

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

MONIKA ČÁSTKOVÁ



Vybrané antinutriční látky v krmivech

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Pavel Horký, Ph.D.

Vypracovala:

Monika Částková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Vybrané antinutriční látky v krmivech** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Pavlovi Horkému, Ph.D. za pomoc a za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Lence Urbánkové, Dis. a Ing. Magdaleně Přibilové za korekturu. Zároveň bych také poděkovala své rodině a přátelům za podporu nejen během tvorby bakalářské práce, ale i v průběhu celého mého studia. Velký dík patří i všem vyučujícím za interpretaci znalostí a poznatků, jejichž čerpáním mi bylo umožněno objektivně nahlížet na zpracovávané téma a jež mi budou nápomocny v budoucím životě nejen pracovním ale i osobním.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o vybraných antinutričních látkách, které jsou obsaženy v krmivech. Jedná se o souhrn a přiblížení problematiky těchto látek. Nejprve je práce zaměřena na rozdělení antinutričních látek, podle způsobu, jak se do krmiv dostávají, pokud nejsou jejich přirozenou součástí. Dále je větší část práce věnována vybraným antinutričním látkám. U každé této látky je popsána chemická struktura, jejich nejčastější výskyt, mechanismus působení na organismus, negativní účinky a vliv na zdraví. U některých je uvedeno množství obsažené v rostlinách a nejvyšší povolené množství při zkrmování, u kterého se neprojevují negativní účinky na organismus. V závěrečné části je uvedeno, jak vybrané antinutriční látky šlechtěním nebo technologickými postupy eliminovat, aby jejich negativní účinky byly co nejnižší.

Klíčová slova: antinutriční látka, krmivo, nepříznivé účinky, výskyt

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on certain number of selected anti-nutritional substances which are contained in animal feed. The thesis is a summary and a closer investigation of these substances. The first part of work focuses on the division of the anti-nutritional substances, according to the way they are absorbed into the feed if they are not a natural component. Further the greater part of the work is devoted to the selected anti-nutritional substances. For each of the substances the chemical structure is described together with the most frequent occurrence, mechanism of the modifications to the organism, the negative effects and influence on the health. Moreover, for some of the substances their levels in plants are indicated together with the maximum amount allowed at feeding in which there are no detectable negative influences on the organism. The final part of the thesis presents how to eliminate the anti-nutritional substances by breeding or technological procedures so that their negative influences are at their lowest levels.

Key words: anti-nutritional substance, feed, negative effects, occurrence

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 CÍL PRÁCE	8
3 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY	9
3.1 Rozdělení antinutričních látek	9
4 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY S TOXICKÝMI ÚČINKY.....	11
4.1 Biogenní aminy.....	11
4.1.1 Vybrané biogenní aminy.....	13
4.2 Mykotoxiny.....	15
4.2.1 Vybrané mykotoxiny	17
4.2.2 Problematika mykotoxinů.....	22
5 ANORGANICKÉ ANTINUTRIČNÍ LÁTKY	22
5.1 Rozdělení anorganických látek.....	22
5.1.1 Anorganické kontaminující látky.....	22
5.1.2 Anorganické antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech.....	25
6 ORGANICKÉ ANTINUTRIČNÍ LÁTKY	28
6.1 Glykosidy.....	28
6.1.1 Glukosinoláty.....	28
6.1.2 Kyanogenní glykosidy	30
6.1.3 Saponiny	32
6.1.4 Rostlinné estrogeny.....	33
6.1.5 Antinutriční neškrobové polysacharidy	34
6.2 Alkaloidy	36
6.3 Kyselina fytová	38
6.4 Kyselina šťavelová.....	41
6.5 Eruková kyselina.....	42
6.6 Rostlinné fenoly	42
6.7 Inhibitory enzymů.....	44
6.8 Inhibitory vitaminů	45
7 MOŽNOSTI OMEZENÍ PŘÍTOMNOSTI ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK.....	46
8 ZÁVĚR.....	49
9 SEZNAM LITERATURY	50
10 SEZNAM TABULEK	55
11 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	56
12 SEZNAM ZKRATEK	57

1 ÚVOD

Antinutričních látek je mnoho a každá má svůj specifický účinek na organismus. Je proto důležité tyto látky brát v potaz a znát jejich vlastnosti, abychom mohli jejich vlivy eliminovat. Jedná se o celou řadu nejrůznějších látek, které mohou být jak přirozenou, tak i nepřirozenou součástí krmiv. Působí negativně na organismus zvířat, kdy snižují nutriční hodnotu jednotlivých živin, inhibují důležité enzymy, váží minerální látky, vytváří neúčinné komplexy s vitaminy, způsobují fyziologické změny v organismu, metabolické poruchy a vyvolávají různá onemocnění, která mohou vést až k úhynu. Mohou být i toxické a karcinogenní. Některé vykazují i pozitivní účinky, ale zároveň s negativními, proto musí být množství těchto látek v krmné dávce upraveno tak, abychom spíše dosahovali pozitivního účinku než negativního. Dnes již u většiny těchto látek známe množství, které lze zkrmovat bez negativních účinků na organismus. Řada antinutričních látek je obsažena v nutričně zajímavých a zkrmovaných krmivech. V dnešní době se využívá např. šlechtění nových odrůd rostlin se sníženým množstvím antinutričních látek nebo různé nové technologické postupy, které tyto látky snižují nebo zabraňují jejich vzniku. Dalším důvodem zájmu o problematiku antinutričních látek je skutečnost, že se mohou vylučovat a kumulovat v živočišných produktech, a tím ohrožovat bezpečnost potravin a nepříznivě ovlivnit lidské zdraví.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je vytvoření literární rešerše o vybraných antinutričních látkách v krmivech. Základem je shromáždění informací o tomto tématu prostřednictvím odborné literatury, ověřených internetových zdrojů a vědeckých článků z časopisů. Tato práce podává přehled o tom, co to antrinutriční látky jsou, kde se vyskytují, jaká je jejich schopnost ovlivňovat organismus zvířat a možnosti jejich eliminace.

3 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY

Antinutriční látky jsou látky, které jsou obsaženy v krmivech a převážně negativně působí na organismus hospodářských zvířat. Jedná se o celou škálu organických i anorganických látek. Mohou způsobovat snížení užitkovosti, produkční účinnost krmiv nebo vyvolat dietetické poruchy. Některé se kumulují v organismu, ale také se mohou vyloučit do produktů určených konečnému spotřebiteli. V některých případech způsobují patologické, morfologické či fyziologické změny (BALABÁNOVÁ et al., 2013). Negativně ovlivňují i činnost některých enzymů, vitaminů a minerálních látek. Snižují stravitelnost a výživovou hodnotu krmiv (VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009).

3.1 Rozdělení antinutričních látek

Antinutriční látky můžeme rozdělit, jak uvádí ZEMAN et al. (2006), dle toxicity: netoxické (vláknina, lignin), s různým stupněm toxicity (třísloviny, glykosidy), vysoce toxické (mykotoxiny, kyanogenní glykosidy) a se specificky toxickými účinky (např. hematotoxické – NO₃, NO₂, těžké kovy, neurotoxické – solaniny, kancerogenní – nitrosaminy, mykotoxiny).

Dále lze tyto látky dělit na antinutriční látky kontaminující krmiva, antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů a antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech (ZEMAN et al., 2006).

Antinutriční látky kontaminující krmiva

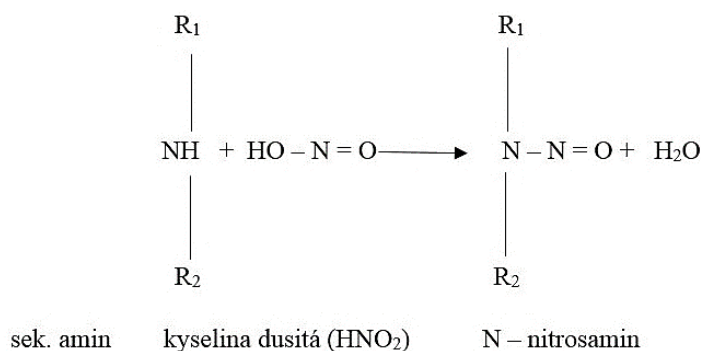
Tyto látky, nazývané také kontaminanty, se v krmivech přirozeně nevyskytují. Do krmiv se mohou dostat pomocí faktorů biotických a abiotických. Mezi biotické faktory patří lidská činnost nebo kontaminace zvířaty. Abiotické jsou např. proudění vzduchu, vody nebo větru. Lze je rozdělit dle charakteru: fyzikálně-mechanické kontaminanty, chemické a biologické kontaminanty (SUCHÝ et al., 2006).

Mezi fyzikálně-mechanické kontaminanty řadíme: radioaktivní kontaminanty (např. stroncium – Sr, plutonium – Pu, lanthan – La), fyzikálně-mechanické kontaminanty (např. prachové částí, zemina, ostré kovové předměty, zbytky nejrůznějších materiálů). Chemické kontaminanty mohou být buď anorganické nebo organické látky. Anorganickými nejvýznamnějšími kontaminujícími prvky jsou: Pb, Cd, Hg, As, F, Cr, Mn, Be, Cu, Sn, Se, Al. Organické látky jsou především kontaminanty vznikající ze zemědělské a průmyslové výroby např. pesticidy, dioxiny (SUCHÝ et al., 2006).

Biologické kontaminanty mají původ v živých organismech. Do krmiv se dostávají především nedodržením hygienických požadavků a nařízení při výrobě a uskladnění. Můžeme je dělit na subcelulární kontaminanty (priony, viry), mikrobiální (bakterie, prvoci, houby) a makrobiální (bezobratlí, obratlovci) (ZEMAN et al., 2006).

Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů

Původ těchto látek je ovlivněn procesy fyzikálními, biologickými a chemickými. Dá se tedy říci, že vznikají v průběhu výroby, konzervace a skladování krmiv, kdy působením teplot, chemických reakcí, mechanickým zpracováním, dochází k poškození a vzniku těchto látek. Fyzikálními procesy rozumíme zejména působení radioaktivního (i UV) záření a teploty. Při chemických procesech mohou vzájemně v krmivech (při nedodržení správných podmínek) reagovat různé látky, za vzniku látek nových. Původní látky nijak negativně na organismus nepůsobí, látky nově vzniklé však již mohou (STRAKOVÁ et al., 2006). Jedním ze známých případů je reakce nitrozačních látek (NO_3 , NO_2) se sekundárními amidy nebo alkyl amidy za vzniku nitrosaminů (ZEMAN et al., 2006).



Obr. 1: Vznik nitrosaminů (ZEMAN et al., 2006)

Biologické procesy zahrnují především procesy mikrobiální. Řadí se sem předně vznik biogenních aminů, což jsou látky vznikající při mikrobiálních změnách jednotlivých aminokyselin. Dále vznik mykotoxinů, což jsou sekundární metabolity toxikogenních plísní (STRAKOVÁ et al., 2006).

Antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech

Tuto skupinu dále dělíme do dvou podskupin, a to anorganické a organické látky.

Anorganické antinutriční látky – křemičitany, dusičnany a draslík

Organické antinutriční látky dělíme dále do dalších podskupin

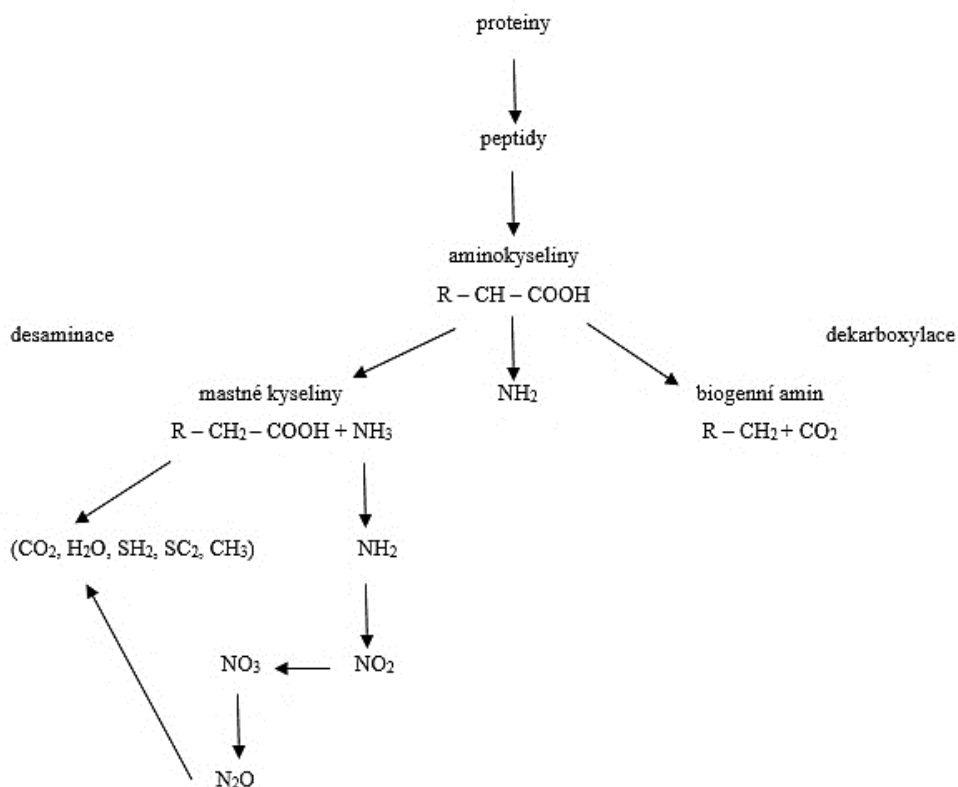
- Organické kyseliny a jejich soli (kyselina fytová, kyselina šťavelová, transakonitová, kyselina eruková)
- Rostlinné fenoly (trísloviny, lignin a jeho štěpné produkty – fenolické kyseliny)
- Alkylresorciny
- Fenolická barviva
- Látky obsahující v molekule dusík (alkaloidy, toxické bílkoviny, toxické peptidy, toxické aminokyseliny)
- Rostlinné glykosidy (saponiny)
- Rostlinné fytoestrogeny
- Inhibitory enzymů
- Antivitaminy (ZEMAN et al., 2006).

4 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY S TOXICKÝMI ÚČINKY

Antinutričními látkami se rozumí takové sloučeniny, či metabolity, které ať již přímo, nebo nepřímo negativně ovlivňují zdravotní stav a užitkovost hospodářských zvířat.

4.1 Biogenní aminy

Biogenní aminy jsou nízkomolekulární dusíkaté organické báze, které se mohou akumulovat na vysoké koncentrace v důsledku mikrobiální aktivity (ALVAREZ a MORENO-ARRIBAS, 2014). Vznikají z aminokyselin uvolňovaných z proteinů či peptidů, zejména při konzervaci. Předpokladem pro vznik biogenních aminů je hloubková proteolýza čili rozklad bílkovin. Nežádoucí změny těchto aminokyselin způsobují hnilobné bakterie, nejčastěji rodu *Clostridium*. Do krmiv, především tedy siláží, se dostávají z půdy při nevhodném technologickém postupu při sklizni. Hnilobná klostridia mohou uvolněné aminokyseliny přeměňovat buď deaminací nebo dekarboxylací. Při deaminaci vzniká amoniak a příslušná kyselina máselná. Při dekarboxylaci vznikají již zmiňované biogenní aminy a oxid uhličitý (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).



