. 10. 2014	2014.1367	Varování	žvýkačka pro psy	Salmonella Derby, Salmonella London, Salmonella typhimurium DT 104 a vysoký obsah Enterobacteriaceae	Rakousko	ČR	SVS
24. 10. 2014	2014.1442	Varování	krmivo pro psy	Salmonella typhimurium, vysoký obsah Enterobacteriaceae	Rakousko	ČR	SVS
14. 11. 2014	2014.1249-inf12	Informace	riboflavin (vitamín B2)	nepovolený GM Bacillus subtilis	Rakousko	Čína přes Německo	ÚKZÚZ
25. 11. 2014	2014.1392-inf03	Informace	konzervované krmivo pro domácí mazlíčky	histamin	Polsko	Thajsko přes Itálii	SVS
12. 12. 2014	2014.1657-inf01	Informace	riboflavin (vitamín B2)	nepovolený GM Bacillus subtilis	Švýcarsko	Čína přes Švýcarsko	ÚKZÚZ

V kategorii oznámení odeslaných systémem RASFF z ČR, týkajících se kontroly trhu, byl v roce 2014 notifikován pouze jeden případ (SVS).

Datum	Referenční číslo	Kategorie	Produkt	Nebezpečí	Země původu	Dozorový orgán
5. 3. 2014	2014.0296	Informace	rybí moučka	Salmonella enterica	Dánsko, přes Slovensko	SVS

V případě krmiv byla v roce 2014 Česká republika označena jako země původu v 6 případech.

Datum	Produkt	Nebezpečí	Oznamuje	Dozorový orgán
10. 1. 2014	sušená drůbeží krev	úlomky kostí	Polsko	ÚKZÚZ
4. 6. 2014	inaktivované (krmné) kvasnice (surovina z ČR)	melamin	Polsko	ÚKZÚZ
11. 6. 2014	sušená střívka pro psy	Salmonella Stanley	Slovensko	SVS
6. 10. 2014	žvýkačka pro psy	Salmonella Derby a vysoký obsah Enterobacteriaceae	Rakousko	SVS
7. 10. 2014	žvýkačka pro psy	Salmonella Derby, Salmonella London, Salmonella typhimurium DT 104 a vysoký obsah Enterobacteriaceae	Rakousko	SVS
24. 10. 2014	krmivo pro psy	Salmonella typhimurium, vysoký obsah Enterobacteriaceae	ČR	SVS

Evropský úřad pro bezpečnost potravin

EFSA se při své činnosti věnuje také krmivům a jejich bezpečnosti. Ve spolupráci s Evropskou komisí provádí Vědecký panel pro přídatné látky nebo látky přidávané do krmiv (FEEDAP Panel) hodnocení bezpečnosti každého nového aditiva, které je přeloženo ke schválení. Společnosti, jež zamýšlí uvést takovou látku na trh, podávají EFSA příslušnou žádost obsahující podrobnou specifikaci aditivní látky, podmínky použití, kontrolní metody a data demonstrující její účinnost a bezpečnost. Členové Panelu předloženou žádost a poskytnutá data přezkoumají s ohledem na zdraví zvířat a lidí. Zkoumají se také dopady na životní prostředí, vč. posouzení možnosti vlivu reziduí na půdu, podzemní a povrchové vody. Současně, Referenční laboratoř Společenství (v tomto případě JRC) posuzuje analytické metody používané k určení přítomnosti aditiva v krmivu a jeho případných reziduí v potravíně.

Dalším úkolem EFSA ve vztahu k výživě zvířat je provádět hodnocení rizik ve specifických oblastech, jako jsou kontaminace krmiv v EU regulovanými produkty (např. kokcidiostatika, GMO) nebo zakázanými produkty (složky živočišného původu). V těchto specifických oblastech se na hodnocení bezpečnosti podílí i další vědecké panely EFSA, konkrétně Vědecký panel pro GMO (GMO Panel), Vědecký panel pro kontaminanty (CONTAM Panel) a Vědecký panel pro biologická rizika (BIOHAZ Panel).

Od 1. 7. 2015 je nové složení vědeckých panelů EFSA. Z České republiky nebyl do vědeckých panelů zvolen žádný odborník. Aktuální složení Vědeckého panelu pro přídatné látky nebo látky přidávané do krmiv (FEEDAP Panel):

FEEDAP Panel Members (2015-2018)

Guido Rychen, Chair
Secundino Lopez Puente, Vice-chair
Maria Saarela, Vice-chair
Gabriele Aquilina
Vasileios Bampidis
Maria De Lourdes Bastos
Georges Bories
Andrew Chesson
Pier Sandro Cocconcelli
Maria Luisa Fernandez-Cruz
Gerhard Flachowsky
Jürgen Gropp
Boris Kolar
Maryline Kouba
Marta Lopez-Alonso
Alberto Mantovani
Baltasar Mayo
Fernando Ramos
Roberto Edoardo Villa
Robert John Wallace
Pieter Wester

BREF pro drůbež a prasata

Dne 14. 8. 2015 byl vydán finální návrh referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách draft (BREF) pro velkochovy drůbeže a prasat přinášející závěry o nejlepších dostupných technikách (BAT). Závěry BAT budou po schválení BREF příslušnou pracovní skupinou Evropské komise závazné pro chovatele. Splnění parametrů stanovených BREF bude pro provozovatele podmínkou pro získání integrovaného povolení.

Literatura

1. Zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích v resortu zemědělství v roce 2014, Ministerstvo zemědělství, září 2015.
2. Zpráva o činnosti systému rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF) v České republice 2014, Ministerstvo zemědělství, září 2015.
3. www.efsa.europa.eu.
4. Finální návrh BREF pro velkochovy drůbeže a prasat. Dostupné na:
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP_Final_Draft_082015_bw.pdf

ENDOKRINNÍ DISRUPTORY VE VÝŽIVĚ

¹prof. Ing. Jaroslav Petr, DrSc., ²Ing. Tereza Žalmanová, Ph.D., ²Ing. Kristýna Hošková, ²Ph.D., Ing. Jan Nevoral, Ph.D., ²Ing. Kateřina Zámostná, ²Ing. Šárka Prokešová

¹ Výzkumný ústav živočišné výroby v. v. i., Praha 10 - Uhřetěves

² Katedra veterinárních disciplín, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze

Abstrakt

Endokrinní disruptory jsou definovány jako chemické látky, které mohou interagovat přímo či nepřímo s endokrinním systémem a výsledkem této interakce je narušení endokrinního systému, cílových orgánů a tkání. Role endokrinních disruptorů v procesech ovlivňujících zdraví lidí i zvířat, či v udržení biodiverzity je zatím jen neúplně prozkoumána. Řada látek s endokrinně disruptivní aktivitou se přirozeně vyskytují v potravinách a krmivech. Při vyváženém jídelníčku či krmné dávce nehrozí lidem či živočichům významnější rizika. Problematické mohou být jednostranné jídelníčky a nevyvážené krmné dávky, popřípadě i situace, kdy endokrinní disruptory z potravin a krmiva vstupují do komplikovaných interakcí s dalšími endokrinními disruptory vyskytujícími se v životním prostředí.

Úvod

Lidstvo a jeho aktivity se staly v několika posledních staletích natolik významným faktorem formujícím prostředí naší planety, že se pro tuto periodu lidských dějin začíná razit termín antropocén (Monastersky, 2015). Současná etapa vývoje lidské civilizace je kromě mnoha dalších fenoménů charakteristická i vysokým využíváním nových synteticky připravovaných látek, kterých lidstvo vytvořilo odhadem 50 000 až 100 000. Názorným příkladem jsou plasty, které se staly nedílnou součástí životního prostředí včetně moří a oceánů (Jambeck 2015). Mikroplastik—polymerová zrna, vlákna či zlomky o rozměrech menších než 5 milimetrů – se hromadí v oceánech (Corcoran et al., 2013), jsou zachyceny v polárním ledu (Obbart et al., 2014) a dostávají se i do živých organismů (Wright et al., 2013; Watts et al., 2014). V některých případech se plasty stávají součástí hornin označovaných jako plastiglomeráty (Corcoran et al., 2013).

Zatímco přítomnost plastů v životním prostředí je poměrně nápadná, jiné látky produkované člověkem se dostávají do životního prostředí ve velmi nízkých koncentracích a mohlo by se zdát, že nemohou napáchat vážnější škody. Přesto mají i tato stopová znečištění velký význam, který odborná veřejnost začíná poznávat a doceňovat, zatímco laická veřejnost si těchto rizik v drtivé většině není vůbec vědoma.

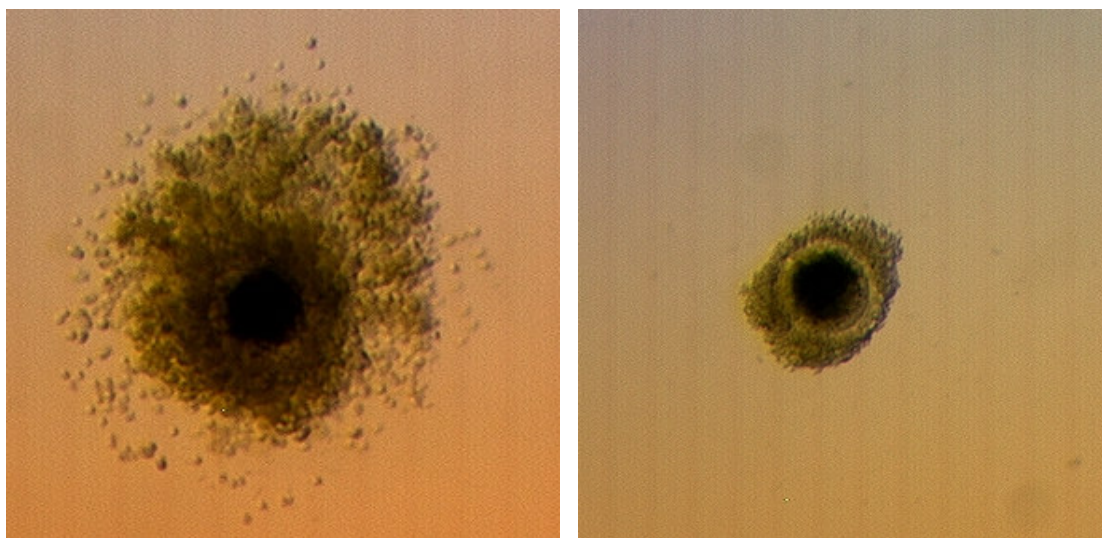
Příkladem jsou látky schopné závažným způsobem narušit hormonální rovnováhu v nejrůznějších organismech (Vandeberg et al., 2012), které jsou označovány jako endokrinní disruptory (Colborn 2004) a definovány jako “jakékoli chemické látky, které mohou interagovat přímo či nepřímo s endokrinním systémem a výsledkem toho je narušení endokrinního systému, cílových orgánů a tkání“ (EFSA, 2012).

