

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**

**Krmná aditiva**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Kateřina Procházková**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Alois Kodeš, CSc.**

**2012**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Krmná aditiva“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne: 27.3.2012

Kateřina Procházková

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Aloisi Kodešovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce.

Děkuji zaměstnancům Zemědělské a potravinářské knihovny za nadstandardně poskytované služby.

# Souhrn

Krmná aditiva jsou specificky účinné látky, které po přidání do krmiv v odpovídajícím množství mohou příznivě ovlivňovat nejen zdraví a užitkovost zvířat, ale také vlastnosti živočišných produktů. V neposlední řadě mohou též zmírňovat dopady chovu hospodářských zvířat na životní prostředí.

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat literární rešerši – shromáždit a utřídit aktuální poznatky o nejvýznamnějších látkách používaných ve výživě zvířat jako krmná aditiva. Platná legislativa Evropské unie veškeré doplňkové látky využívané ve výživě zvířat rozděluje do pěti základních skupin.

V úvodu práce jsou ve stručnosti shrnuty všeobecné požadavky kladené na všechny doplňkové látky přidávané do krmiv. V dalších kapitolách jsou pak jednotlivé hlavní skupiny krmných aditiv popsány podrobněji. Technologické doplňkové látky se přidávají do krmiv především za účelem udržení nebo zlepšení jejich vlastností. Patří sem zejména konzervanty, stabilizátory, emulgátory, antioxidanty, pojidla a další látky bez přímého nutričního efektu. Sensorické doplňkové látky zlepšují sensorické vlastnosti živočišných produktů, a tím zvyšují jejich atraktivitu pro spotřebitele, případně zvyšují atraktivitu předkládaného krmiva pro zvířata. Používají se zejména barviva a zchutňující látky. Nutriční doplňkové látky obohacují krmnou dávku zvířat především o vitaminy a minerální látky. Zootechnické doplňkové látky se používají ke zlepšení zdraví a užitkovosti zvířat a taktéž ke snížení negativních vlivů chovu zvířat na prostředí. Patří sem velké množství různých látek s různými účinky – např. enzymy, probiotika, adsorbenty či fyto-genní aditiva. Poslední z hlavních skupin doplňkových látek představují kokcidiostatika a histomonostatika, preventivně podávaná mladé drůbeži ve výkrmu za účelem omezení výskytu protozoálních onemocnění.

**Klíčová slova:** krmná aditiva, doplňkové látky, zvyšování užitkovosti, výživa zvířat

# Summary

Feed additives are specifically effective substances which, after addition to the feed in the corresponding amount, may favourably influence not only an animal's health and performance, but also the properties of animal products. Last but not least, they can also reduce the impact of livestock farming on the environment.

The aim of this bachelor thesis was to perform the literature search – gather and sort the up-to-date knowledge of the most significant substances used as feed additives in animal nutrition. According to the valid European Union legislation, all the additives for use in animal nutrition are divided into five groups.

The introduction of the thesis contains a short overview of general requirements for all feed additives. In the subsequent chapters there is a more detailed description of the main individual groups of feed additives. Technological additives are primarily added to feed to maintain or improve its properties. They are especially preservatives, stabilisers, emulsifiers, antioxidants, binders and other substances without a direct nutritional effect. Sensory additives improve the sensory properties of animal products and thus increase their attractiveness for consumers, or increase the attractiveness of the supposed feed for an animal, especially when colouring and flavouring compounds are used. Nutritional additives, such as vitamins and minerals, also enrich animal feed rations. Zootechnical additives are used to favourably affect the health and performance of animals and environmental consequences of animal production. There are many various substances with various effects – e.g. enzymes, probiotics, adsorbents or phytogenic additives. The last of the main groups of additives are coccidiostats and histomonostats which are preventively used when fattening young poultry to reduce the occurrence of protozoan diseases.

**Key words:** feed additives, additives, increase of animal performance, animal nutrition

# Obsah

1. Úvod.....	- 8 -
2. Cíl práce.....	- 9 -
3. Literární rešerše .....	- 10 -
3.1. DOPLŇKOVÉ LÁTKY V KRMIVECH.....	- 10 -
3.2. TECHNOLOGICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY .....	- 12 -
3.2.1. Antioxidanty .....	- 12 -
3.2.2. Emulgátory.....	- 12 -
3.2.3. Konzervanty.....	- 13 -
3.2.4. Stabilizátory .....	- 13 -
3.2.5. Pojidla .....	- 13 -
3.2.6. Protiaglutinující činidla.....	- 14 -
3.2.7. Zahušřovadla a želírující činidla .....	- 14 -
3.2.8. Regulátory kyselosti .....	- 14 -
3.3. SENZORICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY.....	- 14 -
3.3.1. Aromatické a zchutňující látky .....	- 15 -
3.3.2. Barviva.....	- 17 -
3.4. NUTRIČNÍ DOPLŇKOVÉ LÁTKY.....	- 18 -
3.4.1. Vitaminy .....	- 18 -
3.4.1.1. Vitaminy rozpustné v tucích.....	- 19 -
3.4.1.2. Vitaminy rozpustné ve vodě.....	- 20 -
3.4.2. Minerální látky.....	- 22 -
3.4.2.1. Makroprvky .....	- 23 -
3.4.2.2. Mikroprvky.....	- 24 -
3.4.3. Aminokyseliny.....	- 25 -
3.4.4. Močovina .....	- 26 -
3.5. ZOOTECHNICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY.....	- 27 -
3.5.1. Enzymy .....	- 27 -
3.5.1.1. Mikrobiální fytázy .....	- 27 -
3.5.1.2. Enzymy štěpící neškrobové polysacharidy .....	- 28 -
3.5.2. Látky stabilizující střevní flóru.....	- 29 -
3.5.2.1. Probiotika .....	- 29 -
3.5.2.2. Prebiotika.....	- 31 -
3.5.2.3. Organické kyseliny .....	- 32 -
3.5.3. Fytogenní aditiva .....	- 33 -

3.5.4.	Adsorbenty mykotoxinů .....	- 36 -
3.5.4.1.	Hlinitokřemičitany.....	- 36 -
3.5.4.2.	Živočišné uhlí .....	- 37 -
3.5.4.3.	Biopolymery .....	- 37 -
3.5.4.4.	Syntetické polymery .....	- 38 -
3.5.5.	Adsorbenty amoniaku .....	- 38 -
3.6.	KOKCIDIOSTATIKA A HISTOMONOSTATIKA.....	- 39 -
4.	Závěr .....	- 42 -
5.	Seznam literatury .....	- 43 -

# 1. Úvod

Výživa hospodářských zvířat je jedním ze základních předpokladů jejich užitkovosti. V současných podmínkách intenzivní živočišné výroby, při stále vyšších požadavcích na užitkovost a snaze o co nejnižší spotřebu krmiva na jednotku produkce je nemyslitelné, že by výživa zvířat mohla být zajišťována bez využívání alespoň některých krmných aditiv.

Při vysoké užitkovosti již není možné zajistit pokrytí všech nutričních potřeb zvířat pouze podáváním tradičně používaných krmiv. Zde přicházejí ke slovu nutriční doplňkové látky, jejichž úkolem je uspokojit zvýšenou potřebu vysokoprodukčních zvířat a umožnit jim tak plně rozvinout jejich genetický potenciál.

S intenzifikací zemědělské výroby souvisí rovněž zvyšování koncentrace zvířat, které s sebou přináší zvýšené riziko vzniku infekčních onemocnění a působení dalších stresových vlivů. Odolnost a zdraví zvířat lze podporovat podáváním některých krmných aditiv. Se zvyšováním koncentrace zvířat souvisí i zvyšování koncentrace odpadů vznikajících při jejich chovu. Ochrana životního prostředí představuje aktuální problém, a proto je žádoucí co nejvíce omezovat negativní působení chovů zvířat na okolí. I v této oblasti se mohou do jisté míry uplatňovat nejrůznější krmná aditiva.

Do popředí zájmu se v současnosti dostávají také otázky týkající se kvality a zdravotní nezávadnosti potravin. V souvislosti s tím došlo v Evropské unii v posledních letech k zákazu některých látek, dříve běžně používaných ve výživě zvířat jako stimulanty růstu, k nimž se nyní hledají odpovídající alternativy.

Jak naznačují výše uvedené skutečnosti, představují krmná aditiva důležitou součást chovu všech druhů hospodářských zvířat, který by byl při své současné intenzitě bez jejich využívání jen stěží realizovatelný.



## **2. Cíl práce**

Cílem předkládané bakalářské práce je shromáždit a utřídit literární poznatky o nejdůležitějších aditivních látkách používaných ve výživě zvířat a zpracovat přehled současného stavu problematiky.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. DOPLŇKOVÉ LÁTKY V KRMIVECH

Krmnými aditivy (doplňkovými látkami) se rozumí specificky účinné látky, které při zkrmování ve vhodném množství příznivě ovlivňují vlastnosti krmiv a živočišných produktů i zdraví zvířat. Doplnují krmné dávky o chybějící živiny, umožňují dokonalejší využití živin a produkci kvalitnějších potravin živočišného původu. Chrání organismus před nepříznivými vlivy a zmírňují škodlivý vliv výkalů na životní prostředí. Jsou to protektivní, biokatalytické i esenciální anorganické nebo organické látky, účinné ve velmi malých množstvích. Jejich význam stoupá s koncentrací chovů, kdy je třeba zvířata zvlášť chránit před chorobami a jinými stresovými vlivy (Zeman a kol., 2006).

Z doplňkových látek se připravují premixy (směsi doplňkových látek bez nosiče) nebo směsi jedné či více doplňkových látek s nosiči, které jsou určeny k výrobě krmných směsí. Organickými nebo anorganickými nosiči se řadí účinné látky tak, aby bylo umožněno jejich dávkování a dokonalé rozptýlení v krmné směsi.

Pro některá aditiva je vyhlášena ochranná lhůta, tj. minimální doba, která musí uplynout od ukončení příjmu krmiva obsahujícího aditivum do porážky zvířete nebo počátku produkce živočišných produktů určených pro lidskou výživu (Zeman a kol., 2006).

Krmná aditiva patří k významným faktorům ovlivňujícím užitkovost hospodářských zvířat v podmínkách intenzivní živočišné výroby. K podstatným změnám v této oblasti došlo v souvislosti se zvýšením zájmu veřejnosti o bezpečnost a nezávadnost potravin živočišného původu a také v důsledku zvýšeného významu ochrany životního prostředí. Kritický přístup k používání krmných aditiv v Evropské unii vedl k celé řadě opatření (Tvrzník a Zeman, 2010).

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003 ze dne 22. září 2003 o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat definuje doplňkové látky v krmivech jako „látky, mikroorganismy nebo přípravky, jiné než krmné suroviny a premixy, které se záměrně přidávají do krmiva nebo vody, aby splnily zejména některé z funkcí.“ Doplňkové látky musí:

- Mít příznivý vliv na vlastnosti krmiva
- Mít příznivý vliv na vlastnosti živočišných produktů
- Mít příznivý vliv na zbarvení okrasných ryb a ptáků

- Uspokojovat potřeby zvířat týkající se výživy
- Mít příznivý vliv na důsledky živočišné výroby pro životní prostředí
- Mít příznivý vliv na živočišnou produkci, užitkovost nebo dobré životní podmínky zvířat, zejména působením na flóru gastrointestinálního traktu nebo trávení krmiva
- Mít kokcidiostatický nebo histomonostatický účinek.

Doplňkové látky zároveň nesmí:

- Mít nepříznivý účinek na zdraví zvířat, lidské zdraví nebo na životní prostředí
- Být upraveny k prodeji způsobem, který by mohl uvést uživatele v omyl
- Poškozovat spotřebitele zhoršením charakteristických vlastností produktů živočišného původu nebo uvádět spotřebitele v omyl, pokud jde o charakteristické vlastnosti produktů živočišného původu.