Obr. 2: Vznik antinutričních látek při mikrobiálním rozkladu (ZEMAN et al., 2006)

V silážích vyrobených z bílkovinných krmiv (vojtěška, jetel) jsou běžně biogenní aminy pozorovány (KŘÍŽEK et al., 1993). Z toho tedy vyplývá, že jejich tvorbu ovlivňuje množství aminokyselin, vhodné podmínky (dostatek sacharidů – optimálně 0,5–2,0 % glukózy, teplota 20 °C, pH 4,0–5,5) a mikroorganismy, které mají dekarboxylasovou aktivitu (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Vznik biogenních aminů z konkrétních aminokyselin uvádí Tab. 1.

Tab. 1: Vznik biogenních aminů dekarboxylací (ZEMAN et al., 2006)

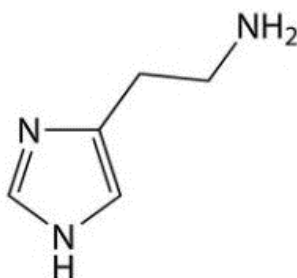
arginin	→	ornitin	→	putrescin + CO ₂
lyzin	→	kadaverin	+	CO ₂
tryptofan	→	tryptamin	+	CO ₂
tyrosin	→	tyramin	+	CO ₂
fenylalanin	→	2-fenylalanin	+	CO ₂
histidin	→	histamin	+	CO ₂

Biogenní aminy v krmivech nalezneme převážně v silážích. Jako takové se vyskytují ve všech sklizených plodinách, ale pouze v malém množství čili nejsou toxické. Toxickými se stávají až při nevhodném skladování, zpracování a fermentačním procesu, kdy se jejich počet zvyšuje. Je tedy důležité, vzhledem k toxicitě biogenních aminů, dbát na správný technologický postup při silážování (KALAČ a MÍKA, 1997).

Můžeme je rozdělit na alifatické (putrescin, kadaverin, spermidin, spermin, agmatin), aromatické (tyramin, fenyletylamin) a heterocyklické (histamin a tryptamin) (VELÍŠEK, 1999).

4.1.1 Vybrané biogenní aminy

Histamin

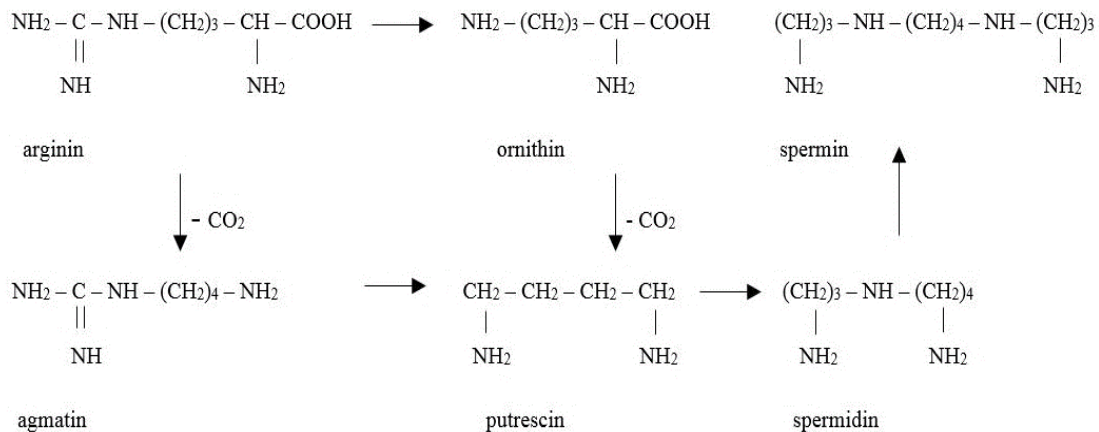


Obr. 3: Chemický vzorec histaminu (VELÍŠEK, 1999)

Vzniká z histidinu dekarboxylací histidindekarboxylasou (VELÍŠEK, 1999). Způsobuje kontrakce hladké svaloviny střeva, dochází tedy ke křečím v břiše a průjmům. Dále vyvolává alergie – dechové problémy, svalový třes a bušení srdce. Zvyšuje sekreci žaludečních šťáv a účastní se při anafylaktickém šoku (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Negativně působí na kvalitu škáry paznehtů, kdy příčinou je snížení průtoku krve a propustnosti cévní stěny pro minerální látky (BALABÁNOVÁ et al., 2013). Toto onemocnění se nazývá laminitida, což je zánět na škáře paznehtní (ILLEK, 2008).

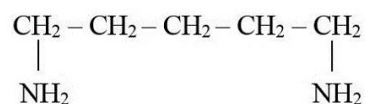
Putrescin, Spermidin, Spermin

Vznikají z aminokyseliny argininu, kdy arginindekarboxylasou vzniká agmatin a dále putrescin (VELÍŠEK, 1999). Putrescin je prekurzorem pro vznik dalších biogenních aminů, a to spermidinu a sperminu. Spermidin vzniká syntézou z putrescinu enzymem spermidinsyntázou. Spermin vzniká syntézou ze spermidinu enzymem sperminsyntázou. (ADÁMKOVÁ a PETŘIVALSKÝ, 2012). Putrescin může snižovat příjem krmiva, a tím i produkci mléka. Podílejí se na procesu karcinogeneze (STRAKOVÁ et al., 2006).



Obr. 4: Dekarboxylace a další reakce argininu (VELÍŠEK, 1999)

Kadaverin, Tyramin



Obr. 5: Chemický vzorec kadaverinu (VELÍŠEK, 1999)

Kadaverin vzniká z lysinu působením lysindekarboxylasy (VELÍŠEK, 1999). Jeho toxické účinky lze přiřadit k účinkům amoniaku. Bývá označován za mrtvolný jed a může způsobovat výrazný pach hnijícího masa a výkalů (ADÁMKOVÁ a PETŘIVALSKÝ, 2012; ALDRICH, 2013). Tyramin vzniká činností tyrosindekarboxylasy z tyrosinu (VELÍŠEK, 1999). Patří mezi aromatické aminy (spolu s histaminem) a je vysoce toxický (LOUČKA, 2014).

V silážích jsou především zastoupeny aminy putrescin a kadaverin. Tyramin a histamin, které jsou toxické, se objevují v silážích starších (nad 180 dní – většinou kukuřičných i dobré kvality) (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Biogenní aminy mohou způsobovat útlum bachorových rotací, lokální poškození sliznice bachoru, kdy mají především negativní vliv na bachorovou mikroflóru. Tím pádem dochází k poklesu příjmu krmiva, a tím i poklesu užitkovosti. Detoxikace biogenních aminů zatěžuje játra a ledviny. Dále mohou ovlivnit i činnost pohlavního aparátu, střevní sliznice a končetin (STRAKOVÁ et al., 2008). Závažné z dietetického hlediska jsou především kvůli ztrátám aminokyselin (serinu, lysinu, threoninu, argininu, kyseliny glutamové a kyseliny asparágové) (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

4.2 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou nejčastěji se vyskytujícími přírodními kontaminanty v krmivech i potravinách (PAYROS et al., 2016). Jsou to velice stabilní nízkomolekulární sekundární produkty plísní, u nichž byly potvrzeny toxické vlastnosti, které jsou pro rostliny i živočichy včetně člověka velmi nebezpečné (BHAT et al., 2010). Jsou produkovány myceliem plísní, kdy jsou vylučovány do substrátu a mohou se vyskytovat i ve sporách. Patří mezi nejvýznamnější antinutriční látky. Pokud je krmivo napadeno mykotoxiny musíme ho považovat za vysoce závadné (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015). Kontaminace plísněmi probíhá již v průběhu celého výrobního procesu, to znamená při pěstování, sklizni, skladování či konzervaci. Dnes je známo na 350 plísní, které produkují 300 druhů mykotoxinů. Obecně platí, že více druhů plísní může produkovat jeden druh mykotoxinu (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Neznamená to ovšem, že pokud je rostlina napadena plísní, obsahuje mykotoxiny. Plísně začínají tvořit mykotoxiny jako reakci na stresové situace (SKLÁDANKA et al., 2011). Produkce mykotoxinů je ovlivněna např. těmito faktory: fyzikálními (teplota 10–40 °C, vlhkost, způsob sklizně, skladování, mechanické poškození obalu, přístup kyslíku), chemickými (sušina krmiva, pH 4–8, přítomnost fungicidních a baktericidních látek) a biologickými (vlastnostmi kmene, druhem plísní a toxigenními vlastnostmi) (DOLEŽAL a ZEMAN, 2003; BALABÁNOVÁ et al., 2013). Můžeme je najít na značném množství zemědělských plodin, a to jak na obilovinách, luskovinách, olejninách, tak v lučních či pastevních porostech.

Mykotoxiny ve větší míře nelze zničit technologickými úpravami. Důležitá je tedy prevence a správné technologické postupy, které mohou předejít kontaminaci (MODRÁ et al., 2014). V místě teplejšího klimatu je častý výskyt aflatoxinů a fumonisinů, v chladnějším pásmu pak ochratoxin, DON a zearalenon. Nejčastěji se vyskytujícími mykotoxiny v ČR jsou: zearalenon, DON, T-2 toxin. Jsou zde i sporadické nálezy ochratoxinu a patulinu (ZEMAN et al., 2006). Toxické koncentrace některých uvedených mykotoxinů můžeme vidět v Tab. 2.

Tab. 2: Toxické koncentrace některých mykotoxinů v krmivech (ZEMAN et al., 2006)

Aflatoxiny	200–500 µg/kg
Fumonisin	5 mg/kg – nepřezvýkavci 100 mg/kg – přezvýkavci
DON	2–10 mg/kg
T-2 toxin	100 µg/kg
Zearalenon	200–300 µg/kg

Mykotoxiny mohou mít odlišné účinky. Jeden druh mykotoxinu může mít jiný účinek, pokud je obsažen v krmivu s dalšími druhy a jiný, pokud je v krmivu samostatně. Vnímavost zvířat vůči mykotoxinům je ovlivněna i druhem, věkem a fyziologickým stavem organismu. Nejvíce náchylná na tyto látky jsou prasata a drůbež. Přezvýkavci mají určitou schopnost redukovat a tolerovat vyšší hladinu mykotoxinů, díky pufracím vlastnostem a bachorové mikroflóře (ZEMAN et al., 2006).

Tab. 3: Citlivost vybraných zvířat na mykotoxiny (ZEMAN et al., 2006)

Mykotoxin	Dojnice	Prasata	Koně
Aflatoxin	+	+	+
Fumonisin	+	+	++
Ochratoxin	–	+	+
T-2 toxin	+	–	+
Deoxynivalenol	+	++	+
Zearalenon	+	++	+

– rezistence, + nižší citlivost, ++ vyšší citlivost

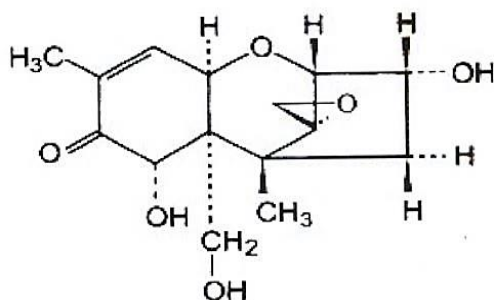
Po požití mykotoxinu dochází gastrointestinální absorpcí k průniku toxinů do krevního řečiště a tělesných tkání. Poté se dostávají do jater, kde probíhá jejich biologická transformace. V jiných případech při takovéto biotransformaci dochází ke snížení toxicity škodlivých látek, u mykotoxinů je tomu ale naopak. Dochází ke zvýšení toxicity a ke zlepšení schopnosti průniku látek do dalších tělesných tkání (NEDĚLNÍK et al., 2006).

Způsobují poškození různých tkání a funkcí organismu. Zejména poškození CNS, jater, ledvin, krevní srážlivosti, zhoršení funkce imunitního systému, záněty a infertilita (BALABÁNOVÁ et al., 2013). Dále můžeme pozorovat snížení užitkovosti (mléčná

a masná užitkovost, snížení přírůstků, pokles snášky) a zhoršení reprodukce (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Největší obavy vzbuzuje kontaminace mléka a mléčných výrobků. V dnešní době dochází k různým kontrolním opatřením, která však nemusí poskytovat dostatečný stupeň ochrany nebo je nevhodné je uskutečňovat. Známá kontrolní opatření jsou diskutována z hlediska právě jejich uplatnění (BENKERROU, 2016).

4.2.1 Vybrané mykotoxiny

DON – deoxynivalenol, vomitoxin



Obr. 6: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009)

Je jedním z převládajících a nejvíce se vyskytujících, tudíž představuje významné zdravotní riziko. Produkován je plísněmi *Fusarium (gaminearum, rozeum, culmorum)* (PAYROS et al., 2016).

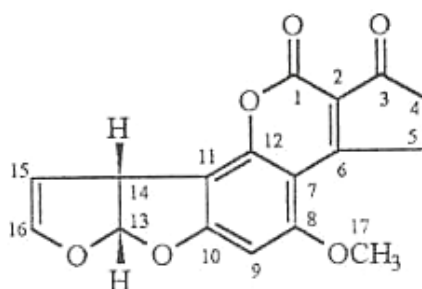
Jak uvádí MODRÁ et al. (2009), název vomitoxin je odvozen od slova vomitus čili zvracení. V roce 1973 byl v USA izolován DON z napadené kukuřice, která následně byla podána prasati a způsobila zvracení. Vyskytuje se převážně v pšenici, ječmeni a kukuřici, méně častý je výskyt u ovsa, rýže nebo žita. Nejvíce vnímavým a nejcitlivějším zvířetem na tuto látku je prase. Vnímavý je ale také skot, koně či drůbež (MODRÁ et al., 2009). Prasata odmítají kontaminovaná krmiva tímto mykotoxinem přijmout, pokud ovšem přijmou, dochází u nich k průjmům, zvracení a poruchám pohybu. Často se u zvířat mohou vyskytovat krváceniny na sliznici a záněty (především při zkrmování sypkého krmiva, a to kolem úst, očí a uší). U březích samic způsobuje potraty. V extrémních případech při požití silně kontaminovaného krmiva může dojít i k úhynu. DON snižuje funkci imunitního systému a zvířata jsou více náchylná vůči průniku choroboplodných zárodků do organismu (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015).

Nedávné detekční metody odhalily nové mykotoxiny a nové molekuly odvozené od původních mykotoxinů. Hlavními deriváty DON jsou acetylová forma produkovaná

houbami, biologicky modifikovaná forma produkovaná rostlinami nebo také chemicky změněná forma. Vysoké podíly DON a jeho acetylové či modifikované formy zvyšují zdravotní riziko, jelikož se po požití snadno absorbují do organismu. Problémem je, že o nových formách, na rozdíl od DON, je velmi málo informací (PAYROS et al., 2016).

Příjem diety s obsahem 4 mg/kg DON se snížil příjem krmiva o 2 %, ovšem při podání krmiva s obsahem 40 mg/kg DON se příjem krmiva snížil o celých 90 %. Je uváděno, že dochází ke snížení krmiva už při překročení koncentrace 1 mg/kg (MODRÁ et al., 2009).

Aflatoxin



Obr. 7: Strukturální vzorec – aflatoxin B1 (VELÍŠEK, 1999)

Aflatoxiny patří mezi nejvíce sledované mykotoxiny vzhledem ke svojí toxicitě. Jsou produkovány plísněmi rodu *Aspergillus* (*flavus*, *parasiticus*). K jejich vývoji za správné teploty a vlhkosti může docházet na jakémkoliv materiálu. Jelikož preferují vyšší teploty, můžeme se s nimi setkat převážně v tropickém a subtropickém podnebí. Napadají rostliny během vegetačního stupně, ale mohou se dále vyvíjet i během dalšího zpracování a skladování (seno, sláma, krmná směs). Nejvyšší nálezy byly zaznamenány u kukuřice, podzemnice olejné, bavlníku či dalších obilovin (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015; VELÍŠEK, 1999).