Odhaduje se, že v důsledku expozice obyvatel Evropské unie endokrinními disruptory vznikají každoročně škody v celkové výši minimálně 157 miliard euro a to jak v nákladech na zdravotní péči,

tak i v ušlých příjmech. Horní hranice odhadu těchto škod se pohybuje kolem 270 miliard euro, což představuje 2 % hrubého domácího produktu (Trasande et al., 2015).

Endokrinní disruptory vstupují do organismu lidí i zvířat různými cestami a pocházejí z velmi různorodých zdrojů. Běžný je jejich příjem s potravou nebo s vodou. Mohou být ale také vdechovány nebo mohou prostupovat do organismu přes nenarušenou pokožku.

Příkladem endokrinních disruptorů, které se vyskytují v krmivech a potravinách a mohou významně ovlivnit zdraví lidí i zvířat je genistein obsažený v sóji. Sója se stala po zákazu masokostních mouček významným zdrojem proteinů pro řadu druhů hospodářských zvířat a je zkrmována v nezanedbatelných množstvích. S tím se dostává do organismu zvířat i genistein. Podobně je tomu i u některých skupin lidí, např. u vegetariánů. V naší studii (Vodková et al., 2008) jsme prokázali, že v přítomnosti genisteinu je významně narušeno zrání savčích vajíček (konkrétně oocytů prasete).



Obr. 1. Vlevo prasečí oocyt dozrálý v laboratorních podmínkách ve standardním kultivačním systému, vpravo je prasečí oocyt kultivovaný stejně dlouhou dobu s přídatkem genisteinu. Na oocytu, který zrál pod vlivem genisteinu je jasně patrná snížená produkce extracelulární matrix v populaci buněk z cumulus oophorus. Potlačení tzv. expanze kumulárních buněk pod vlivem genisteinu představuje komplikaci pro transport dozrálého oocyta vejcovodem i pro průnik spermie při oplození.

Příkladem endokrinních disruptorů, které vstupují do lidského či zvířecího organismu rozličnými cestami, jsou některé insekticidy ze skupiny pyretroidů. Pyretroidy se mohou vyskytovat na potravě či krmivech rostlinného původu z porostů ošetřených těmito insekticidy. Mohou se vyskytovat v živočišných produktech od zvířat konzumujících takto kontaminovaná krmiva nebo ošetřených pyretroidy proti ektoparazitům. Nacházejí se i ve vodě znečištěné při postřicích nebo po dešťových splasích z porostů zemědělských plodin chráněných pyretroidy před škůdci. Mohou být přítomné ve vzduchu po postřicích. V naší laboratoři jsme jako první prokázali negativní vliv některých pyretroidů na zrání savčích oocytů (Petr et al., 2013).

Ethinylestradiol ve vodním prostředí

Naléhavost problematiky endokrinních disruptorů se ukázala počátkem 90. let minulého století, kdy britští biologové prováděli víceméně rutinní screening zdravotního stavu ryb žijících u výtoků čistíček odpadních vod. Jako sentinelový organismus byla vybrána plotice obecná (*Rutilus rutilus*). U samečků tohoto rybího druhu byla ve varlatech prokázána vedle spermií přítomnost žlutku a u některých

dokonce i přítomnost jiker. Pohlavní žláza samců je obojetná – hermafroditní. Vědci usilovně pátrali po příčinách tohoto defektu v diferenciaci primárního pohlaví. Podezření padlo na farmaceutickou továrnu produkující hormonální antikoncepci. Pokud by některé produkty unikly do řeky, vysvětlovalo by to rybí hermafroditismus. Další šetření však odhalila podobně postižené ryby i v řece proti proudu nad továrnou, kam by se hormony nemohly dostat. Výskyt hermafroditních rybích samců byl vzápětí prokázán i na dalších anglických řekách, kde se farmaceutické provozy vyrábějící hormonální antikoncepci nevykytovaly (Akley et al., 1998).

Nakonec se ukázalo, že na vině je skutečně hormonální antikoncepce, konkrétně jedna z jejích hlavních složek syntetický steroidní hormon 17- β ethinylestradiol. Ten se však do řek dostává nečekanou oklikou přes uživatelky antikoncepce. Hormony z tablety se v těle žen částečně metabolizují a částečně se vyloučí v moči. Tělo opouští hormon v sulfátované formě s dramaticky sníženou účinností. V čističce je však sulfátovaný ethinyestradiol v důsledku metabolické aktivity bakterií opět desulfátován a jeho biologická aktivita se tím obnoví. Výsledkem je narušení vývoje gonád a drastické snížení plodnosti ryb. Překvapivé jsou koncentrace, v kterých tato komponenta hormonální antikoncepce vykazuje na ryby negativní efekt. Stačí pouhopouhých 5 nanogramů na litr vody (Gross-Sorokin et al., 2006). V amerických řekách se přitom běžně vyskytuje ethinylestradiol v koncentracích kolem 70 nanogramů na litr. Rekordní naměřené hodnoty šplhají nad 800 nanogramů na litr (Shved et al. 2008).

Nejistota kolem endokrinních disruptorů

Případem obojetnických samečků plotice obecné vstoupil ethinylestradiol do širšího povědomí odborné veřejnosti jako endokrinní disruptor. Laická veřejnost a dokonce ani širší vědecká společnost není však o problematice látek s endokrinně disruptivními účinky důkladněji informována. Je to dáno i skutečností, že endokrinní disruptory tvoří velmi pestré spektrum produktů a vedle mnoha komodit farmaceutického průmyslu, jako jsou látky používané pro hormonální antikoncepci, ale i běžné léky na potlačení bolesti a zánětů (ibuprofen, paracetamol aj.) se k nim řadí třeba i komponenty umělých hmot, nátěrů, postřiků proti hmyzu či plevelům a mnoho dalších.

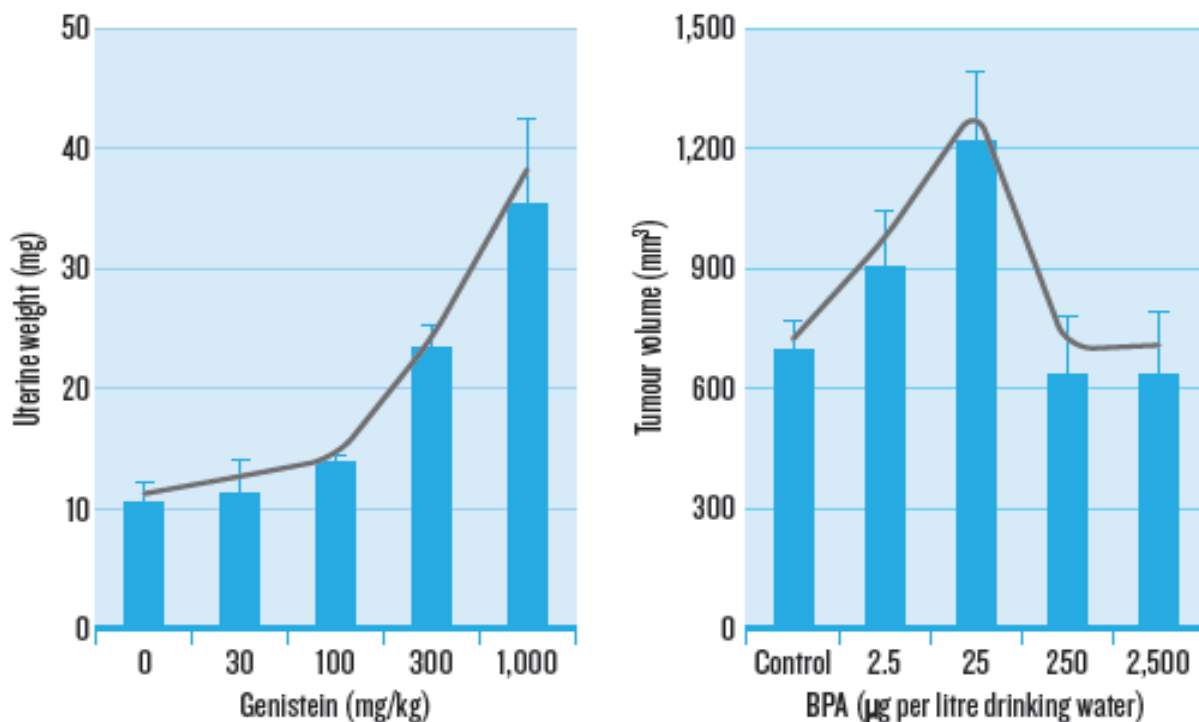
Jako endokrinní disruptory by mohla působit asi tisícovka molekul z celkového počtu 100 000 molekul vyráběných člověkem. Tento odhad je ale zatížen značnou nejistotou, protože mnohé i velmi běžně používané chemikálie teprve čekají na odhalení svých endokrinně disruptivních efektů.

Důvodů, proč o řadě látek netušíme, nakolik se mohou chovat jako nebezpečné endokrinní disruptory, je hned několik. V první řadě je to fakt, že z chemické struktury nelze často vyčíst, která molekula bude jako endokrinní disruptor působit a která je v tomto ohledu neškodná. Často se podobně jako hormony chovají i látky, jejichž molekuly nemají s hormony po chemické stránce nic společného. Příkladem jsou ionty těžkých kovů, jako je kadmium, zinek nebo měď, které dramaticky zasahují do signálních drah steroidních hormonů (Colborn et al., 2004).

Další úskalí při odhalování endokrinních disruptorů tkví v tom, že jako hormony působí už ve zcela nepatrných koncentracích. Někdy jejich účinky ve vysokých koncentracích paradoxně slábnou nebo dokonce mizí. Prakticky u každé chemikálie se testují toxické účinky. Z výsledků těchto testů se určí, v jakých koncentracích už látka neškodí. Bohužel, řada látek se začíná projevat jako hormon v koncentracích, které jsou mnohonásobně nižší než dávky, za kterých jsou toxické efekty zanedbatelné. Vědci proto mnoho endokrinních disruptorů při patřičně nízkých koncentracích ani netestovali (Vandenbeg et al. 2012).