Nařízení dále rozděluje doplňkové látky v krmivech podle jejich funkcí a vlastností do následujících základních skupin:

- Technologické doplňkové látky: jakékoliv látky přidané do krmiva z technologických důvodů, neovlivňují nutriční hodnotu krmiva přímo, ale mohou zlepšit manipulaci nebo hygienické parametry
- Senzorické doplňkové látky: jakékoliv látky, které přimícháním do krmiva zlepší nebo změní organoleptické vlastnosti krmiva nebo vizuální vlastnosti potravin získaných ze zvířat
- Nutriční doplňkové látky
- Zootechnické doplňkové látky: jakékoliv látky, které se používají s cílem příznivě ovlivnit užitkovost a dobré zdraví zvířat nebo které se používají s cílem příznivě ovlivnit životní prostředí
- Kokcidiostatika a histomonostatika

Jednotlivé skupiny doplňkových látek budou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

## 3.2. TECHNOLOGICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY

Přidávají se do krmiv z technologických důvodů, neovlivňují nutriční hodnotu krmiva přímo, ale mohou zlepšit manipulaci nebo hygienické parametry (Tvrzník a Zeman, 2010). Nejdůležitějšími skupinami technologických doplňkových látek jsou:

### 3.2.1. Antioxidanty

Látky, které chrání krmiva před znehodnocením způsobeným oxidací, jejímž projevem je žluknutí přítomných tuků a dalších složek. Oxidace lipidů vyvolává další chemické změny, které negativně ovlivňují výživovou, hygienicko-toxikologickou a senzorickou hodnotu. Antioxidanty lze rozdělit na přírodní a syntetické. Přírodní antioxidanty se vyskytují v řadě olejů a jiných tuků (zejména v některých druzích koření). Bývají dražší než syntetické antioxidanty a vzhledem k tomu, že nemají konstantní složení, jsou obvykle méně účinné. Přírodní sloučeniny s antioxidační aktivitou se kromě koření a některých druhů ovoce a zeleniny vyskytují také v obilovinách (pšenice, ječmen, žito, oves) a v některých olejninách (sója, řepka). V biologických materiálech se jako látky s antioxidačními účinky uplatňují karotenoidy, některé vitaminy a další dusíkaté (kyselina močová) a sirné (cystein) sloučeniny (Velíšek a Hajšlová, 2009b). Přírodně se vyskytující antioxidanty v kvalitních krmivech jsou především vitamin E a kyselina L-askorbová. Při výrobě se do krmných směsí, minerálních doplňkových směsí a premixů zpravidla doplňují syntetické antioxidanty. Používají se zejména etoxychin, propylgallát, kyselina citronová, butylhydroxytoluen, butylhydroxyanisol a jejich směsi (Tvrzník a Zeman, 2010).

### 3.2.2. Emulgátory

Emulgátory jsou povrchově aktivní látky, které umožňují vznik nebo uchování stejnorodé směsi dvou nebo více nesmíselných fází. Důležité jsou zejména pro dispergování tuků (Velíšek a Hajšlová, 2009b). K emulgátorům používaným při výrobě krmných směsí patří například lecithin, který se získává při rafinaci surového sójového oleje. Dále se používají estery mono- a diacylglycerolů či estery hydroxykyselin.

Prostřednictvím emulzifikace je dosaženo nejen lepší disperze tuku v krmivu, ale následně také jeho lepšího strávení. Například nedostatečná schopnost selat trávit tuk může

být spojena právě s jeho nedostatečnou emulzifikací. Emulzifikační schopnosti mají fosfolipidy obsažené ve žluči, které se však u selat produkuje nedostatečné množství. Mechanismus účinku emulgátorů spočívá v emulzifikaci tráveniny a následném zpřístupnění živin krmné dávky pro trávicí enzymy selat (Daněk a Bečková, 2004).

Daněk et al. (2005) zkoumali vliv přídavku lecithinu do krmné směsi selat po odstavu. Během 28denního pokusného období zaznamenali u pokusné skupiny zvýšení stravitelnosti sledovaných živin. Došlo rovněž ke zvýšení průměrného denního přírůstku a ke zlepšení konverze krmiva, které však nebyly statisticky průkazné. Pozitivní vliv lecithinu byl poté potvrzen doplňujícím provozním pokusem se selaty od narození do věku 71 dnů, při kterém průměrný denní přírůstek pokusné skupiny činil 290 gramů, zatímco přírůstek kontrolní skupiny pouze 270 gramů.

### 3.2.3. Konzervanty

Konzervanty jsou látky, které prodlužují údržnost krmiv tím, že je chrání před zkažením způsobeným nežádoucími mikroorganismy nebo jejich metabolity. K tomuto účelu se využívají zejména některé organické či anorganické kyseliny a jejich soli. Významnými konzervačními prostředky jsou například kyseliny benzoová a sorbová, které jsou účinnými inhibitory řady plísní a kvasinek a některých bakterií (Velíšek a Hajšlová, 2009b). Dalšími kyselinami, které vykazují konzervační účinky, jsou kyseliny mravenčí, octová, propionová, mléčná. Tyto kyseliny jsou využívány ve výživě zvířat také pro jiné své vlastnosti – pozitivně působí na regulaci pH trávicího traktu a zlepšují stravitelnost živin (Tvrzník a Zeman, 2010)

### 3.2.4. Stabilizátory

Stabilizátory jsou látky umožňující udržet žádoucí fyzikálně chemické vlastnosti emulzí a případně i jiných disperzních soustav. Používají se zejména různé polysacharidy, například arabská guma. (Velíšek a Hajšlová, 2009b).

### 3.2.5. Pojidla

Jedná se o látky, které zvyšují přilnavost částic v krmivu. Slouží jako přídavky do krmných směsí před granulací. Podílejí se na zvýšení kvality granulí, především snížením obsahu

prachových částí a odrolu. Patří sem látky přirozeně se vyskytující např. bentonit a pšeničná mouka, ale i výrobky komerční (Tvrzník a Zeman, 2010).

### 3.2.6. Protiaglutinující činidla

Protiaglutinující či také protispékavé (protihrudkující) látky tvoří povlaky na povrchu jednotlivých částic krmiva a snižují tak jejich tendenci k vzájemnému ulpívání. Jako protiaglutinační činidlo se používá zejména oxid křemičitý, případně fosforečnan vápenatý (Velíšek a Hajšlová, 2009b).

### 3.2.7. Zahušřovadla a želírující činidla

Účelem používání těchto látek je vytváření a udržování žádoucí textury krmiv. Zahušřovadla jsou látky zvyšující viskozitu, želírující látky vytvářejí gely. Tato skupina látek zahrnuje kyselinu alginovou, dále přírodní rostlinné polysacharidy (například škroby, celulózu, pektiny, karagenany) a také modifikované polysacharidy (modifikované škroby, celulózu) (Velíšek a Hajšlová, 2009b).

### 3.2.8. Regulátory kyselosti

Regulátory kyselosti upravují pH krmiva v trávicím traktu. Využívány jsou zejména ve výživě přežvýkavců, kde upravují pH bacheru. Patří sem hydrogenuhličitan sodný, hydrogenuhličitan sodný, uhličitan vápenatý, kyseliny citronová, jablečná, fumarová a adipová (Tvrzník a Zeman, 2010).

## 3.3. SENZORICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY

Mezi sensorické doplňkové látky patří zejména aromatické a zchutňující látky, které přidáním do krmiva zvyšují jeho vůni a chutnost, a dále barviva - látky používané k dobarvování krmiv nebo živočišných produktů a látky zlepšující zbarvení okrasných ryb nebo ptáků.

### 3.3.1. Aromatické a zchutňující látky

Aromatické a zchutňující látky jsou definovány jako látky působící na čichové a chuťové receptory a vyvolávající vjem vůně anebo chuti (Velíšek a Hajšlová, 2009b). Lze je rozdělit na přírodní aromatické látky, které se získávají z přirozených materiálů, aromatické látky přírodně identické, které se získávají syntézami, ale jsou identické s látkami vyskytujícími se v přirozených materiálech a umělé aromatické látky, které jsou vyrobeny uměle a nejsou identické s přírodními aromatickými látkami.

Oblast senzorických aditiv, aromat a sladidel byla prozkoumána výrazně méně než krmná aditiva přímo působící na zvýšení užitkovosti. Jejich objektivní posouzení je totiž velmi obtížné. Přitom chuť a vůně krmiva mají pro zvířata velký význam. Chutnost krmiva je pak nejen výrazem jeho oblíbenosti u hospodářských zvířat, ale také významně podporuje trávení. Různé druhy živočichů mají chuť vyvinutou různě – savci mnohem více než ptáci (Slavík a Kacerovská, 2005). Upřednostňování různých chuťových vjemů se mění také s věkem zvířete.

Účelem zchutňování je, aby zvířata ve větším množství přijímala krmiva neoblíbená nebo chuťově neutrální. Dále se aromatické a zchutňující přípravky používají k zamaskování nejrůznějších pachutí, které jsou do krmiva vnášeny prostřednictvím jiných aditiv. Zejména minerální přísady snižují chutnost a přirozenou vůni krmiva a tím snižují i jeho atraktivitu pro zvířata. Preferenci pro krmivo může změnit již relativně nízká koncentrace čichově a chuťově aktivních molekul, při příliš vysokých dávkách může příjem krmiva naopak poklesnout.

Použitím aromatických látek se mohou krmné směsi čichově a chuťově standardizovat. Při výrobě krmných směsí je zpracováváno velké množství surovin různého původu a kolísání jejich cen může vést ke změnám receptur. Ochucením směsi se i přes změnu složení krmiva zabrání snížení jeho příjmu zvířaty. Stejným způsobem lze usnadnit také přechod na jinou krmnou směs. Zchutňování krmné směsi hraje důležitou roli zvláště u selat po odstavu. V tomto období může ke zvýšení příjmu krmiva přispět použití aromatizované směsi připomínající mléko prasnice (Kaplan, 1997).

Pokusy sledující vliv aromatických přísad na příjem krmiva byly prováděny s odstavenými selaty na univerzitě v Rostocku. V pokusném krmivu byly redukovány drahé komponenty, které selata s chutí přijímají, a byla přidána karamelovo-vanilková příchut'. Celkové náklady na takto upravené krmivo se pohybovaly okolo 98 % z obvyklého krmiva pro selata. V pokusu byl zjišťován příjem krmiva a hmotnostní přírůstek selat. U pokusných selat došlo ke zvýšení hmotnostních přírůstků o 4 % ve srovnání se selaty z kontrolní skupiny.

Příjem krmiva byl u pokusných selat vyšší o 6 %. Výsledek tohoto pokusu dokazuje, že senzorická aditiva splňují svůj účel – zvyšují užitek zvířat zvýšením příjmu krmiva.

V jiném pokuse však přímý vliv přidavku aromatických a zchutňujících látek na zvýšení celkové spotřeby krmiva nebyl prokázán. Montoro et al. (2011) ve svém pokuse s dvaadvaceti holštýnskými telaty sledovali vliv podávání starteru se stejnou příchutí, jakou měla mléčná náhražka, na příjem pevného krmiva v období okolo odstavení. Pokus začal ve 22 dnech věku telat a skončil 14 dní po odstavení. Telata byla odstavena ve věku 65 dní. Během prvních 34 dní pokusu všechna telata dostávala stejný starter a byla napájena stejným mléčným nápojem. Od sedmého dne před odstavením až do konce pokusu byla polovina telat krmena starterem se stejnou příchutí, jakou měl mléčný nápoj, zatímco kontrolní skupina telat dostávala starter bez příchutě. Každý den byl zaznamenáván příjem starteru a mléčného nápoje. Živá hmotnost telat byla zjišťována jednou za týden. Z výsledků pokusu vyplynulo, že celkový příjem starteru nebyl ovlivněn přidáním příchutě. Příznivý vliv ochucování se však projevil u telat, u nichž byl příjem pevného krmiva před odstavením velmi nízký. V tomto případě byl u telat s ochuceným starterem zaznamenán vyšší příjem krmiva ve srovnání s telaty krmenými starterem neochuceným. V závislosti na tom dosahovala telata s ochuceným starterem v období 14 dnů po odstavení vyšších průměrných denních přírůstků než telata z kontrolní skupiny.

Zchutnění krmiva lze dosáhnout například přidáním různých koření či silic nebo použitím sladidel. Přírodními sladidly používanými ve výživě zvířat jsou cukr a melasa. Kromě těchto přírodních sladidel se používají rovněž umělá sladidla sacharin a neohesperidin – dihydrochalcon a dále zvýrazňovače chuti thaumatin, který ve směsi se sacharinem působí synergicky, a maltol, vyznačující se karamelovou vůní a chutí (Meyerová a Kacunda, 2008). Podle Velíška a Hajšlové (2009b) je sladivost sacharinu 200 – 700x vyšší než sladivost sacharózy a v případě neohesperidin – dihydrochalkonu až 2000x vyšší. Díky této extrémně vysoké sladivosti postačuje nízké dávkování, které se pohybuje v rozmezí 100 – 500 g na tunu krmné směsi. Přípravek musí být dobře vmíchatelný a dobře se v krmivu rozptýlit.

Mezi látky upravující chuť krmiva patří rovněž různá okyselovadla (acidulanty). Jako acidulanty se používají organické i anorganické kyseliny většinou identické s těmi, které se v přírodních materiálech běžně vyskytují. Kromě toho, že udílejí krmivu kyselou chuť, mají kyseliny ještě nejrůznější další prospěšné vlastnosti. Některé kyseliny vykazují antimikrobiální účinky, a proto se současně používají jako konzervační prostředky. Jednotlivé organické kyseliny mají proti plísním, bakteriím a kvasinkám různou účinnost. Proti plísním nejlépe účinkuje kyselina propionová (tím tlumí i výskyt mykotoxinů). Nejlepší baktericidní



účinky má kyselina mravenčí. U drůbeže organické kyseliny omezují výskyt salmonel (Háp, 2000).