Základní druhy aflatoxinů jsou – B1, B2, G1, G2 a odvozené – M1, M2. Odvozené vznikají z aflatoxinů základních konverzí v procesu trávení krmiv. Ke vstřebávání aflatoxinů dochází pasivní difúzí z tenkého střeva v oblasti duodena. Nejvyšší vstřebatelnost je u mladých zvířat (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015). Nejvýznamnějším aflatoxinem, který je považován za nejsilnější přírodní karcinogen, je B1. Cílovým orgánem aflatoxinu B1 jsou játra (MODRÁ et al., 2009).

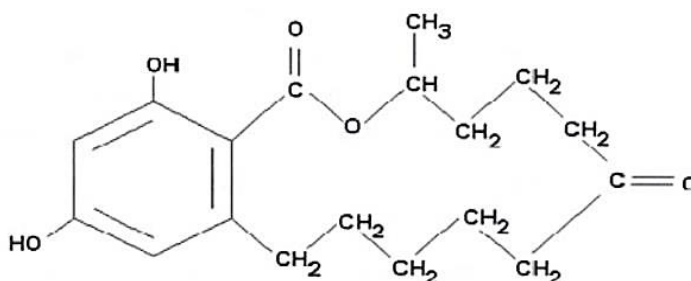
První zkoumání a studium aflatoxinů proběhlo v roce 1960 ve Velké Británii, jelikož se zde vyskytla otrava u stovky tisíc krocanů a krůt na základě podání zaplísněné

podzemnicové moučky. Zjistilo se, že toxická substance byl metabolit plísně *Aspergillus flavus* a od ní tedy název mykotoxinu aflatoxin (MODRÁ et al., 2009).

Důležité je si uvědomit, že při podání krmiva kontaminovaného aflatoxiny B1 a B2 dojnícím, můžeme zhruba po 12 hodinách pozorovat přítomnost aflatoxinů M. Ty vznikají hydroizolací z mateřských látek čili z výchozích aflatoxinů. Při jednorázovém podání je potřeba počítat s tím, že stopové množství aflatoxinu M1 můžeme najít ještě po dvou až třech dnech (VELÍŠEK, 1999).

Nejvíce citlivá na výskyt aflatoxinů jsou prasata, kdy při podání dávky 10 mg/kg živé hmotnosti aflatoxinu B1 vede zpravidla do 24 hodin k úhynu. Při podání 6 a méně mg/kg tělesné hmotnosti dochází k intoxikaci, ale již zřídka k úhynu. Při podání 1 a méně mg/kg tělesné hmotnosti nedochází již ke klinickým změnám zdravotního stavu. Dále jsou citlivější mladá zvířata, vysokoprodukční dojnice a březí zvířata. Odolnější je dospělý skot, který nerad přijímá zaplísněná krmiva (KALAČ a MÍKA, 1997). Toxicita se odvíjí od věku, druhu, pohlaví a podmínek výživy zvířat. Chronickými příznaky jsou imunosuprese, ztučnění a poškození jater, odmítání a špatná konverze krmiva, nízká produkce mléka a zvýšená embryonální mortalita (PAVELKOVÁ, 2014). Jsou zjišťovány průjmy a dehydratace postižených zvířat (MODRÁ et al., 2009).

ZEN



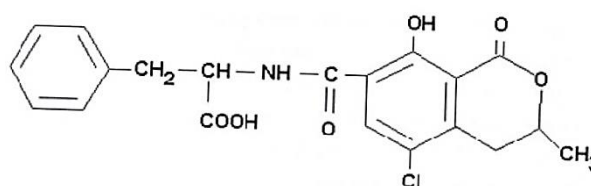
Obr. 8: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009)

Zearalenon je mykotoxin produkovaný plísněmi rodu *Fusarium* (*graminaerum*, *semitectum*). V současné době je izolováno 15 derivátů základní struktury zearalenonu. S výskytem tohoto mykotoxinu se můžeme setkat v obilovinách (pšenice, ječmen, oves, čirok, kukuřice) ve všech klimatických pásmech. Typický je také výskyt v semenech řepky. Ve skladovaném obilí je velmi stabilní, nezničí ho ani mechanická, tepelná úprava či fermentace. Tvorbu podporuje vysoká vlhkost a střídající se vysoké a nízké teploty. Akutní toxicita je nízká, ale dieta může vyvolat hyperestrogenní syndrom. Díky své podobné struktuře se steroidními hormony estrogenu se někdy označuje jako mykoestrogen (VELÍŠEK, 1999; HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015). ZEN způsobuje

hyperestrogenismus u skotu, drůbeže a prasat, která jsou nejcitlivější. Skot může být poškozen krmivem s obsahem 0,5–1,0 mg/kg zearalenonu. Projevy se vyskytují 4–7 dní po konzumaci a mizí během 3–4 týdnů po ukončení příjmu. U nedospělých prasniček jsou hyperestrogenní symptomy intenzivnější než u dospělých prasnic (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Problémem je, že zearalenon a jeho metabolity mohou přecházet, jak do mléka prasnic, kdy dochází k estrogenímu působení na selata, tak do mléka krav (SVOBODOVÁ et al., 2008).

Projevy mohou být následovné: zduření vnějších pohlavních orgánů, zvětšení prsní žlázy a prsních bradavek, hyperémie, v těžkých případech vaginální, rektální vyhřeznutí orgánů či atrofie varlat u kanců. K úhynu zvířat dochází především kvůli vyhřeznutí orgánů z důvodů bakteriální infekce. Zvětšuje se velikost a hmotnost ovarii. Může dojít k vymizení říje anebo naopak k perzistující říji. Dále dochází ke snížení plodnosti nebo rané embryonální mortalitě (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015; OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).

Ochratoxin



Obr. 9: Strukturální vzorec Ochratoxinu A (ANONYM, 2009)

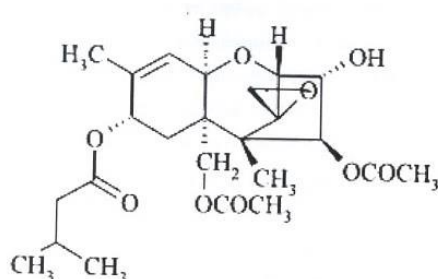
Jsou produkovány druhy rodu *Aspergillus* (*ochraceus*, *sulphureus*, *sclerotinum*) a rodu *Penicillium* (*verrucosum*, *purpurascens*, *commune*, *viridicatum*). Tato skupina zahrnuje sedm isokumarinových derivátů vždy spojených s fenylalaninem. Nejvýznamnější a nejrozšířenější látkou je ochratoxin A (OTA) Jeho toxicita se přiřazuje tomu, že na své molekule má atom chloru, kterým je aromatický kruh substituován (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010; VELÍŠEK, 1999). Dalšími jsou ochratoxin B, C, D (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015).

Vyskytuje se převážně v kukuřici, ječmeni, pšenici, ovsu a seně. Zpravidla ho můžeme nalézt i jako reziduum ve vepřovém mase, převážně v ledvinách. Hromadění ochratoxinu A sledujeme v krvi, játrech a ledvinách. V mléce, svalovině a vejci jsou hodnoty tohoto mykotoxinu nízké (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

Do organismu dle SVOBODOVÉ et al. (2008), se dostává resorpcí z gastrointestinálního traktu, převážně z žaludku, pasivní difúzí v neionizované formě. Má vysokou vazebnou afinitu na albumin, která zpomaluje vylučování této látky z organismu, a naopak pomáhá její resorpci.

Jak uvádí OPLETAL a SKŘIVANOVÁ (2010), u prasat dochází ke snížení užitkovosti a poškození ledvin, které doprovází polyurie a polydipsie. Nefropatie vzniká také u drůbeže, nejcitlivější jsou kuřata, kachňata a krůťata. Méně citliví jsou přežvýkavci, kteří dokáží díky bachorové mikroflóře přeměnit OTA na méně toxický α -ochratoxin.

T-2 toxin



Obr. 10: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009)

Producenty tohoto toxinu jsou plísně rodu *Fusarium* (*sporotrichioides*, *poae*, *equiseti*). Najdeme ho převážně na pšenici, kukuřici, ovsu, ječmeni, fazolích či sóji. Řadíme ho mezi velmi nebezpečné mykotoxiny, protože vykazuje vysokou akutní toxicitu (MODRÁ et al., 2009).

Hlavními účinky jsou snížený apetit, snížený příjem krmiva, nižší přírůstky, zhoršení plodnosti, dermatitidy rypáku, nosní a ústní dutiny a poruchy imunitního systému. U hospodářských zvířat se projevuje netečností, sníženým příjmem krmiva a snížením přírůstku. Pokud podávání toxického krmiva pokračuje, objevuje se průjem, třes, střevní krváceniny, poškození sleziny, varlat, vaječníků a úplné odmítní krmiva. Chronickým příjmem dochází k poškození kostní dřeně a ke změně složení krve. Největším problémem je, že působí imunopresivně, tedy zvyšuje možnost infekce (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

T-2 toxin je v těle rychle metabolizován a vylučován. Léčba tudíž není nutná. Po odstranění kontaminovaného krmiva dochází opět ke zvýšení příjmu krmiva. Obecně

v krmivech by neměla být překročena koncentrace 1,0 mg tohoto toxinu na 1 kg krmné směsi (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015).

4.2.2 Problematika mykotoxinů

Mykotoxiny jsou v dnešní době nejvíce řešenými antinutričními látkami, protože jsou problémem celosvětového významu. Způsobují vysoké ekonomické ztráty, jelikož výrazně ovlivňují jak živočišnou, tak i rostlinou produkci. Často jejich vzniku ani nemůžeme zabránit. U živočišných produktů mají vliv i na lidský konzum, jelikož se mohou dostat z krmiv do krve a z krve do mléka, masa či vajec (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

Mykotoxiny se hojně vyskytují v silážích, nejčastěji DON. Mohou se zde vyskytovat, ale i další např. T-2 toxin, patulin, ochratoxin a další. Toxiny byly izolovány ze siláží, i když nevykazovaly žádné viditelné znaky vzniku plísní. Je proto důležité nezkrmovat siláže, které byly vystaveny vzduchu více než pár dní, ač vykazují či nevykazují viditelné známky výskytu plísní (WILKINSON, 2005).

Častým problémem je i fakt, že mykotoxiny mají schopnost ukládat se do depotního tuku a jejich účinky se projevují, až při odbourávání zásob, což může být až za dlouhou dobu po zkrmování (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015).

5 ANORGANICKÉ ANTINUTRIČNÍ LÁTKY

5.1 Rozdělení anorganických látek

Rozdělují se na anorganické kontaminující látky a anorganické antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech (ZEMAN et al., 2006).

5.1.1 Anorganické kontaminující látky

Jedná se především o toxické prvky, které se dostávají do krmiv spadem z hnojiv či některých pesticidů. Nejčastějšími kontaminujícími prvky jsou: Pb, Cd, Hg, Cu, Mn, Al, As, Be, Cr, Sn, Se, F.

Olovo (Pb)

Patří k prvním prvkům, který byl charakterizován svým druhem toxicity. V širokém spektru toxicity je považován za jeden z přetrvávajících všudypřítomných těžkých kovů. Může mít masivní škodlivé dopady na zvířata i člověka. Znepokojivé je to,

že ho lze poměrně snadno nalézt v životním prostředí (ASSI et al., 2016). Řadíme ho tedy mezi významné kontaminanty, jejichž sloučeniny jsou častou příčinou akutních i chronických intoxikací zvířat. Představuje i velkou zátěž pro životní prostředí a potravní řetězce. Toxické jsou především tyto sloučeniny: oxid olovnatý, oxid olovnato-olovičitý, octan olovnatý, síran olovnatý, arsenitan olovnatý, chroman olovnatý, zásaditý chroman olovnatý, tetrametylolovo a tetraetylolovo (ZAPLETAL et al., 2001).

Mechanismus resorpce a absorpce je odlišný u anorganických a organických sloučenin olova. Pro organické sloučeniny je důležitým resorpčním orgánem kůže, pro anorganické nikoliv. Ve většině případů dochází k intoxikaci olovem perorálně, dále v menším podílu pak k intoxikaci inhalační. Resorpce z trávicího traktu je usnadňována a tím pádem i urychlována přítomností vápníku, železa a tuků v trávenině. Dále je známo, že u mladších organismů probíhá proces rychleji než u organismů starších. Z trávicího traktu se olovo dostává do krevního řečiště, kde je z 90 % vázáno na erytrocyty, zbytek je vázán na krevní albuminy a alfa-globuliny. Z krve je transportováno do jater, kde je deponováno v hepatocytech. Z hepatocytů je olovo uvolňováno do dalších orgánů, a to převážně do kostí, ledvin, kosterní svaloviny a srsti. K vylučování olova dochází pomocí žluči, ledvin a moči. U krav v laktaci může docházet k vyloučení olova mléčnou žlázou do mléka (ZAPLETAL et al., 2001).

Za normálních podmínek se hladina olova pohybuje v rozmezí 0,1–0,13 mg/kg. Hodnota nad 0,4 mg/kg v krvi svědčí o zátěži organismu olovem. Letální dávky olova uvádí Tab. 4.

Tab. 4: Letální dávky olova – udáváno pro octan olovnatý (ZAPLETAL et al., 2001)

Dospělý skot	200–400 mg/kg ž.hm.
Ovce, kozy	400–500 mg/kg ž.hm.
Kůň	700–900 mg/kg ž.hm.
Pes, prase	200–300 mg/kg ž.hm.

Příznaky akutní otravy jsou apatie, otupělost, poruchy trávení, atonie bacheru, inapetence až anorexie. Později symptomy poruch CNS – tremor svalstva hlavy, šíje, krku a ztráta orientace. Zvířata sliní, bučí a stávají se agresivními. V závěrečné fázi intoxikace dochází k oslepnutí. Může dojít i k úhynu v důsledku selhání vitálních center a respirace. Při subakutních otravách jsou symptomy obdobné, až na to, že se rozvíjejí více poruchy

trávicího traktu, kdy se střídají zácpy s vysoce zapáchajícím průjmem. Zvířata mají silné kolikové bolesti a projevují se záškuby očních víček. Dále dochází k dilataci pupily, hyperestessii a opistotonu. Chronická intoxikace probíhá za nevýrazných projevů, kdy se jedná zejména o inapetenci, anorexii, hubnutí a v pozdějších stádiích se u většiny zvířat projevují parézy pánevních končetin (ZAPLETAL et al., 2001).

Rtuť (Hg)

Do prostředí se uvolňuje jak rtuť organická, tak i anorganická. Otravy anorganickými sloučeninami se vyskytují zřídka, organickými jsou častější. Zvířata jsou nejvíce ohrožena, pokud dojde ke zkrmování mořeného obilí určeného k setí (ZAPLETAL et al., 2001).

Mezi anorganické sloučeniny rtuti řadíme chlorid rtuťnatý, kyanid rtuťnatý nebo dusičnan rtuťnatý. Po průniku do organismu se rtuť z těchto sloučenin váže kovalentní vazbou s bílkovinnými skupinami -SH, -COOH, -His. Mezi organické sloučeniny patří alkylové sloučeniny rtuti (metylrтуť, etylrtuť), které jsou vzhledem k toxicitě nejzávadnější a alkoxyalkylové sloučeniny (metoxyethylrtuť, fenylrtuť), kdy se otrava podobá otravě anorganickými sloučeninami (ZAPLETAL et al., 2001).

