Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky

Porovnání výživových hodnot cvrčka domácího jako potencionálního zdroje krmného proteinu s vybranými bílkovinnými komponenty tuzemských krmných směsí

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Barbara Pondělíčková

Obor studia: Výživa zvířat a dietetika

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Porovnání výživových hodnot cvrčka domácího jako potencionálního zdroje krmného protein s vybranými bílkovinnými komponenty tuzemských krmných směsí. " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 04. 2019 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu práce Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D., za jeho ochotu, odborné připomínky a především trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat za konzultace Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. Velké díky patří celé mé rodině, která mne při studiu celou dobu podporovala a v neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému snoubenci za jeho neuvěřitelnou trpělivost při psaní mé diplomové práce.

Porovnání výživových hodnot cvrčka domácího jako potencionálního zdroje krmného proteinu s vybranými bílkovinnými komponenty tuzemských krmných směsí

Souhrn

Náplní této diplomové práce bylo zjištění nutričních hodnot cvrčka domácího jako potencionálního zdroje krmného proteinu, a to především pro prasata a drůbež. Dále na základě výsledků porovnat výživové hodnoty tohoto hmyzu s vybranými krmnými komponenty tuzemských krmných směsí.

Teoretická část práce byla zpracována ve formě literární rešerše. Ta zahrnuje v jednotlivých kapitolách definici a funkci dusíkatých látek, parametry bílkovin a potřeby aminokyselin pro vybraná hospodářská zvířata. Literární přehled také podává informace o hmyzu, jakožto krmné komoditě. Dále uvádí výživové vlastnosti cvrčka domácího. V souvislosti s tématem hmyzu, jakožto zdroje bílkovin v krmivech, se také v literární rešerši zabývají kapitoly hrozícím nebezpečím, které může nastat při zkrmování hmyzu a ekonomickým pohledem na chov tohoto hmyzu. V poslední části teoretické rešerše je uvedena biologie a chov cvrčka domácího a lehce nastíněna entomofagie, jakožto další možnost využití hmyzu ve výživě.

Praktická část se zabývala rozborem cvrčka domácího a zjištěním jeho nutričních hodnot přes chemické analýzy. Hmyz byl zakoupen z třech různých chovů v České republice v odlišné roční období. Pro analýzu byli jedinci usmrceni mrazem a následně rozděleni na samce a samice. U cvrčka domácího se stanovovala sušina, dusíkaté látky, aminokyseliny, tuky a chitin.

Dosažené výsledky byli porovnávány s vybranými proteinovými složkami krmných směsí, které byli nalezeny v katalogu krmiv. Naměřené výsledky byly statisticky vyhodnoceny a graficky znázorněny. Z výsledků vyplývá, že obě pohlaví cvrčka domácího mají vysokou nutriční hodnotu, zejména jsou bohaté na zdroj proteinu a lipidů. Dosažené výsledky prokazují nutriční rozdílnost mezi pohlavím. Samice cvrčka domácího obsahuje znatelně více tuku než samci (21,6 %, v porovnání se 14 %). V porovnání s vybranými bílkovinnými krmivy můžeme konstatovat, že cvrček svým složením může konkurovat komponentům s vysokým obsahem proteinu, jako jsou například rybí moučka či sójový extrahovaný šrot.

Výsledky testování tak mohou přispět k lepšímu hodnocení hmyzu, jakožto potencionálního zdroje krmného proteinu.

Klíčová slova: hmyz, nutriční hodnota, cvrček domácí, *Acheta domestica,* krmivo

Comparison of nutritional values of house cricket as a potential source of feed protein with selected traditional protein components used in feed mixtures

Summary

Objective of this thesis was to find out the nutrition values of home cricket as a potential source of feed protein, primarily for pigs and poultry. Furthermore, based on the results to compare the nutrition values of this insect with selected protein components of domestic feed mixtures.

Theoretical part of this thesis has been processed in a form of literal research. In individual chapters, it contains definition and function of nitrogenous substances, protein parameters and selected farming animals need of amino acids. Literal research also provides information about the insects as a feed commodity. Besides that, it provides the nutrition characteristics of home cricket. In connection with topic of insects as a source of protein in the feeds, literal research also contains chapters about problems that can happen during feeding of the insect and economical perspective of breeding this insect. In the last chapter of this theoretical research, there is described the biology and breeding of home cricket and slightly touched the Entomophagy as another option of usage of insects in the feeding.

Practical part deals with analysis of home cricket and finding out its nutrition values using chemical analysis. Analyzed insect was purchased in three different breeding stations in the Czech Republic in different year periods. Individuals were killed by frost and after that split into male and female for the purpose of this analysis. Dry matter, crude protein, amino acids, crude fats and chitin were determined for the home cricket.

Achieved results were compared with selected protein components of feed mixtures, that were found in the feed catalogue. Measured results were statistically evaluated and graphically represented. It follows that both sexes of home cricket have high nutrition values, they are mainly rich source of proteins and lipids. Reached results prove nutrition differences between sexes. Female of home cricket contains noticeably higher amount of fats than male (21.6% in comparison with 14%). In comparison with selected protein components, we may state that cricket based on its composition can compete with other high protein components as for example fish meal or soya extracted powder. Results of this analysis can contribute to better evaluation of insects as a potential source of feed protein.

Keywords: insect, nutrition value, home cricket, *Acheta domestica*, feed

Obsah

1 Úvod 10

2 Cíl práce 11

3 Literární rešerše 12

3.1 Definice a funkce bílkoviny 12

3.1.1 Rozdělení aminokyselin 13

3.1.2 Kvalita bílkovin (rostlinná/živočišná) 13

3.1.3 Nutriční hodnoty a kvalita bílkovin u krmného hmyzu 14

3.2 Parametry bílkovin pro monogastry 14

3.2.1 Potřeby aminokyselin a dusíkatých látek pro drůbež 14

3.2.2 Dusíkaté komponenty v krmných dávkách pro drůbež 17

3.2.3 Potřeby aminokyselin a dusíkatých látek pro prasata 20

3.2.4 Dusíkaté komponenty v krmných dávkách pro prasata 21

3.3 Krmný hmyz ve světě 24

3.3.1 Situace v Evropské unii 24

3.3.2 Hmyz ve výživě zvířat 25

3.3.3 Potencionální nebezpečí při zkrmovaní hmyzem 26

3.3.4 Výživové hodnoty hmyzu v porovnání s běžnými krmnými komponenty 26

3.3.5 Hmyz z ekonomického hlediska 27

3.4 Cvrček domácí (Acheta domesticus) 28

3.4.1 Biologie 28

3.4.2 Chov 28

3.4.3 Potrava 28

3.5 Entomofágie – další krok k zachování planety 29

4 Materiál a metody 30

4.1 Příprava materiálu na analýzu 30

4.2 Chemické analýzy 30

4.2.1 Stanovení sušiny 30

4.2.2 Stanovení tuku 31

4.2.3 Stanovení dusíkatých látek 31

4.2.4 Stanovení sirných aminokyselin oxidativní hydrolýzou 32

4.2.5 Stanovení aminokyselin pomocí kyselé hydrolýzy 32

4.3 Výpočet kvality proteinu 33

4.4 Výpočet chemického skóre 33

4.5 Statistická analýza 33

5 Výsledky 34

5.1 Obsah sušiny v čerstvých vzorcích cvrčka domácího (*Acheta domestica)* 34

5.2 Porovnání tuku v těle samců a samic cvrčka domácího (*Acheta domestica)* 34

5.3 Dusíkaté látky u cvrčka domácího (*Acheta domestica)* 34

5.4 Výsledky výpočtu indexu esenciálních aminokyselin 35
5.5 Výsledky výpočtu chemického skóre..... 35
5.6 Porovnání limitujících aminokyselin u všech komponentů 36
5.7 Porovnání sušiny a dusíkatých látek cvrčka domácího s vybranými bílkovinnými komponenty..... 37
5.8 Složení esenciálních aminokyselin u cvrčka domácího a vybraných komponentů 37

6 Diskuze 38

7 Závěr..... 40

8 Literatura..... 41

9 Seznam použitých zkratek a symbolů 47

10 Seznam obrázků 48

11 Seznam grafů 48

12 Seznam tabulek 48

1 Úvod

Světová populace se neustále zvyšuje (O'Neill a Balk 2001) a s touto skutečností se mění i stravovací návyky. Díky tomu se musí brát v potaz i dostatečná produkce masa, dbát na genetický potenciál zvířat a v neposlední řadě zajistit tak dostatečně kvalitní krmivo.

Dalším klíčem pro zajištění dostatečné produkce masa a zároveň snížení skleníkových plynů je nalezení alternativních zdrojů bílkovin. Hmyz patří mezi jednu z těchto alternativ (Halloran a Vantomme 2013), jelikož obsahuje vysoký podíl bílkovin s velkou schopností konverze. Z hlediska ekonomické efektivity lze pozitivně hodnotit jeho nižší náročnost chovu podpořenou navíc jeho vysokou plodností.