Zrádné jsou endokrinní disruptory i proto, že často páchají na organismech škody jen v krátkém „časovém okénku“. Pokud se organismus potká s endokrinním disruptorem v kritickém stádiu svého vývoje, pak jsou následky jen těžko přehlédnutelné. Pokud se ale potká stejný organismus se stejnou látkou před kritickým obdobím nebo po něm, projde střet bez následků (Vandenbeg et al. 2012).

Efekt endokrinních disruptorů odporuje tradičně pojímaným toxikologickým zákonitostem i v tom, že má tzv. nemonotónní průběh. Například hojně rozšířená složka některých umělých hmot bisfenol A posiluje růst nádorů u myší. Pokud myš pije vodu s bisfenolem A v koncentraci 25 mikrogramů na litr, pak rostou její nádory dvakrát rychleji. Pokud dostává v litru vody 250 mikrogramů bisfenolu A nebo dokonce 2500 mikrogramů této látky, rostou její nádory stejně rychle, jako kdyby pila čistou vodu bez bisfenolu A (Jenkins et al., 2011). Viz obr. 2.



Obr. 2. Ukázka lineárního efektu genisteinu na hmotnost dělohy laboratorních myší a nelineárního efektu bisfenolu A na růst nádoru transplantovaného laboratorní myši.

Další komplikace při identifikaci endokrinních disruptorů spočívá v tom, že často mají na organismus devastující účinky jen v určitém období, např. krátce po narození (Toyama a Yuasa, 2004). Předtím ani potom žádné škody nepáchají. Navíc nemusí být bezprostředně po „zásahu“ endokrinním disruptorem napáchané škody patrné. Neblahé následky se dostaví až s odstupem času. A samozřejmostí je, že se jednotlivci liší silou reakce na endokrinní disruptor. To co někomu ublíží, jinému nevaří a dalšímu to snad může dokonce prospět. Rozdílně mohou na stejnou dávku endokrinního disruptoru reagovat například lidé obézní a hubení.

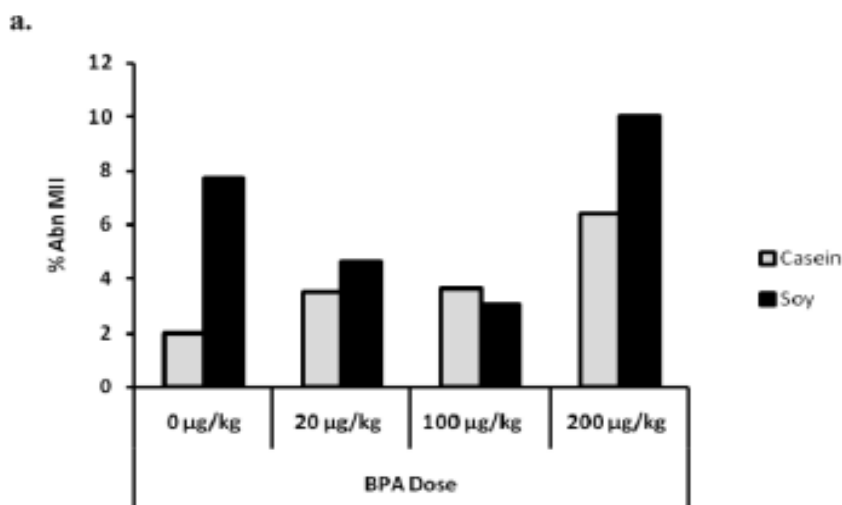
Ani tím výčet komplikací při identifikaci endokrinních disruptorů nekončí. Jejich efekt je vícegenerační. Potomci mohou platit krutou daň za to, že se s endokrinním disruptorem potkal jejich praděd či prababička, i když další pokolení předků už s touto látkou nepřišla do styku. Ve Francii byl například prokázán zvýšený výskyt defektů ve vývoji pohlavních orgánů u vnuků žen, které byly v polovině minulého století léčeny proti riziku potratu silným endokrinním disruptorem diethylstilbestrolem (Kalfa et al, 2011).

Kombinovaný efekt endokrinních disruptorů

Pomalu ale jistě začínáme mít představu, které látky se chovají jako endokrinní disruptory. A zjišťujeme, že jsme životní prostředí proměnili na „koktejl“ endokrinních disruptorů. Výsledné efekty

těchto často velmi různorodých směsí opět nelze jednoduše vydedukovat. Účinky některých endokrinních disruptorů se mohou navzájem rušit, jiné sčítat a další násobit (viz např. Deflosse et al, 2015).

Názorný příklad takového nelineárního kombinačního efektu nabízí např. studie Muhlhauser et al., 2009, v které byla sledována kvalita ovulovaných oocytů u myší, které byly vystaveny kombinovanému efektu fytoestrogenů sóji a bisfenolu A). Už samotná sója zvyšuje podíl oocytů s defektně se dělící dědičnou informací. Pokud je zvíře navíc vystaveno nízkým dávkám bisfenolu A, je efekt fytoestrogenů sóji oslaben. Při vyšších koncentracích není nejprve patrná změna v podílu defektních oocytů, ale s narůstajícími dávkami tohoto endokrinního disruptoru podíl defektních oocytů, které nejsou s to zajistit vývoj embrya v plnohodnotného jedince, opět významně narůstá (viz obr. 3).



Obr. 3. Podíl abnormálních vajíček dozrálých u myší, jejichž krmná dávka obsahovala buď mléčný kasein, nebo sóju, a které byly napájeny vodou s různě vysokou příměsí bisfenolu A.

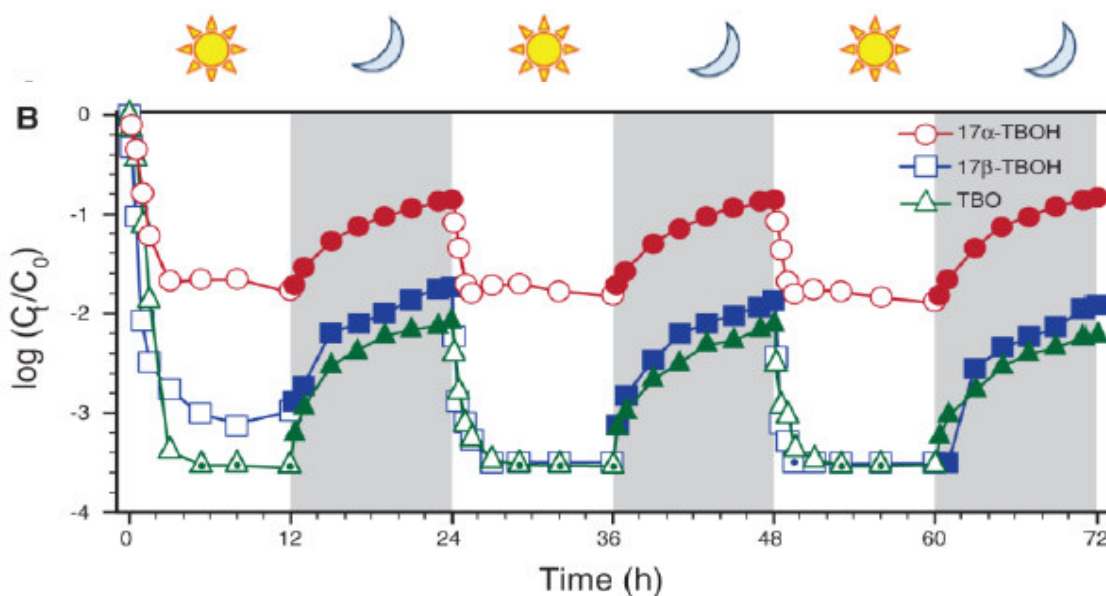
Navíc se stejné směsky endokrinních disruptorů nechovají vždycky stejně. Například „přírodní“ endokrinní disruptor genistein vyskytující se v sóji, může v dospělosti zesilovat negativní účinky „syntetického“ endokrinního disruptoru vinklozolinu, který se používá k hubení plísní při pěstování ovoce a zeleniny (Eustache et al., 2009). Pokud je ale stejné směsce vystaven plod, pak ho genistein před neblahými efekty vinklozolinu naopak chrání (Lehraiki et al, 2011)

Další zvláštnosti endokrinních disruptorů

U endokrinních disruptorů byly odhaleny i další zcela nečekané vlastnosti. K těm se poměrně nedávno přiřadila i zpětná resyntéza poté, co se molekuly endokrinního disruptoru v životním prostředí rozložily na látky, jež účinky endokrinního disruptoru ztratily nebo došlo aspoň k jeho oslabení.

Platí to i o látce zvané trenbolon acetát. Každoročně ho napíchají američtí farmáři 20 milionům kusů dobytka, protože vykazuje silný anabolický efekt. Zvyšuje přírůstky, konverzi krmiv a v konečném důsledku i ekonomiku chovu. V Evropské unii je používání trenbolon acetátu a dalších podobných stimulantů růstu u hospodářských zvířat zakázáno.

Trenbolon acetát se v organismu mění na trenbolon a ten zvíře zčásti vyloučí z těla močí a výkaly. Trenbolon působí jako velmi silný endokrinní disruptor. V USA ale nepanovaly obavy z jeho negativních vlivů na životní prostředí, protože tato látka se působením slunečních paprsků velmi rychle mění na molekuly, které už jako endokrinní disruptory nepůsobí nebo jsou jejich účinky neskonale slabší. Rozkladné reakce trenbolonu poháněné energií slunečního záření se však za tmy obracejí. Ve dne rozložený trenbolon se v noci resyntetizuje na plně funkční trenbolon (viz obr. 4). Pokud jsou rozkladné produkty vzniklé z trenbolonu fotolýzou ponechány ve tmě po dobu pěti dní, pak se jich plných 60 % promění zpátky na endokrinně disruptivní trenbolon (Qu et al., 2013).



Obr 4. Resyntéza trenbolonu (TBO) a jeho derivátů 17 α - hydroxytrenbolonu a 17 β -hydroxytrenbolonu. Za slunečního svitu se tyto látky rozkládají, za tmy se jejich molekuly zpětně syntetizují z produktů rozkladu.