Do organismu se dostává perorální nebo inhalační cestou. Po resorpci a dostání se do krevního řečiště jsou alkylsloučeniny navázány na erythrocyty a anorganické sloučeniny na bílkovinách krevní plazmy. Poté se dostávají do dalších částí organismu. Anorganické sloučeniny nalezneme nejvíce ve sliznici trávicího traktu, dále v játrech či ledvinách. Organické sloučeniny mají vyšší schopnost pronikat funkčními membránami a jejich nejvyšší koncentraci nalezneme v mozku, ledvinách a játrech. Z těla se dostává pomocí výkalů, moči, mlékem, slinami či potem. Může docházet ke kumulaci rtuti v srsti a kožních útvarech (ZAPLETAL et al., 2001).

Průběh intoxikace je u každého druhu zvířete jiný. U telat dochází ke stimulaci CNS, zatímco u dospělého skotu, prasat, drůbeže nastupuje deprese CNS. U ovcí můžeme pozorovat poruchy trávicího traktu. U prasat dochází k rychlejšímu metabolismu, nástup příznaků intoxikace je tedy rychlejší než u některých druhů. U telat se projevuje ztrátou koordinace, kolébáním hlavy, záškuby víček, salivací, poruchami GIT, změnami na EKG, poruchami vidění, ulehnutím, tonicko-klonickými křečemi, kómatem až smrtí. U dospělého skotu anorexií, slabostí, depresí, salivací, průjmy, častým močením, kolikami, horečkami, bledými sliznicemi, výtoky z nosu, dyspnoí, ekzémem a ztrátou

srsti u kořene ocasu. Prasata vykazují výrazné poruchy GIT, koliku, průjmy, nervové poruchy, anorexii, depresi, ztrátu koordinace, ztuhlou chůzi, kolébání, neochotu k chůzi, oslepnutí, paralýzu zadních končetin, salivaci, kašel, červené body na kůži, horečku, žíznivost, zvracení a krev ve stolici. U drůbeže pozorujeme slabost, ataxii, ztrátu koordinace, bledé ozobí a laloky. U ovcí pak koliky, průjem, anorexie, dyspnoe, ztráta hmotnosti, kulhání, močení a zvedání končetin (ZAPLETAL et al., 2001).

Kadmium (Cd)

Nejzávažnější současný kontaminant, který je při zpracování rud uvolňován do ovzduší, a tím dochází ke kontaminaci životního prostředí. V zemědělství se tedy nejčastěji setkáváme s kadmiiem kumulovaným v rostlinách z kontaminovaných vod a půdy. Nekontaminovaná půda obsahuje obvykle do 1 mg/kg Cd (0,01–0,7), povrchové vody obvykle obsahují množství 0,1 mg/l (ZAPLETAL et al., 2001).

Kadmium se do organismu nejčastěji dostává alimentární cestou, kdy přes stěnu trávicího traktu se dostává do krve. Zde je však rychle distribuován do tkání, převážně do jater, ledvin a gonád. Sloučeniny kadmia v organismu narušují řadu enzymatických systémů. Jsou antagonisté některých prvků, jako jsou Zn, Cu, Fe, Ca. Kadmium narušuje normální metabolismus vápníku. Dále zasahuje do aktivity pohlavních žláz, kdy u samců může vyvolat až nekrotické změny na varlatech a u březích samic dochází k nekrobiotickým změnám na placentě. Mezi příznaky akutní intoxikace řadíme: alterace CNS, poškození krvetvorby, jater, ledvin a možný je vznik pneumonie. Chronická intoxikace se prvně projevuje osteomalácií, poté se připojují změny funkce ledvin a jater, nekrotické změny varlat, ztráta fertility a u březích samic ztráta placenty (ZAPLETAL et al., 2001).

5.1.2 Anorganické antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech

Křemičitany

Jde o látky, které obsahují křemík a ukládají se do mezibuněčných prostor rostlin. Křemík a jeho sloučeniny inhibují bachorovou mikrobiální činnost. Většina křemíku, který byl přijat, projde trávicím traktem a je vyloučen. Ovšem část, především v rozpustné formě může být reabsorbována a ukládána v pevné formě do mizních uzlin anebo jako žlučové kameny (ZEMAN et al., 2006).

Draslík

Nedostatek draslíku je stejně negativní jako jeho nadbytek. Při nadbytku dochází k poklesu užitečnosti, poruchám reprodukce a může vést až k úhynu zvířat. Při nedostatku draslíku v půdě dochází k nedostatečné výživě porostu, kdy v důsledku poklesu proteosyntézy narůstá koncentrace dusičnanů v porostu, což může opět negativně ovlivnit metabolismus zvířat (ZEMAN et al., 2006).

Dusičnany

Jsou obsaženy v rostlinných organismech, kde se vyskytují přirozeně. Jejich koncentrace je závislá na mnoha faktorech např. na druhu rostliny (genetice), na obsahu dusičnanů v prostředí a na charakteristice stanoviště. Dusičnany samy o sobě toxické nejsou, problémem jsou dusitaný, které vznikají za účasti nitrátreduktázy bakteriemi v trávicím traktu. Dusitaný již toxické jsou (KALACH a MÍKA, 1997; STRAKOVÁ et al., 2008).

V zemědělství se dusičnany používají jako hnojiva, nejvíce dusičnan sodný, draselný, vápenatý a amonný. Pro rostliny jsou významným zdrojem dusíku. Problémem může být nadměrné zkrmování řepného chrástu, řepných skrojků, mladé slunečnice, brukvovitých rostlin, řepky, karotky či bramborové natě. Také zamrzlé a nahnilé okopaniny představují vážné riziko. Zdrojem dusičnanů může být i závadná napájecí voda, kde dochází k intoxikaci vodních zdrojů splavem z intenzivně hnojených polí. Vysoký obsah dusitanů je zjišťován i ve většině siláží a siláží ze zavadlé píče (VESELÝ et al., 1988; MODRÁ et al., 2009). Mladší píče vykazují větší přeměnu a akumulaci dusičnanů než píče staré. Některé druhy hromadí dusičnany více, a to zejména vodnice (celá rostlina), krmná řepka, oves a jílky (především tetraploidní). Dusičnany se hromadí v rostlinách různě, jejich ukládání není ve všech částech rovnoměrné. Například u kukuřice bylo zjištěno, že listy obsahovaly 0,064 g nitrátového dusíku v kg sušiny, palice 0,017 g, horní třetina stébla 0,153 g, střední třetina stébla 0,803 g, dolní třetina stébla 5,524 g a celá rostlina 0,978 g. Malé množství dusičnanů vykazují semena (KALACH a MÍKA, 1997).

Jak uvádí KALACH a MÍKA (1997), k hromadění dusičnanů u rostlin dochází především za nepříznivých podmínek, to znamená nízké teploty, sucho, stín, nízká intenzita světla, nedostatek vláhy, hnojení atd. Přeměna dusičnanů v silážích je dána i obsahem kyseliny máselné. Hladina se mění i během dne, v nadzemní hmotě je nejvyšší kolem poledne a nejnižší v noci, závisí to na denní periodicitě transpirace.

MODRÁ et al. (2009), uvádí, že jsou dusičnany a dusitany vstřebávány v tenkém střevě a vstupují do krevního řečiště. Tam oxidují dvojmocné železo hemoglobinu na trojmocnou formu, kdy touto cestou vzniká methemoglobin, který není schopen vázat a přenášet kyslík. Tělo trpí nedostatkem kyslíku. Působí také vazodilatačně, kdy dochází až k obrně kapilár, které způsobují zvýšení krevního tlaku. Resorpce dusičnanů může vézt k poruše osmotické homeostázy.

Prvotní příznaky otravy se obvykle objeví rychle po požití dusičnanů, a to kolikové bolesti trávicího traktu, průjmy, třesy, krev je tmavá s odstínem do hněda, tachykardie atd. (VESELÝ et al., 1988).

Dle časového průběhu otrav můžeme rozlišit tyto 3 fáze:

1. dusičnanová forma – vzniká po příjmu vysokých dávek dusičnanů a projevuje se zejména poruchami osmotické rovnováhy (příznaky shodné jako při otravě NaCl)
2. dusitanová forma – dochází k působení na cévy, poklesu krevního tlaku, zvýšení tepové frekvence
3. methemoglobinová forma (Tab. 5) – úzce souvisí s dusitanovou a většinou probíhají společně. Příznaky můžeme zpozorovat 3–7 hodin po příjmu závadného krmiva. Pokud máme lehčí formu otravy příznaky mohou být následovné: apatie, anorexie, celková slabost a hnědavé zbarvení sliznic. Při těžké formě to pak je neklid, dyspnoe, zrychlení dechu (zvíře dýchá s otevřenou dutinou ústní a rozšířenými nozdrami) a zrychlená srdeční činnost, přičemž tep je zesláblý. Může dojít až k úhynu zvířat, kdy zvíře hyne v křečích (MODRÁ et al., 2009).

Tab. 5: Methemoglobinová forma – podíl methemoglobinu z celkového hemoglobinu (ZAPLETAL et al., 2001)

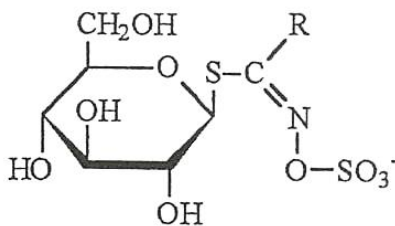
	methemoglobin	hemoglobin
Fyziologická hladina MetHb z celkového Hb	≤ 5 %	≥ 95 %
Lehký průběh intoxikace	10–15 %	85–90 %
Středně těžký průběh intoxikace	15–20 %	85–80 %
Těžký tkáňová hypoxie	20–30 %	70–80 %
Kritická hladina s anoxií CNS a úhynem	≥ 50 %	≤ 50 %

6 ORGANICKÉ ANTINUTRIČNÍ LÁTKY

6.1 Glykosidy

Jedná se o velké množství rostlinných látek. Jejich charakteristickým a společným znakem je, že se s příslušným, specifickým enzymem hydrolyticky štěpí na cukernou a necukernou složku. Cukerná složka může být v glykosidu vázána jako glukóza, dextróza, rhamóza nebo galaktóza. Necukerná složka označovaná jako aglykon, může vystupovat v podobě různých sloučenin, a to např. jako alkoholy, fenoly, aldehydy, kyseliny, estery nebo antrachinon. Specifické enzymy jsou přítomné v rostlinných buňkách ve vakuolách. Druh aglykonu a jeho vlastnosti jsou kritériem pro další dělení glykosidů. V rámci glykosidů rozlišujeme 3 podskupiny, které jsou z hlediska výživy zvířat nejvýznamnější, a to glukosinoláty, kyanogenní glykosidy a saponiny. Dále do této skupiny zařazujeme i rostlinné estrogyeny a antinutriční neškrobové polysacharidy (STRAKOVÁ et al., 2008; ZEMAN, et al., 2006).

6.1.1 Glukosinoláty

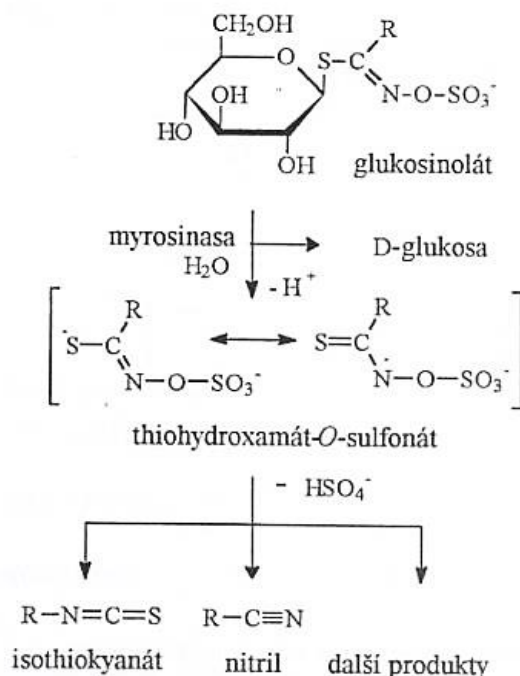


Obr. 11: Obecná struktura glukosinolátů (VELÍŠEK, 1999)

Glukosinoláty, dříve označovány jako thioglukosidy, jsou sekundární metabolity mnoha rostlin. Molekula je tvořena cukernou složkou, ve většině případů glukózou a aglykonem, kterým je sulfonový oxim. V dnešní době je známo více než 100 glukosinolátů. Rozmanitost je dána chemickou různorodostí postranního řetězce. Podle postranního řetězce je lze rozdělit do základních skupin, a to alifatické, hydroxy-glukosinoláty, sirné s methylthioskupinou v postranním řetězci, aromatické s benzenovým jádrem nebo indolové se substituovaným indolem. Postranní řetězce určují chemické, fyzikální a biologické vlastnosti jednotlivých glukosinolátů, a taky druh degradačních produktů (VELÍŠEK, 1999; BALABÁNOVÁ et al., 2013).

Glukosinoláty se stávají toxickými, pokud dojde k hydrolytickému štěpení. To nastává ve chvíli, kdy dojde k porušení rostlinných pletiv. Glukosinoláty jsou doprovázeny v rostlinném pletivu enzymem myrosinase, která katalyzuje rozklad.

V neporušeném pletivu, jsou tyto dvě látky od sebe odděleny, ovšem pokud dojde k porušení, dochází k poměrně rychlé enzymové hydrolýze. Při tomto štěpení se uvolňuje řada produktů, nejčastěji jsou to isothiokyanáty a nitrily (VELÍŠEK, 1999).



Obr: 12: Obecné schéma enzymové rozkladu glukosinolátů (VELÍŠEK, 1999)

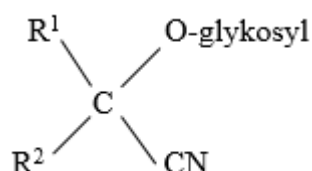
Toxický vliv a účinky daného glukosinolátu závisí na typu sloučeniny, která vznikne po enzymové hydrolýze. Pokud vznikne thiokyanát, je negativně ovlivněna činnost štítné žlázy, zjišťovaná na základě koncentrace thyroïdních hormonů v plazmě a vyšší hmotnosti štítné žlázy. Také při vzniku isothiokyanátů je omezeno využití jodu ve štítné žláze. Vznik nitrilů působí toxicky na játra a ledviny. Goitriny jsou látky, které mají strumigenní účinek. Inhibují účinek zapojení jódu do prekurzorů thyroïdních hormonů, především thyroxinu (T4), tím ovlivňují i jeho sekreci. Snížená sekrece tohoto hormonu způsobuje snížený růst, hyperplazii a hypertrofii štítné žlázy. Goitriny mají daleko větší vliv než thiokyanáty a isothiokyanáty (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Tyto látky představují závažný problém v krmivářství, jelikož snižují využitelnost řepkových šrotů a pokrutin při zkrmování hospodářským zvířatům. Maximální denní dávky řepkových produktů jsou uvedeny v Tab. 6. Vysoký obsah těchto látek v semenech řepky vedl ke šlechtění nových pěstovaných odrůd řepky. Pěstované řepky “00” odrůdy mají snížený obsah glukosinolátů téměř na desetinu původního obsahu erukových a bezerukových řepky (“0”) (ZUKALOVÁ a VÝMOLA, 2003).