I když se hmyz konzumuje zhruba ve 130 zemích světa (Ramos-Elorduy 2009), do Evropy a Severní Ameriky se zatím příliš neprosadil. Přes skutečnost, že by díky jednoduchosti jeho chovu mohl být k dispozici po celý rok, spotřebitelé vykazují relativně velké znechucení k jeho přímé konzumaci. Podle statistik jsou lidé k entomofágii (Gahukar 2011), tedy pojídání hmyzu, více nakloněni, pokud je hmyz předkládán na talíř již upravený například v podobě mletého masa či ve formě proteinového prášku.

Díky tomuto faktu se nyní rozvíjí možnost využít tento zdroj jinou formou. Vzhledem k vysokému obsahu bílkovin možnost využít hmyzího potenciálu pro výkrm monogastrických hospodářských zvířat, jako jsou drůbež a prasata. Zatím je pro tyto účely nejvíce využívaná sójová mouka a rybí moučka, které jsou ve svých lokalitách často degradovány (Vrabec et al. 2015).

2 Cíl práce

Cílem práce je determinace a porovnání nutriční hodnoty dospělých samic a samců cvrčka domácího. Dalším cílem je pak porovnání kvality hmyzí moučky s rybí moučkou, sójovými produkty a dalšími vybranými bílkovinnými komponenty používanými při výrobě krmiv pro hospodářská zvířata.

Hypotéza: Hmyzí moučka získaná z Acheta domestica je svojí kvalitou lepší než běžně používané bílkovinné komponenty.

3 Literární rešerše

3.1 Definice a funkce bílkoviny

Proteiny neboli bílkoviny patří mezi základní složky potravin spolu s tuky, sacharidy, vitamíny a minerálními látkami. Bílkoviny jsou složité velké molekuly s relativní molekulovou hmotností, které se řadí do polypeptidů (Reece 1998).

Hydrolýzou proteinů vznikají aminokyseliny, jakožto základní stavební jednotky. Protein se nazývá molekula složená z více než 100 aminokyselin. Nejčastěji má protein okolo 200-300 aminokyselin. Molekula, která se skládá z 10-100 aminokyselin se nazývá polypeptid. Oligopeptid je pak molekula skládající se z 2-9 aminokyselin. Dále existují složené proteiny, jako jsou například glykoproteiny, které se skládají z proteinu a navázaných sacharidů nebo lipoproteiny, což je sloučenina proteinu a lipidů (Kasper 2015).

Na bílkovinu se pojí všechny životišné funkce. Dosud není bez nich známa jediná forma života. Bílkovina v těle plní různé specifické funkce, jako například transport důležitých látek v organismu. Vybrané bílkoviny a jejich funkce:

- Řídící a regulační – enzymy, části hormonů nebo receptory
- Transportní a skladovací – hemoglobin (transport kyslíku a oxidu uhličitého), transferin, transport mastných kyselin a některých lipidů
- Pohybová – aktin (globulární bílkovina), myosin (fibrilární bílkovina)
- Stavební – elastin, keratin a kolagen
- Opatřování vzniku a přenosu nervového vzruchu
- Strukturování buňky a tkáně – pojí a zpevňují těla živočichů kreatinem, kolagenem a elastinem v kůži
- Mnoho dalších funkcí jako například, výživové, ochranné, transformační (Holeček 2006; Koolman a Röhm 2012).

Protein mimo kyslíku, vodíku a uhlíku obsahuje také dusík. Ten se nenachází v jiných živinách pouze v proteinu. Při nadbytku ho živočichové vylučují v podobě močoviny, amoniaku nebo kyseliny močové (Reece 1998).

Samotná bílkovina musí být do organizmu dodána potravou, nelze jí vytvořit z jiných složek. Protein se po přijmutí potravou rozkládá pomocí proteolytických enzymů na aminokyseliny (Miholová 1999).

3.1.1 Rozdělení aminokyselin

Aminokyseliny se rozdělují do dvou funkčních skupin. Skupinu aminovou (-NH3) a karboxilovou (-COOH). Tyto vazby patří mezi základní stavební částice bílkovin (Regestein et al. 1984).

Tělo si některé aminokyseliny (AMK) dokáže vyrobit samo, ostatní musí přijmout potravou. Proteiny jsou složeny z více než dvaceti různých aminokyselin spojených v řetězci. Některé organismy z nich dokáží syntetizovat až čtrnáct aminokyselin. Těmto aminokyselinám se říká neesenciální či postradatelné, protože takové aminokyseliny si jedinec dokáže syntetizovat v dostatečném množství. Zbylých osm je známých jako esenciální aminokyseliny, které musí být poskytnuty stravou. Organismus tyto aminokyseliny nedokáže syntetizovat vůbec, anebo ne tak rychle, aby byl schopný zajistit normální vývin jedince. Esenciální aminokyseliny se nachází například u všech druhů masa včetně ryb, dále ve vejcích, sýrech, a jiných krmivech živočišného původu. Nejbohatší rostlinné bílkoviny obsahuje sója, luštěniny, obiloviny, ořechy, či různé druhy semen (Holeček 2006).

Reece (1998) uvádí, že důležitá je také kvalita bílkovin. Mezi nejkvalitnější bílkoviny patří takové, které obsahují všechny esenciální aminokyseliny v nezbytném poměru. Méně kvalitní bílkovina je pak ta, která postrádá některé aminokyseliny nebo nemusí obsahovat jejich dostatečné množství. Také je důležité zpracování bílkovin, které může i kvalitní protein změnit za méně kvalitní.

Omnivorní živočichové si shání dostatečnou škálu potravin, které obsahují odpovídající esenciální kyseliny. Herbivorní živočichové si zajišťují dostatečný příjem těchto aminokyselin konzumací různých druhů rostlinných bílkovin (Walsh 2017).

Podle Chrpové (2010) se také bílkoviny rozdělují na plnohodnotné a neplnohodnotné. Plnohodnotné jsou ty, které obsahují všechny esenciální aminokyseliny ve vyváženém množství a jsou prospěšné pro zdravé fungování organismu. Do těchto aminokyselin se řadí produkty živočišného původu jako vejce, maso či mléko. Naopak neplnohodnotné bílkoviny jsou ty, které neobsahují všechny druhy potřebných aminokyselin. Patří k nim převážně rostlinné bílkoviny, jako jsou obiloviny, luštěniny, ořechy, semena a brambory.

3.1.2 Kvalita bílkovin (rostlinná/živočišná)

Většina krmiv a potravin obsahuje alespoň malé procento proteinu. Jednotlivé bílkoviny se rozdělují podle zastoupení aminokyselin na plnohodnotné a neplnohodnotné. Plnohodnotné bílkoviny mají nejvyšší biologickou hodnotu, jelikož obsahují všechny nezbytné AMK.

Do těchto bílkovin se řadí ty živočišného původu (Chrpová 2010). Z živočišných zdrojů to je maso, vejce, mléko případně jejich produkty. Jejich výhodou je množství esenciálních aminokyselin, stravitelnost, větší procento bílkovin na daný objem. Nevýhodou je pak vyšší podíl nasycených tuků, nebezpečí vzniku hnilobných procesů, nádorového a kardiovaskulárního onemocnění. Může se také častěji projevit zánět jater a ledvin (Richter et al. 2015).

Neplnohodnotné bílkoviny pak bývají ty rostlinného původu, které obsahují jen část aminokyselin ve správném poměru. Mají tak i nižší biologickou hodnotu. Bývají to obiloviny (pšenice, kukuřice, rýže, proso, oves), luštěniny (hrách, čočka, fazole, sója) a pak různé ořechy, semena či brambory. Jejich výhodami jsou nižší toxicita oproti živočišným zdrojům, vyšší obsah esenciálních mastných kyselin, zanedbatelný obsah cholesterolu, vysoký obsah vitamínů, minerálních látek, vlákniny a enzymů. Také napomáhá při úbytku a udržování hmotnosti a tím tak snižuje kardiovaskulární onemocnění. Nevýhodou kromě nižšího obsahu bílkovin mohou být alergie a eventuální výskyt těžkých kovů (Richter et al. 2015).

3.1.3 Nutriční hodnoty a kvalita bílkovin u krmného hmyzu

Nutriční hodnota patří mezi hlavní hlediska pří hodnocení krmiva. Hmyz se obecně považuje za dobrý zdroj bílkovin a tuků. Krmný hmyz a jeho nutriční hodnoty se mohou výrazně měnit v závislosti na druhu. Také v rámci jednoho druhu může nutriční složení výrazně kolísat (Xiaoming et al. 2010). Hmyz je hodnocen jako alternativní zdroj bílkovin (Klunder et al. 2012).