Tento objev nastolil celou řadu nepříjemných otázek. Odběry vzorků pro sledování přítomnosti endokrinně disruptivních látek v životním prostředí, např. v říční či jezerní vodě, se provádějí samozřejmě ve dne, kdy jsou koncentrace endokrinních disruptorů do značné míry sníženy působením slunečního svitu. V noci je těchto látek v životním prostředí o poznání víc a také jejich účinky tomu odpovídají (Qu et al., 2013).

Dopady na biodiverzitu

Na efekty endokrinních disruptorů v životním prostředí, naznačil experiment kanadských vědců. Ti k němu využili bezodtoké lesní jezero s kódovým označením „jezero 260“. Do něj vypustili 17 β -ethinylestradiol v takovém množství, aby se koncentrace této látky v jezerní vodě pohybovala kolem 5 ng na litr. Následně sledovali, co se bude dít s živočichy v jezeře. Jako sentinelový organismus byla použita drobná ryбка jeleček velkohlavý (*Pimephales promelas*) příbuzná střevlím. Ta z jezera do pěti let zmizela. Starší ryby přirozeně vymřely. Mladé měly v důsledku vývoje v přítomnosti endokrinního disruptoru silně narušenou plodnost a nebyly s to zplodit dostatečně početné potomstvo (Kidd et al., 2007).

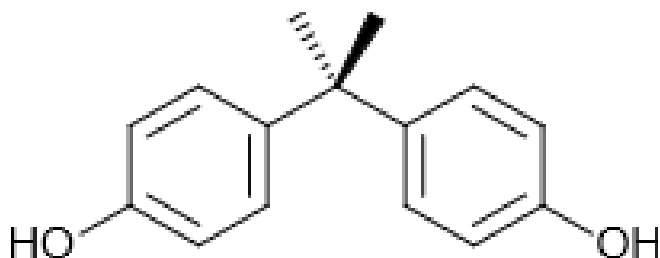
Podobné efekty jsou pozorovány i ve volné přírodě. V některých oblastech Spojených států, kde se používá v Evropě zakázaný atrazin, se snáší k zemi z mraků déšť, jehož kapky obsahují stopová množství tohoto herbicidu. Pokud se ve vodě s atrazinem vyvíjejí žabí pulci, vyrostou z nich samci a

samice s defektními pohlavními žlázami, jejichž plodnost je povážlivě narušena. V krajním případě může dojít ke kompletnímu zvratu pohlaví, kdy se například genetický samec vyvine v plně plodnou samici (Hayes et al. 2010).

Někdy zůstává efekt endokrinních disruptorů našim zrakům dlouho skrytý a o to větší šok se po jeho odhalení dostaví. Platí to o tahu pacifického lososa čavyči (*Oncorhynchus tshawytscha*) k tření na horních tocích řek v nádherné přírodě kanadské provincie Britská Kolumbie. Tyto impozantní rybí migrace jsou neskonale slabší, než bývaly ještě před sto lety. Nedávné genetické analýzy odhalily, že více než 80 % samic, které se tahu účastní, jsou genetickým založením samci. Kde a kdy u nich došlo k totálnímu zvratu pohlaví, není jasné. Nevíme ani, proč k tomu došlo. Důvodné podezření však padá na koktejl endokrinních disruptorů, v němž se proměnila voda v řekách a mořích (Nagler et al., 2001).

Bisfenol A

Jedním z nejdůkladněji studovaných endokrinních disruptorů je bisfenol A (BPA), jenž patří k nejmasověji vyráběným chemikáliím světa (obr. 5). Ročně se ho vyrobí kolem 4 milionů tun, přičemž asi 100 tun se uvolní do životního prostředí (Vandenberg et al., 2010). Látka byla poprvé syntetizována na konci 19. století a ve 30. letech 20. století byla testována jako potenciální estrogen, ale nedočkala se praktického využití. K průmyslové výrobě umělých hmot se začal BPA využívat ve 40. a 50. letech dvacátého století. Našel uplatnění v polykarbonátových umělých hmotách používaných jako obaly potravin, v epoxydových pryskyřicích používaných nejen k výrobě potravinových obalů, ale dále i k zubním výplním. Široké uplatnění našel i při recyklaci papíru nebo pro výrobu papíru pro tepelné tiskárny. Ze všech těchto materiálů se BPA uvolňuje a vstupuje do životního prostředí, potravního řetězce a lidského organismu (Rubin, 2011).



Obr. 5. Bisfenol A patří k nejmasověji vyráběným chemikáliím světa a nejdůkladněji studovaným endokrinním disruptorům.

Ačkoli EFSA hodnotí BPA z toxikologického hlediska jako látku, která nepředstavuje závažnější riziko (EFSA, 2015), z hlediska endokrinologického je BPA hodnocen jako endokrinní disruptor se značnými zdravotními riziky (Vandenberg et al. 2010). Většina obyvatel ekonomicky rozvinutých zemí má v organismu měřitelné hladiny BPA, přičemž nejvyšší hladiny byly zjištěny u dětí, nižší u mládeže a nejnižší u dospělých (Calafat et al., 2008). To je alarmující zjištění, protože mnohé nasvědčuje tomu, že děti jsou vůči endokrinně disruptivním účinkům BPA zvýšeně citlivé (Richter et al., 2007). Aktuální je i vliv prenatální expozice této látky, protože BPA byl detekován i v organismu těhotných žen, amniové tekutině, placentě, krvi novorozenců a pupečnickové krvi (Vandenberg et al. 2007). Ještě o řád vyšší koncentrace BPA byly naměřeny v krvi novorozenců na jednotkách intenzivní péče. Zdrojem BPA je v tomto případě zdravotnický materiál z plastů (Calafat et al., 2009).

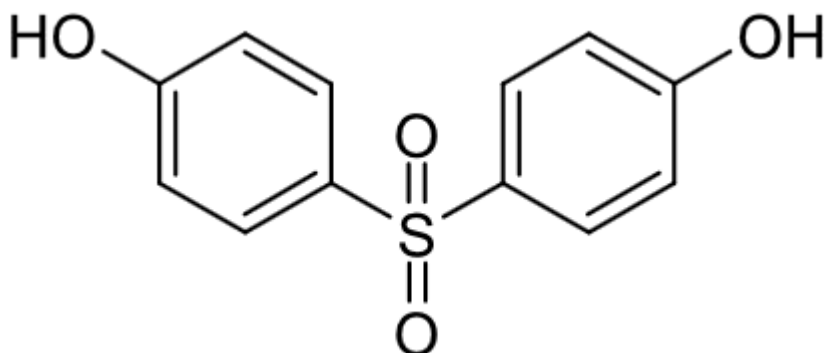
Ačkoli jsou za hlavní zdroj BPA považovány potraviny a nápoje, lze předpokládat i další vstupy BPA do organismu, jako je vdechování s kontaminovaným vzduchem nebo průnik přes kůži. Vysoké

koncentrace BPA byly například prokázány u pokladních v supermarketech, které jsou ve styku s papírem z tepelných tiskáren popřípadě s papírem bankovek, které obsahují bisfenoly (Braun et al., 2011). Do vzduchu se BPA dostává například při spalování plastů (Fu and Kawamura, 2010).

Jako endokrinní disruptor zasahuje BPA významně do reprodukce. Na myších bylo prokázáno, že dcery matek vystavených účinkům BPA mají nižší úspěšnost při zabřezávání a rodí méně mláďat (Cabaton et al., 2011). Účinek BPA na reprodukční soustavu je komplexní. BPA ovlivňuje celou osu hypotalamus-hypofýza-gonády. U lidí jsou k dispozici důkazy o tom, že zvýšené koncentrace BPA v organismu žen mají spojitost s opakovanými potraty (Sugiura-Ogasawara et al., 2005) a předčasnými porody (Cantonwine et al. 2010). Při léčbě neplodnosti asistovanou preprodukcí je patrná korelace mezi hladinami BPA v organismu a sníženým počtem oocytů získaných od pacientek (Mok-Lin et al., 2010). U postmenopauzálních žen je hladina BPA v korelaci se zvýšeným výskytem zánětů reprodukční soustavy (Yang et al., 2009). U mužů byla prokázána souvislost mezi zvýšenými hladinami BPA v organismu a sníženou kvalitou spermií (Li et al., 2011).

Bisfenol S

Znalosti endokrinně disruptorických efektů BPA vedly k tomu, že využití této látky bylo v mnoha zemích omezeno. V řadě případů se jako jeho náhražka začal používat bisfenol S (BPS). Viz obr. 6. Tato látka zatím nepodléhá přísnější regulaci. Dnes se vyskytuje v celé řadě produktů (Liao a Kannan, 2011) a její přítomnost byla prokázána i v organismu obyvatel ekonomicky rozvinutých zemí (Liao et al., 2012). Řada produktů označovaných jako BPA-free není „bisfenol-free“, protože v nich byl BPA nahrazen za BPS a to vzbuzuje značné obavy (Glausiusz 2014; Zimmerman – Anastas, 2015). Už několik studií prokázalo, že BPS vykazuje značné endokrinně disruptorické účinky. Eladak et al. (2015) demonstrovali negativní efekt BPS na tkáň savčích varlat. Viñas a Watson (2013) prokázali negativní vliv BPS na funkci savčí hypofýzy. Jasně by prokázán negativní vliv BPS na reprodukci ryb (Ji et al., 2013) a naše předběžné výsledky dokazují, že BPS vážně narušuje i reprodukci samic savců.



Obr. 6. Bisfenol S nahradil v celé řadě materiálů problémový bisfenol A, u něhož byla prokázána široká škála endokrinně disruptorických efektů. Endokrinně disruptorické účinky bisfenolu S jsou zatím popsány jen nedostatečně.

Obezogeny

Stále častěji se objevují endokrinní disruptory v podezření z podílu na celosvětové epidemii obezity (Newbold et al., 2008). Na neustále rostoucím podílu lidí s nadváhou a obezitou má Iví podíl náš životní styl. Dnes jsou známé desítky látek, které sklony k nadváze a obezitě významně posilují. Používá se pro ně označení obezogeny.