Tab. 6: Doporučené maximální denní dávky řepkových produktů (HOMOLKA, 2011)

Produkty	Dojnice	Býci (průměrná hmotnost 400 kg)
Řepkové semeno „00“ (narušené např. mletím)	1,0 kg	0,5 kg
Řepkové výlisky a pokrutiny	2,0 kg	1,0 kg
Řepkový extrahovaný šrot	2,5 kg	1,5 – 2 kg

U slepic zkrmování řepky s vysokým obsahem glukosinolátů způsobuje vyšší úhyn, sníženou snášku a hmotnost vajec. Doporučované množství extrahovaného řepkového šrotu je 5 %, při použití odrůdy s nižším obsahem těchto látek je možné dávku zvýšit na 10 %. Prasata vykazují sníženou koncentraci jódu v krvi, hypertrofii a hyperplazii štítné žlázy, poškození jater a změnu poměru T3 a T4 hormonu. Důsledkem je snížená spotřeba krmiva, růstová deprese a zhoršená konverze krmiva. Negativní vliv na sekreci T3 a T4 hormonů se projeví již při hodnotě 5 $\mu\text{mol/g}$ glukosinolátů. Přežvýkavci jsou daleko tolerantnější k příjmu glukosinolátů než zvířata monogastriká. Také dospělá zvířata jsou snášenlivější než zvířata mladá. U skotu jsou glukosinoláty štěpeny především v batoru. Hlavní škodlivou složkou jsou thiokyanáty, které mohou přecházet do živočišných produktů. V maso a mléce způsobují nepříjemnou hořkost. I přesto, že skot je poměrně snášenlivý k příjmu, dlouhodobé zkrmování může způsobovat histologické změny, zvýšení plazmatické úrovně thiokyanátů a pokles hladiny thyroxinu v plazmě. Může dojít k poklesu plodnosti a při dlouhodobém příjmu poškozují játra, ledviny a nadledviny (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010; KOUKOLOVÁ, 2014).

6.1.2 Kyanogenní glykosidy



Obr. 13: Obecná struktura kyanogenních glykosidů (VELÍŠEK, 1999)

U těchto glykosidů je cukerná složka, až na některé výjimky, tvořena opět glukózou a aglykonem α -hydroxynitrilem, který obsahuje kyano skupinu. Kyanogenní glykosidy

se mohou štěpit, buď v kyselém prostředí, nebo v přítomnosti hydrolytických enzymů, za vzniku volného kyanovodíku (HCN). Tento proces probíhá ve dvou krocích a nazývá se kyanogeneze. Nejprve se odštěpuje cukerná část, poté aglykon, který se dále štěpí na aldehyd či keton a kyanovodík. Proces kyanogeneze může probíhat v trávicím traktu člověka a zvířat, ale také přímo v pletivech rostlin. U rostlin musí dojít k mechanickému poškození a promísení obsahu vakuol. Za normálních podmínek jsou glykosidy a štěpící enzymy v rostlině odděleny (MODRÁ et al., 2014).

K intoxikacím u zvířat dochází při požití vyššího objemu rostlin, nebo částí rostlin obsahujících kyanogenní glykosid. Často to bývá při zkrmování výpalků z pěstitelských pálenic (ZAPLETAL et al., 2001). Poměrně běžným glykosidem je linamarin, který se nachází v manioku (kořenové hlízy) a v semenech lnu setého (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ et al., 2010). Dále jsou glykosidy obsaženy v čiroku (obilky), vikvi (semena), jeteli plazivém či štírovníku růžkatém. U jetele plazivého jsou glykosidy pod hladinou toxicity, ale jejich přítomnost může negativně ovlivnit příjem píče (SKLÁDANKA et al., 2011). Jejich obsah klesá se stárnutím porostu a s nadmořskou výškou (HEJDUK, 2007).

Přežvýkavci jsou na tyto glykosidy daleko citlivější než zvířata monogastriká. Je to z důvodu, že k uvolňování kyanovodíku dochází zejména v bachoru. Zdravá a dobře živěná zvířata snáší 50 mg HCN/kg živé hmotnosti, aniž by vykazovala příznaky otrav (HEJDUK, 2007). Uvolněný kyanovodík je buněčným jedem a je velmi rychle rozveden krví do celého organismu. Poté se v krvi váže na hemoglobin za vzniku kyanhemoglobinu. Ve tkáních blokuje dýchací systémy a vyvolává tkáňové dušení. Kyslík v krvi nemůže být předán do tkání, takže na jednu stranu tkáň trpí nedostatkem kyslíku, na druhé straně je hemoglobin v trvalém stavu nasycení kyslíkem. Následkem toho je krev jasně cihlově červená (ZAPLETAL et al., 2001). Krev zůstává nesrážlivá až několik hodin po smrti. Dalším typickým znakem je hořkomandlový zápach z obsahu žaludku a střev (MODRÁ et al., 2009).

Akutní otrava při vysokých dávkách probíhá velice rychle. Příznaky mohou být následovné: dávení, zvracení, nejprve zvýšená respirace, poté paralýza dýchacího centra, křeče, kóma a pokles krevního tlaku. Při nižších dávkách jsou jednotlivé fáze otravy vyznačeny zřetelněji a pozvolněji. Nejprve pozorujeme zvracení, ztrátu koordinace, srdeční arytmii, rozšíření zornic, překrvení sliznic a kůže. Později se dostavují křeče,

dušení a následně zvíře hyne. Co se týče chronické otravy, tak typickými příznaky jsou: svalový třes, pokles hmotnosti, nechutenství, zánět spojivek a bolesti hlavy. Dle histologického vyšetření dochází i k poškození optických nervů a neuronů v míše (MODRÁ et al., 2009).

6.1.3 Saponiny

Saponiny jsou glykosidy obsahující lipofilní aglykon (sapogenin) a hydrofilní cukerný zbytek. Z chemického hlediska (dle charakteru sapogeninu) se dělí na dvě skupiny, a to triterpenové a steroidní saponiny. Výběr cukrů vázaných do saponinů je velice pestrý, celkem může saponin obsahovat až 12 cukerných jednotek. Triterpenické glykosidy je mají navázány na různých místech, řadíme sem běžné monosacharidy, které mohou být rozvětvené nebo se mohou v molekule objevovat i uronové kyseliny vázané v podobě esterů. Nejznámějšími sapogeniny jsou kyselina medikagenová, sója-saponidy nebo kyselina lucernová (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

Jsou velmi sledovanou skupinou látek, protože fyziologicky (toxikologicky) mají velký význam. Mají několik společných vlastností, a to: hořkou, až svíravou chuť, ve vodných roztocích vytváří stabilní pěnu, hemolyzují erythrocyty in vitro, jsou toxické pro poikiloternní živočichy (hmyz, plže, ryby) a mají schopnost reagovat se žlučovými kyselinami a steroly (KUZMOVÁ a KOZELOVÁ, 2013). Většina saponinů nalézajících se v zrninách a objemných krmivech patří mezi triterpeny. Jsou součástí mnoha rostlin např. vojtěška, slunečnice, lupina, hrách, sója či podzemnice. Ve vojtěšce se nacházejí ve vysoké koncentraci (zejména ve výhoncích), dále také v hrachu a sóji. V menší koncentraci je můžeme najít v jetelu plazivém, štírovníku růžkatém nebo i v bobovitých píceňkách (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010; STRAKOVÁ et al., 2008). Svou hořkostí a drážděním sliznice dutiny ústní a střev snižují příjem krmiv. Snižují také růst a vstřebávání cholesterolu, mastných kyselin a vitaminů rozpustných v tucích. Vysoce toxické jsou zejména pro ryby, které jsou paralyzovány a ztrácí schopnost plavat, tudíž hynou. Píceňky, které obsahují vyšší množství saponinů, mohou vyvolat podráždění střev, poleptání sliznic trávicího traktu a narušení nervového aparátu. U přežvýkavců jsou predispozicí pro vznik akutní tympanie (STRAKOVÁ et al., 2008).

Saponiny ovšem nemusí být pouze toxické. Mají schopnost reagovat se žlučovými kyselinami a steroly, především cholesterolem, kdy vytvářejí v trávenině nerozpustný komplex a zabraňují tak jejich vstřebávání (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).

Dále z hlediska omezení tvorby amoniaku je důležitá skutečnost, že byla potvrzená schopnost saponinů podávaných v krmivech snížit aktivitu enzymu ureázy a schopnost vázat amoniak do svých struktur. Proto mohou saponiny významně snížit produkci amoniaku jak v trávicích orgánech, tak v exkrementech, a tím výrazně snížit emise amoniaku (KUZMOVÁ a KOZELOVÁ, 2013).

6.1.4 Rostlinné estrogény

Rostlinné estrogény označované též jako fytoestrogény jsou látky, které nemají chemickou strukturu steroidů, ale i přesto mají estrogení charakter a jsou schopny aktivovat estrogení receptory. Jejich aktivita je ale ovšem daleko nižší než v případě přirozených ligandů, např. estradiolu. Chemicky se dělí na několik skupin: izoflavony, flavony, flavanony, chalkony, dihydrochalkony, kumariny širšího spektra, lignany a látky ostatních struktur (BALABÁNOVÁ et al., 2013; MODRÁ et al., 2014). V rostlinách jsou z důvodu ochrany před mikroorganismy a živočišnými škůdci. Byly určeny u více jak 300 druhů rostlin. Z hlediska výživy lze za nejvýznamnější pícniny obsahující vysoký obsah fytoestrogenů považovat zejména jeteloviny, ale byly prokázány i u srhy laločnaté, jílku vytrvalého, pampelišky lékařské, sójových bobů, kapusty, brambor, hořčice nebo obilovin. Zásadní je zdravotní stav rostlin, pokud je rostlina napadena škůdci nebo houbovými chorobami, tak se jejich koncentrace v rostlině několásobně zvyšuje (STRAKOVÁ et al., 2008; HEJDUK, 2007).

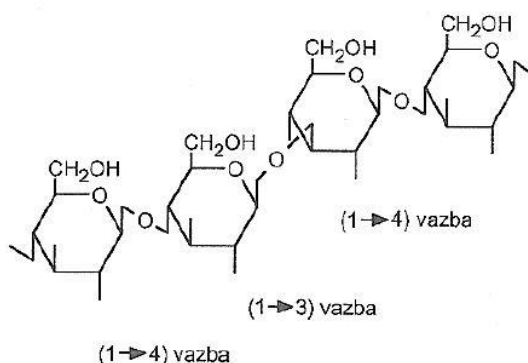
Izoflavony se vyskytují převážně v luštěninách, hlavně v sóji, dále v semenech máku, slunečnice a v pícninách, především v jeteli. Jsou odvozeny od flavoidů a glykonem je glukóza. Nejdůležitějšími izoflavony jsou daidzein, genistein, formonetin a kumestran. Kumestran vznikají reakcí rostlin na stres z izoflavonů, nejvýznamnější je kumestrol. Je typický pro luštěniny a pícniny (vojtěška, jetel) a jeho nejvyšší koncentraci nacházíme v klíčících semenech. Dle LOUČKY (2009), byl ve třech sečích vojtěšky zjištěn obsah kumestrolu v průměru 110 ± 47 mg/kg sušiny u odrůdy Morava a 99 ± 27 mg/kg sušiny u odrůdy Pálava. Lignany jsou složitější dimerní fenolické sloučeniny, které se ve formě glykosidů nacházejí především v semenech (sezamové, lněné) a také v luštěninách (MODRÁ et al., 2014).

Projevují sice menší aktivitu než estradiol, ale vzhledem k množství, v jakém se konzumují, jsou zřejmě příčinou neplodnosti u samců a potratů u samic. Působí také na snížení příjmu krmiva na pastvě. Zmíněné účinky na reprodukci se mohou projevit

inhibicí sekrece živočišných estrogenů. Tím je narušena ovulace, pohyb vajíček ve vejcovodu, vzniká nepravá říje a objevují se degenerativní změny pohlavních orgánů. Stupeň působení estrogenů na organismus se liší podle jednotlivých zvířat, typu látky, přijaté dávky a doby působení (KUZMOVÁ a KOZELOVÁ, 2013). Dostávají se nepravidelné intervaly mezi říjemi, dlouhodobá říje (nymphomanie), překrvení děložní sliznice a nadměrná sekrece hlenu. Mohou se objevovat znetvořené cystické folikuly na vaječnících, současně se zvyšujícími se kontrakcemi dělohy a vejcovodu (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Neplodnost většinou bývá dočasná, zpravidla odezní během měsíce po přerušení podávání estrogenních krmiv. Nicméně u bahnic vystavených působení estrogenů delší dobu může docházet k hlubší formě neplodnosti, která je trvalá a způsobená vývojovým vlivem působení estrogenů v období dospělosti. Důležité je, že jak dočasná, tak trvalá neplodnost u bahnic se vyskytuje bez pozorovatelných příznaků a mohou být detekovány pouze měřením koncentrace fytoestrogenů v krmivu nebo měřením jejich účinků na zvíře (ADAMS, 1995).

Problémem je, že silážováním lze estrogenní aktivitu zvýšit až o 10–100 %, především po přidavku cukerných nebo jiných zásad s cílem zvýšit tvorbu kyseliny mléčné. Ke zvýšení jejich aktivity může také docházet v bachoru, vlivem bachorové mikroflóry (hyperestrogenismus), kdy anaerobní mikroflóra přeměňuje rostlinné estrogény na aktivnější formy nebo mohou dokonce syntetizovat nové (STRAKOVÁ et al., 2007).

6.1.5 Antinutriční neškrobové polysacharidy



Obr. 14: Výseč ze struktury beta-(1→3) (1→4)-D-glukanu (KALÁČ a MÍKA, 1997)

Jsou to stavební polysacharidy, které při hodnocení krmiv jsou součástí komplexu vlákniny. NSP jsou buď jen omezeně stravitelné, nebo nestravitelné, část je rozpustná

ve vodě. Jinak se na obsah NSP koukáme z hlediska lidské výživy a výživy zvířat. Vlákna potravin příznivě působí na snižování obsahu cholesterolu, prevenci obezity, zácpy nebo omezení rizika rakoviny tlustého střeva. U zvířat nám však negativně ovlivňuje užítkovost. NSP řešíme především u prasat a drůbeže, kde snižují využitelnost živin. Prvotním problémem těchto látek je, že zvyšují viskozitu a objem střevního obsahu rozpuštěnými NSP, tím omezují pohyblivost substrátu a trávicích enzymů. Se žlučovými emulgujícími kyselinami mohou tvořit komplexy, kdy nedochází k jejich styku s tráveninou a snižují jejich aktivitu. Klesá využitelnost živin, především nasycených tuků a lipofilních vitaminů, z důvodu zalepení střevních klků, a tím omezení kontaktu s povrchem střevní mukózy. Nejzávažnější jsou β -glukany a arabinoxylany, z hlediska jejich antinutričních účinků. Jejich zastoupení v krmivech je proměnlivé a rozdíly ve složení vedou k odlišným fyzikálním vlastnostem. β -glukany se vyskytují především v ječmeni, ovsu a některých genotypech pšenice. Arabinoxylany jsou typické pro žito a triticales. Kukuřice má obsah NSP nízký (MRKVICOVÁ et al., 2007).

β -glukany jsou polysacharidy s dlouhým, větveným řetězcem nejčastěji jako β -(1,3/1,6)-D-glukany. Jedinou strukturální jednotkou je glukóza. Nalezneme je zejména v podslupkové části (endospermu) obilky (KOTRBÁČEK, 2014). Arabinoxylany, starším názvem pentozany, mají hlavní řetězec tvořen D-xylanopyranosovými jednotkami vázanými β -(1 \rightarrow 4) vazbami, přičemž koncovou jednotkou je α -L-arabinofuranosa. Mohou obsahovat i D-glukózu a někdy i další menší jednotky. Na arabinoxylany je esterovou vazbou na C-5 zbytku arabinosy připojené C-3 xylosy vázaná ferulová kyselina. Vyskytují se především v buněčných stěnách aleuronové vrstvy (BALABÁNOVÁ et al., 2013).