Podle studie Xiaominga et al. (2010) byl hmyz posouzen jako bohatý zdroj bílkovin (20-70%), aminokyselin (30-60%), tuku (10-50%), sacharidů (2-10%), minerálních látek, vitamínů a stopových prvků. Zdroj bílkovin je u krmného hmyzu srovnatelný s běžnými živočišnými i rostlinnými komponenty. Lze proto konstatovat, že hmyz je řazen mezi krmivo s velkým potenciálem.

3.2 Parametry bílkovin pro monogastry

3.2.1 Potřeby aminokyselin a dusíkatých látek pro drůbež

Tato podkapitola se zabývá následujícími aminokyselinami:

- Esenciální: Lys, Thr, Trp, His, Phe, Leu, Ile, Met, Val, Arg – Gly (Ser)
- Polo-esenciální: Cys z Met, Tyr z Phe

- Neesenciální: Ala, Ser, Pro, Asp, Asn, Glu, Glu.NH_2

3.2.1.1 Esenciální aminokyseliny

Podle Zelenky et al. (2007) se dusík stanovuje metodou dle Kjeldahla a následně je vynásoben koeficientem 6,25. Tento koeficient je určen podle množství bílkovin v obvyklých krmných směsích pro drůbež. V těchto krmných směsích se množství dusíku pohybuje v průměru okolo 16 %. Drůbež pro správné fungování organismu potřebuje všech 22 nezbytných aminokyselin a také dostatek polo-esenciálních a neesenciálních aminokyselin nebo sloučenin potřebných na jejich tvorbu.

Z esenciálních kyselin je nejdůležitější doplňovat lysin a theronin, jelikož si je jedinci nedokáží sami vytvořit. Chybí jim transaminázy potřebné pro jejich syntézu. Dalšími důležitými aminokyselinami jsou leucin, izoleucin, methionin, fenylalanin, histidin, tryptofan, valin a arginin. Tyto aminokyseliny si sice tělo dokáže syntetizovat, nikoliv však v dostatečném množství.

Mezi hlavní odpadní produkty trávení patří kyselina močová, při jejíž produkci je zapotřebí glycin. Glycin se dá vytvořit ze serinu, avšak u kuřat s intenzivním růstem může být jeho množství nedostatečné.

3.2.1.2 Polo-esenciální aminokyseliny

Polo-esenciální aminokyseliny mohou být v těle přeměněny, ale pouze na aminokyseliny, které jsou pro drůbež nepostradatelné. Například na cystein z methioninu a na tyrosin z fenylalaninu. Fenylalanin však může být nahrazen pouze sebou samým, a to stejné platí i pro methionin (Zelenka et al. 2007; Zelenka 2014).

3.2.1.3 Neesenciální aminokyseliny

U neesenciálních kyselin lze jednotlivé chybějící kyseliny syntetizovat z jiných neesenciálních kyselin případně esenciálních aminokyselin, avšak přeměna z esenciálních aminokyselin je pro tělo biologicky i ekonomicky nevýhodná. Poměr esenciálních a neesenciálních kyselin by měl být v krmné dávce zhruba 1 ku 1 (Zelenka et al. 2007; Zelenka 2014).

Všechny aminokyseliny jsou na sebe napojeny. Pokud je jedna z esenciálních aminokyselin v nedostatku, dochází k nerovnoměrnému využití ostatních aminokyselin, a tím také vzrůstají nároky na objem dusíkatých látek v krmivu. V tomto případně také může dojít

k poklesu užitkovosti u hospodářských zvířat. K tomu může dojít při sušení krmiv, kdy se obilovina přehřeje na tolik, že u ní vznikne Maillardova reakce, která zapříčiňuje znehodnocení lysinu. To se objevovalo hlavně v letech, kdy před žněmi neustále pršelo, a tak se muselo obilí uměle dosoušet (Kodeš a Výmola 2003).

3.2.1.4 Limitující a sirné aminokyseliny

Drůbež nejčastěji postihuje nedostatek methioninu a lysinu, dále pak threoninu a tryptofanu (Mendelova univerzita v Brně 2015). Podle Zelenky (2014) patří do limitujících aminokyselin kromě vyjmenovaných také cystein, který se nachází mezi prvními limitujícími aminokyselinami. Dále mohou být v nedostatku také arginin a valin.

V dnešní době se již tyto aminokyseliny dají vyrábět průmyslově. Arginin a izoleucin mohou také patřit k limitujícím kyselinám. Ve větším množství je můžeme najít například v loupaném slunečnicovém extrahovaném šrotu. V období růstu peří a přepeřování hrají velkou roli sirné kyseliny. V tuto dobu je jejich počet v bílkovině skoro dvojnásobný oproti stavu při růstu svaloviny.

Aminokyseliny se využívají v těle hlavně pro záchovu, dále pak pro růst živé hmotnosti, na tvorbu a výměnu peří a pro větší růst prsní svaloviny. Přemíra pak slouží k produkci energie či přeměně v tukové zásoby.

	Věk kuřat ve dnech		
Aminokyselina	0 - 14	14 - 35	> 35
Lysin	1,00	1,00	1,00
Methionin	0,40	0,40	0,41
Methionin + Cystein	0,74	0,76	0,78
Threonin	0,63	0,65	0,66
Tryptofan	0,17	0,17	0,18
Arginin	1,05	1,07	1,08

Obrázek 1 – Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata (Mendelova univerzita v Brně 2015)

U aminokyselin se musí dát pozor na jejich množství v krmné dávce i v opačném případě, a to při předávkování. Nadbytek aminokyselin působí na jedince stresově. V určitých případech může být například amoniak z deaminovaných kyselin pro tělo jedovatý. Dalším neméně opomíjeným rizikem při nadbytku aminokyselin je jejich zátěž na životní prostředí, do kterého se dostávají přeměnou na kyselinu močovou a pak trusem do vnějšího prostředí. U krmné dávky se z tohoto důvodu pro stanovení potřeby esenciálních látek nejčastěji používá pojem ideální

bílkovina. Ideální bílkovina je taková, která obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, které limitují užitkovost rovnoměrně (Mendelova univerzita v Brně 2015).

3.2.2 Dusíkaté komponenty v krmných dávkách pro drůbež

Dusíkaté látky patří mezi základní stavební jednotky pro drůbež i jejich produkty. Bílkoviny v krmných dávkách jsou důležitou složkou, která vytváří svalovinu, tkáně i orgány. Nachází se také v peří a ve vejcích, kde jsou zastoupeny v množství 21 %. Na výši obsahu dusíkatých látek závisí produkce vajec u dospělých nosnic nebo rychlost růstu u mláďat (Zelenka et al. 2007; Tuláček 2002).

Požadavky na bílkoviny a aminokyseliny se liší podle druhu a na produktivním stavu jedince. Například pro brojlery a krůty jsou požadavky na dusíkaté látky vyšší, aby splnily potřeby pro rychlý růst, naopak kohouti, i když mají tělo větší, tak mají nižší spotřebu krmiva než nosnice (National research council et al. 1994). Při na trávení u drůbeže se bílkovinné složky štěpí pomocí enzymu na jednodušší a složitější, ať už to jsou to z rostlinných či živočišných bílkovin. Ty se dále štěpí na albumózy, peptidy, peptony a aminokyseliny, z kterých si tělo vytváří své vlastní bílkoviny (Zelenka et al. 2007).

3.2.2.1 Obiloviny

Obiloviny nepatří do bílkovinných krmiv, avšak do směsí se přidávají ve velkém množství, tudíž se s nimi při sčítání bílkovin v krmných směsí musí také počítat.

Pšenice patří na tuzemském trhu mezi nejběžnější krmnou komoditou pro všechny kategorie hospodářských zvířat. Má dostatek energie i dusíkatých látek a je známa svými dietetickými účinky. Pro drůbež se podává v kombinaci s kukuřicí, aby se zamezilo většímu obsahu lepku v krmných dávkách, který právě pšenice obsahuje.

Kukuřice má nižší obsah dusíkatých látek oproti ostatním obilovinám, ale vysokou energetickou hodnotu, a tak je označována jako tukotvorné krmivo. Oproti pšenici má nižší obsah vlákniny a vysokou stravitelnost. Z minerálních látek je u kukuřice nízký obsah vápníku. Tato plodina je naopak bohatá na vitamíny, především karotenoid. Ten ve výživě zlepšuje zbarvení pokožky a žloutku vajec u drůbeže. Kukuřice se přidává do krmiv pro nosnice, housata, krůťata i brojlery ke zvýšení energetické hodnoty krmných směsí.

Ječmen se může přidávat do směsí pro drůbež, ale ne jako celoroční komponent. Oproti pšenici obsahuje ječmen méně bílkovin a energie. Hodí se pro oddálení snášky u mladých kuřic

nebo pro dřívější přepeření před zimou. Ječmen obsahuje alkaloid glukan, který drůbež těžko tráví (Tuláček 2002).