Kyseliny přidané do mléka způsobují koagulaci mléčných bílkovin. Toho se využívá zejména ve výživě telat. Předpokladem pro stravení mléčného krmiva je totiž právě koagulace mléčné bílkoviny ve slezu telete. Na koagulaci 1 litru nápoje je potřeba až 2 litry trávicích tekutin (Šimek a kol., 2003). Pokud ke koagulaci z nějakého důvodu nedojde, je to příčinou nejen nedostatečného využití živin, ale eventuálně i průjmů. Podstatou účinku okyselovadel přidávaných do mléčného nápoje je sražení mléčné bílkoviny již při příjmu krmiva, čímž se napomáhá fyziologickým mechanismům trávení. U nativních nápojů mají acidifikátory navíc také konzervační účinek. Pro okyselení se do mléčných nápojů nejčastěji přidávají organické kyseliny mravenčí, mléčná, octová, propionová, benzoová, jablečná, vinná, citronová, z anorganických pak kyselina chlorovodíková. Většina okyselovadel je směsí organických a anorganických kyselin. Jako nosič se používá sypký oxid křemičitý v koncentraci asi 30 – 35 % (Šimek a kol. 2003). Jinou metodou okyselování mléčných nápojů je jejich zakvašování pomocí přidaných bakterií mléčného kvašení (např. *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*).

Další významnou vlastností kyselin je jejich schopnost hydrolyzovat proteiny, jejichž stravitelnost se tak zvyšuje. V závislosti na zvýšení stravitelnosti proteinů pak dochází ke snížení produkce amoniaku. Acidifikační účinek ovlivňuje trávení především u selat, která mají nedostatečnou produkci kyseliny chlorovodíkové (Háp, 2000). Použitím kyseliny rychleji poklesne pH v žaludku na 3,5, čímž dojde k aktivaci pepsinogenu a pepsinu. Anionty organických kyselin rovněž zvyšují stravitelnost a retenci mikroelementů.

### 3.3.2. Barviva

Krmná aditiva patřící mezi barviva se nejčastěji používají ve výživě nosnic za účelem zvýšení zabarvení vaječného žloutku. Barva žloutku je hlavním kritériem pro smyslové hodnocení kvality vajec u spotřebitele, a tak se jeho barvení stalo již samozřejmou součástí produkce konzumních vajec. Snahou producentů je dosáhnout sytě žluté barvy žloutku pomocí vhodného krmiva, případně přídavku barviva.

Barva vaječného žloutku je podmíněna přítomností karotenoidních pigmentů. Karotenoidy jsou značně rozšířené žluté a oranžové, výjimečně také žlutozelené a červené, převážně lipofilní pigmenty rostlin, hub, řas a mikroorganismů (Velíšek a Hajšlová, 2009b).

Hlavními karotenoidy rostlin jsou xanthofyly – kyslíkaté sloučeniny odvozené od karotenů. Přírodně se vyskytujícími xanthofyly v krmivech pro drůbež jsou například zeaxantin, lutein či kryptoxantin. Za účelem umělého přibarvení žloutku slepičích vajec jsou do krmné směsi nosnic aplikovány kombinace žlutých a červených xantofylů. Běžně se využívají červené syntetické pigmenty cantaxantin, citranaxantin a směs capsantin-capsorubin (Kračmarová a kol., 2005). Jako žlutý pigment se používá přírodní barvivo na bázi luteinu získané z aksamitníku afrikánu (*Tagetes erecta*). Na přidání těchto barviv nosnice reagují naprosto spolehlivě a k dosažení programovaného stupně zbarvení žloutku postačuje asi 10 dnů (Mudřík a kol., 2002). Ukládání pigmentu je přímo úměrné zvyšujícímu se obsahu tuku v krmivu. Vitamin A pigmentaci naopak snižuje.

Pro posouzení barevnosti žloutku se používají různé barevné stupnice, které se od sebe často značně liší. Proto je třeba při popisu přesně určit stupnici a také rok, kdy byla škála vytvořena. Výsledný efekt je třeba posuzovat jak na vejci čerstvém, tak na uvařeném a za jednoznačně definovaného umělého osvětlení (Kleckner a kol., 2001).

Kromě ovlivňování barvy živočišných produktů se někdy barviva přidávají do krmných směsí za účelem zvýšení atraktivity krmiva pro zvířata. Přibarvování krmiva má význam především pro selata. V této souvislosti Zeman a kol. (2006) uvádějí vhodnost pistáciové barvy krmných směsí ČOS.

## **3.4. NUTRIČNÍ DOPLŇKOVÉ LÁTKY**

### **3.4.1. Vitaminy**

Vitaminy jsou organické nízkomolekulární sloučeniny s různou chemickou strukturou syntetizované téměř výhradně autotrofními organismy. Heterotrofní organismy je syntetizují jen velmi omezeně a získávají je především potravou nebo prostřednictvím mikroflóry trávicího traktu. Vitaminy jsou v minimálním množství nezbytné pro regulaci metabolismu. Nejsou zdrojem energie ani stavebním materiálem. Uplatňují se převážně jako součást katalyzátorů biochemických reakcí.

Dosud je známo 14 vitaminů (Zeman a kol., 2006). Vitaminy rozpustné v tucích jsou vitamin A, D, E a K. Ve vodě jsou rozpustné vitaminy skupiny B a vitamin C. V krmivech

a potravinách se vitaminy vyskytují v proměnném množství, zpravidla od  $\mu\text{g kg}^{-1}$  po stovky až tisíce  $\text{mg kg}^{-1}$ , podle druhu vitamínu, druhu potraviny nebo krmiva a způsobu zpracování. Vyskytují se jednak volné a jednak vázané na bílkoviny nebo sacharidy. Některé látky mohou sloužit jako prekurzory vitamínů (tzv. provitaminy), z nichž si organismus dokáže vitaminy syntetizovat. Například  $\beta$ -karoten je provitaminem retinolu.

Potřeba většiny vitamínů je nízká. Množství potřebné k zajištění normálních fyziologických funkcí je ovlivněno různými faktory. Lipofilní vitaminy se v organismu ukládají převážně v játrech. Vitaminy rozpustné ve vodě nejsou ukládány vůbec nebo jen velmi omezeně a jejich přebytek je vylučován močí. Pokud je některý vitamin dodáván v nedostatečném množství, dochází k hypovitaminóze případně až avitaminóze, kdy je nedostatek vitamínu úplný. Poruchy biochemických procesů způsobuje rovněž hypervitaminóza způsobená nadměrným příjmem lipofilních vitamínů. Využití některých vitamínů (z krmiva) může být ovlivněno přítomností antivitaminů, které účinky vitamínů omezují. Vliv některých antivitaminů lze omezit například jejich tepelnou inaktivací (Velíšek a Hajšlová, 2009a).

Při doplňování vitamínů do krmných směsí je třeba brát v úvahu řadu faktorů. Jedním z nich je například skutečnost, že většina pokusů provedených za účelem zjištění potřeby vitamínů byla provedena již před mnoha lety a na zvířatech s nižší užitkovostí, než mají zvířata dnes. Zvýšená užitkovost dnešních zvířat s sebou nese rovněž zvýšené požadavky na živiny (Zeman a kol., 2006).

#### **3.4.1.1. Vitaminy rozpustné v tucích**

**Vitamin A (retinol)** je uložen ve formě provitaminů (hlavně  $\beta$ -karotenu) především v zelených rostlinách. Podílí se na ochraně a regeneraci epitelových tkání, na tvorbě imunoglobulinů a zvyšování rezistence vůči infekci. Má vliv na zachování dobrého zdravotního stavu a plodnosti. Nedostatek se projevuje potlačením růstu a nechutí k příjmu potravy, patologickými změnami na kůži, zvýšenou citlivostí vůči nemocem a sníženou plodností. Požadavky zvířat na tento vitamin jsou dány spotřebou tuků, hygienickými podmínkami a úrovní užitkovosti. Téměř všechny druhy zvířat požadují doplňky vitamínu A v množství potřebném pro úplné krytí jejich požadavků v závislosti na užitkovosti. Přípravky s obsahem vitamínu A jsou stabilizovány proti oxidaci a dalším vnějším vlivům (Schneiderová, 1996).

**Vitamin D** vzniká z provitaminů působením slunečního záření. V rostlinách vzniká vitamin D<sub>2</sub>, u živočichů D<sub>3</sub>. Schneiderová (1996) uvádí, že účinnosti vitaminu D<sub>3</sub> je podstatně vyšší než vitaminu D<sub>2</sub>, a proto přípravky používané jako doplňky tohoto vitaminu obsahují vitamin D<sub>3</sub>. Hartlová a Fučíková (2008) oproti tomu udávají, že účinnost obou vitaminů je stejná. Vitamin D se podílí na vstřebávání fosforu a vápníku ve střevě, na jejich metabolismu v organismu a ovlivňuje kalcifikaci kostí. Nedostatek způsobuje u mláďat křivici, u dospělých jedinců osteoporózu.

**Vitamin E (tokoferol)** patří mezi významné antioxidanty, má schopnost stabilizovat škodlivé volné radikály, podílí se na zachování integrity buněčných membrán. Významná je jeho synergická spolupráce se selenem. Kromě toho se podílí na metabolismu glycidů, kreatinu a hormonů, účastní se na vývoji a činnosti žláz, na přípravě organismu na zabřeznutí a na udržení březosti. Kromě dospělých přežvýkavců krmných zelenou pící vyžadují doplněk vitaminu E všechny druhy zvířat (Schneiderová, 1996). Nedostatek způsobuje resorpci plodu, u samců atrofii spermatogenní tkáně až sterilitu, u mláďat problémy v krvetvorbě. Zdrojem vitaminu E je zelené krmivo, obilná zrna, obilné klíčky a oleje z nich. Do zásoby se ukládá v tukové tkáni (Hartlová a Fučíková, 2008).

Nejvýznamnější funkcí **vitaminu K** je jeho účast v procesu srážení krve. Mimo srážecí faktory je důležitý rovněž pro syntézu bílkovin. Nedostatek vitaminu K je vzácný, vzniká především po podávání jeho antagonistů či při dlouhodobém podávání antibiotik. Přírodním zdrojem je u zvířat střevní mikroflóra a dále pak obiloviny, listová zelenina a pícniny (Hartlová a Fučíková, 2008).

#### **3.4.1.2. Vitaminy rozpustné ve vodě**

**Vitamin C** se u většiny savců (kromě morčat, primátů a člověka) vytváří z glukózy v játrech. Je to významný antioxidant, podílí se na syntéze kolagenových bílkovin, posiluje obranný mechanismus organismu a je důležitý pro syntézu hormonů a pro vstřebávání železa. Nedostatek vitaminu C se projevuje poruchou růstu a plodnosti, zvýšenou citlivostí k infekcím, krvácivostí sliznic a snadnou lámavostí kostí. Ačkoli se obecně soudí, že vitamin C není třeba do krmiv pro hospodářská zvířata doplňovat, Schneiderová (1996) uvádí, že endogenní syntéza v intenzivních výrobních podmínkách kryje jeho potřebu jen částečně a je nutné jej dodávat v krmné dávce.

**Vitaminy skupiny B** jsou významné pro intenzivně rostoucí drůbeží hybridy, prasata s vyšším podílem svaloviny a pro mláďata, jejichž schopnost tvorby těchto vitaminů je minimální. U býložravců jsou některé vitaminy skupiny B syntetizovány bachorovou nebo střevní mikroflórou, a proto se u nich s nedostatkem těchto vitaminů nesetkáváme. Vitaminy této skupiny se používají při reprodukčních poruchách, onemocněních kůže, poruchách nervové a trávicí soustavy a poruchách metabolismu tuků. Některé jsou podstatné pro imunitní odezvu vůči infekci. Jejich potřeba stoupá při zvýšeném obsahu sacharidů nebo tuků v krmivu, při podávání léčiv, při zvýšené teplotě prostředí a zkráceném světelném režimu (Schneiderová, 1996).

**Vitamin B<sub>1</sub> (thiamin)** je významný pro funkci nervové tkáně a myokardu, má ochranný vliv na trávicí trakt, ovlivňuje zachování normální peristaltiky, absorpci tuků a enzymovou aktivitu. Nedostatek postihuje především nervový systém. Dochází ke svalovým křečím, ovlivněna je srdeční svalovina i trávicí soustava. Typickým projevem nedostatku je nemoc beri – beri.

**Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin)** je kofaktorem celé řady enzymů, je důležitý pro metabolismus bílkovin a cholesterolu. Nedostatek způsobuje zpomalení růstu, onemocnění kůže, poruchy ústní sliznice.

**Vitamin B<sub>3</sub> (niacin)** je součástí koenzymů účastnících se oxidoredukčního řetězce. Nedostatek vyvolává onemocnění kůže a nervového systému. Niacin zlepšuje plodnost a upravuje vysoký krevní tlak (Hartlová a Fučíková, 2008).

**Vitamin B<sub>4</sub> (kyselina listová)** je nezbytná pro růst a reprodukci buněk (je součástí enzymů podílejících se na tvorbě ATP a syntéze DNA. Nedostatek způsobuje anémii.

**Vitamin B<sub>5</sub> (kyselina pantotenová)** se jako součást koenzymu A podílí na základním buněčném metabolismu cukrů, tuků a aminokyselin. Při nedostatku dochází k poruchám v trávicí soustavě a k onemocněním kůže.

**Vitamin B<sub>6</sub> (pyridoxin)** je součástí enzymů zasahujících do metabolismu aminokyselin. Nedostatek je ojedinělý, projevuje se pomalým hojením zánětů a zhoršenou regenerací sliznic (Vydrová, 2011b).

**Vitamin B<sub>7</sub> (biotin, vitamin H)** působí jako růstový faktor buněk, je nezbytný pro syntézu mastných kyselin a tvorbu glukózy, ovlivňuje intenzitu růstu a reprodukční ukazatele a příznivě působí proti patologickým změnám na kůži, paznehtech a kopytech. Při nedostatku dochází ke snížení konverze krmiva, k porušení rohoviny, k prodloužené říji a snížení míry zabřeznutí (Schneiderová, 1996).

**Vitamin B<sub>8</sub> (cholin)** je součástí plazmatických membrán a zároveň prekurzorem neurotransmiteru acetylcholinu, podílí se na ochraně jater před nadměrným ukládáním tuku. Je syntetizován z aminokyselin serinu a methioninu. Deficit se vyskytuje zřídka, u mláďat způsobuje zpomalení růstu a snížení životaschopnosti.

**Vitamin B<sub>9</sub> (inositol)** se účastní transportu a metabolismu mastných kyselin a cholesterolu. Je součástí některých enzymů a ovlivňuje činnost mozku.

**Vitamin B<sub>12</sub> (kobalamin)** je součástí enzymů zasahujících do metabolismu nukleových kyselin, ovlivňuje krvetvorbu a nervový systém. Nedostatek způsobuje neurologické poruchy a zhoubnou anémii (Hartlová a Fučíková, 2008).

### 3.4.2. Minerální látky

Prvky nezbytné pro život organismů se nazývají biogenní. Biogenní prvky, které tvoří základ organických látek (uhlík, vodík, kyslík, dusík), jsou prvky organické, ostatní biogenní prvky jsou minerální prvky. Minerální prvky vyskytující se v tělech živočichů v relativně velkém množství jsou nazývány makroprvky či makroelementy. Látky, jejichž koncentrace v tělech živočichů je nízká, se nazývají mikroprvky (mikroelementy, stopové prvky).

Potřeba minerálních látek pro živé organismy je druhově odlišná a jsou v organismu nezastupitelné. V živočišných buňkách existují v různých chemických formách a v charakteristických koncentracích, které jsou typické pro daný prvek a tkáň. Prvky v organismu působí ve vzájemných souvislostech, a proto pro správné fungování tkání je třeba, aby byla zachována nejen potřebná koncentrace, ale také správný poměr minerálních látek. Minerální látky obsažené v organismu živočichů tvoří 4 – 5 % jeho hmotnosti (Ilek a kol., 2009a). Fyziologický stav je charakterizován dynamickou rovnováhou minerálních látek v organismu. Nedostatečný i nadměrný přísun minerálních látek v krmivech působí na organismus nepříznivě. Mezi minerály existují interakce, které se mohou negativně projevit na jejich využití zvířetem. Látky s podobnými vlastnostmi mohou mít antagonistický vztah projevující se v trávicím traktu sníženou absorpcí jedné z nich. Příkladem může být vztah mědi a zinku nebo vápníku a fosforu (Václavková, 2011). Biologická využitelnost stopových prvků závisí i na mnoha dalších faktorech - chemické i fyzikální formě prvku, velikosti částic krmiva, jeho struktuře a vybilancování krmné dávky na organické a minerální živiny. V případě nízké využitelnosti minerálních prvků z krmiv dochází u zvířat ke vzniku sekundárních deficiencí a zároveň ke zvyšování obsahu těchto látek v prostředí (Tvrzník

a Zeman, 2010). Zejména anorganické formy minerálních látek nejsou pro zvířata plně využitelné, a proto se začaly používat organicky vázané minerály – cheláty. Cheláty jsou komplexy kovu s aminokyselinami, polysacharidy nebo proteináty (Václavková, 2011).

V případě esenciálních minerálních prvků, tj. takových, které musí organismus přijímat v potravě, rozlišují Illek a kol. (2009a) čtyři základní funkce v organismu živočichů. Strukturální - minerální prvky tvoří strukturu tkání a orgánů. Vápník a fosfor se podílejí na uspořádání kostí a zubů, zinek je součástí inzulínu, železo tvoří strukturu hemoglobinu a myoglobinu. Fyziologické - minerální prvky mají význam v procesu trávení, vstřebávání a využití živin, pomáhají udržovat osmotický tlak či jsou nezbytné pro přenos a přeměnu energie. Katalytické - minerální prvky působí jako katalyzátory enzymatických a humorálních systémů, a tedy ovlivňují celý metabolismus. Regulační - minerální látky regulují metabolické pochody v těle. Vápník, hořčík a zinek například mají vliv na transkripci a replikaci.

K tomu, aby určitý prvek mohl být zařazen mezi esenciální prvky, musí podle Velíška a Hajšlové (2009a) splňovat následující podmínky:

- Prvek je přítomen ve všech zdravých tkáních těla
- Koncentrace prvku ve stejných tkáních těl různých biologických druhů jsou podobné
- Vyloučení prvku z diety vede opakovaně k fyziologickým abnormalitám
- Opětovným přidáním prvku do deficitní diety se fyziologický stav vrací k normálu
- Úplná a dlouhodobá eliminace prvku z diety má za následek smrt organismu

Prvními varovnými příznaky nedostatku minerálních látek nebývají zpravidla příznaky onemocnění, ale zhoršení chovatelských výsledků, snížení laktace, poruchy reprodukce, nižší počet mláďat a jejich životnost, snížené přírůstky hmotnosti nebo snížená odolnost vůči infekcím (Filip, 2001).

#### **3.4.2.1. Makroprvky**

**Vápník** představuje asi 1 – 2 % hmotnosti těla. 99 % vápníku je obsaženo ve skeletu, zbývající 1 % je součástí různých membránových struktur. Vápník tvoří základ kostí a zubů, je nezbytný při srážení krve, ovlivňuje propustnost membrán, umožňuje kontraktilitu svaloviny. Absorpce vápníku probíhá prostřednictvím pasivní difuze v tenkém střevě.

U dojnic v závěrečné fázi březosti a v období vysoké laktace je vápník absorbován aktivně pod vlivem parathormonu. Dlouhodobý nedostatek vápníku způsobuje poruchy růstu a vývoje kostry, u dospělých jedinců vyvolává osteoporózu. Nadbytek nepříznivě ovlivňuje vstřebávání fosforu, hořčíku a zinku.

**Fosfor** je druhý nejvíce zastoupený minerální prvek v těle. 80 – 90 % fosforu je v kostech, zbývajících 10 – 20 % pak v měkkých tkáních a tělních tekutinách. Fosfor se účastní všech metabolických reakcí, je součástí nukleových kyselin, mnoha koenzymů a také makroergických sloučenin. Absorpce fosforu probíhá aktivním i pasivním způsobem v duodenu. Nedostatek fosforu narušuje růst a vývoj kostí a způsobuje poruchy plodnosti. Nadbytek omezuje absorpci vápníku, zinku, mědi a železa (Illek a kol., 2009a).

**Sodík** je hlavním kationtem extracelulární tekutiny, je nutný pro regulaci osmotického tlaku, zachování acidobazické rovnováhy a rozdělování vody mezi extra a intracelulární tekutinu. Nedostatek způsobuje zpomalení růstu, zhoršení reprodukce, poruchy oční rohovky. Nadbytek působí hypertenzi a poruchy centrálního nervového systému.

**Draslík** se společně se sodíkem podílí na přenosu vzruchu. Vyšší koncentrace je uvnitř buněk. Zapojuje se do řízení osmotického tlaku a acidobazické rovnováhy. Nedostatek může způsobovat poruchy srdečního rytmu a selhávání respiračního ústrojí (Vydrová, 2011a).

**Hořčík** je koenzymem mnoha enzymů. Je rovněž důležitý pro činnost srdeční tkáně a tvorbu kostí a zubů. Jeho zásoby v organismu jsou nízké. Při nedostatku v krmivu může docházet k vazodilataci, zvýšené dráždivosti, ztrátě rovnováhy a k tetanii.

**Síra** je přítomna ve všech buňkách jako součást aminokyselin, dále je součástí některých vitaminů a inzulínu. Přebytek má negativní vliv na příjem krmiva, při nedostatku dochází k narušení keratinu.

**Chlor** je ve formě chloridového aniontu obsažen především v krvi, svalech a játrech. Je hlavním aniontem extracelulární tekutiny. V žaludku tvoří kyselinu chlorovodíkovou. Deficit způsobuje poruchy trávení (Filip, 2002).

#### 3.4.2.2. Mikroprvky

**Železo** představuje nejrozšířenější stopový prvek v těle. 60 % je součástí hemoglobinu, podílí se na syntéze DNA a na transportu kyslíku. Deficit způsobuje anémii, ztrátu žravosti a zvýšenou mortalitu.



**Zinek** se účastní dělení buněk, tvorby chrupavek a kostí, důležitý je pro fermentační procesy v bachoru. Při nedostatku dochází ke zpomalení růstu, dermatitidám, zhoršení kvality rohoviny a reprodukce.

**Měď** je prvek s mnohostrannou funkcí. Podílí se na tvorbě elastinu a kolagenu, ovlivňuje krvetvorbu, imunitu, skelet.

**Mangan** je součástí mnoha enzymů, podílí se na metabolismu všech živin, zvyšuje využití tuků, je nutný pro mineralizaci kostí. Hlavní zásobárnou je kostní tkáň. Nedostatek zhoršuje reprodukci a snižuje růst (Filip, 2001).

**Selen** je spolu s vitamínem E důležitý antioxidant. Omezuje toxické působení těžkých kovů, zlepšuje imunitu, pozitivně působí na plodnost. Nedostatek bývá příčinou poruch hladkého svalstva a reprodukce, zhoršuje kvalitu kolostra, u mláďat způsobuje svalovou dystrofií. Předávkování může vyvolávat poruchy centrálního nervového systému.

Nedostatek **kobaltu** zpomaluje růst, snižuje hmotnost, projevuje se anémií, poškozením srsti a poruchami reprodukce.

**Chrom** váže inzulin na receptory buněčné membrány, ovlivňuje transport glukózy a aminokyselin do nitra buněk.

**Jod** ovlivňuje funkci štítné žlázy, a tím metabolismus proteinů, sacharidů a lipidů. Nedostatek vede k hypofunkci štítné žlázy, negativně působí na plodnost (Matějček, 2003).

### 3.4.3. Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou organické látky, které ve svých molekulách obsahují karboxylovou (-COOH) a aminovou (-NH<sub>2</sub>) skupinu. Dvacet proteinogenních aminokyselin představuje základní složky proteinů.

Esenciální aminokyseliny zvířata nemohou vytvářet vůbec (lysin, treonin), nebo sice mohou být v organismu syntetizovány, ale ne v dostatečném množství (tryptofan, histidin, fenylalanin, leucin, isoleucin, methionin, valin, arginin) a navíc krmivo obvykle neobsahuje příslušné ketokyseliny potřebné pro jejich tvorbu. Poloesenciální aminokyseliny mohou být syntetizovány, ale pouze z některé z nepostradatelných aminokyselin (cystein z methioninu, tyrosin z fenylalaninu). Neesenciální aminokyseliny (alanin, serin, prolin, kyselina asparagová, aspargin, kyselina glutamová, glutamin) se mohou vytvářet z jiných aminokyselin, esenciálních i neesenciálních. Z limitujících aminokyselin jsou na prvním místě

nejčastěji lyzin nebo methionin, výrazný bývá i nedostatek treoninu a tryptofanu. Tyto aminokyseliny se za přijatelnou cenu průmyslově vyrábějí a lze je do krmných směsí přidávat (Zelenka a Heger, 2006).