Naopak jedním z experimentů, který má podporovat využívání β -glukanů v krmivu je, že mohou způsobovat vzestup koncentrace imunoglobulinů v kolostru prasnic. Byla zaznamenána i vyšší fagocytární aktivita leukocytů selat těchto prasnic. V jiných experimentech při podávání β -glukanů do krmiv, po dobu čtyř týdnů po odstavení selat, bylo prokazatelné zvýšení hladiny sérových imunoglobulinů a vyšší tvorba lymfocytů u dotovaných selat. Autoři z těchto závěrů vyvozují, že mohou ovlivnit jak humorální, tak i buněčnou imunitu selat v rizikovém období jejich vývoje. Ovšem ne na všech pokusech byly tyto fyziologické efekty průkazné, záleží na dávkování preparátů, jejich čistotě a zdroji ze kterých byly extrahovány. Na druhou stranu některé práce poukazují na to, že přestože dojde k aktivaci imunitního systému, dojde

i k přechodnému poklesu přírůstků, v důsledku spotřeby energie krmiva na imunitní systém. Závěrem je tedy možné říci, že jsou potřebné další informace o jejich fyziologických účincích a jejich využívání závisí na průkaznosti výše zmíněných imunostimulačních efektů a jejich dopadů na ekonomiku chovu prasat. Ve prospěch však hovoří to, že tyto biologicky aktivní látky by mohly být určitou alternativou k používání antibiotických preparátů (KOTRBÁČEK, 2014).

6.2 Alkaloidy

Jedná se o sekundární rostlinné metabolity, které mají různou chemickou strukturu a různé účinky na živočichy. V dnešní době je známo více než 4000 alkaloidů. Ve své struktuře obsahují minimálně jeden atom dusíku, nejčastěji v heterocyklické formě, který způsobí, že mají zásaditý charakter. Zvířata se rostlinám, které jsou napadeny alkaloidy, vyhýbají, protože mají zpravidla hořkou chuť. Za nejvýznamnější z hlediska výživy lze považovat: námelové alkaloidy, glykoalkaloidy, chinolizidinové, guanidinové, pyrrolizidinové a purinové alkaloidy (STRAKOVÁ et al., 2007).

Námelové alkaloidy, které vytváří paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*) se vyskytují převážně na žitu, pšenici, ovsu, píceňkách i plevelných travách, nejčastěji v letech, kdy je vlhčí počasí v době květu. Jsou to deriváty kyseliny lysergové, které se dále dělí na skupinu ergotaminovou, ergotoxinovou a ergobasinovou. Velmi významné jsou zejména ergotaminy, které způsobují zúžení periferních cév a vlasečnic. Jsou zodpovědné za nekrózy čili odúmrť. U prasat a skotu dochází k odúmrť periferních částí těla, a to uší, ocasu a struků. Objevují se aborty, bolesti v oblasti dělohy a ztráta mléka. U drůbeže jde především o ztrátu hřebínku, špičky jazyka a poklesu snášky. Jsou zmínky o akutních otravách dojníc, pokud byly krmeny silážemi vyrobenými z píceňek silně infikovaných námelem. Alkaloidy nebyly zaznamenány v mléce (STRAKOVÁ et al., 2007).

Glykoalkaloidy lilkovitých rostlin nalezneme v hlízách brambor v podobě solaninů (40 %) a chaconinů (60 %). Celkově jsou označovány a známe je pod názvem solanin. Obsah solaninu ve vyzrálých hlízách je kolem 20–100 mg/kg. Horní hranice, co se týče ochrany zdraví je kolem 200 mg/kg. Daleko více solaninu nalezneme ve slupce, okolo oček, v klíčcích a v bobulích, kde je ho 10–20krát více než v hlízách (STRAKOVÁ et al., 2007). Slupka s očky obsahuje zhruba 500 mg solaninu na 1 kg čerstvé hmoty (Tab. 7) (HEROLDOVÁ, 2014). Ke zvyšování množství tohoto alkaloidu dochází při

vystavení hlíz světlu či při mechanickém poničení. Negativně působí na nervový systém, kdy inhibuje činnost cholinesterázy, poškozuje membrány, narušuje trávicí trakt, způsobuje hemolýzu, krvácení, poruchy kostry, snížení plodnosti a zvýšení úmrtnosti zárodku (již při jednorázové dávce na počátku březosti). Hromadí se v játrech a ledvinách (STRAKOVÁ et al., 2007).

Tab. 7: Obvyklé obsahy celkových glykoalkaloidů v bramborách (KALAIČ, 1999)

Pletivo	Obsah (mg/kg)
celá hlíza	75
dřeň	12–50
svrchní část hlízy (3-5 % z hmotnosti)	300–600
svrchní část hlízy (10-15 % z hmotnosti)	150–300
slupka s očky	300–500
klíčky	2000–4000

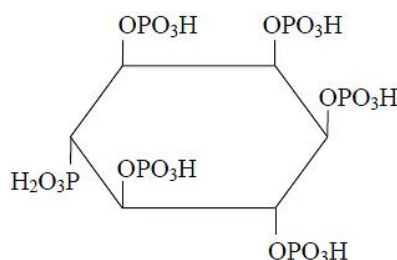
Chinolizidinové alkaloidy se ve zvýšeném množství vykytují v planě rostoucí lupině (vlčí bob). V této skupině jsou nevýznamnějšími alkaloidy vicin, convicin, lupanin a anagyrin. Projevy otravy jsou následovné: nervozita zvířat, špatná pohyblivost končetin, křeče a úhyn (nejčastěji u ovcí). U dojnic způsobuje anagyrin teratogenní účinky mezi 40–70. dnem březosti. Šlechtěním lupin došlo ke snížení obsahu těchto alkaloidů (STRAKOVÁ et al., 2007).

Guanidinové alkaloidy jsou deriváty guanidinu, a to především alkaloidy galegin, hydroxygalegin a peganin. Vyskytují se v druhu jestřabina lékařská (*Galega officinalis*). Galegin při předávkování negativně ovlivňuje činnost trávicího traktu, kdy dráždí sympatické nervstvo a dochází k poklesu hmotnosti. Dále dráždí endokrinní žlázy k vyšší činnosti, stoupá tedy doživost, ale za cenu snižování hmotnosti. Otravy se projevují jako křeče, dýchací obtíže až úhyn (STRAKOVÁ et al., 2007).

Pyrrolizidinové alkaloidy se nacházejí v druzích rodu starček (*Senecio spp.*). Vyvolávají dietetické poruchy, pokles hmotnosti a krvavé průjmy. Může nastat kóma a smrt. Typická je hepatická nekróza, cirhóza jater a častý výskyt rakoviny jater (STRAKOVÁ et al., 2007).

Mezi purinové alkaloidy patří kofein, theofylin a theobromin. Z výživářského hlediska je zajímavý theobromin, který je obsažen ve výliskách nebo slupkách kakaových bobů. Negativní účinky byly pozorovány především u králíků, kdy králíčata mají nižší porodní hmotnost a vývojové defekty. U samců byla zaznamenána vyšší mortalita za příznaků srdečního selhání, dále změny na varlatech a v ejakulátu (STRAKOVÁ et al., 2007).

6.3 Kyselina fytová



Obr. 15: Vzorec kyseliny fytové (MAROUNEK, 2014)

Kyselina fytová je esterem kyseliny fosforečné a cyklického alkoholu inositolu, tedy myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisdihydrogenfosfát. Tvoří hlavní zásobní formu fosforu rostlin, které ho využívají při klíčení semen, především obilovin, luštěnin a olejnin. Také rovněž představuje zásobu energie, neboť umožňuje vznik ATP z ADP a GTP z GDP. Kyselina fytová vytváří s jednotlivými prvky příslušné soli (fytáty), které mohou být jak rozpustné ve vodě (jednomocné Na, K), tak nerozpustné ve vodě (dvojmocné Ca, Mg a vícemocné P). Mezi nejznámější řadíme fytin, což je hořečnatovápennatá sůl. Tyto soli jsou štěpeny hydrolytickým enzymem fytázou, přičemž se uvolňují fragmenty inositolu a jednotlivé biogenní prvky. V obilných zrnech je na kyselinu fytovou navázáno 35–97 % P, v semenech jetelovin 40–90 % P, v bramborových hlízách 5–25 % P a v bulvách řepy 0–15 % P. Největší koncentrace kyseliny fytové je v obalu zrna a v klíčku, a to 10–20krát více než v endospermu (VELÍŠEK, 1999; STRAKOVÁ et al., 2007). Obsah kyseliny fytové v uvedených druzích luštěnin, olejnin, obilovin a v morfologických částech některých obilovin jsou uvedeny v Tab. 8, Tab. 9 a Tab. 10.

Tab. 8: Obsah kyseliny fytové v některých druzích luštěnin a olejnin
(OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)

Druh rostliny	Obsah kyseliny fytové (%)
hrách	1,20
fazole	0,55–0,75
čočka	0,51
sója	1,00–1,47
řepka	2,00–3,98

Tab. 9: Obsah kyseliny fytové v semenech obilovin
(OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)

Obilovina	Obsah kyseliny fytové (%)
pšenice	0,62–1-35
žito	0,97
ječmen	0,97–1,16
triticale	0,50–1,89
kukuřice	0,89–0,99
oves	0,79–1,01
rýže	0,34–0,89
čirok	0,57–0,96

Tab. 10: Obsah kyseliny fytové v morfologických částech semen některých obilovin
(OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)

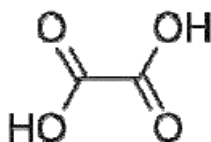
Obilovina	Morfologická část semena	Obsah kyseliny fytové (% v sušině)
pšenice	celé zrno	1,14
	endosperm	0,004
	klíček	3,91
	testa	0,00
	aleuronová vrstva	4,12
kukuřice	celé zrno	0,89–0,96
	endosperm	0,04
	klíček	5,72–6,39
	testa	0,07–0,25
rýže	celé zrno	0,89
	endosperm	0,01
	klíček	3,48
	aleuronová vrstva	3,37

Nepříznivý vliv byl pozorovaný u stravitelných bílkovin, aminokyselin, škrobu a jiných živin. V odpadních vodách představuje zátěž pro životní prostředí. Špatná stravitelnost je způsobena vytvářením nerozpustných biologicky neúčinných komplexů s fytáty a s řadou důležitých minerálních látek blokujiících trávicí enzymy, a tím negativně ovlivňujícími využitelnost živin a nutričně významných látek (KUZMOVÁ a KOZELOVÁ, 2013). Velký problém také tvoří nadměrné vylučování nestráveného fosforu, kdy je zatěžováno životní prostředí. Monogastři nemají enzymatický systém, který by prvky z fytátové vazby uvolnil, proto jsou fytátově vázané prvky velmi těžce využitelné. Přežvýkavci jsou schopni díky bachorové mikroflóře fytáty hydrolyzovat (STRAKOVÁ et al., 2008).

U prasat je uvedeno, že fosfor kyseliny fytové představoval 13,6–23,5 % celkového fosforu ve výkalech prasníc krmných koncentrátem, v němž tento podíl činil 39,3 %. Nejmenší využití je u drůbeže, protože hydrolýzu kyseliny fytové v trávicím traktu ovlivňuje celá řada faktorů, především obsah Ca v krmné směsi, kdy vápník

inhibuje hydrolyzu kyseliny fytové vytvořením nerozpustného fytátu vápenatého. Problémem je, že vysoká koncentrace Ca je u drůbeže velmi důležitá. Věk je zde důležitější než pohlaví a má větší význam u nosnic než u kuřecích brojlerů. Starší nosnice lépe hydrolyzují kyselinu fytovou, může to být dáno větší fytázovou aktivitou v trávicím traktu. Důležitý je rovněž genotyp. Kuřata s rychle rostoucím genotypem tráví kyselinu fytovou hůře. U dospělého skotu je využití kyseliny fytové bezproblémové, kdy díky bachorové mikroflóře je kyselina fytová rozložena a fosfátové ionty jsou vstřebány. I telata, která jsou v období mléčné výživy využívají fosfor kyseliny fytové velmi účinně i přesto, že nemají ještě dokonalé bachorové trávení. Jen malá část kyseliny fytové uniká rozkladu v jejich trávicím traktu (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).

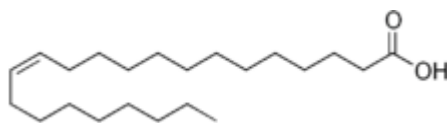
6.4 Kyselina šťavelová



Obr. 16: Vzorec kyseliny šťavelové (VELÍŠEK, 1999)

Z chemického hlediska se jedná o dikarboxylovou kyselinu (HOOC-COOH). Tvoří s jednotlivými prvky soli šťavelany, které mohou být jak v rozpustné (Na, K), tak i v nerozpustné formě (Ca, Mg). Kyselina šťavelová i její soli jsou velmi rozšířeny v rostlinách. Do skupiny s vyšším obsahem patří šťovíky, merlíky, lebedy a řepa (řepný chrást). Narušují především využití a metabolismus Ca. Vyšší dávky mohou u zvířat způsobovat i otravy. Nebezpečí hrozí u rostlin, které obsahují více jak 100 g kyseliny šťavelové na 1 kg sušiny. U přežvýkavců mohou být tyto látky částečně degradovány bachorovou mikroflórou (dojnice až 250 g kyseliny šťavelové denně). U monogastrů v trávicím traktu dochází k reakci kyseliny šťavelové s Ca_2^+ za vzniku nerozpustných šťavelanů, které jsou nevyužitelné. Při resorpci do krve reaguje kyselina šťavelová opět s Ca_2^+ a může dojít k hypokalcemii. Nerozpustný šťavelan vápník může krystalizovat v různých tkáních. Otravy většinou končí úhynem, kdy příčinou je již zmíněná hypokalcémie spojená s uremií v důsledku poškození jater. Vysoké dávky mohou inhibovat fermentaci celulózy (inhibicí celuláz). Zejména riziková jsou krmiva ze zaplavených oblastí (ZEMAN et al., 2006; STRAKOVÁ et al., 2007; STRAKOVÁ et al., 2008).

6.5 Eruková kyselina



Obr. 17: Vzorec kyseliny erukové

(<http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92535.aspx>)

Eruková kyselina je mastná nasycená kyselina (C 22:1), která je složkou řepkových a hořčičných olejů. Je přítomna ve starších odrůdách řepky v množství 25–45 %. Současné odrůdy jsou v podstatě bez kyseliny erukové. Extrahované šroty obsahují již zanedbatelné množství kyseliny erukové, jelikož většina přechází do oleje. Negativně působí na činnost srdečního svalu, žláz s vnitřní sekrecí, poškozuje cévy a zhoršuje plodnost. Dále je snížený příjem krmiv, využití energie, a tím i nižší růst zvířat (STRAKOVÁ et al., 2007). U kuřat snižuje ukládání tuku a jeho nižší využití z krmiv. Negativní vliv se projevuje již při koncentraci nad 0,6 % v krmivu. U slepic při zkrmování řepkového oleje dochází k poklesu snášky, snížení hmotnosti vajec, hmotnosti žloutku a snížení líhnivosti oproti slepicím krmeným hovězím lojem nebo kukuřičným olejem (MRKVICOVÁ et al., 2007).