Žito se označuje za nejméně vhodný komponent do krmiv. Obsahuje takzvané problémové složky, jako jsou například sloučeniny fenolu, betaglukanu nebo fytátu (Vavrečka et al. 2005).

3.2.2.2 Luštěniny

Hrách se jako krmivářská surovina často používá v zemích Evropské unie (EU), naopak v tuzemsku díky pěstebním problémům, ceně a nebezpečí přítomnosti anti-nutričních látek není příliš využíván. Jeho výhodami je vysoký obsah dusíku, draslíku a vitamínu B (Kodeš a Výmola 2003).

Hrách je také zdrojem lysinu, který je první limitující aminokyselinou pro monogastrická zvířata. Tato plodina je vhodná do směsí pro nosnice, brojlery, krůty, kachny i bažanty (Kvídera 2019).

Lupina patří mezi další složku krmných směsí pro drůbež, a to zejména pro bojlery, kuřice a nosnice. Obsahuje značně velké množství dusíkatých látek a dostatečnou energetickou hodnotu. U lupiny je většina fosforu vázaná na soli kyseliny fytové, což má neblahý vliv na trávení u drůbeže a s tím spojený anti-nutriční faktor (Kodeš a Výmola 2003).

3.2.2.3 Krmné komponenty z olejnatých semen

Mezi hlavní krmný komponent patří sójový extrahovaný šrot (dále jen SEŠ), který je zpracováván jako vedlejší produkt sóji v tukovém průmyslu. SEŠ se prodává podle procentuálního zastoupení dusíkatých látek v rozmezí od 43 % do 48 % a řadí se mezi základní bílkovinné krmivo používané celosvětově ve výživě drůbeže. U neupracované sóji je typická přítomnost termolabilního anti-trypsinového faktoru, který však po extrakci zaniká.

Další extrahovaný šrot je slunečnicový, který vzniká jako druhotný produkt po získání oleje ze slunečnicových semen. Ve srovnání se SEŠ je méně energeticky hodnotný a jeho obsah dusíkatých látek spolu esenciálními aminokyselinami je také nižší. Slunečnicový extrahovaný šrot má naopak vyšší obsah vlákniny a určen zejména do krmných směsí pro nosnice, kuřice případně další kategorie drůbeže.

Řepkový extrahovaný šrot obsahuje nižší procento tuku (okolo 2-3 %). Je vhodný do krmných směsí pro brojlery.

Další méně známé extrahované šroty jsou podzemnicový a sezamový. V tuzemsku se tyto šroty do krmných směsí nedávají buď ze zdravotně hygienických důvodů jako např. podzemnicový extrahovaný šrot, anebo zde nejsou příliš známy jako např. sezamový extrahovaný šrot (Kodeš a Výmola 2003).

3.2.2.4 Krmné komponenty živočišného původu

Rybí moučka patří mezi nejlépe hodnocené krmivo živočišného původu. Přidává se do krmných směsí pro kvalitní zdroj bílkovin a energie. Její složení může mít různé odchylky, které se týkají technologie zpracování a kvality připravené suroviny. Pokud surovina obsahuje větší procento tuku je zde větší pravděpodobnost jeho oxidace neboli žluknutí a následného znehodnocení produktu. Z toho důvodu se doporučuje skladovat rybí moučku v kratším časovém úseku než krmné směsi bez tohoto komponentu. Obsah dusíkatých látek u rybí moučky se pohybuje v rozmezí okolo 50-72 %. Jako vhodný komponent se rybí moučka požívá ve startovacích směsích pro odchov a výkrm drůbeže. Při zkrmování pro mladou drůbež se doporučuje dávkovat 4-5 % do krmné směsi (Mendelova univerzita v Brně 2011a).

Nedostatky, které mohou u tohoto krmiva nastat: vysoký obsah NaCl, mikrobiální znečištění, při vyšším obsahu rybí moučky v krmivu může mít maso drůbeže rybí příchuť. (Kvídera 2019)

Podle souběžných nařízení č. 1069/2009 (Evropský parlament a Rada Evropské unie 2009) a č. 999/2001 (Evropský parlament a Rada Evropské unie 2001) platí zákaz zkrmování zpracovaných živočišných bílkovin (ZŽB) pro zvířata určená pro produkci živočišných surovin určených k výživě lidí, to znamená pro potravinová zvířata. V případě prasat, drůbeže, ryb a mladých, dosud neodstavených přežvýkavců je možné rybí moučku zkrmovat. Těmito nařízeními však jsou zakázány zkrmovat:

- krev + krevní moučky
- krevní vločky
- krevní šrot
- masokostní moučky krmné tuky
- drůbeží moučka
- péřová moučka
- sušený kostní vývar
- a další

3.2.3 Potřeby aminokyselin a dusíkatých látek pro prasata

Prase je všežravec, tím pádem je nutné ho krmit jak rostlinnými, tak i živočišnými komponenty. Tato skutečnost se nesmí přehlížet a pro správné fungovaní enzymů v systému trávení je nutno dodávat vyhovující živiny v dostatečném množství, především pak dusíkatých látek. Tento druh totiž není schopen vytvářet plnohodnotné bílkoviny v takovém množství pouze z rostlinné stravy, aby to dostačovalo pro jeho vlastní vývoj.

	Lysin	**Metionin**	**Tryptofan**	**Treonin**
Odchov prasniček	1,00	0,60	0,19	0,65
Kanec	1,00	0,70	0,18	0,66
Březí prasnice	1,00	0,60	0,19	0,65
Kojící prasnice	1,00	0,60	0,20	0,65
Selata	1,00	0,60	0,18	0,64
Prasata ve výkrmu	1,00	0,60	0,18	0,65

Obrázek 2 – Doporučené poměry aminokyselin u jednotlivých kategorií prasat k lysinu (Lindermayer et al. 2011)

3.2.3.1 Esenciální kyseliny

Suma esenciálních (nepostradatelných) aminokyselin tvoří zhruba 1/3 dusíkatých látek ve směsích pro výkrm prasat. U prasat se nejvíce sleduje 10 (9) esenciálních kyselin. Mezi první limitující esenciální aminokyselinu patří lysin, dále následují threonin, metionin a tryptofan. Do méně limitujících esenciálních aminokyselin patří histidin, izoleucin, leucin, valin a fenylalanin.

Ideální protein vyjadřuje nejoptimálnější skladbu a rovnováhu jednotlivých esenciálních a neesenciálních aminokyselin, které odpovídají skladbě bílkovin těla prasete.

Ideální obsah aminokyselin se určuje v % vztahu k lysinu, který se považuje za 100 % (Pulkrábek 2005).

3.2.3.2 Semi-esenciální aminokyseliny

Do semi-esenciálních kyselin se u prasat řadí cystein, taurin, tyrosin a arginin. Prasata disponují enzymy, které katabolizují reakce, a tak dokáží z methionu a serinu vytvořit cystein a z fenylalaninu může vzniknout tyrozin. Taurin se u většiny zvířat může vytvořit z cysteinu a arginin se v těle prasat vytváří v dostatečné míře s výjimkou mladých rychle rostoucích prasatat, u kterých se musí arginin přidávat do krmných směsí (Zeman 2001).

3.2.3.3 Neesenciální aminokyseliny

K neesenciálním neboli nepostradatelným aminokyselinám u prasat patří kyselina glutamová, glycin, prolin, serin, alanin a kyselina asparágová.

Nepostradatelné aminokyseliny jsou ty, které si daný organismus dokáže v dostatečném množství syntetizovat sám, anebo je pro svůj růst nepotřebuje (Zeman 2001).

3.2.4 Dusíkaté komponenty v krmných dávkách pro prasata

Podle Zemana (2006) pro správný výpočet krmné dávky pro prasata je důležité nejprve orientačně utvořit složení krmné dávky a následně potřebné živiny upřesnit. Základní krmná směs pro prasata se skládá přibližně z 80 % obilovin a mlýnských zbytků, 17 % tvoří dusíkatá krmiva a 3 % premix minerálií a vitamínů.

Ve výkrmu prasat je z ekonomického hlediska pro chovatele důležitý intenzivní růst a nízká spotřeba krmiva. Žádaná konverze krmiva by měla být okolo 2,7 kg. Pro tuto hodnotu není možné krmit prasata ve výkrmu pouze jedním krmivem jako hlavním zdrojem živin a energie, ale různými komponenty v krmivu. Pro úspěšnou konverzi krmiva se doporučují taková, která mají vysokou biologickou hodnotu bílkovin, to znamená, že se svým obsahem podobají bílkovinám živočišného původu (Ježková 2015).

„Náklady na krmiva v chovu prasat představují téměř 60 % podílu z vynaložených celkových nákladů. Na nákladovost chovu má zásadní vliv růst cen obilovin a bílkovinných komponent. V Evropě je produkce bílkovinných krmiv pro monogastry nízká. Přitom si Evropská unie svými legislativními omezeními na použití geneticky modifikované sóji nebo masokostní moučky plete sama na sebe bič," uvádí Ing. Tomáš Paradovský (Jedlička 2012).