Aminokyseliny jsou vyráběny průmyslově prostřednictvím geneticky modifikovaných mikroorganismů. Pomocí *Corynebacterium glutamicum* nebo *Brevibacterium* se připravují aminokyseliny L-lysin, L-threonin, L-tryptofan, které jsou v krmivářském průmyslu (především vzhledem k ceně) hojně požívány. Methionin se vyrábí chemickou syntézou, při které vzniká racemická směs D- a L-izomerů (Zeman a kol., 2006). Při zařazení do krmných směsí je nezbytné znát obsah účinné látky. Některé aminokyseliny jsou při jejich deficitu uhrazeny doplňkem jiných aminokyselin (například cystein může být nahrazen methioninem). Methionin určený pro přežvýkavce musí být chráněn před degradací v batoru. V poslední době se věnuje stále větší pozornost problematice životního prostředí. Použití aminokyselin v krmných směsích může velmi pozitivně působit na snížení exkrece dusíku při zachování nutričních požadavků zvířat. Snížení může dosáhnout až 40 %. Takto vyrovnané směsi snižují rovněž metabolickou zátěž zvířat ve výkrmu. Snížení obsahu dusíkatých látek u mláďat ovlivňuje výskyt poruch trávení a snižuje výskyt průjmů (Tvrzník a Zeman, 2010).

#### 3.4.4. Močovina

Močovina je jednou z nejrozšířenějších forem nebílkovinného dusíku, která se používá ve výživě přežvýkavců. Obsahuje 46,2 % dusíku, který se působením enzymu ureázy uvolňuje v podobě amoniaku, a představuje tak levný zdroj dusíku pro mikroflóru předžaludku. V krmných dávkách dojníc jí lze uhradit 20 – 30 % potřeby dusíkatých látek, v případě výkrmu až 50 % (Zeman a kol., 2006). Podává se homogenně zapravená do krmiva, přičemž celková denní dávka močoviny by u skotu neměla přesáhnout 30 – 35 gramů na 100 kilogramů živé hmotnosti. Při předávkování močoviny dochází k otravám, které často mohou končit až úhynem.

## **3.5. ZOOTECHNICKÉ DOPLŇKOVÉ LÁTKY**

Do této skupiny patří všechny látky, které se používají s cílem příznivě ovlivnit zdraví a užitkovost zvířat, a dále látky používané ke zmírňování negativních dopadů živočišné výroby na životní prostředí.

### **3.5.1. Enzymy**

Cílem použití krmných enzymů je zlepšení stravitelnosti základních živin v krmných směsích. V tomto případě se nejedná o přímé ovlivňování střevní mikroflóry, a proto by krmné enzymy neměly být považovány za náhradu krmných antibiotik, ale měly by být využívány jako nově zavedená kategorie krmných aditiv zlepšujících nutriční hodnotu určitých krmných komponentů (Brož, 2004). V krmných směsích jsou využívány dvě hlavní skupiny enzymů, a to mikrobiální fytázy a enzymy štěpící neškrobové polysacharidy.

#### **3.5.1.1. Mikrobiální fytázy**

Kyselina fytová je hlavní zásobní formou fosforu v rostlinách. S kationty některých kovů (Ca, Mg, Fe, Zn) tvoří komplexy označované jako fytáty. Marounek (2010) uvádí, že většina fosforu (50 – 85 %) v semenech obilnin, luštěnin a olejnin se vyskytuje právě ve formě fytátů. Ve výživě monogastrů jsou fytáty považovány za antinutriční faktory. Fosfor ve formě fytátů je pro zvířata nedostupný z důvodu nepřítomnosti enzymu fytázy v gastrointestinálním traktu. S vysokým obsahem fytátu je spojena také malá využitelnost zinku, vápníku, hořčíku a železa, neboť pevná vazba kyseliny fytové s kationty těchto kovů ztěžuje jejich vstřebávání. Fytát snižuje stravitelnost proteinu vytvářením komplexu protein-fytát a také se váže na volné aminokyseliny, které jsou pak nevyužitelné. Rovněž silně potlačuje činnost amylázy a omezuje využití energie z lipidů (Dutta, 2009).

Nedostatečný přívod fosforu v biologicky využitelné formě se kompenzuje přidávkem anorganických fosfátů do krmných směsí. Nestrávený fosfor je z těla vylučován, dostává se do půdy, následně do povrchových vod, kde se stává živinou pro řasy a sinice způsobující zarůstání vodních nádrží (Václavková a Bečková, 2009).

Enzym fytáza katalyzuje odbourávání anorganického hydrogenfosforečnanu z kyseliny fytové. Některé rostliny (ječmen, žito, pšenice) obsahují vlastní fytázu, která je

však v průběhu výroby krmné směsi znehodnocena vysokými teplotami. Kromě rostlin jsou dalším zdrojem fytázy také různé mikroorganismy. Toho se využívá při výrobě mikrobiálních fytáz, přidávaných do krmiva prasat a drůbeže, které doplňují nedostatečnou fytázovou aktivitu krmné směsi. Pro výrobu fytázy se nejčastěji používají vláknité houby (*Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*), případně kvasinky (např. *Pichia pastoris*) (Václavková a Bečková, 2009; Marounek, 2010).

Přídavek mikrobiální fytázy se projevuje především ve zlepšení dostupnosti a využitelnosti fytnového fosforu (s následným omezením kontaminace životního prostředí nevyužitým fosforem), ve zlepšení dostupnosti vápníku a zinku a ve zvýšení užitkovosti. Rozklad kyseliny fytové pomocí přípravků obsahujících fytázu závisí na obsahu vápníku v krmné dávce. Se zvýšením obsahu vápníku se snižuje využitelnost fytnového fosforu. Příčinou je tvorba nerozpustného fytnátu vápenatého. I přes to, že vysoká koncentrace vápníku je nutná zejména ve směsích pro nosnice, byla účinnost mikrobiální fytázy u drůbeže dostatečně prokázána (Brož, 2004).

Vyššímu využití fosforu z rostlinných krmiv je třeba přizpůsobit složení krmných směsí a snížit obsah celkového fosforu. V tomto případě dojde ke snížení vylučování fosforu trusem o 30 – 50 % (ve srovnání se zvířaty kmenými směsmi s obsahem anorganických fosfátů) (Brož, 2004). Používání těchto enzymů je v současné době v krmivářském průmyslu především díky jejich ceně částečně omezeno, ale tlak na čistotu prostředí, respektive limity fosforu na 1 hektar půdy je zařadí do aditiv běžně užívaných při optimalizaci krmných směsí (Zeman a Tvrzník, 2010).

### **3.5.1.2. Enzymy štěpící neškrobové polysacharidy**

Cílem podávání enzymů štěpících neškrobové polysacharidy je zlepšení nutriční hodnoty některých obilovin pro drůbež. Ta je negativně ovlivňována přítomností určitých neškrobových polysacharidů ( $\beta$ -D-glukany, arabinoxylany), které jsou pro drůbež nestravitelné z důvodu absence příslušných enzymů v trávicím traktu. Navíc mají antinutriční účinky, které mohou negativně ovlivňovat užitkovost kuřat a slepic.

Neškrobové polysacharidy jsou částečně rozpustné ve vodě a v trávicím traktu zvířat zvyšují viskozitu střevního obsahu, čímž mohou zpomalit jeho pasáž a narušit působení trávicích enzymů. Konečným důsledkem je omezení stravitelnosti živin. Ovlivněna je

zejména absorpce mastných kyselin a monoacylglycerolů. Projevem působení  $\beta$ -glukanů u kuřat je zpomalení růstu, zvýšení spotřeby krmiva a lepkavý trus (Tůmová a kol., 2010).

Za účelem zvýšení nutriční hodnoty obilovin byly vyvinuty enzymové přípravky schopné štěpit příslušné neškrobové polysacharidy. K dosažení požadovaných účinků jsou nezbytné endo-1,3:1,4- $\beta$ -glukanáza a endo-1,4- $\beta$ -xylanáza (Brož, 2004). Hlavní účinek těchto preparátů spočívá v omezení antinutričního působení neškrobových polysacharidů, nikoli v tom, že by enzymaticky rozložené polysacharidy působily jako výrazný zdroj energie.

Přídavek  $\beta$ -glukanázy u prasat způsobil zvýšení přírůstků a zlepšení konverze i denního příjmu krmiva. Došlo rovněž k významnému zvýšení stravitelnosti sušiny, dusíkatých látek a energie (Tůmová a kol., 2010).

### 3.5.2. Látky stabilizující střevní flóru

Od 1. ledna 2006 platí zákaz používání antibiotik jako krmných aditiv za účelem stimulace růstu. Zákaz krmných antibiotik způsobuje nejen snížení užitkovosti, ale vede též ke zhoršení zdravotního stavu hospodářských zvířat s možností kontaminace živočišných produktů enteropatogenními bakteriemi. Vzniklá situace vytváří potřebu hledat alternativní krmná aditiva, která by alespoň částečně zakázaná antibiotika nahradila. Tyto látky musí být zdravotně nezávadné, mají snižovat míru infekce hospodářských zvířat a následně i míru kontaminace živočišných produktů a nesmějí vyvolávat rezistenci mezi bakteriemi (Skřivanová a kol., 2008). Při hledání vhodné náhrady je třeba brát v úvahu základní mechanismus působení krmných antibiotik. Účinnost krmných antibiotik spočívá v jejich antibakteriálních účincích a schopnosti ovlivnit složení a celkovou koncentraci střevní mikroflóry. Příznivý účinek na skladbu a aktivitu střevní mikroflóry bývá uváděn i u jiných krmných přísad např. u probiotik, prebiotik či organických kyselin.

#### 3.5.2.1. Probiotika

Probiotika jsou kmeny bakterií nebo kvasinek používané k osidlování trávicího traktu zvířat. Jsou považována za jednu z možných alternativ zakázaných krmných antibiotik. Vychází se přitom z předpokladu, že složení střevní mikroflóry lze ovlivnit přímým zkrmováním mikrobiálních kultur. Probiotika potlačují destruktivní složky střevní mikroflóry, které odebírají živiny z potravy a svými produkty poškozují hostitele. Používané mikroorganismy

musí být neškodné – nesmí narušovat zdravotní stav hostitele svou přítomností ani svými produkty. Za tímto účelem se využívají nejčastěji bakterie mléčného kvašení, a to hlavně rody *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* a *Lactococcus*. Jako příčiny využívání právě těchto mikroorganismů uvádějí Rada a Šplíchal (2010) hlavně dlouhodobou zkušenost s těmito bakteriemi při zpracování mléka, dále jejich relativně snadnou kultivaci a také skutečnost, že jsou v drtivé většině nepatogenní. Jako probiotika by se měly podávat mikroorganismy, které jsou danému živočišnému druhu vlastní a které se v jeho trávicím traktu vyskytují přirozeně ve vysokých počtech. Probiotika se nejčastěji používají ve formě lyofilizovaných prášků v obvyklé dávce 0,1 – 1 kg na tunu krmné směsi. Výsledná koncentrace živých buněk by měla být  $10^5$  –  $10^6$  na gram krmné směsi (Rada a Šplíchal, 2010).

Mechanismus účinku probiotik nebyl dosud v plném rozsahu experimentálně zcela objasněn, byla však navržena řada hypotéz. Zeman a kol. (2006) uvádějí následující:

- Konkurenční adheze probiotických mikroorganismů k epiteliálním receptorům, která zabraňuje uchycení patogenních bakterií
- Agregace probiotik a patogenních bakterií
- Konkurence v přístupu k živinám mezi probiotickými a nežádoucími bakteriemi
- Zvýšení syntézy kyseliny mléčné s následným snížením pH v tenkém střevě
- Tvorba specifických antibakteriálních látek
- Omezení produkce toxických aminů a snížení hladiny amoniaku v trávicím traktu

Faktorem ovlivňujícím účinnost probiotika je období, kdy se probiotikum zvířeti podá. Mláďata se rodí se sterilním trávicím traktem a k jeho osidlování mikroorganismy dochází během porodu a po narození. Poté se mikrobiální populace upraví na složení typické pro daného hostitele. Proto je vhodné podat probiotikum co nejdříve po narození, kdy je osídlení trávicího traktu mikroflórou co nejnižší. Tak mají probiotické bakterie výhodné podmínky pro uchycení a namnožení (Daněk a Bečková, 2010). Kromě toho Zeman a kol. (2006) uvádějí jako efektivní také aplikaci probiotického preparátu pro rekolonizaci trávicího traktu po léčbě antibiotiky.