6.6 Rostlinné fenoly

Do této skupiny řadíme třísloviny, lignin, alkylresorciny, fenolické lipidy a fenolická barviva. Zahrnují celou řadu fenolových sloučenin, které u krmiv způsobují hořkou chuť a rostlinám propůjčují barvu (flavoidy) (ZEMAN et al., 2006).

Třísloviny

Třísloviny, nazývané také jako taniny, jsou složité polyfenolické látky s vysokou molekulovou hmotností. Z chemického hlediska jsou tyto látky nejednotného složení. Na základě jejich struktury a odolnosti vůči kyselé hydrolyze se rozdělují na hydrolyzovatelné, kondenzované a smíšené taniny. Hydrolyzovatelné se podle uvedené struktury dělí na gallotaniny a ellagotaniny. Kondenzované jsou ve vodě méně rozpustné než taniny hydrolyzovatelné. Smíšené, které jsou méně běžné než uvedené dva typy, mají vlastnosti obou uvedených skupin. Jsou to tedy sloučeniny relativně rozpustné ve vodě, srážející bílkoviny, vytvářející komplexy s celulórou, škrobem, alkaloidy, některými minerálními látkami a mohou mít svíravou chuť (OPLETAL

a SKŘIVANOVÁ, 2010; KUZMOVÁ a KOZELOVÁ, 2013). Díky jejich schopnosti reagovat s bílkovinami, mohou způsobovat inhibici enzymů lipáz, trypsinu, α -amyláz a dalších. Dále reagují s bílkovinami střešní stěny, a tím negativně ovlivňují vstřebávání živin. Za normálních okolností jsou třísloviny nevstřebatelné, ovšem pokud se podává krmivo o vysoké koncentraci těchto látek, mohou se poškodit sliznice, a tím může docházet k jejich resorpci, což vede až k poškození ledvin a jater. V kulturních rostlinách se vyskytují zejména v rostlinných druzích, jako je čirok, štirovník, vičenec, jetel rolní a ladní, čičorka pestrá, bob obecný, hrachor luční a řepka. Nejcitlivější na třísloviny je drůbež. Přežvýkavci jsou poměrně odolní (STRAKOVÁ et al., 2007).

KALACĚ a MÍKA (1997), uvádějí obsah kondenzovaných tříslovin v lyofilizovaných vzorcích píce v % sušiny: čirok nízkotříslovinový – 0,14 %, čirok vysokotříslovinový – 1,18 %, ječmen – 0,11 %, triticales – 0,09 %, bavlníkové semeno – 1,60 %, řepkové semeno – 0,48 %, sójové boby – 0,10 %.

Do krmných směsí jako komponent s vysokým obsahem těchto látek se využívá čirok. Zkrmování čiroku brojlerovým kuřatům způsobuje růstovou depresi a snížení spotřeby krmiv. U slepic pak dochází ke snížení snášky. Rozdílem při zkrmování čiroku s vysokým obsahem tříslovin a s nízkým obsahem, bylo významné zvýšení výskytu abnormalit končetin. U vykrmované drůbeže zhoršují i chutnost a vůni masa, u vajec pak způsobují olivově zelené žloutky. Množství tříslovin v krmivu nad 0,5 % snižuje růst, využitelnou energii a stravitelnost bílkovin. Při obsahu 4 % se výrazně zvyšuje úhyn. Dalším faktorem může být poškození střešní mukózy, snížený příjem krmiva v důsledku snížení chutnosti krmiv, a také zhoršené trávicí procesy. U přežvýkavců tvoří velký problém kondenzované taniny v krmné dávce, které jsou velmi toxické pro bacherovou mikroflóru. Působením bacherové tannasy dochází k uvolnění gallové kyseliny, které se resorbuje a dochází k její metabolizaci na pyrogallol, který realizuje svoji toxicitu. V první řadě dochází k poškození jater, ledvin a krvavým gastroenteritidám (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). U přežvýkavců mohou mít i pozitivní vliv, kdy zvyšují využitelnost bílkovin. Obsah musí být 3–4 % sušiny. Taniny tvoří s bílkovinami stabilní komplexy při pH 3,5–7,0, které se však štěpí buď při pH nižším než 3,5 nebo vyšším než 8,5. pH v bacheru je 6,2–6,8, tudíž jsou tímto proteiny chráněny bacherové degradací a uvolňují se až ve slezu. To umožňuje vyšší absorpci aminokyselin v tenkém střevě a hydrolyzu proteinů (STRAKOVÁ et al., 2007).

Lignin a jeho štěpné produkty

Lignin je amorfni látka impregnující fibrily celulóзовých a hemicelulóзовých polysacharidů. Je nestravitelný, a pokud buněčné stěny obsahují více než 80 g ligninu/kg sušiny krmiva, je toto krmivo jako celek nestravitelné. Slouží jako mechanická bariéra pro trávicí enzymy (kromě enzymů některých bachorových bakterií a hub). V rostlinných materiálech se vyskytuje běžně a přispívá k jejich pevnosti a tuhosti. Zpravidla se jeho obsah se stárnutím zvyšuje. Negativní účinky spočívají v tom, že snižuje kvalitu píce, inhibuje mikrobiální degradaci polysacharidů a reaguje s proteiny. U některých trav a dvouděložných rostlin se mohou ve zvýšeném množství objevovat i volné fenolické kyseliny, což jsou štěpné produkty ligninu. Může to být např. kyselina sinapová, ferulová, kumarová nebo diferulová. Většina krmiv neobsahuje volné fenoly, ty vznikají buď při trávení ligninu nebo při silážování. Mohou vést k horšímu využití objemných krmiv přežvýkavci. Způsobují nepříjemnou vůni, např. řepkových šrotů a mají hořkou chuť. Nejčastější výskyt esterů kyseliny sinapové a příbuzných fenolických látek nalezneme v semenech brukvovitých rostlin a označujeme je jako sinapiny. Kyselina ferulová je u pícninářsky významných trav vázána ve značné míře na hemicelulózu. Fenolické kyseliny způsobují snižování nutriční hodnoty bílkovinného podílu, kdy se váží na aminokyseliny a vytvářejí komplexy, které monogastriická zvířata při trávení nevyužijí. U nosnic snášejších hnědá vejce mohou způsobit rybí pach (ZEMAN et al., 2006; STRAKOVÁ et al., 2007).

6.7 Inhibitory enzymů

Z výživářského hlediska za nejvýznamnější lze pokládat inhibitory proteáz. Dělí se do dvou skupin, a to vysokomolekulární látky, které jsou termolabilní a působí především jako inhibitory trypsinu nebo nízkomolekulární, které mají vyšší zastoupení disulfidových vazeb, jsou termostabilní a působí jako inhibitory trypsinu a chymotrypsinu (ZEMAN et al., 2006). Jsou to látky bílkovinné nebo polypeptidové povahy, které tvoří s proteolytickými enzymy stabilní komplexy a jsou již bez enzymatické aktivity (MALINA, 2013). Touto cestou narušují trávení bílkovin v trávicím traktu. Pokud jsou v krmné dávce podávány ve vyšší koncentraci, mohou způsobit zpomalení až zastavení růstu, omezení štěpení a stravitelnosti bílkovin, hypertrofii a hyperplazii slinivky (SIKORA et al., 2005). Zejména nás zajímá inhibitor trypsinu v sójových bobech, jelikož významně redukuje stravitelnost a využití aminokyselin, zejména sirných (methionin,

cystein). V rostlinách jsou obsaženy jako obranné mechanismy proti chorobám a škůdcům (SUCHÝ et al., 1998).

Vyskytují se především v sójových bobech, fazoli, bobu, vojtěšce a hrachu (Tab. 11) (STRAKOVÁ et al., 2007). Obsah inhibitorů proteáz lze ovlivnit jak odrudou rostliny, tak podmínkami pěstování. Při pokusu u tří vzorků luskovin (bob obecný, bob odrůda Amazon, hrách setý) bylo zjištěno, že nejvyšší inhibiční účinek trypsinu byl u bobu obecného. U bobu odrůdy Amazon byl inhibiční účinek 65,8 % a u hrachu 53,5 % oproti bobu obecnému (JAMBOR a VOSYNKOVÁ, 2006).

Tab. 11: Inhibitor trypsinu v krmivech (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)

Krmivo	Koncentrace
kukuřice	+
žito	++
triticale	++
ječmen	+
čirok	+
sója	+++
bob	+
fazol	++
řepka	-
slunečnice	+
bavlník	+

Inhibitory amyláz a lipáz byly prokázány v rýži, pšenici a sójových bobech. Jedná se především o inhibitory pankreatické amylázy. Jelikož ale aktivita amyláz a lipáz v trávicím traktu zvířat je daleko vyšší, než je potřebné k trávení, vliv inhibitorů se neprojevuje (STRAKOVÁ et al., 2007).

6.8 Inhibitory vitaminů

Neboli také antivitaminy, jsou velmi specifickou skupinou chemicky nejrůznějších rostlinných látek. Mohou to být enzymy, glykosidy, aminokyseliny, které blokují syntézu vitaminů. Tvoří s nimi neaktivní komplexy nebo je také rozkládají.

Antivitamin A je enzym lyxoxygenáza, který urychluje rozklad a oxidaci karotenů. Byl prokázán v surových bobech. Antivitamin E byl zjištěn v hrachu setém a vojtěšce. Někteří autoři popisují, že při zkrmování vojtěškové moučky byl pozorován u kuřat vývoj encefalomalacie, jako jeden z projevů avitaminózy E. Antivitamin D se nachází v surových sójových bobech. Při zkrmování byl pozorován výskyt rachitid, zejména u kuřat. Antivitamin K se vyskytuje v celé řadě rostlin jako glykosid, který se enzymaticky štěpí na glukózu a kyselinu kumarovou. Z kyseliny kumarové pak vzniká kumarin, z něj pak dikumarol, který je svojí strukturou velmi podobný vitaminu K a brzdí syntézu protrombinu v játrech. Z jetelovin ho obsahují komonice bílá nebo lékařská. Citlivá jsou především březí zvířata a dojnice v laktaci. Antivitamin B₁ nebo také antithiaminový faktor byl prokázán u volně rostoucích rostlin, převážně kapradin a přesliček. Obsahuje aktivní enzym thiaminázu. Vyvolává silné hypovitaminózy u monogastrů a ve větší míře může způsobit i otravy přežvýkavců. Antivitamin B₅, kyselina nikotinová je v bobovém šrotu jako alfa-galaktosid, který snižuje aktivitu střevní mikroflóry u brojlerů, což způsobuje nižší vstřebávání využitelného niacinu. Antivitamin B₆, antipyridoxinový faktor, zde se jedná o toxické aminokyseliny, které s vitaminem B₆ vytvářejí neúčinné komplexy. Byly prokázány v semenech lnu setého (velmi jedovatý pro kuřata) a semenech vikve. Antivitamin B₁₂, antikobalamin, je alkaloid, který byl prokázán u přesličky rolní a ovlivňuje metabolismus vitaminu B₁₂. Jedná se toxickou aminokyselinu s inhibičním účinkem (STRAKOVÁ et al., 2007; SUCHÝ et al., 1998).

7 MOŽNOSTI OMEZENÍ PŘÍTOMNOSTI ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK

Přítomnost mykotoxinů v krmivech lze omezit správným návrhem pestrého osevního postupu se zařazováním řepy, zeleniny, jetelovin a brambor, volbou odrůdy pěstovaných rostlin, hustotou výsevu, potlačováním plevelů (řada z nich je hostiteli rodu *Fusarium*), používáním fungicidů ve správnou dobu, zabráněním polehávání porostů, sklizní při vhodných povětrnostních podmínkách (především musí být vhodná vlhkost sklizně, kdy polehlé, mokré nebo podezřelé partie je vhodné vyřadit), zapracováním posklizňových zbytků, správným skladováním (větrání, stabilní teplota, minimalizace výskytu hub a hmyzu ve skladu), vhodným postupem výroby siláží a siláží ze zavadlé píce (hutnění, použití schválených konzervantů), vyváženou výživou (jak zvířat, tak rostlin) a odebíráním krmných surovin od prověřených dodavatelů (HORKÝ a SKLÁDANKA, 2015).

Prevence intoxikace NO_3 a NO_2 spočívá v opatrnosti při zkrmování pícnin hromadících NO_3 , kdy musíme zohlednit roční a povětrnostní podmínky a denní dobu. Důležité je správným způsobem aplikovat dusíkatá hnojiva, zabránit přehnojování a dodržovat ochrannou lhůtu pro krmení min. 3 týdny, pokud byla podána dávka hnojiv 80–100 kg N/ha. Různě mechanicky poškozená, nahnílá, namrzlá, zapařená či jinak podezřelá krmiva, kde probíhá redukce $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$, lze zkrmovat pouze v čerstvém stavu nebo v nejlepším případě nezkrmovat vůbec. Nebezpečné jsou pícniny, které obsahují příměsi plevelů hromadících NO_3 , což může být merlík, lebeda nebo máta. Je potřeba pravidelně kontrolovat krmiva na obsah dusičnanů, pokud je zjištěn vysoký obsah, mísí se s krmivy nezávadnými. Dalším bodem prevence je zajistit v krmné dávce dostatek pohotové energie, Ca, P, mikroelementů a vitamínu A. Kontroluje se i napájecí voda, kdy maximální přípustná koncentrace dusičnanů je 50 mg na 1 litr vody (DOLEŽAL et al., 2012; VESELÝ et al., 1988).

Obsah glukosinolátů je snižován šlechtěním speciálních odrůd na nižší obsah těchto látek. Snižujeme je zejména u řepky, kdy vyšlechtím speciálních „00“ odrůd je nižší obsah i kyseliny erukové. U kyanogenních glykosidů jednou z možností, jak lze snížit riziko otravy, je tepelnou inaktivací enzymu (BARANYK et al., 2007; STRAKOVÁ et al., 2007). Estrogenní aktivitu fytoestrogenů u pícnin lze o 60–90 % snížit sušením (STRAKOVÁ et al., 2007). U saponinů bylo prokázáno, že u řady plodin je jejich obsah genetickou záležitostí a existují již možnosti šlechtění vojtěšky na nižší obsah hemolytických saponinů. Lze je také snížit technologicky, a to silážováním zavadlé vojtěšky. V modelových pokusech byla také hemolytická a fungistatická aktivita surového extraktu saponinů z píce vojtěšky snížena přidáním amylolytických enzymů (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010). Třísloviny je nejučinnější snížit cestou šlechtění, a to zejména u bobu obecného, hrachu a čiroku. Kondenzované třísloviny se u linií bobu a hrachu identifikují snadno, protože mají pouze bílé květy. U bobu obecného jsou považovány za nejzávažnější z přítomných antinutričních látek. Problémem pěstování beztříslovinových odrůd může být vyšší náchylnost k chorobám a s tím spjaté nižší výnosy (MRKVICOVÁ et al., 2007).

Inhibitory proteáz je možné snížit tepelnou úpravou, protože jsou termolabilní. Rozsah snížení aktivity závisí na teplotě a délce tepelné úpravy. Tepelnou úpravou se inhibitory odstraňují především u hrachu a sóji. Dalším způsobem je doplněk

aminokyselin. Tento efekt snížení negativních účinků se projevil ale pouze u kuřat, u prasat byl tento efekt nižší (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).

Při vysokém množství neškrobových polysacharidů v krmné dávce lze podat přídavek doplňků enzymů, a to β -glukanázy a xylanázy, které je štěpí na jednodušší látky, snižují viskozitu střevního obsahu a zlepšují trávení živin. Dalším příkladem, kdy lze využít enzymy, je přídavek fytázy. Tento enzym je prospěšný pouze pro monogastriká zvířata, která tento enzym nemají, a proto nejsou schopny uvolnit fosfor ze špatně rozpustných solí kyseliny fytové. Přežvýkavci díky bachorovým mikroorganismům tento enzym produkují (SCHNEIDEROVÁ, 1997).