Mezi obezogeny najdeme endokrinní disruptory, u nichž byly již dříve popsány efekty na tradiční cílové tkáně a orgány, např. reprodukční soustavu. K takovým endokrinním disruptorům, které přispívají ke změnám metabolismu a jejich efekty mají za následek nadváhu a obezitu, patří i bisfenol A. Kromě dalších efektů přispívá BPA v organismu k narušení metabolismu glukózy (Alonso-Magdalena et al., 2006). Obezogenní efekty BPA mají zřejmě souvislost s prokázanou korelací mezi hladinami BPA v organismu a rizikem kardiovaskulárních onemocnění (Melzer et al., 2010)

Vedle bisfenolu A působí jako obezogeny i látky používané v obalech potravin, v umělohmotném kuchyňském nádobí, v nepromokavém oblečení nebo v bytovém textilu. Už z tohoto výčtu je jasné, že jsme zdroji obezogenů obklopeni jsme jim vystaveni prakticky permanentně. Obezogeny působí jako typické endokrinní disruptory – mají poměrně razantní efekt i ve velmi nízkých dávkách a živočichové včetně člověka jsou k jejich účinku citlivé často jen v kritickém senzitivním období, např. v určitém stádiu vývoje embrya či plodu.

Obezogeny ovlivňují množení kmenových buněk tukové tkáně a jejich následnou diferenciací schopnost a mitotickou aktivitu. Tyto endokrinní disruptory tak přispívají k vrozené výraznější dispozici pro tvorbu tukové tkáně. Tuto dispozici si pak jedinec nese po zbytek života, i kdyby se s obezogeny nikdy více nesešel. Některé obezogeny jsou s to epigeneticky ovlivnit funkce genů ve vyvíjejícím se organismu tak, že změna v aktivitě genů přetrvává nejen po celý život postiženého jedince, ale změněná aktivita genů se následně dědí dalšími pokoleními. Obezita se tak stává jakýmsi „dědičným hříchem“. Jedno pokolení získá přičiněním obezogenů sklon k hromadění tuku v těle a následující generace už budou s touto zvýšenou dispozicí přicházet na svět, aniž by se s obezogeny střetly.

Regulace endokrinních disruptorů v EU

Evropští politici se pokusili utišit rostoucí obavy z endokrinních disruptorů zavedením normy na 17 β -ethinylestradiol pocházející z hormonální antikoncepce. Byla připravena norma, která stanovovala limit obsahu této látky v čištěných odpadních vodách na 0,035 nanogramu na litr. Abychom měli vodu odpovídající navrhované normě, bylo by zapotřebí doplnit čističky odpadních vod o filtry z aktivního uhlí. Ty by zřejmě zachytily nejen ethinylestradiol ale i mnohé další látky s endokrinně disruptivním účinkem. Nebylo by to samozřejmě zadarmo. Čistička zpracovávající odpadní vody čtvrtmilionového města by potřebovala nejprve jednorázovou investici osm milionů euro a následně by se její provoz každý rok prodražil o dalších 800 000 euro. Britové spočítali, že jen vyčištění vod v Anglii a Walesu by si vyžádalo 30 miliard euro. Podobně si spočítali náklady na vodu zbavenou některých endokrinních disruptorů i další země a výsledkem bylo odložení plánu na regulaci endokrinních disruptorů (Owen a Jobling, 2012).

Povrchovou vodu z řek po úpravě běžně pijeme. Nabízí se proto otázka, nakolik je pití vody z těchto zdrojů zatíženo vlivy nejrůznějších endokrinních disruptorů. Pitná voda z kohoutku však patří z hlediska endokrinních disruptorů k nejbezpečnějším nápojům, protože látky, jako je ethinylestradiol, se chlorováním vody ničí (Westerhoff et al. 2005). Minerálky čerpané z tak hlubokých vrtů, že nemohou být těmito endokrinními disruptory znečištěny, jsou z tohoto hlediska mnohem problematictější. Většina je balená v plastových lahvích nebo papírových kartonech vystlaných plastovými fóliemi. Tyto materiály endokrinní disruptory obsahují a do balené vody se jich z nich uvolňují nezanedbatelná množství. Dokonce ani minerálky stáčené do skleněných lahví nejsou vždy prosté endokrinních disruptorů. Ze skla sice do nápoje žádné endokrinní disruptory nepřecházejí, ale to neplatí o plastových tancích, potrubí a dalších částech stáčecích linek. Mnohé minerálky mají stejný účinek, jako kdyby obsahovaly 20 ng estradiolu na litr (Wagner a Oehlmann, 2011).

Řada obav spojených s endokrinními disruptory může být přehnaná. Řadu rizik můžeme naopak hrubě podceňovat. I proto diskuse o další regulaci endokrinních disruptorů v EU probíhá i mezi odborníky ve

velmi emotivní atmosféře. Někteří odborníci ji považují od základů pomýlenou (např. Dietrich et al., 2013). Jiný, neméně početný tábor odborníků se ale staví za navrhované principy regulace (např. Schugg et al., 2013)

Závěr

V konfrontaci s narůstající lavinou informací o endokrinních disruptorech“ není namístě propadat panice a zděšení. Namístě však není ani bohorovný klid. Naše zdraví, zdraví zvířat i životní prostředí zdaleka nedevastují jen a jen endokrinní disruptory. Jejich role však zřejmě není zanedbatelná. Každopádně bychom měli usilovat o to, abychom co nejvíce endokrinních disruptorů „demaskovali“, poznali, čím nám mohou škodit a těch opravdu nebezpečných se postupně zbavili. I v tom je ale namístě obezřetnost, jak ukazuje neuvážená náhrada bisfenolu A bisfenolem S.

Určitá zátěž látkami s hormonálními účinky je pro životní prostředí i pro lidský a zvířecí organismus zcela přirozená. Velkou pozornost bychom však měli věnovat předem těžko odhadnutelným kombinovaným efektům „přírodních“ endokrinních disruptorů s disruptory, které se dostaly do životního prostředí relativně nedávno přičiněním člověka.

Podobně jako v jiných případech, platí i o endokrinních disruptorech, že pro komplikované problémy existují jen zřídka jednoduchá řešení.

Poděkování

V tomto referátu bylo použito výsledků získaných autory při řešení projektů NAZV QJ1510138 a RO 0714.

Použitá literatura:

- Alonso-Magdalena P. et al. (2006) *Environmental Health Perspectives* 114, 106-112.
Ankley G. et al. (1998) *Environmental Toxicology and Chemistry* 17, 68–87.
Braun J.M. et al. (2011) *Environmental Health Perspectives* 119, 131-137.
Cabaton N. J. et al. (2011) *Environmental Health Perspectives* 119, 547-552.
Calafat A.M. et al. (2008) *Environmental Health Perspectives* 116, 39-44.
Calafat A.M. et al. (2009) *Environmental Health Perspectives* 117, 639-644.
Cantonwine D. et al. (2010) *Environmental Health* 962, 62.
Colborn T. (2004) *Advances in Experimental Medicine and Biology* 545, 189-201.
Corcoran, P. L., et al. (2014) *Geological Society of America Today*, 24, 4-8.
Dietrich D. et al. (2013) *Archives of Toxicology* 87, 1739-1741
Delfosse V. et al. (2015) *Nature Communication* 6, 8089
European Food and Safety Agency (2012): *EFSA Scientific Colloquium Summary Report*, 17, 64.
Eladak, S. et al. (2015) *Fertility and Sterility* 103, 11-21
Eustache F. et al. (2009) *Environmental Health Perspectives* 117, 1272–1279.
Fu P. – Kawamura K. (2010) *Environmental Pollution* 158, 3138-3143.
Glausiusz J. (2014) *Nature* 508, 306-308.
Gross-Sorokin M.Y. et al. (2006) *Environmental Health and Perspectives* 114 (Suppl 1), 147–151.
Hayes T. B. et al. (2010) *Proceedings of National Academy of Sciences* 107, 4612–4617.

- Jambeck, J. R. et al. (2015) *Science*, 347, 768-771.
- Jenkins S. et al. (2011) *Environmental Health Perspectives* 119, 1604–1609.
- Ji K. et al., (2013) *Environmental Science and Technology* 47, 8793–8800.
- Kidd K.A. et al (2007) *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 8897–8901.
- Lehraiki A. et al. (2011) *Reproductive Toxicology* 31, 424–430.
- Li D. J. K. et al. (2011) *Fertility and Sterility* 95, 625-630.
- Liao C. et al. (2012) *Environmental Science and Technology* 46, 6860–6866
- Liao C. – Kannan K. (2011) *Environmental Science and Technology* 45, 9372–9379
- Melzer D. et al. (2010) *PLoS ONE* 5, e8673.
- Muhlhauser A. et al. (2009) *Biology of Reproduction* 80, 1066-1071.
- Nagler J. J. et al. (2001) *Environmental Health Perspectives* 109, 67–69.
- Owen R.- Jobling S. (2012) *Nature* 485, 441
- Qu S. et al. (2013) *Science* 342, 347-351
- Mok-Lin E. et al. (2010) *International Journal of Andrology* 33, 385-393.
- Monastersky R. (2015) *Nature* 519, 144-147.
- Obbard RW. et al. (2014) *Earth's Future* 2: 315–320.
- Petr J. et al. (2013) *Animal* 7, 134-142.
- Rubin B.S. (2011) *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 127, 27-34.
- Schugg T.T. et al. (2013) *Green Chemistry* 15, 181-198.
- Shved N. et al. (2008) *Toxicological Science* 106, 93-102.
- Sugiura-Ogasawara M. et al. (2005) *Human Reproduction* 20, 2325-2329.
- Toyama Y. – Yuasa S. (2004) *Reproductive Toxicology* 19, 181-188.
- Trasande L. et al. (2015) *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 100, 1245-55.
- Vandenberg L. N. et al. (2007) *Reproductive Toxicology* 24, 139-177.
- Vandenberg L. N. et al (2010) *Environmental Health Perspectives* 118, 1055-1070.
- Vandenberg L. N. et al. (2012). *Endocrine Reviews*, 33, 378–455.
- Vodková Z. et al. (2008) *Czech Journal of Animal Science* 53, 1–8.
- Viñas R. – Watson C. S. (2013) *Environmental Health and Perspectives* 121, 352–358.
- Wagner M. - Oehlmann J. (2011) *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 127, 128–135.
- Watts A.J.R. et al. (2014) *Environmental Science and Technology* 48, 8823–8830.
- Westerhoff P. et al. (2005) *Environmental Science and Technology* 39, 6649-6663.
- Wright S.L. et al. (2013) *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Yang Y. J. et al. (2009) *Environmental Research* 109, 797-801.
- Zimmerman J. B. - Anastas P. T. (2015) *Science*, 347, 1198-1199.