Nároky kladené na probiotické preparáty použitelné do krmných směsí pro hospodářská zvířata shrnují Zeman a kol. (2001). Je třeba používat probiotika, která jsou:

- Přirozeně stabilní
- Snadno zamíchatelná, bez náročných zařízení či nákladných doprovodných látek
- Účinná i při průchodu trávicím traktem
- Granulovatelná za normálních podmínek granulace
- Dlouhodobě skladovatelná
- Zjistitelná specifickou zkouškou, na základě které lze odhadnout jejich kvalitu.

S podáváním probiotik kachňatům provedli pokus Baraňska a kol. (2010). Jednodenní kachňata v počtu 126 kusů byla rozdělena do tří skupin. Kachňatům z první pokusné skupiny bylo do krmiva přidáváno probiotikum obsahující kmen *Lactobacillus fermentum*. Druhá pokusná skupina byla krmena směsí s přídatkem probiotického kmene *Enterococcus faecium*. Kontrolní skupina přijímala krmivo bez probiotických preparátů. V pokuse se jako vhodnější projevilo probiotikum obsahující kmen *Enterococcus faecium*, ačkoliv žádné zásadní rozdíly ve výkrmu mezi sledovanými skupinami krměnými s probiotickými preparáty i bez nebyly zjištěny.

### 3.5.2.2. Prebiotika

Kromě perorálního podávání živých kultur mikroorganismů lze příznivého ovlivnění mikroflóry trávicího traktu dosáhnout rovněž podáváním látek, které stimulují růst těchto mikroorganismů. Tyto látky se nazývají prebiotika a jsou definovány jako nestravitelné součásti potravy, které příznivě ovlivňují hostitele selektivní stimulací růstu či aktivity jednoho nebo omezeného počtu bakteriálních kmenů v tlustém střevě, což může zlepšit zdraví hostitele (Modrianský a kol., 2003).

Jako prebiotikum může potenciálně fungovat jakákoliv nestrávená živina, která se dostane až do tlustého střeva. Většina látek označovaných jako prebiotika jsou sacharidy, od jednoduchých alkoholických cukrů, přes disacharidy a oligosacharidy až po polysacharidy. Nejdůležitějšími a nejpoužívanějšími látkami tohoto charakteru jsou zejména fruktooligosacharidy a inulin, galaktooligosacharidy, isomaltooligosacharidy a xylooligosacharidy (Rada a Šplíchal, 2010). Přípravky obsahující zároveň probiotika i prebiotika se označují jako symbiotika.

Zdrojem prebiotik v krmných směsích pro prasata a drůbež je sója, která se do směsí přidává především jako bohatý zdroj dusíkatých látek. Krmiva na bázi sóji však kromě bílkovin a aminokyselin obsahují až 40 % sacharidů, mezi nimiž jsou i galaktooligosacharidy nestravitelné endogenními enzymy jak prasat, tak drůbeže. Tyto cukry nezměněné procházejí žaludkem a horní částí tenkého střeva, ale v tlustém a slepém střevě jsou střevní mikroflórou fermentovány na těkavé mastné kyseliny, z nichž kyselina octová je vstřebána do krve a dále metabolizována, zatímco kyselina máselná slouží jako výživa pro enterocyty (Rada a Šplíchal, 2010).

Většina pokusů s prebiotiky byla provedena s laboratorními zvířaty nebo lidskými dobrovolníky, zatímco pokusů na hospodářských zvířatech je málo. Více pokusů s prebiotiky bylo provedeno u hrabavé drůbeže.

Kačániová a kol. (2004) sledovali kvantitativní zastoupení skupin mikroorganismů ve slepých střevech krůt ve věku 12 týdnů. Do krmné dávky pokusných skupin krůt byly přidávány biologické preparáty obsahující oligosacharidy mannanů produkované kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*. V pokusech se potvrdil předpokládaný negativní vliv premixů na bakterie *E. coli*. V přítomnosti mannózy se bakterie *E. coli* neuchycují na povrchu buněk střevního epitelu a jsou spolu s mananem vylučovány ven z těla. Mannanové deriváty mají schopnost odstraňovat i bakterie *E. coli*, které se na buňky již přichytily. Deriváty glukózy či galaktózy nemají na tyto bakterie žádný vliv. Prebiotické přípravky prokazatelně ovlivnily živou hmotnost krůt a pozitivní vliv měly též na počet laktobacilů a bakterií *Enterococcus faecium*.

Brož (2004) uvádí, že k dosažení požadovaných účinků je však nutné zkrmovat prebiotika v koncentracích 0,1 – 0,5 % krmné směsi, takže je otázkou, zda lze prebiotika považovat za krmná aditiva, či se spíše jedná o krmné komponenty.

Při vysokých dávkách galaktooligosacharidů v krmivu byl zaznamenán negativní vliv na stravitelnost dusíku a využitelnost energie. Dávka 1 – 2 % již u prasat zvyšuje frekvenci průjmů. Jako vedlejší produkt bakteriální fermentace ve střevech navíc vznikají oxid uhličitý a vodík, které mají za následek plynatost a bolesti břicha (Rada a Šplíchal, 2010).

### 3.5.2.3. Organické kyseliny

Možností využití organických kyselin (konkrétně mastných kyselin o střední délce řetězce) k náhradě krmných antibiotik se zabývali Skřivanová a kol. (2008). Mastné kyseliny jsou



látky přírodního charakteru, nezanechávají rezidua ve tkáních a nevyvolávají rezistenci mezi mikroorganismy. Ačkoli o mechanismu účinku mastných kyselin na mikrobiální buňky existují pochybnosti, jejich působení proti širokému spektru bakterií, virů a prvoků je známo již mnoho let.

Skřivanová a kol. (2008) v pokusech *in vitro* sledovali účinky mastných kyselin na enteropatogenní bakterie (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*). Z patnácti testovaných kyselin byl růst *E. coli* inhibován pouze kyselinou kaprylovou (C8) a kaprinovou (C10). V případě klostridií měla největší účinek kyselina laurová (C12). V pokusu na brojlerových kuřatech infikovaných bakterií *Salmonella enteritidis* bylo sledováno působení kyseliny kaprylové. Krmná směs s přídavkem 0,25 % kyseliny kaprylové způsobila statisticky průkazné snížení vylučování salmonel do prostředí. Roztok kyseliny kaprylové o koncentraci 4 % zcela eliminoval bakterie *E. coli* z povrchu jatečně opracovaných kuřat. Přídavek 0,5 % kyseliny kaprylové v krmivu snížil počty *E. coli* ve slepém a tlustém střevě pokusných selat asi o jeden řád.

### 3.5.3. Fytogenní aditiva

Fytogenní krmná aditiva jsou definována jako látky rostlinného původu zařazené do krmné dávky zvířat za účelem posílení produkční užitkovosti, zlepšení vlastností krmiva a rovněž zvýšení kvality potravin živočišného původu (Václavková a Lustyková, 2010). Jedná se o směsi různých bylin a rostlinné extrakty, jejichž hlavními složkami jsou zejména silice, saponiny a hořké látky.

Obsah aktivních látek může být proměnný. Závisí na použité části rostliny, na podmínkách sklizně a na místě původu. Vlastnosti aktivních látek ovlivňuje rovněž způsob zpracování. Zároveň platí, že synteticky vyrobené (tzv. přírodně identické) látky nedosahují funkčních kvalit látek izolovaných přímo z rostlin (Šimerda a Holub, 2010). Nejúčinnější fytogenní krmná aditiva jsou ta, kde je využito synergických účinků různých látek s ohledem na požadovaný účinek. Vícesložková aditiva obsahují několik různých složek, které se ve svých účincích vzájemně doplňují. Vhodnou kombinací těchto složek lze produkovat specifická aditiva určená pro různé kategorie zvířat. Jednotlivé kategorie zvířat mohou reagovat na stejné složky fytogenních krmných aditiv odlišně (Šimerda a Holub, 2010). Výhodou rostlinných přípravků je, že se mohou používat bez omezení, bez ochranných lhůt

a bez rezistenčních problémů. Dávkování je nízké, obvykle 100 – 200 g na tunu krmné směsi (Lád a kol., 2007), do krmiva tak nepřinášejí prakticky žádné živiny. V Evropské unii je požadováno, aby byla přesně známa účinnost jednotlivých produktů včetně nepřítomnosti interakcí s jinými krmnými aditivami a aby bylo možné přesně dohledat původ celého produktu (Václavková a Lustyková, 2010).

Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně novou skupinu doplňkových látek, budou vlastnosti fyto-genických krmných aditiv vyžadovat ještě další zkoumání. Na základě známých a již ověřených účinků doplňkových látek rostlinného původu vymezují Mareš a kol. (2008) čtyři oblasti jejich působení:

### **Vliv na příjem krmiva**

Fyto-genická krmná aditiva mohou zlepšovat chuť a vůni krmiva, a zvýšit tak jeho atraktivitu. Výsledný smyslový vjem je obvykle určen směsí několika sloučenin. Stejně látky mohou působit na více smyslů, a jsou tak současně látkami vonnými i chuťovými. Výsledná vůně je ovlivněna také látkami, které s vonnými sloučeninami reagují nebo je jinak ovlivňují. Příjem krmiva zvířetem závisí na množství použitého aditiva. Při překročení určité meze dochází naopak ke snížení atraktivity krmiva.

### **Vliv na vnější metabolismus a vstřebávání**

Fyto-chemikálie obsažené v rostlinných přípravcích mohou selektivně ovlivňovat střevní mikroflóru, což má za následek lepší využití a absorpci živin. Fyto-genická krmná aditiva také pozitivně ovlivňují funkci střev. Flavonoidy významně snižují makroskopické poškození sliznice tlustého střeva (Modrianský a kol., 2003), saponiny redukuje produkci amoniaku a snižují jeho množství ve výkalech i ve stájovém prostředí.

### **Vliv na škodlivé faktory**

Řada rostlinných metabolitů má antimikrobiální účinky. Proti patogenům trávicího traktu působí například monoterpeny obsažené v rostlinách z čeledi hluchavkovitých (šalvěj, tymián, oregano). Mechanismus účinku spočívá v inhibici enzymů uvolňujících energii, při vyšších koncentracích aktivní látky hydrofobní esenciální oleje rozrušují strukturu buněčných membrán bakterií (Mareš a kol., 2008; Václavková a Lustyková, 2010).

## Vliv na vnitřní metabolismus

Některé látky přírodního původu mohou mít antioxidační účinky, které byly u bylin a koření popsány již v minulosti. Přirozené antioxidanty (tokoferoly, karotenoidy, flavonoidy) chrání komponenty krmných směsí náchylné k oxidaci. Lze je využít zejména k ochraně tukové složky krmiva. U hospodářských zvířat mohou krmné antioxidační přípravky následně ovlivnit skladovatelnost finálních živočišných produktů (Mareš a kol., 2008).

Při využití fytoenních krmných aditiv je patrný trend zvyšování růstové schopnosti zvířat. Stabilizuje se mikroflóra trávicího traktu. Dochází ke zlepšení konverze krmiva a omezení průjmových onemocnění.

Illek a kol. (2009b) sledovali vliv zkrmování fytoenního aditiva, jehož základem bylo *Oreganum vulgare*, na výskyt kokcidiózy a růst telat holštýnského plemene v období mléčné výživy. Telata z pokusné skupiny, kterým byl při každém napájení do mléčného nápoje přidáván fytoenní aditivní přípravek, vykazovala lepší růst ve srovnání s telaty z kontrolní skupiny. Zatímco na začátku pokusu byl meziskupinový rozdíl v průměrné hmotnosti telat zanedbatelný, na konci sledování u telat pokusné skupiny činila průměrná hmotnost 69,55 kg a u telat z kontrolní skupiny pouze 63 kg. Rozdíl 6,55 kg je statisticky významný. Přípravek ovlivnil rovněž vylučování oocyst kokcidií. Telata zařazená do pokusné skupiny vylučovala podstatně menší množství oocyst než telata ze skupiny kontrolní.

Zeman a kol. (2009) přidávali prasatům do krmné směsi esenciální olej z rostlin *Pimpinella anisum* (Bedrník anýz) a *Foeniculum vulgare* (Fenykl obecný) a sledovali jeho vliv na stravitelnost živin. Po vyhodnocení pokusu došli k závěru, že tato aditiva neovlivňují stravitelnost sušiny pozitivním směrem a současně nepůsobí ani negativně.

Jiná studie byla zaměřena na rostlinné extrakty bohaté na fenoly a polyfenoly a jejich vliv na selata. Během pokusu byla selata krmena krmnou směsí s přidavkem preparátu na bázi extraktu citrusových plodů, jedlého kaštanu a hroznových výlisků. U selat z pokusné skupiny došlo ke zvýšení denního přírůstku o 29 %, příjmu krmiva o 20 % a zlepšení konverze krmiva o 13 % ve srovnání s kontrolní skupinou. Zaznamenán byl rovněž nižší výskyt průjmových onemocnění. Citrusy podporují růst Laktobacilů, které svými produkty potlačují patogenní bakterie *Escherichia coli*, a flavonoidy obsažené v citrusech zároveň inhibují enzymy zodpovědné za replikaci bakteriální DNA (Klinzing Nielsen, 2008).