8 ZÁVĚR

Antinutriční látky jsou velice široce zastoupenou skupinou látek, které jsou obsaženy v běžně zkrmovaných krmivech. Mohou být jak přirozenou součástí krmiv, tak nepřirozenou, kdy dochází ke kontaminaci. Vznikají také při nevhodném technologickém postupu. Tyto látky působí negativně na organismus zvířat, mohou snižovat obranyschopnost, způsobovat různá onemocnění, vázat komplexy s vitaminy, minerálními látkami, snižovat využitelnost živin a v extrémních případech způsobit i smrt. Nacházejí se především v rostlinách, kde slouží jako ochranná bariéra před škůdci. Mohou být však produkovány i různými mikroorganismy a plísněmi. Důležité jsou znalosti o těchto látkách. Dnes v zemědělské praxi je již známo mnoho metod, jak snížit obsah těchto látek, jakým způsobem předcházet jejich vzniku a jak zkrmovat, aby se neprojevovaly negativní účinky. Příkladem snižování nežádoucích látek může být: šlechtění rostlin na nižší obsah antinutričních látek, výběr vhodné odrůdy, správné pěstování, doba sklizně s optimálními podmínkami, skladování, vhodný technologický postup, ale i různé tepelné, chemické úpravy či aplikace enzymů. Možností je hodně, důležité je uvědomovat si, že i přes různé snižování množství těchto látek, stále mohou být v menší míře obsaženy. Proto je potřeba dbát i na to, aby krmiva byla podávána v množství a za podmínek, kdy negativní projevy budou, co nejnižší. Vysoké dávky zkrmování antinutričních látek mohou mít obrovský dopad, jak na chov zvířat, tak i na zdraví a bezpečnost lidí, jelikož některé mohou přecházet do živočišných produktů. Jejich přítomnost nelze ignorovat a je nezbytné ve výživě zvířat s nimi počítat. Problematika těchto látek a snaha jejich eliminace je neustále předmětem výzkumu.

9 SEZNAM LITERATURY

ADAMS, N. R., 1995: Detection of the effects of phytoestrogens on sheep and cattle. *Journal of animal science.*, **73** (5), 1509-1515. ISSN 0021-8812.

ADÁMKOVÁ, Š., PETŘIVALSKÝ, M.: Vztah metabolismu a signálních funkcí oxidu dusnatého a polyaminů v rostlinách. *Chemické listy.*, 2015, **106** (3), 166-173.

ALDRICH, G., 2013: L-lyzin monohydrochlorid – klíčová aminokyselina. *Krmivářství.*, **XVII** (6): 9. ISSN 1212-9992.

ALVAREZ, M. A., MORENO-ARRIBAS, M. V., 2014: The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of potential biogenic amine-degrading microorganisms as a solution. *Trends in Food Science and Technology.*, **39** (2), 146-155. ISSN 0924-2244.

ANONYM. *Databáze chemických látek*. In: eurochem.cz [online]. 2013 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.eurochem.cz/poilavolt/org/abecedne/index.htm>.

ASSI, M. A., HEZMEE, M. N. M., HARON, A. W., SABRI, M. Y. M., RAJION, M. A., 2016: The detrimental effects of lead on human and animal health. *Veterinary World.*, **9** (6), 660-671. ISSN 0972-8988.

BALABÁNOVÁ, M., HORKÝ, P., HOŠKOVÁ Š.: *Přirozené škodlivé látky v krmivech: odborný kurz*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-886-8.

BARANYK, P., FÁBRY, A. et al.: *Řepka: pěstování, využití, ekonomika*. Praha: Profi Press, 2007. 208 s, ISBN: 978-80-86726-26-7.

BENKERROUM, N., 2016: Mycotoxins in dairy products: A review. *International Dairy Journal.*, **62** (1), 63-75. ISSN 0958-6946.

BHAT, R., RAI, R. V., KARIM, A. A., 2010: Mycotoxins in Food and Feed: Present Status and Future Concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*, **9** (1), 57-81. ISSN 1541-4337.

DOLEŽAL, P. et al.: *Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat*. Olomouc: Baštan, 2012. 307 s. ISBN: 978-80-87091-33-3.

- DOLEŽAL, Z., ZEMAN, L., 2003: Konzervace krmiv z hlediska zdravotní nezávadnosti, s. 28-38. *Mezinárodní konference „Výživa hospodářských zvířat 2003“*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 169 s. ISBN: 80-7157-663-8.
- HEJDUK, S., 2007: Kvalita píce při extenzivním využívání pastvin. *Náš chov.*, **LXVII** (3): 102-106. ISSN 0027-8068.
- HEROLDOVÁ, M., 2014: Toxické látky v plodinách a instinktivní chování živočichů. *Úroda.*, **LXII** (4): 53. ISSN 0139-6013.
- HOMOLKA, P., 2011: Nutriční hodnota řepky a její použití ve výživě skotu. *Náš chov.*, **LXXI** (10): 41. ISSN 0027-8068.
- HORKÝ, P., SKLÁDANKA, J.: *Mykotoxiny ve výživě zvířat*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. 61 s, ISBN: 978-80-7509-357-8.
- ILLEK, J., 2008: Zdravotní rizika zkrmování nekvalitních siláží. *Náš chov.*, **LXVIII** (4): 84-86. ISSN 0027-8068.
- JAMBOR, V., VOSYNKOVÁ, B., 2006: Staronové zdroje bílkovin ve výživě dojníc. *Krmivářství.*, **X** (5): 26-28. ISSN 1212-9992.
- KALÁČ, P., *Chemie potravin pro obchodně podnikatelský obor*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7040-343-8.
- KALÁČ, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 317 s, ISBN: 80-85120-96-8.
- KOTRBÁČEK, V., 2014: Beta-glukany ve výživě lidí a zvířat. *Krmivářství.*, **XVIII** (2): 34-35. ISSN 1212-9992.
- KOUKOLOVÁ, M., 2014: Toxické látky v krmivovém řetězci. *Krmivářství.*, **XVII** (5): 14-16. ISSN 1212-9992.
- KŘÍŽEK, M., KALÁČ, P., PETERKA, J., 1993: Biogenic amines in silage. *Archive of Animal Nutrition.* **45** (2), 131-137. ISSN 1745-039X.
- KUZMOVÁ, K., KOZELOVÁ, D., 2013: Antinutriční látky v strukovinách. *Krmivářství.*, **XVII** (6): 21-23. ISSN 1212-9992.

Kyselina eruková. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2010 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92535.aspx>.

LINGAAS, F., TVEIT, B., 1992: Etiology of acetonemia in Norwegian cattle. *Journal of Dairy Science.*, **75** (9), 2433-2439. ISSN 0023-5830.

LOUČKA, R., 2009: Možnosti snižování obsahu kumestrolu ve vojtěšce. *Krmivářství.*, **XIII** (3): 18-19. ISSN 1212-9992.

LOUČKA, R., 2014: Ztráty silážováním. *Krmivářství.*, **XVIII** (2): 25-28. ISSN 1212-9992.

MALINA, J., 2013: Cesta sóji na vrchol. *Krmivářství.*, **XVII** (3): 36-43. ISSN 1212-9992.

MAROUNEK, M., Význam kyseliny fytové ve výživě zvířat a lidí a důsledky její přítomnosti v krmivech a potravinách [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: www.vuzv.cz/sites/File/vybor/studie%20marounek%202004.pdf

MODRÁ, H., SVOBODOVÁ, Z., ŠIROKÁ, Z., DOBŠÍKOVÁ, R., MIKULA, P.: *Speciální veterinární toxikologie: pro posluchače Fakulty veterinární hygieny a ekologie a posluchače Fakulty veterinárního lékařství*. Brno: Tribun EU, 2009. 165 s, ISBN: 978-80-7399-882-0.

MODRÁ, H., SVOBODOVÁ, Z., ŠIROKÁ, Z., BLAHOVÁ, J.: *Toxikologie potravin: vybrané kapitoly*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. 85 s, ISBN: 978-80-7305-750-3.

MRKVICOVÁ, E., KRATOCHVÍLOVÁ, P., VYSKOČIL, I., MAREŠ, P., VEČEREK, M., KŘÍŽOVÁ, Š., VAŠÁTKOVÁ, A. *Katalog krmiv* In: web2.mendelu.cz [online]. 2007 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/krmiva/page.php.

NEDĚLNÍK, J., MORAVCOVÁ, H., HONZLOVÁ, A., 2006: Mykotoxiny v krmivech. *Krmivářství.*, **X** (3): 18-23. ISSN 1212-9992.

OPLETAL, L., SKŘIVANOVÁ, V.: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita: Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2010. 653 s. ISBN: 978-80.246-1801-2.

PAVELKOVÁ, D., 2014: Průzkum výskytu mykotoxinů 2013. *Krmivářství*, **XVIII** (3): 18-21. ISSN 1212-9992.

PAYROS, D., ALASSANE-KPEMBI, I., PIERRON, A., LOISEAU, N., PINTON, P., OSWALD, I. P., 2016: Toxicology of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms. *Archives of Toxicology*, **90** (12), 2931-2957. ISSN 0340-5761.

SCHNEIDEROVÁ, P.: *Využití enzymů ve výživě hospodářských zvířat*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 39 s, ISBN: 80-86153-25-8.

SIKORA, M., VAVREČKA, J., KRATOCVHÍLOVÁ, P., ZEMAN, L., 2005: Vliv zkrmování hrachu na růstovou intenzitu vykrmovaných prasat. *Krmivářství*, **IX** (6): 40-42. ISSN 1212-9992.

SKLÁDANKA, J., DOLEŽAL, P., MIKEL, O., NEDĚLNÍK, J., 2011: Antinutriční látky v pastevních porostech. *Náš chov*, **LXXI** (3): 62-64. ISSN 0027-8068.

STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., HERZIG, I., SUCHÝ, P., TVRZNIČEK, P.: *Výživa a dietetika. I. díl, Obecná výživa*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2008. 92 s, ISBN: 978-80-7305-031-3.

STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., ZEMAN, L., 2006: Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů. *Krmivářství*, **X** (5): 22-25. ISSN 1212-9992.

STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., ZEMAN, L., 2007: Antinutriční látky přirozeně se vyskytují v krmivech. *Krmivářství*, **XI** (1): 18-21.

SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., 1998: Antinutriční látky V. *Krmivářství*, **II** (2): 27. ISSN 1211-5681.

SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E., ZEMAN, L., 2006: Antinutriční látky kontaminující krmiva. *Krmivářství*, **X** (3): 16-18. ISSN 1212-9992.

SVOBODOVÁ, Z. et al.: *Veterinární toxikologie v klinické praxi*. Praha: Profi Press, 2008. 256 s, ISBN: 978-80-86726-27-4.

VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. 368 s, ISBN: 80-902391-4-5.

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J.: *Chemie potravin*. Rozšířené a přepracované 3. vydání. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN: 978-80-86659-17-6.

VESELÝ, Z. et al.: *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 2., upr. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988. Živočišná výroba. + ISBN

WILKINSON, J. M.: *Silage*. Lincoln: Chalcombe Publications, 2005. 254 s, ISBN: 0-948617-50-0.

ZAPLETAL, O., RUPRICH, J., DVOŘÁKOVÁ, D., NEPEJCHALOVÁ, L., VRÁNOVÁ, E.: *Speciální veterinární toxikologie: pro posluchače Fakulty veterinární hygieny a ekologie a posluchače Fakulty veterinárního lékařství*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. 148 s, ISBN: 80-7305-403-5.

ZEMAN, L., DOLEŽAL, P., KOPŘIVA, A., MRKVICOVÁ, E., PROCHÁZKOVÁ, J., RYANT, P., SKLÁDANKA, J., STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., VESELÝ, P., ZELENKA, J.: *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 1. Praha: Profi Press, 2006. 360 s, ISBN: 80-86726-17-7.

ZUKALOVÁ, H., VÝMOLA, J. Glukosinoláty a krmivářství. In: *Agris.cz* [online]. 2000 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/126429/glukosinolaty-a-krmivarstvi>.

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vznik biogenních aminů dekarboxylací (ZEMAN et al., 2006).....	12
Tabulka 2: Toxické koncentrace některých mykotoxinů v krmivech (ZEMAN et al., 2006)	16
Tabulka 3: Citlivost vybraných zvířat na mykotoxiny (ZEMAN et al., 2006)	16
Tabulka 4: Letální dávky olova – udáváno pro octan olovnatý (ZAPLETAL et al., 2001)	23
Tabulka 5: Methemoglobinová forma – podíl methemoglobinu z celkového hemoglobinu (ZAPLETAL et al., 2001).....	27
Tabulka 6: Doporučené maximální denní dávky řepkových produktů (HOMOLKA, 2011)	30
Tabulka 7: Obvyklé obsahy celkových glykoalkaloidů v bramborách (KALAČ, 1999)	37
Tabulka 8: Obsah kyseliny fytové v některých druzích luštěnin a olejnin (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).....	39
Tabulka 9: Obsah kyseliny fytové v semenech obilovin (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)	39
Tabulka 10: Obsah kyseliny fytové v morfologických částech semen některých obilovin (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010)	40
Tabulka 11: Inhibitor trypsinu v krmivech (OPLETAL a SKŘIVANOVÁ, 2010).....	45

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vznik nitrosaminů (ZEMAN et al., 2006).....	10
Obrázek 2: Vznik antinutričních látek při mikrobiálním rozkladu (ZEMAN et al., 2006)	12
Obrázek 3: Chemický vzorec histaminu (VELÍŠEK, 1999).....	13
Obrázek 4: Dekarboxylace a další reakce argininu (VELÍŠEK, 1999).....	14
Obrázek 5: Chemický vzorec kadaverinu (VELÍŠEK, 1999).....	14
Obrázek 6: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009).....	17
Obrázek 7: Strukturální vzorec – aflatoxin B1 (VELÍŠEK, 1999)	18
Obrázek 8: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009).....	19
Obrázek 9: Strukturální vzorec Ochratoxinu A (ANONYM, 2009).....	20
Obrázek 10: Strukturální vzorec (ANONYM, 2009).....	21
Obrázek 11: Obecná struktura glukosinolátů (VELÍŠEK, 1999).....	28
Obrázek 12: Obecné schéma enzymové rozkladu glukosinolátů (VELÍŠEK, 1999)....	29
Obrázek 13: Obecná struktura kyanogenních glykosidů (VELÍŠEK, 1999)	30
Obrázek 14: Výseč ze struktury beta-(1→3) (1→4)-D-glukanu (KALACĀ a MÍKA, 1997)	34
Obrázek 15: Vzorec kyseliny fytové (MAROUNEK, 2014)	38
Obrázek 16: Vzorec kyseliny šťavelové (VELÍŠEK, 1999).....	41
Obrázek 17: Vzorec kyseliny erukové (http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92535.aspx)	42

12 SEZNAM ZKRATEK

ADP – Adenosindifosfát

ATP – Adenosintrifosfát

CNS – Centrální nervová soustava

DON – Deoxynivalenol

EKG – Elektrokardiogram

GDP – Guanosindifosfát

GIT – Gastrointestinální trakt

GTP – Guanosintrifosfát

NSP – Neškrobové polysacharidy

OTA – Ochratoxin A

T3 – Trijodthyronin

T4 – Thyroxin

UV – Ultrafialové záření

ZEN – Zearalenon