PÍCNINY Z ČELEDI BOBOVITÝCH (FABACEAE): NEGATIVNÍ ÚČINKY NĚKTERÝCH OBSAHOVÝCH LÁTEK

¹prof. RNDr. Lubomír Opletal, CSc., ²Ing. Bohumír Šimerda

¹Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, katedra farmaceutické botaniky a ekologie, Hradec Králové

²DELACON Biotechnik spol. s r. o., Šumperk

Čeď Fabaceae (bobovité) je spolu s čeleděmi Poaceae (lipnicovité), Solalanceae (lilkovité) a Asteraceae (hvězdicovité) jednou z nejdůležitějších rostlinných čeledí, zahrnující velmi významné pícniny. Některá Prokaryota (bakterie nebo sinice, zde zástupci rodů *Rhizobium* a další) mají schopnost diazotrofie, probíhající za účasti nitrogenasy za současného přísunu ATP na kořenech těchto rostlin. Dlouho se tvrdilo (a stále tvrdí), že hlavním cílem je zvýšit přísun dusíkatých látek, využitelných pro rostliny jako hnojivo (zde tvorba NH_4^+). Je pravda, že tento typ „hnojení“ je do určité míry pro zemědělskou produkci atraktivní, ale jen z poloviny. Amonné ionty jsou totiž relativně snadno konvertovány na dusičnanový anion, který se příliš dlouho v orniční vrstvě neudrží, protože má záporný náboj a je *de facto* koloidními micelami odpuzován do nižších pater půdního profilu. Tuto první polovinu atraktivity však doplňuje polovina druhá, která spočívá ve významné tvorbě nejen dusíkatých, ale i nedusíkatých primárních metabolitů, významně využívaných jako součást krmivového i potravního řetězce. Z těchto důvodů je ve světě věnována pícninářsky a potravinářsky významným taxonům čeledi Fabaceae velká pozornost. Zásaditost však není tak jednoduchá: současně s významným obratem primárního metabolismu se tvoří metabolity sekundární (např. Fabaceae je jedinou čeledí v rostlinné říši, v níž je masivně zastoupena tvorba isoflavonů). Tvoří se v ní však také alkaloidy, kumariny, lektiny aj. látky, které nejsou pro potravinářské a krmivářské účely vůbec žádoucí. Často je nutné obezřetně posoudit benefit a riziko perspektivního taxonu a to nejen z hlediska plnohospodářského zdraví zvířat a hygienické bezpečnosti potravin, ale především z hlediska finančního.

Dusíkaté látky

Lektiny

Tyto primární metabolity mají řadu nepříznivých vedlejších účinků (zpomalují, až zastavují růst, poškozují epitel tenkého střeva, zvyšují tvorbu hlenu, zvyšují počet bakterií v tenkém střevu, snižují aktivitu střevních enzymů, omezují resorpci jodu a vyvolávají hypertrofii slinivky a jater); jejich vliv vzrůstá s obsahem v rostlinném materiálu a termostabilitou, která neumožňuje tepelné zpracování produktu. Významněji se může uplatnit především lektin sóji luštěnaté (*Glycine max*), omezeně hrachu setého (*Pisum sativum*).

Alkaloidy

Uvedený typ sekundárních metabolitů je v čeledi Fabaceae zastoupen velmi běžně, většinou jsou toxické, někdy velmi významně. Hlavními toxickými látkami jsou chinolizidinové alkaloidy. Sledovaným taxonem je především vlnič bob (lupina) (*Lupinus* spp.); nešlechtěné druhy vyvolávají u zvířat (dokonce i u přežvýkavců) akutní otravy. V druzích tohoto rodu bylo nalezeno více než 80 chinolizidinových alkaloidů, některé z nich jsou velmi toxické, především lupanin a anagyrin; lupanin se vyskytuje v planém druhu rostoucím u nás – vlnič bobu mnoholistém (*Lupinus polyphyllus*). Po příjmu se dostavuje nervozita, snížená pohyblivost končetin, křeče a úhyn. Citlivé jsou zejména ovce. Otravy jsou čtenější především na podzim. U telat se objevuje zkrácení předních nohou a jejich hákovité zakřivení, artrogrypóza, dalšími symptomy jsou skolióza, tortikollitida, lordóza a kyfóza; mláďata nejsou prakticky schopna existence.

V současnosti hraje v případě rostlin z čeledi *Fabaceae* důležitou úlohu také indolizidinový alkaloid swainsonin (někteří zástupci rodů *Swainsona*, *Astragalus*, *Oxytropis*); byl rovněž nalezen jako metabolický produkt fytopatogenní houby *Rhizoctonia*, vegetující na řadě rostlin. Po spásání dobyt看em vyvolává tzv. lokoizmus; swainsonin je inhibítozem α -mannosidasy, jeho příjem navozuje symptomy podobné genetickému onemocnění mannosidose. U přeživých přečází po požití nadzemní části vlnice (*Oxytropis sericea*) do mléka, do tkání zvířete (ovce), vyvolává toxicitu a zhoršuje kvalitu mléka.

Deriváty alifatických kyselin

Tato skupina toxinů je velmi úzká, je soustředěna do tří druhů – čičorky pestré (*Coronilla varia*), štírovníku růžkatého (*Lotus corniculatus*) a kozince (*Astragalus* sp.). Jedná se o 3-nitropropanol a jeho oxidovanou formu kyselinu 3-nitropropionovou. Toxicita nitroderivátů je založena na dvou mechanismech účinku: methemoglobinémii a inhibici sukcinát-dehydrogenasy a tím blokáci mitochondriálního dýchání. Příznaky otravy jsou nechutenství, paralýza končetin, ztráta rovnováhy, obtížné dýchání a ztuhlost svalů na krku; smrt nastává zástavou dechu a vznikem apnoe. Dlouhodobý nekorigovaný přísun 3-nitropropionové kyseliny může vyvolat příznaky Huntingtonovy choroby. Vůči těmto látkám jsou vysoce citliví koně, z přeživých pak samice v období laktace.

Kyanogenní glykosidy

Glykosidy jsou toxické uvolňováním kyanovodíku (HCN). V ČR přicházejí v úvahu jetele (0-800 mg HCN/kg úsušku) a štírovník růžkatý (200-1500 mg HCN/kg úsušku).

Počátečními projevy otravy jsou intenzivnější (a namáhavější) dýchání, periferní znecitlivění, ztráta rovnováhy, dýchací obtíže, tetanické křeče, ochrnutí až úhyn. Přeživší jsou citlivější než ostatní druhy zvířat. Detoxikace HCN v játrech probíhá na thiokyanát, který je velmi málo toxický; její míra závisí na obsahu síry, v tomto případě nejlépe na přísunu methioninu. Zvýšený přísun kyanogenních glykosidů také nepříznivě ovlivňuje hladinu selenu v krvi ovcí a jehňat a zvyšuje náchylnost jehňat vůči nutriční myopatii, jak bylo prokázáno u jetele plazivého. Bylo také zjištěno, že jak kondenzované, tak hydrolyzovatelné třísloviny inhibují hydrolyzu kyanogenních glykosidů β -glukosidasami. Proto je při dostatku tříslovin v krmné dávce účinek kyanogenních glykosidů na přeživší nízký, je však potřeba zvolit určitý kompromis, protože zvýšený obsah tříslovin má naopak za následek snížení využitelnosti krmné dávky. Relativně nebezpečné je seno s obsahem kyanogenních rostlin, zejména je-li podáno ve formě granulí.

Deriváty guanidinu

Galegin a jeho deriváty jsou soustředěny do jestřabiny lékařské (*Galega officinalis*); jsou hořké, zvířata se jim na pastvě vyhýbají. Současně přítomné saponiny zvyšují resorpci těchto látek, které normálně působí jako laktagogum. Dochází k hypoglykémii, klesá hmotnost zvířat, objevuje se salivace a pohotovost ke křečím. Rostlina je sice pícninářsky atraktivní, ale její úprava je patrně problematická.

Deriváty toxických aminokyselin

Lathrogenní aminokyseliny, jejich deriváty a dipeptidy jsou obsaženy v několika desítkách druhů rodu *Lathyrus* spp. (hrachor) a *Vicia* spp. (vikev), z nichž některé jsou součástí krmiva. Jsou charakteristické především pro zástupce čeledi *Fabaceae* z tropických oblastí; mohou se však vyskytnout i v některých evropských surovinách. Vůči neurolathyrismu je nejcitlivější skupinou drůbež např. v případě hrachoru setého (*Vicia sativa*) přichází v úvahu α,γ -diaminomáslaná kyselina a β -N-oxalylamino-L-alanin. Onemocnění postihuje CNS, projevuje se ztrnutím a slabostí svalů, zejména paralýzou svalů končetin. Úmrtí jsou řídká, je to však intoxikace obtěžující. Osteolathyrismus je charakterizován poruchou metabolismu kolagenu a elastinu vycházejícího z účinku β -aminopropionitrilu a jeho β -(γ -glutamyl)-derivátu v hrachoru vonném (*Lathyrus odoratus*) a některých

zástupcích nenáročně pěstovatelného rodu vikve (*Vicia* sp.). Zcela běžnější látkou, která se může v krmivu vyskytnout, je L-DOPA (L-3,4-dihydroxyfenylalanin), vyskytující se v nemalém obsahu v semenech bobu obecného (*Vicia faba*). V nevyzrálém materiálu, který se může dostat do zkrmování, je 5–6 % této látky (zráním obsah rychle klesá). Těto látce se přisuzuje účast na vzniku favismu (hemolytické anémie).

Kumariny

Obsah kumarinů se může toxicky projevit jen v případě zkrmování komonice bílé (*Melilotus albus*), jen výjimečně komonice lékařské (*Melilotus officinalis*). V těchto rostlinách (ale i v travních porostech) se běžně vyskytuje kyselina *o*-kumarová ve formě glykosidů. Při schnutí sena dochází vlivem mechanického stresu, anebo vliv účinku glukosidas k odštěpení cukerné složky za vzniku této volné kyseliny, která velmi snadno cyklizuje na kumarin; tento proces je doprovázen charakteristickou vůní. Velmi významná je tato vůně, objeví-li se v travních porostech s komonicemi, nebo dokonce v samotných úsušcích komonice. Rostlina hraje významnou roli, protože může být v poznatelném množství součástí zkrmování, v zahraničí je dokonce šlechtěna jako pící druh (také v ČR). V komonici bílé může být až 25 g kumarinu (včetně jeho prekurzorů)/kg. Kumarin však nepředstavuje pro zvířata významné nebezpečí. To nastává teprve tehdy, pokud seno zaplesniví, zejména, je-li infikováno mikromycetou *Penicillium jensenii*, která vyvolá velmi rychlý přechod kumarinu na dikumarol. Ten kompetitivně brzdí tvorbu protrombinu v játrech vzhledem ke své podobnosti s vitamínem K a v důsledku toho může dojít k poměrně rozsáhlým krvácením. Ačkoliv existuje rozdílná citlivost jednotlivých živočišných druhů, citlivé jsou např. březí husy a dojnice v plné dojivosti, je třeba tento fakt velmi důkladně sledovat.