3.2.4.1 Obiloviny

Krmiva vhodná pro prasata, určená k výkrmu, jsou obiloviny, luštěniny, okopaniny, siláže a extrahované šroty. Hlavní podíl zaujímají obiloviny (kukuřice, oves, pšenice, ječmen), které tvoří až 80 % celkové krmné dávky. Zhruba z 50 % pokrývají potřeby dusíkatých látek a ze 40 % esenciálních aminokyselin. Pšenice patří mezi jednu z hlavních krmných obilovin. Prasatům se kombinuje s ječmenem kvůli vyššímu obsahu lepku. Ječmen má vynikající výsledky, neboť pozitivně ovlivňuje kvalitu masa a tuku (Zeman 2006).

U mladých prasat určených pro chov se může zkrmovat oves. Z obilovin se prasatům nezkrmuje žito nebo pouze v malém množství, jelikož hůře působí na jejich trávení.

Kukuřice patří mezi velmi dobré krmivo pro prasata, ale neměla by se zkrmovat až do konce výkrmu, neboť negativně ovlivňuje kvalitu sádla (řídké, nažluklé).

Pro výkrm prasat jsou základní složkou krmných směsí šrotovaný ječmen a pšenice (Staněk 2012).

3.2.4.2 Okopaniny

Další komponenty jsou šťavnaté a energeticky významné okopaniny, které patří mezi lehce stravitelná krmiva. Jsou známé vysokým obsahem sacharidů a škrobu, ale naopak nízkým množstvím vlákniny. Předností okopanin je chutnost a s tím související zvýšení příjmu, ale také výborný vliv na zdraví a plodnost jedinců. Z minerálních látek u okopanin je nejvíce zastoupený draslík, naopak vápník a fosfor se nachází pouze v nízkých koncentracích (Zeman 2006). Mezi nejznámější komoditu ve výživě prasat patří brambory. Ty se zásadně nezkrmují za syrova, jelikož způsobují dietetické poruchy. Za syrova a u nazelenalých brambor hrozí velké množství jedovatého solaninu, který může způsobit poškození sliznice žaludku, krvácení, křeče a jiné problémy. Z brambor je možné získat bramborovou bílkovinu, která je vzhledem podobná bramborovým vločkám. Bramborová bílkovina obsahuje až 71 % dusíkatých látek. Mezi další vhodné okopaniny pro prasata patří krmná mrkev, řepa a cukrovka. Mezi méně známé pak řadíme topinambur, tuřín či krmnou tykev (Mendelova univerzita v Brně 2007a).

3.2.4.3 Luštěniny

Do dusíkatých složek v krmných směsích řadíme luštěniny, které obsahují 2,5-4 x více dusíkatých látek nežli obiloviny, tím pádem jsou významným zdrojem aminokyselin a to zejména lysinu. Řadíme k nim hrách, bob, lupinu, fazoli a SEŠ. Případně v malém množství se přidává vikev a peluška, které se vzhledem ke své hořkosti mohou podávat pouze do 10 % krmné dávky (Mendelova univerzita v Brně 2007b). Vikev se zkrmuje hlavně v ozimých a jarních směskách, kdy její semena nejsou zdaleka tak nahořklá jako semena starších odrůd, které také obsahují více anti-nutričních látek. Vikev se nedoporučuje podávat selatům, vysokobřezím a kojícím prasnicím (Mendelova univerzita v Brně 2011b).

Podle dosavadních poznatků se zjistilo, že mezi nejvhodnější sójový produkt patří sójový extrahovaný šrot (Vavrečka et al. 2005). Ten má nejlepší složení aminokyselin, tím pádem se řadí mezi nejdůležitější bílkovinné jadrné krmivo. V jeho složení se nachází až 50 % dusíkatých látek a také dostatek lysinu, který patří mezi první limitující aminokyselinu ve výživě prasat. Sója se musí zkrmovat tepelně ošetřená, aby se zamezilo obsahu anti-nutričních látek, jako jsou inhibitory trypsinu, vitamínů a saponinu (Jedlička 2012).

Při zkrmování prasatům se šrot může podávat ve vyšších dávkách, pouze se musí dbát na doplnění fosforu, vápníku a vitamínu. Je to důležité především u prasniček, aby nedošlo ke snížení mléčnosti, a tím tak k nedostatečné výživě selat (Vavrečka et al. 2005).

3.2.4.4 Olejniny

Mezi další zdroje bílkovinných krmiv patří krmiva olejářského průmyslu. Mezi hlavní představitele patří slunečnicový extrahovaný šrot, který patří mezi velmi kvalitní krmivo s více než 40 % podílem dusíkatých látek. Obsahuje o něco nižší množství lysinu. Dalšími představiteli jsou řepkový, podzemnicový, lněný a bavlníkový extrahovaný šrot. Produkty z neloupaných semen mají větší množství vlákniny, tím pádem se využívají přednostně jako krmivo pro starší skupiny zvířat. Loupaná sešrotovaná semena mohou dosáhnout až 50 % obsahu dusíkatých látek. Nejnižší podíl dusíkatých látek má bavlníkový extrahovaný šrot z neloupaných semen. Vysoký má naopak podzemnicový extrahovaný šrot, jeho nevýhodou je však nebezpečí možného výskytu plísní rodu Aspergillus. Pro domácí produkci se využívají pokrutiny lněné nebo řepkové. Len má příznivé dietetické účinky, tím pádem je doporučován zejména ve výživě zvířat (Jedlička 2012).

3.2.4.5 Kvasnice

Sušené pivovarské kvasnice patří mezi další bílkovinné krmivo, které je přidáváno do krmných směsí pro větší přírůstek hmotnosti. Jsou bohaté na vitamín B včetně B12, který je důležitý pro tvorbu krve a funkci nervových buněk. Jediným hendikepem je vyšší cena (Jedlička 2012).

3.2.4.6 Dusíkaté látky živočišného původu

Podle souběžných nařízení č. 1069/2009 (Evropský parlament a Rada Evropské unie 2009) a č. 999/2001 (Evropský parlament a Rada Evropské unie 2001) platí zákaz zkrmování ZŽB pro zvířata určená pro produkci živočišných surovin určených k výživě lidí, to znamená pro potravinová zvířata. V případě prasat, drůbeže, ryb a mladých, dosud neodstavených přežvýkavců, je možné zkrmovat rybí moučku.

Rybí moučka se používá hlavně do krmných směsí pro výkrm mladých prasat, kojícím prasnicím a do krmných diet selatům. Dominuje zde vysoký obsah bílkovin, ale její použití může limitovat cena, která bude v budoucnu stále stoupat z důvodu zvýšené ochrany přírodních zdrojů. Pro výkrm prasat se přidává v podílu do 10 % krmné směsi. Větší množství by mohlo být ve zpracovaném mase poraženého zvířete cítit (Windsor 2001).

3.2.4.7 Minerálie, premix vitamínů a aminokyseliny

Mezi konečné komponenty se řadí minerálie (sůl, vápenec), kterých se přidává okolo 3 % a složky jako jsou premix vitamínů, aminokyselin a stopových prvků do 1 % v krmné dávce (Zeman 2001).

3.3 Krmný hmyz ve světě

Hmyz hraje důležitou roli ve výživě mnoha zvířat, stejně jako i lidí. Na Zemi je celkem známo 1745 druhů hmyzu, které se nacházejí na jídelníčku zhruba 113 zemí světa, a to zejména v Asii, Africe a Latinské Americe (Durst et al. 2010). Jen malá část z nich je však vhodná k použití jako potravina nebo krmivo pro zvířata. Na druhou stranu, hmyz je pro takovéto účely považovaný za ekologicky šetrný, a to i díky vysoké míře reprodukce a krátkému životnímu cyklu (Payne et al. 2016).

Pro monogastrická zvířata je hmyz ideální náhradou za masokostní moučku. Ta je pro tato zvířata od listopadu 2000 zakázaná. Totéž platí pro i ryby v akvakultuře, pro které je zákaz použití platný od roku 2007 (Deydier et al. 2005). Vyspělejší země již extrakt z hmyzu do krmných směsí pro hospodářská zvířata přidávají (Klunder et al. 2012).

3.3.1 Situace v Evropské unii

Celosvětově roste zájem o hmyz ať již jako potravinu pro lidí, tak i krmivo pro zvířata. Některé druhy hmyzu patří mezi velmi zajímavou jedlou komoditu, která má výborné nutriční parametry. Proto se již pár let snažily zákonodárné orgány EU zlegalizovat některé z vybraných druhů hmyzu pro lidskou konzumaci. Mezi nejčastěji využívané druhy jedlého i krmného hmyzu v České republice patří (Potravinářská komora ČR 2018):

- Cvrček domácí (Acheta domesticus)
- Cvrček stepní (Grillus assimilis)
- Potemník moučný (Tenebrio molitor)
- Potemník stájový (Alphitobius diaperinus)
- Potemník brazilský (Zophobas morio)
- Saranče stěhovavá (Locusta migratoria)
- Bourec morušový (Bombyx mori)
- a jiné druhy

Od 1. 1. 2018 vstupuje v platnost nařízení EU 2015/2283, které zohledňuje hmyz a jeho části do kategorie nových potravin. Díky tomuto nařízení je tedy možno používat hmyz pro lidskou konzumaci (Evropský parlament a Rada Evropské unie 2015).