### 3.5.4. Adsorbenty mykotoxinů

Plísně a mykotoxiny představují závažné riziko pro bezpečnost a kvalitu krmiv a zdraví a užitkovost zvířat. V přírodě je přítomno více než 300 mykotoxinů, které jsou produkovány asi 350 druhy hub (Herzig a kol. 2010). Ke kontaminaci krmiva může docházet už během pěstování. Tzv. polní plísně (*Fusarium*, *Cladosporidium* aj.) jsou přítomny v zrně již před sklizní.

Vzhledem k tomu, že stoprocentní metody prevence vzniku mykotoxinů neexistují a nelze ani počítat s tím, že by se v blízké budoucnosti našly, je třeba se zabývat metodami řešícími situaci, kdy je mykotoxin v substrátu již přítomen. Obdobně jako v případě preventivních metod i zde platí, že univerzální dekontaminační metody pro eliminaci mykotoxinů neexistují. Je to dáno obrovskou škálou druhů mykotoxinů, jejich různorodou chemickou strukturou, vysokou stabilitou vůči řadě fyzikálních, chemických i biologických faktorů (Suchý a kol., 2010).

V současné době je známa již řada dekontaminačních způsobů. Mykotoxiny lze z krmiv extrahovat například za použití organických rozpouštědel (aceton, ethanol), vodných roztoků chloridu vápenatého nebo bikarbonátu sodného. Tyto procesy však jsou ekonomicky náročné a jejich použitím dochází i ke ztrátě živin.

Novějším způsobem dekontaminace je použití krmných aditiv, která působí proti mykotoxinům *in vivo*. Jako krmná aditiva jsou zvířatům podávány látky, které jsou v prostředí trávicího traktu schopné vázat uvolněné toxiny tím, že je adsorbují na svůj povrch. Tak zabraňují jejich průniku přes stěvní stěnu do krve a následně do živočišných produktů. Účinné adsorbenty musí vyhovovat dvěma základním požadavkům. Musí vázat toxické molekuly ve fyziologickém prostředí trávicího traktu a musí být nestravitelné (Šimerda a Stryk, 2010). Mezi nejběžnější adsorbenty mykotoxinů patří hlinitokřemičitany, živočišné uhlí, biopolymery a syntetické polymery.

#### 3.5.4.1. Hlinitokřemičitany

Používání hlinitokřemičitanů je v současnosti nejběžnější způsob eliminace mykotoxinů z trávicího traktu. Jedná se o široké spektrum látek tvořených horninami a jíly. Jejich fyzikální a chemické vlastnosti jsou různé a přímo ovlivňují schopnost daných látek vázat mykotoxiny. Ve výživě zvířat se jako aditivní látky nejčastěji používají přírodní i syntetické

zeolity klinoptilolit a mordenit. Krystalová mřížka klinoptilolitu vytváří velký vnitřní sorpční povrch, na který se může navázat řada toxických molekul. Kromě mykotoxinů klinoptilolit absorbuje například i amoniak (Suchý a kol., 2006). Hlinitokřemičitany působí proti aflatoxinům, mohou být v omezeném měřítku účinné proti zearalenonu a B-trichotecenům, jako je deoxynivalenol nebo nivalenol (Herzig a kol., 2010). Adsorpční aktivitu přírodních hlinitokřemičitanů lze výrazně zvýšit jejich průmyslovým zpracováním, při kterém dochází k odstranění nežádoucích příměsí včetně těžkých kovů.

Komerčně dostupná krmná aditiva spojují adsorpční efekt s enzymovou degradací, neboť se očekává detoxikace krmiva kontaminovaného řadou mykotoxinů. Enzymy esteráza a epoxidáza degradují toxin rozštěpením molekuly na neškodné metabolity. Dostupné jsou enzymy na inaktivaci zearalenonu, trichotecenů zahrnující T-2 toxin HT-2 toxin, DON, nivalenol a diacetoxyscypenol (Herzig a kol., 2010).

Negativním aspektem používání zeolitů je však skutečnost, že se jedná o balastní složku krmiva. Krmivo zředí a tím snižují jeho nutriční hodnotu. Existuje i jisté riziko při vylučování vyvázaných látek výkaly zvířat do životního prostředí, kde by paradoxně mohlo docházet ke kumulaci a případně reinfekci a vyvázané kontaminanty by se mohly dostat znovu do potravního řetězce (Suchý a kol., 2011).

#### **3.5.4.2. Živočišné uhlí**

Díky velikosti povrchu svých částic, která je způsobena jejich nepravidelnou strukturou, dosahuje živočišné uhlí vysoké adsorpční schopnosti. Nevýhodou je jeho nízká specifita a současně schopnost adsorbovat z trávicího traktu základní živiny, jejichž koncentrace v krmivu je oproti mykotoxinům nesrovnatelně vyšší.

#### **3.5.4.3. Biopolymery**

Adsorbenty mykotoxinů na bázi biopolymerů zahrnují přípravky s obsahem dlouhých uhlovodíkových či sacharidových řetězců. Nejčastěji se využívají buněčné stěny kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*, jejichž základní strukturu tvoří polysacharidy a oligosacharidy, zejména ze skupiny glukomannanů, proteiny a lipidy. Buněčné stěny kvasinek mají velké množství adsorpčních center, ale jejich aktivita je závislá na pH okolního prostředí (Šimerda a Stryk, 2010). Příznivě může působit i obsah vlákniny, která částečně může vázat např. zearalenon a T-2 toxin

Jiné biologické způsoby dekontaminace mykotoxinů mohou využívat antagonistických mikroorganismů. Například bakteriální kultury laktobacilů (*Lactobacillus rhamnosus*) mají schopnost vázat aflatoxiny a trichoteceny (Suchý a kol., 2010).

#### 3.5.4.4. Syntetické polymery

Přípravky na bázi syntetických polymerů jsou jako adsorbenty mykotoxinů aplikovány omezeně. Využívány jsou cholestyramin a polyvinylpyrrolidon. Cholestyramin se používá ke snížení resorpce cholestrolu, avšak jeho schopnosti adsorbovat mykotoxiny *in vivo* jsou omezené. V případě polyvinylpyrrolidonu byla pozorována schopnost vázat mykotoxin zearalenon (Šimerda a Stryk, 2010).

#### 3.5.5. Adsorbenty amoniaku

Rozvoj živočišné produkce a nárůst stavů zvířat způsobují zvyšování produkce odpadů v rámci živočišné výroby. S vysokou koncentrací zvířat se koncentrují i jednotlivé odpady, které následně negativně působí na životní prostředí. Zvýšená pozornost je věnována zejména produkci a emisím nežádoucích plynů, z nichž nejsledovanější je amoniak. Je uvolňován rozkladnými procesy dusíkatých látek, které se nacházejí v trávicím ústrojí zvířat, v exkrementech a v půdě. Vzdušný amoniak má dráždivé účinky na sliznici očí a dýchacích cest, jeho dlouhodobé působení snižuje užitkovost zvířat. Snižování produkce a emisí amoniaku je možno dosáhnout nejen používáním vhodných technologií, ale také výživou zvířat, a to zejména přidáváním vhodných krmných aditiv.

Proces redukce tvorby amoniaku pomocí krmných aditiv začíná už v trávicím traktu zvířete. Zde dochází ke zlepšení stravitelnosti a využitelnosti živin, následkem čehož se sníží množství odpadních dusíkatých látek, které jsou hlavním zdrojem emisí amoniaku, a zároveň dochází ke zvýšení užitkovosti. Dále je zapotřebí omezit rozkladné procesy probíhající v exkrementech zvířat. Důležité proto je, aby účinnost aditiv zůstala zachována i během skladování exkrementů.

V případě snižování emisí amoniaku jsou klíčovou součástí krmných aditiv saponiny, jejichž hlavním zdrojem jsou rostliny *Yucca schidigera* a *Quillaia saponaria*. *Yucca schidigera* obsahuje galaktooligosacharidy, má vysoký obsah vitamínu A a B-komplexu a také vysoký

obsah Ca, K, P, Fe, Mn a Cu. Saponiny jsou dvojího druhu: steroidní a triterpenové povahy. Triterpenové saponiny se vstřebávají do krevního oběhu a jsou rozváděny do celého těla zvířete, kde působí jako čisticí látky v játrech a ledvinách. Steroidní saponiny působí příznivě ve střevě jako pohlcovač nejen dusíkatých látek, ale i cholesterolu (Tvrzník a Zeman, 2010). Saponiny omezují rozklad odpadních dusíkatých látek nejen v trávicím traktu zvířat, ale jejich účinek přetrvává i v období následného skladování kejdy. Jsou schopny omezit aktivitu ureázy a již vzniklý amoniak navázat do svých struktur (Šimerda a Holub, 2010).

Dalšími krmnými aditivami, jimž je připisován vliv na snížení produkce amoniaku v trávicím traktu zvířat, jsou jílovité minerály – klinoptilolit, bentonit apod. Například sepiolit při koncentraci 2 % krmné směsi prokazatelně snížil emise amoniaku u prasat o 6 – 7 % (Patráš a kol., 2007).

Suchý a kol. (1997) se zabývali vlivem sorbentů na bázi huminových látek na snížení hladiny amoniaku ve stájovém prostředí. Huminové kyseliny a humát sodný jsou látky vzniklé degradací rostlin a živočišných tkání v procesu tlení. Do pokusů bylo zařazeno 8 vepřů rozdělených po čtyřech do dvou stavebně oddělených identických stájí. Během experimentů byla pokusné skupině prasat podávána 3 % humátu sodného v krmné dávce. V prvním pokusu byly ve stáji s podáváním humátu sodného v krmné dávce zjištěny statisticky průkazně nižší průměrné hladiny amoniaku v ovzduší oproti stáji bez podávání humátu sodného. Tento výsledek však nebyl ve druhém pokusu potvrzen, neboť ve stáji bez podávání humátu sodného byly zjištěny statisticky neprůkazně nižší průměrné hladiny amoniaku ve stájovém ovzduší oproti stáji s podáváním humátu sodného.

### **3.6. KOKCIDIOSTATIKA A HISTOMONOSTATIKA**

Kokcidiostatika a histomonostatika jsou látky, které umrtvují nebo inhibují aktivitu prvoků. Jedná se o látky chemické nebo biologické (fermentační) povahy, které se v krmivech podávají preventivně zejména mladé drůbeži. Liší se svými vlastnostmi – účinností i mechanismem účinku, působením na odlišná vývojová stadia prvoků, dobou vzniku

rezistence vůči nim, toxicitou i vedlejšími účinky, vlivem na užítkovost a imunitu, vznikem reziduí a řadou dalších (Jurajda, 2003).

Významní infekční prvoci, kteří napadají chovy hospodářských zvířat, patří do kmenů Parabasala a Apikomplexa. Způsobují kokcidiózy a histomoniózy. Tyto protozoální infekce působí v chovech velké problémy a ani časté a intenzivní snahy o odstranění těchto prvků nevedou k očekávanému úspěchu.

Kokcidióza se vyskytuje především u mladých jedinců a zejména u drůbeže, ale postihuje i další hospodářská zvířata. Hospodářsky nejvýznamnější infekce drůbeže je způsobována kokcidiemi rodu *Eimeria*. K infekci dochází alimentární cestou prostřednictvím velmi odolných oocyst. U kuřat se objevuje snížení příjmu krmiva, malátnost, skleslost, průjem smíšený s krví, dehydratace organismu a následné uhynutí.

Původcem histomonózy je prvek bičivka krocaní (*Histomonas meleagridis*), jehož přirozeným hostitelem jsou zejména krůty, které vykazují vysokou vnímavost k tomuto onemocnění především ve věku od 3 do 12 týdnů. Pro šíření histomonád je významná jejich vazba na roupa kuřího (*Heterakis gallinae*), a proto pravidelné odčervování v chovech hrabavé drůbeže může výskyt histomonózy významně omezit (Juranová a Kulíková, 2005).

Z látek působících proti těmto prvkům jsou u nás k dispozici diklazuril a halofuginon (pro výkrm kuřat a krůt, odchov kuřic) a robenidin (pro výkrm kuřat, krůt a králíků). Z ionoforových pak přicházejí v úvahu lasalocid pro krůty, kuřata a kuřice, maduramycin pro kuřata a krůty, monensin sodný pro výkrm kuřat, kuřic a krůt. Narasin je používán při výkrmu kuřat (je nebezpečný pro krůty a nosnice). Salinomycin sodný je určen pro výkrm králíků, kuřat a kuřic (nesmí být podáván krůtám, perličkám a nosnicím). Semduramycin sodný se používá ve výkrmu kuřat (Opletal a kol., 2010).