Fytoestrogeny různých struktur

V píciniářsky významných zástupcích čeledi Fabaceae se vyskytují pouze dva typy fytoestrogenů: kumestany a isoflavony.

Kumestany se vyskytují v jetelovinách; hlavním představitelem je kumestrol, který je převládajícím estrogenem vojtešky, běžně je v odrůdách plazivých jetelů a jeteli inkarnátu. Jeho estrogenní aktivita je 30–40x vyšší než u isoflavonů.

Isoflavony (např. daidzein) jsou sice pro lidskou populaci do jisté míry prospěšné, v produkci hospodářských zvířat, která se řídí jinými pravidly, však nemusí jejich nadměrný obsah přinášet optimální efekty. Mohou mít metabolické účinky (nepříznivý vliv na výši přírůstků) a morfogenetické a karcinogenní účinky způsobující narušení vývoje normálního samičího pohlavního ústrojí. Důsledkem může být zvýšený výskyt karcinogenních buněk v okolí děložního krčku.

Závěr

Odstranit negativní metabolické komponenty z pícnin obsahujících rostliny z čeledi Fabaceae je většinou velmi obtížné až nemožné. Zásadní roli zde hraje vytvoření uvážlivého konsensu, ke kterému musíme dojít v průběhu šlechtění těchto rostlin (snížení obsahu výše uvedených sekundárních metabolitů často negativně ovlivňuje energetickou hodnotu píciny). Zdá se, že dodatkové technologické procesy mají druhotný význam, nejsou příliš účinné, jsou často pracné a tím finančně náročné.

ZMĚNY V ENERGETICKÉM HODNOCENÍ POTŘEBY PRO ZVÍŘATA

¹prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc., ¹prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc., ¹Mgr. Ing. Eva Mrkvicová, Ph.D., Ing. Petra Žváčková, Ing. Pavel Horký, Ph.D., ²Dr. Ing. Pavel Tvrzník

¹ Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1, 613 00 Brno

² MIKROP ČEBÍN a.s., Čebín 416, 664 23

Historie hodnocení energie v krmivech je velmi dlouhá a velmi souvisela s rozvojem laboratorních technik a s finančními prostředky, které se věnovaly v určité době na hodnocení krmiv. V současné době jsme svědky situace, kdy v zemích Evropské unie vládne individuálnost a v téměř v každém státě jsou určité odchylky a není jednotný systém. Většina odchylek je ale v detailech, a tak se dá do budoucna předpokládat jisté sjednocení. Původně se hodnotila krmiva (a na toto hodnocení navazující potřeba živin) podle porovnání krmiv mezi sebou a s definovaným standardem (senná jednotka, škrobová jednotka, ovesná jednotka, ječná jednotka, krmná jednotka) ale v určité fázi se přešlo na hodnocení podle jednotek energie (kalorie) anebo jouly. Jaké koeficienty se historicky používaly pro hodnocení energie v krmivech se pokusíme ilustrovat na příkladu převodu škrobových ekvivalentů na veškeré stravitelné živiny. Koeficient jimž se násobil tuk v USA nebo v Německu je téměř stejný, přesto výsledek je mírně odlišný (viz tab 1).

Tab. 1

Porovnání amerického a německého systému odhadu VSŽ

Živina	Obsah živiny g/kg	Koeficient stravitelnost %/100	Energetický faktor	Strávené živiny g/kg
Hrubý protein	127,50	0,60	2,25	76,5
Hrubý tuk	50,10	0,60		67,6
Hrubá vláknina	319,30	0,65		207,5
BNLV	396,10	0,55		217,9
VSZ=TDN				569,5
Živina	Obsah živiny g/kg	Koeficient stravitelnost %/100	Energetický faktor (Lehmannovo číslo)	Strávené živiny g/kg
Hrubý protein	127,50	0,60	2,30	76,5
Hrubý tuk	50,10	0,60		69,1
Hrubá vláknina	319,30	0,65		207,5
BNLV	396,10	0,55		217,9
VSŽ=TDN				571,0

Je zajímavé, že americký systém TDN zůstal zachován v některých typech výpočtů (přepočtů) u přežvýkavých zvířat až do dnešní doby a německý způsob výpočtu skončil až koncem roku 2001.

Následující schéma č. 1 ukazuje, jaké jsou rozdíly v hodnocení energie pro prasata přežvýkavce a koně

Schema 1

Schéma rozdělení energie krmiva u prasat



Schéma rozdělení energie krmiva u koní



Schéma rozdělení energie u přežvýkavců



Používané systémy hodnocení energie v Evropě

V následujících tabulkách jsou srovnány vzorce a rovnice používané v devíti evropských systémech hodnocení energie. Jedná se o tyto systémy:

- FU_F výkrmová krmná jednotka používaná ve Finsku
- FU_D krmná jednotka používaná v Dánsku
- ME_{MAFF} , ME_{ARC} metabolizovatelné energie používané ve Velké Británii
- ME_{SW} metabolizovatelná energie používaná ve Švédsku
- NEL_{NL} netto energie laktace používaná v Nizozemsku a Norsku
- NEL_{FR} netto energie laktace používaná ve Francii
- NEL_{US} netto energie laktace používaná ve Spojených státech amerických
- NEF_{RO} netto energie přírůstku původem z Rostocku

Tab. 2 Parametry používané pro výpočet energetických hodnot

Zkratka systému	Jednotka	Vzorce pro koncentrovaná krmiva
ME_{MAFF}	MJ	$15,21 \cdot DCP + 34,2 \cdot DEE + 12,8 \cdot DCF + 15,9 \cdot D \cdot NFE$
ME_{SW}	MJ	$18,9 \cdot DCP + f \cdot DEE + 12,2 \cdot DCF + 15,5 \cdot DNFE$ $f = 34,8 - 36,9$
ME_{ARC}	MJ	Stejný postup jako u ME_{MAFF}
NEL_{NL}	kcal	$0,60 \cdot (1 + 0,4 (q - 0,57)) \cdot 0,9752 \cdot ME$ $ME = 15,9 \cdot DCP + 37,7 \cdot DEE + 13,8 \cdot DCF + 14,7 \cdot DNFE$ $q = ME/GE$
NEF_{RO}	MJ	$7,2 \cdot DCP + 31,5 \cdot DEE + 8,4 \cdot DCF + 8,4 \cdot DNFE$
NEL_{FR}	kcal	$(0,60 + 0,24 (q - 0,57))ME$ $q = ME/GE; ME = ME/DE \cdot DE$ $DE = GE \cdot DE/GE; DE/GE = DOM/OM - 0.013$ $ME/DE = 0,87 - (0,000088 \cdot CF + 0,00017 \cdot CP)$
NEL_{US}	Mcal	$0,10257 \cdot TDN - 0,502$ $TDN = DCP + 2,25 \cdot DEE + DCF + DNFE$
FU_F	MJ	$((9,38 \cdot DCP + f \cdot DEE + 9,88 \cdot DCF + 9,88 \cdot DNFE) \cdot V) / 6.91$ $F = 20,9 - 23,9; V = \text{value number}, 0,90 - 1,00$
FU_D	MJ	$- 0,369 + 0,0989 \cdot DE - 0,347 \cdot CF$ $DE = 24,237 \cdot DCP + 34,1 \cdot DEE + 17,3 \cdot (DOM - DCP - DEE) - 0.766 \cdot Si$

Tab. 3 Parametry používané pro výpočet energetických hodnot siláží

Zkratka systému	Jednotka	Vzorce pro siláže
ME _{MAFF}	MJ	16 . D
ME _{SW}	MJ	18,0 . DCP + 20,9 . DEE + 12,1 . DCF + 15,5 . DNFF
ME _{ARC}	MJ	Stejný postup jako u ME _{MAFF}
NEL _{NL}	kcal	0,60 (1 + 0,4(q - 0,57)) 0,9752 . ME ME = 15,1 . D; q = ME/18,4
NEF _{RO}	MJ	7,2 . DCP + 31,5 . DEE + 8,4 . DCF + 8,4 . DNFE
NEL _{FR}	kcal	(0,60 + 0,24 (q - 0,57)) . ME q = ME/GE; ME = ME/DE . DE DE = GE . DE/GE; DE/GE = 1,0087 . DOM/OM - 0.0377 ME/DE = 0,87 - (0,000088 . CF + 0.00017 . CP)
NEL _{US}	Mcal	0,10257 . TDN - 0,502 TDN = DCP + 2,25 . DEE + DCF + DNFE
FU _F	MJ	((9,38 . DCP + 18,84 . DEE + 9,88 . DCF + 9,88 . DNFE) . V) /6.91 V = value number, 0,80
FU _D	MJ	- 0,369 + 0,0989 . DE - 0,347 . CF DE = 24,237 . DCP + 34,1 . DEE + 17,3 . (DOM - DCP - DEE) - 0,766 . Si

DCP (digestible crude protein)

– stravitelný hrubý protein

DEE (digestible ether extracts)

– stravitelný hrubý tuk

DCF (digestible crude fiber)

– stravitelná hrubá vláknina

D (digestible organic matter in dry matter)

– stravitelná organická hmota v sušině

TDN (total digestible nutrients)

– veškeré stravitelné živiny

DOM (digestible organic matter)

– stravitelná organická hmota

S (sugar)