Každý subjekt, který bude chtít prodávat hmyz pro lidskou spotřebu na území EU, však musí projít procesem schvalování u Evropského úřadu pro bezpečnost potravin – EFSA (Pěchová 2018).

3.3.2 Hmyz ve výživě zvířat

Díky rostoucí světové populaci roste i poptávka po rostlinných a živočišných potravinách. S živočišnými produkty jde ruku v ruce i poptávka po krmivech a krmných směsích, při kterých je nutno brát ohled i na trvale udržitelný ekosystém a přírodní zdroje (Verbeke et al. 2015). Prostřednictvím těchto požadavků byl vyvinutý koncept trvale udržitelné výživy zvířat tzv. StAnd, který zahrnuje efektivní využívání přírodních zdrojů, ochranu životního prostředí, etické aspekty pro výrobu bezpečného a ekonomicky životaschopného krmiva. Toto pojetí má skloubit a zohlednit limity jako je rozloha naší planety, rostoucí množství světové populace a požadovaný zisk (Makkar a Ankers 2014).

Evropská unie je v produkci živočišných bílkovin pro lidskou spotřebu soběstačná, ale pokud se jedná o bílkovinná krmiva rostlinného původu, odhaduje se závislost na dovozu ve výši až 70 %. Z celkových nákladů na živočišnou výrobu představují z 50-70 % náklady na krmivo, tím pádem se cena masa značně odvíjí od cen krmných surovin, což má velký dopad na rentabilitu chovu hospodářských zvířat (Verbeke et al. 2015).

Tyto ekonomické a ekologické otázky otevírají příležitost pro nové alternativy ve výživě zvířat a lidí. Jednou z těchto alternativ by mohlo být využití hmyzu. Tato alternativa by se dala použít u zvířat jako je drůbež, prasata či ryby. V posledních letech se tomuto tématu přiklání čím dál více zemí (Makkar et al. 2014).

Nepřímá spotřeba bezobratlých živočichů ve výživě lidí je prostřednictvím výživy hospodářských zvířat. V této podobě se především používají jako náhrada za obvyklé proteinové komponenty do krmných směsí. Několik vědeckých studií poukazuje na použití různorodých druhů hmyzu ve výživě převážně drůbeže a ryb. Velmi pravděpodobné je, že tomuto trendu může v první řadě bránit ekonomické hledisko, jelikož krmný hmyz je zatím poměrně drahý. Tím by stoupla cena krmiv a negativně tak ovlivnila celkovou ekonomiku chovu hospodářských zvířat. V USA je však již tento proteinový komponent je úspěšně zaveden ve významnějším měřítku (Suchý et al. 2017).

Kladný výsledek by však mohl být větší u zájmových chovů zvířat, kde majitelé tolik nehledí na cenu kupovaných krmiv a snaží se jim kupovat jen to nejlepší (Suchý et al. 2017).

Článek Jedličky (2019) poukazuje na Organizaci IPIFF (International Platform of Insect for Food and Feed), ve které je již zapojeno 46 členů. Členové jsou z větší části firmy produkující hmyz pro krmné účely. S tímto postupem a podnikatelskými plány souhlasí také několik členských států, které podporují zpracování hmyzích produktů do krmných směsí pro zájmová zvířata. Ze studií organizace IPIFF vyplývá, že by hmyz mohl být zakomponován i do krmiv pro monogastrická zvířata (převážně prasata a drůbež), jakožto udržitelnou alternativu ke konvenčním krmným komponentům.

3.3.3 Potencionální nebezpečí při zkrmovaní hmyzem

Při hledání alternativních zdrojů bílkovin hmyz vítězí. Přesto se zatím neklade přílišná opatrnost a pozornost na tento druh potravy. Na téma bezpečnosti a trvanlivosti potravinového hmyzu byl proveden průzkum, ve kterém se hodnotil mikrobiologický obsah jak u čerstvého, zpracovaného tak i skladovaného jedlého hmyzu. Díky krátkodobému zahřátí se dají potlačit bakterie čeledi Enterobacteriaceae, avšak spory Bacillus spp zde mohou přežít. Mimo to může mít při použití celého hmyzu také vliv na celkovou kvalitu konečné potraviny jeho střevní mikroflóra (Klunder et al. 2012).

Studie Klundera et al. (2012) také poukazuje na úspěšné zabezpečení a skladování hmyzích produktů. Existují dvě jednoduché metody konzervace, a to sušení či okyselení. Tyto metody prokázaly účinnost při ochraně proti nežádoucím bakteriím.

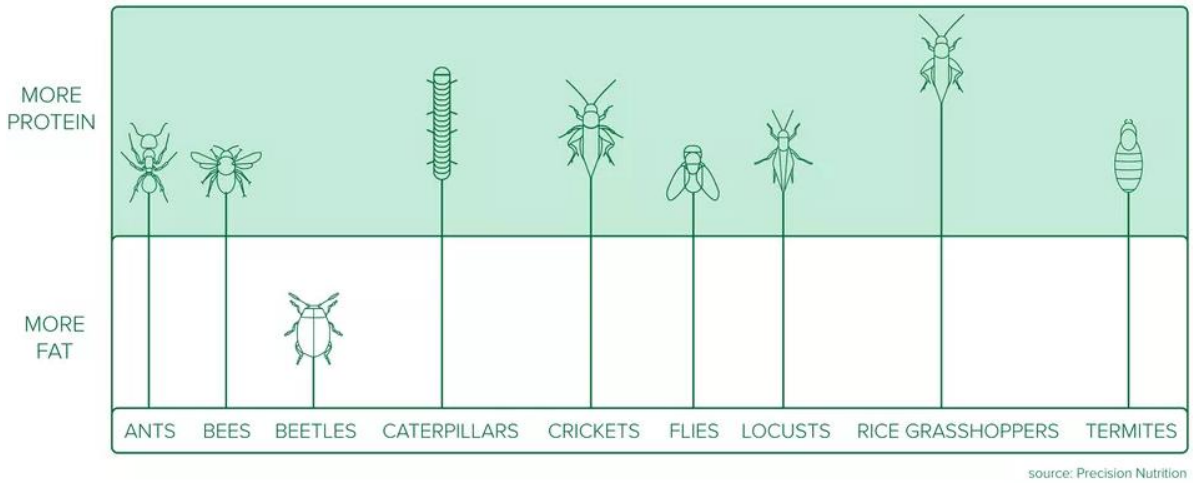
EFSA se zabýval jednak riziky spojenými s jedlým hmyzem pro člověka, tak i jako krmivem pro hospodářská zvířata. Vědci také porovnávali potencionální rizika krmného hmyzu s riziky u běžných zdrojů živočišných bílkovin. Odborníci v EFSA došli k závěru, že hrozí mikrobiologický výskyt podobně jako u jiných nezpracovaných zdrojů bílkovin (EFSA scientific committee 2015).

Pro spotřebitele mohou být rizikem také alergie. Hmyz obsahuje chitin a tropomyosin, díky kterým se řadí do skupiny alergenů společně s korýši (Park et al. 2009).

3.3.4 Výživové hodnoty hmyzu v porovnání s běžnými krmnými komponenty

Augustinová (2010) ve své práci uvádí o kolik kaloričtější je hmyz oproti ostatním potravinám. Z výsledků bylo analyzováno 94 druhů hmyzu, kde většina z nich měla vyšší kalorickou hodnotu než ostatní komponenty. V porovnání se sójou má hmyz o polovinu vyšší

kalorickou hodnotu, u kukuřice je to až o 87 %, rybí produkty a luštěniny měly dokonce o 70 % nižší kalorickou hodnotu oproti hmyzu.



Obrázek 3 - Rozdíly v nutričních hodnotách hmyzu (Carson 2017)

3.3.5 Hmyz z ekonomického hlediska

Stock (2014) ve své publikaci zmiňuje krmný hmyz jakožto významný komponent ve výživě zvířat.

S rostoucí světovou populací je nutno zvýšit množství potravin jak, rostlinných tak i živočišných. Je prokázáno několik výhod týkajících se chovu hmyzu. Určité druhy hmyzu nejsou náročné na chov, a navíc je možné je krmit organickými odpady ze zemědělství nebo z potravinového průmyslu. Při takovém chovu vzniká velmi kvalitní bílkovina srovnatelná se sójovou moukou. Dále pak hmyzí odpady mohou být využity jako organické hnojivo, což vede k principu uzavřeného koloběhu (Rumpold a Schlüter 2013).