Tyto látky však zanechávají rezidua, a proto musí být z krmných směsí ve stanovené lhůtě, která závisí na druhu látky, před porážkou vyřazeny. Z důvodu snah o omezení používání těchto látek je třeba hledat alternativy, na které jsou podle Opletala a kol. (2010) kladeny zejména tyto požadavky:

- Účinnost: vyžadovány jsou látky se širokým spektrem účinnosti na různé druhy kokcidií, hlavně rodu *Eimeria*
- Rezistence: jsou vyžadovány látky, které nevyvolávají vznik rezistentních kmenů ani při dlouhodobém preventivním podávání v nízkých koncentracích



- Snášelnivost: vzhledem k dlouhodobé aplikaci v krmivech se vyžaduje, aby látky měly nízkou toxicitu, co největší terapeutickou šíří a co nejméně vedlejších účinků, zejména jsou sledovány účinky na snášku vajec a růst
- Dosažitelnost: surovina, ze které jsou látky získávány, musí být bezproblémově dostupná a její cena nesmí narušovat ekonomické parametry produkce
- Zdravotně-hygienické hledisko: rezidua látek nesmí ovlivňovat kvalitu živočišných produktů
- Ostatní požadavky: důležité jsou technologické aspekty využívání, jako je homogenita ve směsích, dostatečná stabilita nebo minimální výskyt interakcí s ostatními komponenty krmiv, zanedbatelné nejsou ani organoleptické vlastnosti.

## 4. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo na základě dostupné literatury zpracovat přehled o nejdůležitějších látkách používaných ve výživě zvířat jako krmná aditiva. Při koncipování práce jsem pro utřídění dílčích poznatků využila klasifikaci doplňkových látek, která vychází z platné legislativy Evropské unie a která všechny doplňkové látky rozděluje do pěti hlavních skupin podle toho, za jakým účelem se do krmiv přidávají. Z prostudované literatury však vyplývá, že řada látek může v krmivech plnit více různých funkcí a zařazení určité látky do některé ze skupin nemusí být vždy zcela jednoznačné.

Ve funkci krmných aditiv se používá široké spektrum nejrůznějších, značně nesourodých látek, které se do krmiv přidávají z mnoha různých důvodů. Problematika doplňkových látek je proto velice složitá a není možné ji v jediné práci vyčerpávajícím způsobem zcela obsáhnout. Z tohoto důvodu je v této bakalářské práci ve stručnosti pojednáno pouze o nejdůležitějších aditivních látkách a jejich významu z hlediska výživy hospodářských zvířat.

## 5. Seznam literatury

Baraňska, B., Weis, J., Hrnčár, C., Pál, G. 2010. Ovpływienie úžitkových parametrov kačíc aplikáciou probiotických preparátov. In: Drůbežářské dny 2010. MZLU Brno, Brno, s. 146 – 148. ISBN: 978-80-7375-426-6.

Brož, J. 2004. Nové směry ve využívání krmných aditiv. In: Chov drůbeže 2004. MZLU v Brně. Brno. s. 28 – 35. ISBN: 80-7157-761-8.

Daněk, P., Bečková, R. 2004. Doplnkové látky ve výživě selat – emulgátory. *Náš chov*. 64(6). s. 35 – 36.

Daněk, P., Bečková, R. 2010. Možnosti použití probiotik. *Krmivářství*. 8 (3). s. 29 – 30.

Daněk, P., Paseka, A., Smola, J., Ondráček, J., Bečková, R., Rozkot, M. (2005). Influence of the lecithin emulsifier on the utilisation of nutrients and growth of piglets after weaning. *Czech Journal of Animal Science*. 50 (10). p. 459 – 465.

Dutta, M., Feed cost savings via the phytase matrix. *Poultry international* [online]. 2009. 48 (2). [cit.2011-12-06]. Dostupné z: <[http://www.poultryinternational-digital.com/poultryinternational/200902?pg=10&search\\_term=2009&doc\\_id=-1&search\\_term=2009#pg21](http://www.poultryinternational-digital.com/poultryinternational/200902?pg=10&search_term=2009&doc_id=-1&search_term=2009#pg21)>.

Filip, V. 2001. Minerální látky ve výživě přežvýkavců. *Agromagazín*. 2 (5). s. 66 – 67.

Háp, I. 2000. Použití organických kyselin ve výživě selat. *Krmivářství*. 4 (5). s. 30 – 32.

Hartlová, H., Fučíková, A. 2008. Správná výživa chrání zdraví – proč jsou vitaminy důležité? *Agromagazín*. 51 (9). s. 30 – 34.

Herzig, I., Suchý, P., Straková, E. 2010. Mykotoxiny – prevence hygienických a zdravotních problémů. *Krmivářství*. 14 (3). s. 10 – 11.

Illek, J., Kumprechtová, D., Kudrna, V., Matějčík, M., Vlček, M. 2009a. Minerální výživa dojnic a její nedostatky. *Náš chov*. 69 (3). s. 16 – 20.

Illek, J., Kumprechtová, D., Vlček, M., Klouda, Z. 2009b. Fytogenní aditiva ve výživě skotu a v prevenci kokcidiózy telat. *Náš chov*. 69 (9). s. 57 – 58.

Jurajda, V. 2003. *Klinická farmakologie drůbeže a ptactva*. VFU Brno. Brno. 186 s. ISBN: 80-7305-481-7.

Juranová, R., Kulíková, L. 2005. Možnosti prevence histomonózy v chovech hrabavé drůbeže. *Krmivářství*. 9 (5). s. 30 – 31.

Kačániová, M., Chmelníčková, L., Bobček, R. 2004. Vplyv prebiotika, probiotika a esterifikovaných glukomannanov na rast a mikrobiologické ukazovatele v slepých črevách moriek. In: *Chov drůbeže 2004*. MZLU v Brně. Brno. s. 107 - 113. ISBN: 80-7157-761-8.

Kaplan, R. 1997. Aromatické a zchutňující přípravky ve výživě hospodářských zvířat. *Náš chov*. 56 (2). s. 40 – 41.

Klecker, D., Zeman, L., Havlíček, Z., Zatloukal, M. 2001. Barvení vaječného žloutku. *Náš chov*. 61 (4). s. 12 – 14.

Klinzing Nielsen, B. Botanicals as feed additives to improve health and production in pigs. *Research in pig breeding* [online]. 2008. 2 (1). [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <<http://www.respigbreed.cz/2008/1/4.pdf>>.

Kračmarová, E., Mikundová, M., Kunová, J., Dvořák, P. 2005. Vliv přírodních barviv na intenzitu pigmentace žloutku. *Krmivářství*. 9 (4). s. 34 – 35.

Lád, F., Čermák, B., Svoboda, V., Lankašová, J. 2007. Využití fytogenních produktů ve výkrmu kuřecích brojlerů. *Krmivářství*. 11 (3). s. 36 – 37.

Mareš, P., Zeman, L., Večerek, M. 2008. Využití fytogenních přípravků ve výživě zvířat. *Krmivářství*. 12 (1). s. 21 – 23.

Marounek, M. 2010. Význam kyseliny fytové ve výživě zvířat a lidí. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 175 – 202. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Matějček, M. 2003. Vliv minerální a vitaminové výživy na reprodukci u skotu. *Náš chov*. 63 (11). s. 13 – 15.

Meyerová, K., Kacbunda, L. 2008. Zchutňovadla a optimální příjem krmiva. *Farmář*. 14 (2). s. 43 – 45.

Modrianský, M., Valentová, K., Přikrylová, V., Walterová, D. 2003. Přírodní látky v prevenci onemocnění trávicího traktu. *Chemické listy*. 97 (7). s. 527 – 594.

Montoro, C., Ipharraguerre, I., Bach, A. 2011. Effect of flavoring a starter in same manner as a milk replacer on intake and performance of calves. *Animal Feed Science and Technology*. 164 (1-2). p. 130 – 134.

Mudřík, Z., Kodeš, A., Hučko, B. a kol. 2002. Krmivářské poradenství. ČZU v Praze. Praha. 177 s. ISBN: 80-213-0948-2.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003 ze dne 22. září 2003 o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat [online]. [cit. 21. Října 2011]. Dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1831:CS:HTML>>

Opletal, L., Macáková, K., Cahlíková, L. 2010. Antiinvazní látky přírodního původu jako preventivní faktor v ontogenezi zvířat. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 203 – 310. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Patráš, P., Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J. 2007. Možnosti obmedzenia emisií amoniaku a ďalších nežiadúcich plynov v chove ošípaných. *Krmivárství*. 11 (1). s. 26 – 28.

Rada, V., Šplíchal, I. 2010. Probiotika, prebiotika a synbiotika: současný stav a perspektivy využití v živočišné produkci. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich

biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 331 – 368. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Schneiderová, P. 1996. Vitaminy ve výživě hospodářských zvířat. ÚZPI, Praha. Praha. 37 s. ISSN: 0862-3562

Skřivanová, E., Marounek, M., Skřivanová, V. 2008. Metodika použití mastných kyselin s antimikrobiálním účinkem k náhradě krmných antibiotik u hospodářských zvířat. VÚŽV Praha. Praha. 13 s. ISBN: 978-80-7403-008-6.

Slavík, L., Kacerovská, L. 2005. Chutnost a zchutňování krmiv. Farmář. 11(6). s. 46 – 47.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I. 2010. Toxické látky v krmivovém a potravním řetězci. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 369 – 415. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I., Christodoulou, V., Macháček, M. 2011. Uplatnění přírodních sorbentů v prevenci onemocnění zvířat a ozdravení životního prostředí. In: Straková, E., Suchý, P. (eds.). IX. Kábrtovy dietetické dny. VFU Brno. Brno. s. 97 – 103. ISBN: 978-80-7399-125-8.

Suchý, P., Straková, E., Hrabčáková, P., Thiemel, J. 2006. Klinoptilolit jako krmné aditivum. Farmář. 12 (6). s. 40 – 50.

Šimek, M., Krása, A., Zeman, L. 2003. Acidifikátory ve výživě telat. Náš chov. 63 (8). s. 46 – 48.

Šimerda, B., Holub, K. 2010. Vliv doplňkových látek rostlinného původu na snížení produkce nežádoucích plynů ve stájovém prostředí a v exkrementech. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 583 – 627. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Šimerda, B., Stryk, J. 2010. Nežádoucí fungální metabolity v krmivech a průmyslové metody jejich eliminace. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 479 – 515. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Tůmová, E., Opletal, L., Zita, L., Šimerda, B. 2010. Přírodní antinutriční a toxické látky v krmivech pro zvířata. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 417 – 477. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Tvrzník, P., Zeman, L. 2010. Legislativní aspekty doplňkových látek. In: Opletal, L., Skřivanová, V. (eds.). Přírodní látky a jejich biologická aktivita, svazek 2 – Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat. Karolinum. Praha. s. 29 – 64. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Václavková, E., Bečková, R. 2009. Využití fytázy ve výživě prasat. Krmivářství. 13 (4). 20 – 22.

Václavková, E., Lustyková, A. 2010. Fytogenní krmná aditiva ve výživě monogastrů. Krmivářství. 14 (6). s. 9 – 10.

Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009a. Chemie potravin I, 3. vydání. OSSIS. Tábor. 580 s. ISBN: 978-80-86659-15-2.

Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009b. Chemie potravin II, 3. vydání. OSSIS. Tábor. 644 s. ISBN: 978-80-86659-16-9.

Vydrová, P. 2011a. Minerální prvky (I. díl). Onemocnění související s příjmem makroprvků. Zpravodaj Českého svazu chovatelů masného skotu. 18 (4). s. 37 – 41.

Vydrová, P. 2011b. Nedostatek a nadbytek vitaminů. Zpravodaj Českého svazu chovatelů masného skotu. 18 (2). s. 37 – 41.

Zelenka, J., Heger, J. 2006. Potřeba aminokyselin ve výživě nepřežvýkavých zvířat. *Krmivářství*. 10 (4). s. 37 – 40.

Zeman, L., Klecker, D., Doležal, P. 2001. Probiotické preparáty. *Krmivářství*. 5 (2). s. 26 – 27.

Zeman, L. a kolektiv. 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press, s.r.o., Praha, 360 s. ISBN: 80-86726-17-7.

Zeman, L., Mareš, P., Večerek, M. 2009. Vliv přídatku esenciálních olejů bylin s obsahem anetholu na stravitelnost živin u prasat. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*. 57 (1). s. 171 – 180.

Zeman, L., Tvrzník, P. 2010. Aktualizace předpisů a poznatků v oblasti doplňkových látek. *VÚŽV Praha*. Praha. 39 s. ISBN: 978-80-7403-068-0.