– cukr, korekce cukru se provádí, když obsah cukru převýší 20 % sušiny

Tab. 4 Rovnice používané pro výpočet energetických požadavků

Zkratka systému	jednotka	Energie na záchovu	Energie na mléčnou produkci	Změna živé hmotnosti (přírůstek /úbytek)
ME _{MAF} _F	MJ ME	8,3 . 0,091 . LW	5,3 . FCM	34/28
ME _{SW}	MJ ME	0,507 . LW ^{0,75}	5,0 . FCM	36/35
ME _{ARC} ^a	MJ ME	$(0,53 (LW/1,08)^{0,67} + 0,0071 \cdot LW) / (0,35q + 0,503)$	$(M(1,509 + 0,0406 \cdot F)) / (0,35q - 0,420)$	27,4/21,8
NEL _{NL}	VEM	42,4 . LW ^{0,75}	5013 . 440 . FCM + 0,7293 . FCM ² VEM = 6,91 kg NEL	b
NEF _{RO}	EFr	26 . LW ^{0,75}	285 . FCM EFr = 10,47 kJ NEFr	b
NEL _{FR}	UFL	1,4 + 0,6 . LW/100	0,43 . FCM	3,5/3,5
NEL _{US}	MJ NEL	0,335 . LW ^{0,75}	3,096 . FCM	21,4/20,6
FU _F	FFU	0,338 . LW ^{0,75}	0,4 . FCM FFU = 6,91 MJ NE	2,5/2,5
FU _D	FU _C	LW/200 + 1,5	0,4 . FCM FU _C = 7,89 MJ NEL	2,5/2,5

LW (live weight) – živá hmotnost

FCM – kilogramy mléka korigovaného na 4% tuku

VEM – krmná jednotka pro mléko

UFL (feed unit for milk) – krmná jednotka pro mléko

EFr (feed unit for fattening) – krmná jednotka pro přírůstek

q – metabolizovatelnost

M – kilogramy mléka

F – gramy tuku v kilogramu mléka

a – celkové požadavky = $(1 - 0,018 (L - 1))(Energie_{záchova} + Energie_{laktace})$, kde L = úroveň krmení (feeding level)

b – 20 MJ/kg změna živé hmotnosti

Jak je vidět v předchozích tabulkách, používá se v různých systémech odhad metabolické velikosti těla pomocí Kleiberova koeficientu $H^{0,75}$, ale jsou tam použity i koeficienty 0,67 aj. Z toho důvodu jsme se

pokusili v tabulce 5. Naznačit jak se změna tohoto parametru promítá do potřeb energie na záchovu při jejím odhadu pro prasata, skot či koně.

Tab. 5

Hmotnost a nejčastěji používané koeficienty na přepočítání metabolické velikosti
Metabolická velikost

Hmotnost kg	Metabolický koeficient				0,922
	0,75	0,734	0,73	0,67	
10	5,6	5,4	5,4	4,7	8,4
50	18,8	17,7	17,4	13,8	36,9
100	31,6	29,4	28,8	21,9	69,8
200	53,2	48,9	47,8	34,8	132,3
500	105,7	95,7	93,4	64,3	307,9
800	150,4	135,2	131,6	88,1	475,0
1200	203,9	182,0	176,9	115,6	690,2

Další systémy INRA a Český systém

Jedním z evropských systémů hodnocení krmiv je francouzský systém INRA. Z tohoto systému vychází v současnosti používaný český systém hodnocení krmiv, který publikoval Sommer et al. Systém INRA byl publikován v roce 1987, následně byl aktualizován v roce 1988. V roce 1989 vznikla jeho anglická verze. Využívá se jednak pro hodnocení energie a proteinu krmiva, ale také pro hodnocení plnivosti krmiva a to na základě regresních vztahů. Regresní vztahy umožňují vypočítat stravitelnost organické hmoty a tím stanovit obsah využitelné (netto) energie a predikovat příjem sušiny krmiva. Díky tomu, že využívá hodnocení plnivosti krmiva, patří mezi jeden z nejkompaktnějších systémů. Musí se však počítat i s tím, že plnivost krmiva je individuální vlastností, a proto pro zjištění přesných hodnot je potřeba tuto hodnotu stanovit experimentálně. To se v českém výzkumném prostoru téměř neděje a z toho důvodu bylo od jeho aplikace v ČR upuštěno.

Systém INRA je založen na netto energii – u dojníc jde o netto energii na produkci mléka (NEL), u rostoucího skotu o netto energii na výkrm (NEV). Obsah NEL se počítá v krmných jednotkách (UFL)

1 UFL = 1700 kcal NEL = energie pro laktaci v 1kg standardního ječmene

Krmná jednotka pro výkrm (UVF) se používá u jalovic s denním přírůstkem nad 1kg.

1 UVF = 1820 kcal NEV = energie pro výkrm v 1kg standardního ječmene

Obě jednotky (UFL i UVF) lze přepočítat na megajouly a to následujícím způsobem:

Hodnota v UFL * 7,12 = hodnota v megajoulech

Hodnota v UVF * 7,62 = hodnota v megajoulech.

Takto vyjádřené hodnoty NEL a NEV krmiv odpovídají normovaným hodnotám používaným v ČR podle systému pro výživu přežvýkavců dle Sommera et al. 1994 (cit. ZEMAN aj. 2006)

Hodnocení proteinu dle INRA zahrnuje výpočet stravitelnosti organické hmoty a výpočet fermentovatelné organické hmoty a to podle regresních rovnic. Dále se počítá efektivní degradovatelnost a intestinální stravitelnost NL krmiva. Na závěr se vypočítají hodnoty PDI a AADI krmiva.

Český systém – NEL (dle úpravy B. Vencle – někdy tzv. „Venclov systém“)

Netto energie laktace je hodnota energie, která je použita organismem na produkci mléka. Před dosazením do rovnice pro výpočet NEL je nutno vypočítat obsah brutto energie (BE) a metabolizovatelné energie (ME). Při výpočtu BE a ME používáme pro každou skupinu krmiv odlišné regresní rovnice odvozené Venclem aj. 1991, v závislosti na jejich živinovém složení, proto se výsledky pro různá krmiva liší. Při výpočtu BE potřebujeme znát u objemných krmiv obsah organické hmoty a dusíkatých látek. U jadrných krmiv se zaměřujeme na obsah jednotlivých organických živin. U vypočítávání ME nás navíc zajímá stravitelnost těchto živin (dusíkatých látek, organické hmoty, tuku, vlákniny a bezdusíkatých látek výtažkových).

Množství živin dosazujeme do výpočtu v g/kg sušiny, výsledek odpovídá množství energie v MJ/kg sušiny.

Používané odvozené regresní rovnice:

Pro objemná krmiva

$$BE = 0,00588 \cdot NL + 0,01918 \cdot OH$$

$$ME = 0,00137 \cdot SNL + 0,01504$$

Pro kukuřici

$$BE = (0,00588 \cdot NL + 0,01918 \cdot OH) - 0,15$$

$$ME = 0,01549 \cdot SOH$$

Pro cukrovku a krmnou řepu

$$BE = 0,01826 \cdot OH$$

$$ME = 0,01486 \cdot SOH$$

Pro cukrové skrojky

$$BE = 0,01163 \cdot NL + 0,01655 \cdot OH$$

$$ME = 0,01426 \cdot SOH$$

Pro jadrná krmiva

$$BE = 0,0239 \cdot NL + 0,0397 \cdot T + 0,0200 \cdot VL + 0,0174 \cdot BNLV$$

$$ME = 0,01588 \cdot SNL + 0,03765 \cdot ST + 0,01380 \cdot SVL + 0,01518 \cdot SBNLV$$

Po vypočítání hodnot brutto energie a metabolizovatelné energie dosazujeme do následující rovnice pro výpočet NEL:

$$NEL = ME \cdot [0,4632 + 0,24 \cdot q]$$

Koeficient q (koeficient metabolizovatelnosti energie) vypočítáme jako podíl metabolizovatelné energie a brutto energie kde:

$$q = ME/BE$$

Český systém - NEV

Při stanovení hodnoty netto energie výkrmu je zohledňován fakt, že ME pro záchovu je využívána efektivněji než ME pro růst. Používá se rovnice

$$NEV = ME \cdot kzp,$$

ve které se počítá koeficient Kzp (koeficient využití ME pro výpočet NEV) jako

$$Kpz = (kz \cdot kp) \cdot \dot{u} / [(kp + kz \cdot (\dot{u} - 1)]$$

Písmenem \dot{u} je označována úroveň výživy, která vyjadřuje, jaký násobek potřeby energie pro záchovu zvířete odpovídá energii, kterou obsahuje krmná dávka. Český systém používá jednotnou úroveň

výživy a to je úroveň 1,5. Pokud tedy předchozí rovnici upravíme a dosadíme do ní hodnotu úrovně výživy, rovnice dostane podobu

$$K_{pz} = (k_z \cdot k_p) \cdot 1,5 / [(k_p + k_z \cdot (1,5 - 1))]$$

Koeficient K_z vyjadřuje využití ME pro záchovu, $K_z = 0,554 + 0,287 \cdot q$

Koeficient K_p znamená využití ME pro přírůstek živé hmotnosti,

$$K_p = 0,006 + 0,780 \cdot q$$

q je koeficient metabolizovatelnosti energie a vypočítá se stejným způsobem jako při stanovování hodnoty NEL ($q = ME/BE$)

Souhrn

V našem textu jsme se snažili přiblížit problematiku hodnocení krmiv pro zvířata, především pro skot, kde problematika je nejsložitější. V letošním roce se na nás obrátila skupina odborníků z Francie se žádostí o spolupráci na sjednocení všech systémů hodnocení energie používaných v Evropské unii. Vzhledem k tomu, že zatím je tato problematika bez financování, je třeba se připravovat alespoň v rámci možností České republiky.

Použitá literatura

Kaustell, K., Tuori M., Huhtanen, P. Comparison of Energy evaluation systems for dairy cow feeds. *Livestock Production Science* (Impact Factor: 1.17). 11/1997; 51(1-3):255-266. DOI: 10.1016/S0301-6226(97)00054-7

Richter, M. – Třináctý, J. – Křížová, L. Hodnocení energie, plnivosti a hodnota DINAG u krmiv pro dojnice dle INRA. Certifikovaná metodika, 2010, ISBN: 978-80-87144-16-9

Richter, M. – Třináctý, J. Hodnocení proteinu krmiv pro dojnice dle systému INRA. Certifikovaná metodika. 2009 ISBN: 978-80-87144-10-7

ZEMAN, L. a kolektiv Výživa a krmení hospodářských zvířat. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 360 s. ISBN 80-86726-17-7.

Ke zpracování tohoto příspěvku bylo použito materiálů získaných s podporou Interní grantové agentury AF MENDELU

Název: AKTUÁLNÍ POZNATKY VE VÝŽIVĚ A ZDRAVÍ ZVÍŘAT
A BEZPEČNOSTI PRODUKTŮ 2015

Vydal: **Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.**
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

ISBN 978-80-7403-144-1

Vydáno bez jazykové úpravy.