Dalším ekonomicko-ekologickým přínosem je dobré zmínit nenáročnost hmyzu na velkost chovné plochy, která vede k vyššímu výnosu na hektar než běžné polní plodiny, například sójové boby.

Oproti živočišným produktům má chov hmyzu daleko nižší emise skleníkových plynů a amoniaku.

Hmyz může být považován za náhradu rybí moučky, která je stále vzácnější a dražší (Van Huis a Oonincx 2017).

3.4 Cvrček domácí (Acheta domesticus)

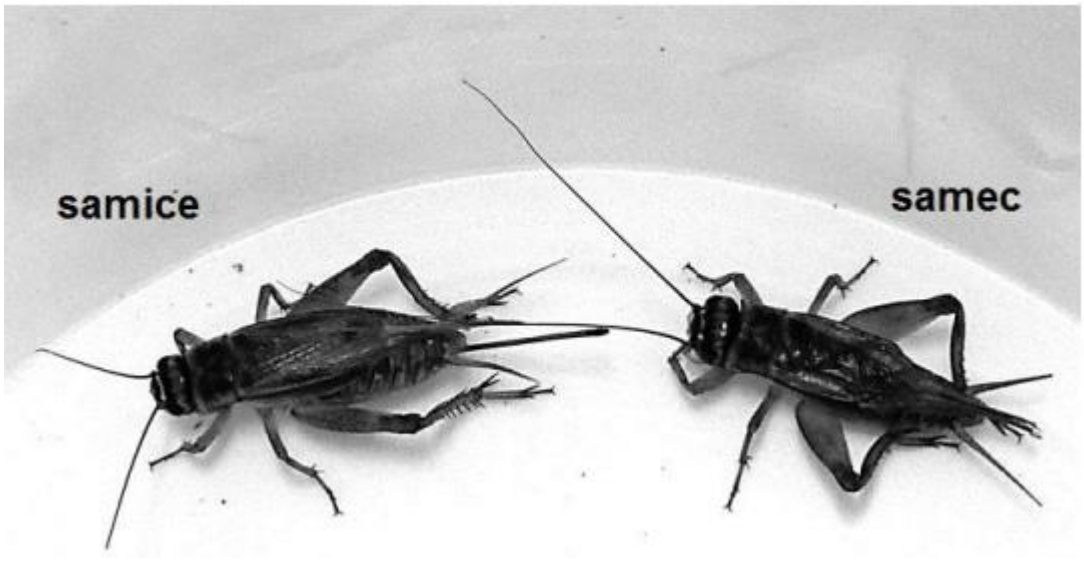
3.4.1 Biologie

Cvrček domácí patří mezi rovnokřídlý hmyz (Ortopthera) s proměnou nedokonavou. Měří okolo 2-3 cm. Samice se od samce odlišuje především kladélkem na zadečku. Barvu mají oba hnědožlutou s hnědou kresbou na hlavě a hrudi. Cvrček se svým výskytem váže na lidská obydlí, ale patří mezi plaché živočichy (Rietschel 2011; Langner 2004).

Životní cyklus trvá okolo 3-4 měsíců a často se odvíjí podle teploty, ve které jedinci žijí. Larvy se podobají dospělým jedincům, jsou však menší s absencí křídel (Walker 1999).

3.4.2 Chov

Na chov není tento hmyz náročný, jediné, co potřebuje pro úspěšné rozmnožování, je teplota v rozmezí 26-30 °C a dostatek vlhkosti. Tento druh snese i vyšší teploty, naopak při nízkých teplotách jedinci často hynou dříve, než dosáhnou pohlavní dospělosti. U samic, kterým se podaří přesto naklást vajíčka, je jejich šance na další vývoj velmi mizivá, neboť potomci se v nízkých teplotách nevylíhnou (Masaki a Walker 1987; Škrabalová 2011).



Obrázek 4 - Rozdíl mezi samcem a samicí cvrčka domácího (Anděrová et. al. 2016)

3.4.3 Potrava

Ve velkochovu se cvrčci krmí univerzální krmnou směsí pro cvrčky, případně se jim pro zpestření potravy podávají různé druhy ovoce a zeleniny. Chovný substrát v domácích podmínkách může obsahovat ovesné vločky, kukuřičné listy, strouhanku, suché pečivo, drobné korýše, případně drcené psí granule. K tomu se pak také může přidat ovoce, saláty jako zdroj

vitamínu a vody. Voda se jinak řeší napáječkami, které jsou vyvýšené nad stelivem. Tato krmná směs může být jak pro cvrčky, tak i „moučné červy“ a švábы (Škrabalová 2011).

3.5 Entomofágie – další krok k zachování planety

Podle Xiaominga et al. (2010) se významní entomofágové domnívají, že již před více než 3000 lety byl v Číně hmyz považován za jedlou komoditu. Také se uvádí, že hmyz byl posílán jako dar pro krále a vysoké úředníky. Mezi známé hmyzí pokrmy patří například housenky, mravenci, termiti nebo bourci morušoví.

Hartmann et al. (2015) ve své studii uvádí rozdíly mezi Čínou, pro kterou je konzumace hmyzu tradiční a Německem, které pojídání hmyzu ve své kultuře zakořeněné nemá. Mezikulturní srovnání bylo provedeno na základě ochoty spotřebitelů zmíněných zemí jíst různé druhy hmyzu. Hmyz byl dodán ve dvou podobách, jednak zpracovaný (např: sušenka s cvrččí moukou) a nezpracovaný (např: pouze usmrceni – cvrčci, mouční červi).

Při tomto pokusu byl zkoumán vliv potravinové neofobie na ochotu spotřebitelů jíst hmyz. Číňané hodnotili obě varianty na bázi hmyzu s ohledem na chuť a výživové hodnoty příznivěji nežli Němci. Ti pro potraviny na bázi hmyzu uvedli prokazatelně vyšší ochotu jíst je ve zpracované formě ve srovnání s nezpracovanou podobou. Obě tyto země uvedly, že velkou roli v ochotě pojídat hmyz hrála historická zkušenost těchto zemí s pojídáním hmyzu.

Hmyz je po staletí součástí lidské stravy. V dnešní době se konzumuje v zemích Asie, Latinské Ameriky a Afriky. V přepočtu je součástí jídelníčku zhruba 2 miliard lidí. (Makkar et al. 2014; Van Huis et al. 2013b).

Vzhledem ke stoupajícímu počtu obyvatel na planetě, který se do roku 2050 odhaduje na 9 miliard, je nutné brát v potaz také omezené množství přírodních zdrojů, klimatické změny, hrozící nedostatek bílkovin ve výživě a jiné problémy. Zhruba 1900 druhů hmyzu po celém světě, zejména pak v rozvojových zemích se používá jako potravina či případně krmivo pro zvířata. Hmyz má velmi dobrou konverzi krmiv, emituje nízkými hladinami skleníkových plynů a může být chován na organických zbytcích (Van Huis et al. 2013a).

Hmyz má velmi rychlý reprodukční systém, díky němuž je daleko efektivnější pro chov nežli běžná hospodářská zvířata. Samičky cvrčka mají rychlé pohlavní dospívání a následnou reprodukci, při kterém může dojít ke snesení 1200 až 1600 vajíček během 4 týdnů, což je ve srovnání s dobytkem o téměř 20x víc (Škrabalová 2011). Další předností je rychlý růst a velmi dobrá konverze krmiva, která je vyšší ve srovnání s kuřaty 2x, prasaty pak 4x a u skotu to může být až 12x (Van Huis et al. 2013a).

4 Materiál a metody

4.1 Příprava materiálu na analýzu

Pro účel této studie byl zakoupen cvrček domácí ve 3 etapách u dvou českých firem (Scorpion Export – Import s.r.o. a Novosedly nad Nežárkou). Zmíněné firmy se dlouhodobě zabývají prodejem krmného hmyzu. Hmyz byl zakoupen v časových rozmezích (leden, duben a červen). Zmíněné firmy se dlouhodobě zabývají prodejem krmného hmyzu. Zakoupení jedinci byli odchováni v plastových nádobách s víkem, které byly uzpůsobené pro odvětrávání. Podestýlku zde tvořily natrhané obaly od vajíček. Celý box měl udržovanou teplotu pomocí termostatu na optimálních 25 - 27 °C. Potrava pro zkoumané cvrčky byla vybrána, tak aby svým složením obsahovala všechny výživové parametry pro tento druh. Tudíž byla použita kompletní granulovaná krmná směs pro omnivorní hlodavce od firmy Velas. Pro zpestření stravy a dodání tekutin byly přidány zbytky zeleniny a ovoce (jablka, zelné listy, mrkve), které se vždy následující den odstranily, aby zde nehrozila přítomnost plísní. V chovné nádobě byla umístěna i napáječka. Po dosažení dospělosti, které cvrčci dosahovali v rozmezí 40 až 60 dnů byli jedinci na 24 hodin izolováni od krmiva pro vylačnění s cílem přesnějších výsledků. Po uplynutí této doby byl hmyz usmrcen mrazem při teplotě – 38 °C a vzorky byly rozděleny do dvou skupin podle pohlaví. Každá skupina byla nakonec rozdělena do 4 částí, což dělalo ve výsledku 24 vzorků na analyzování. Vzorky se posléze individuálně zvážily v čerstvé hmotnosti. Poté byly lyofilizovány, homogenizovány a do doby zkoumání byly udržovány v uzavřených nádobách v chladničce.

4.2 Chemické analýzy

4.2.1 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny probíhalo podle nařízení komise č. 152/2009 (Komise evropských společenství 2009). Testy probíhaly ihned po usmrcení hmyzu. Každý vzorek byl proveden minimálně dvakrát.

Před samotným navážení byla zvážena porcelánová nádoba i s víčkem. Každá navážka byla rozdělena po 5 g s přesností na 0,001 g. Po zvážení se směs rovnoměrně rozprostřela a nechala se sušit v sušičce 5 hodin při teplotě 103 °C. Do sušení je odečítána až po dosažení

potřebné teploty. Po dosušení se nádoby vyjmuly a nechaly zchladit v exsikátoru po dobu zhruba 30 minut. Výsledný vzorek by posléze znovu zvážen s přesností 0,001 g.

Vzorce pro výpočet výsledku:

$$sušina\ [\%] = \frac{(hmotnost\ vysušené\ nádoby - hmotnost\ prázdné\ nádoby)}{(hmotnost\ plné\ nádoby - hmotnost\ prázdné\ nádoby)} \cdot 100$$

4.2.2 Stanovení tuku

Tuk byl stanoven extrakcí petroléterem na přístroji SER 146 (Velp), který funguje na kombinaci metod extrakce tuku podle Soxhleta a Twieselmana. Každý vzorek byl stanoven dvakrát. Po navážce 5 g s přesností na 3 desetinná místa, byl vzorek extrahován do zvážených extrakčních baněk. Po vysušení a zvážení baněk s extrahovaným tukem byly vypočítány hodnoty obsahu tuku v procentech.

4.2.3 Stanovení dusíkatých látek

Pro metodu stanovení dusíkatých látek byla použita metoda podle Kjeldahla, která se stanovovala na přístroji Kjeltec 2400. Vzorky se musely nejprve navážit na 0,5 g s odchylkou 0,05 g. Pro vážení byly použity analytické váhy, které mají přesnost vážení na 0,0001 g, dále pak navažovací lodička, navažovací lžička, špachtle a mineralizační tuba (250 ml). Lžička i lodička se předem vždy zkontrolovala, zdali je čistá a pro kontrolu se případně převážila. Každý vzorek byl po zvážení a zapsání hmotnosti dán do mineralizační tuby. Hmotnost vzorku se minimálně 2x kontrolovala.

Po navážení vzorků se do každého dala jedna mineralizační tableta Kjeltabs a 10 ml 96 % kyseliny sírové z dávkovače. Poté se spustil odtah a odpar par a přidalo se ještě 10 ml peroxidu vodíku. Posléze se vše zamíchalo a směs se nechala odpěnit. Tuby se směsí byly následovně vloženy do mineralizačního bloku. Doba mineralizace trvala 45 min při 420°C. Po uplynutí se mineralizační tuby vyndaly a nechaly vychladnout. Poté bylo do každé tuby přidáno 10 ml destilované vody a obsah se promíchal.

Před analýzou se zkontroloval dostatek materiálů potřebných na tento pokus (destilovaná voda, hydroxid sodný a kyselina boritá). Také se musela kyselina boritá 3 – 4x odpustit (do fialového zbarvení) a totéž se provedlo u destilované vody, dokud plynule netekla z dávkovače. Nakonec se dal zahřát výrobník na vodní páru.

Před vlastní analýzou bylo potřeba vyzkoušet minimálně 3 x slepý pokus, jehož hodnoty měly být pod 0,2 a alespoň dva slepé vzorky po sobě měly mít přibližně podobnou hodnotu.

Při vlastní analýze se nejdříve zadala hmotnost vzorku a poté výběr hodnot, ve kterých se výsledky měly zobrazovat. Následně se do přístroje dávaly mineralizační tuby. Přístroj se uzavřel a zahájila se analýza. Po ukončení se tuba napustila v přístroji destilovanou vodou do zhruba 1/3 objemu, pustila se pára a minimálně 2 x se propláchnula. Poté se tuby vyměnily a celý proces se opakoval.

4.2.4 Stanovení sirných aminokyselin oxidativní hydrolýzou

Tato analýza sloužila ke stanovení sirných aminokyselin, tedy cystinu a methioninu. Pro stanovení bylo potřeba oxidační činidlo, které se smíchalo z peroxidu vodíku a kyseliny mravenčí v poměru 1: 9 a směs se nechala na 30 minut odstát při pokojové teplotě. Poté se na 5 minut vložila do mrazáku při teplotě -20 °C. Takto zhotovené činidlo se mohlo následně skladovat po dobu 5 dnů.

Postup pro stanovení sirných aminokyselin probíhal následovně. Do 250 ml Erlenmeierova baňky se zabroušeným hrdlem NZ 29/32 bylo naváženo 0,5 g vzorku a přidáno 10 ml oxidační směsi a celý obsah se opatrně promíchal. Baňka se uzavřela zátkou a dala do lednice na zhruba 16 hodin. Po vyndání z lednice se do baňky přidaly 2 ml kyseliny chlorovodíkové, přičemž se na povrchu okamžitě začaly tvořit bublinky. Zbytek nezreagovaného peroxidu vodíku se odstranil. Po došumění se do směsi přidalo 100 ml kyseliny chlorovodíkové. Směs se umístila pod digestoř, kde se na baňku nasadil vzdušný chladič a baňka se nechala zlehka vařit v olejové lázni po dobu 23 hodin při teplotě zhruba 110 stupňů. Po uplynutí uvedeného času a vychladnutí se nádoba se směsí přefiltrovala přes středně husté síto. Baňka se 3x propláchla vodou. Přefiltrovaný vzorek se nechal odpařit při teplotě 50 °C. Následně byl vzorek pomocí ředícího pufru přelit do odměrné baňky o objemu 50 ml.

4.2.5 Stanovení aminokyselin pomocí kyselé hydrolýzy

Tato analýza sloužila k detekování všech aminokyselin, kromě zmíněných cystinu a methioninu.

Do hydrolyzační nádoby se navážil vzorek o hmotnosti 0,25 g, který se zakápnul několika kapkami ethanolu pro lepší rozmíchání v kyselině. Následně byl vzorek zalit 25 ml 6M HCl, která se připravila smícháním destilované vody a 35 % kyselinou chlorovodíkovou v poměru 1 ku 1. Vzorek byl hydrolyzován při teplotě 145 °C po dobu 4 hodin. Po ukončení

hydrolýzy a vychladnutí se vzorek přefiltroval přes středně hustý papírový filtr a nádobka se 3 propláchla destilovanou vodou. Takto upravený vzorek byl přelit do odparné baňky o velikosti 1000 ml, kde se nechal odpařit při 60 °C. Pro důkladnější odpaření kyseliny chlorovodíkové se 3x postupně přidala destilovaná voda po 10 ml a nechala se odpařit. Odpařený vzorek se převedl pomocí ředícího pufru do 50 ml odměrné baňky po vyznačenou rysku.

Takto připravený vzorek bylo možné skladovat v lednici po dobu 7 dnů. Vždy před použitím vzorku do 1 ml vialky se musel přefiltrovat přes hustý filtr a následně se pipetoval 0,5 ml vzorku a 0,5 ml ředícího pufru.

4.3 Výpočet kvality proteinu

Pro určení kvality dusíkatých látek zkoumaného vzorku se používá index esenciálních aminokyselin (EAAI). Index vyjadřuje procentuální poměr esenciálních aminokyselin ve zkoumaném vzorku vůči esenciálním aminokyselinám ve vaječném bílku (Mendelova univerzita v Brně 2011c).

Vzorec:

$$EAAI\ [\%] = \sqrt[7]{p_{lys} \cdot p_{met} \cdot p_{thr} \cdot p_{ile} \cdot p_{leu} \cdot p_{the} \cdot p_{val}} \cdot 100$$

P_{AMK} … poměr obsahu aminokyseliny vzorku a vaječného bílku

4.4 Výpočet chemického skóre

Chemické skóre nebo také aminokyselinové skóre se vypočítává pro každou esenciální aminokyselinu odděleně. Každá vyzkoumaná esenciální aminokyselina se procentuálně vyjádří ke shodné aminokyselině v ideálním proteinu. Na ideální protein byl použit vaječný bílek.

Vzorec:

$$CS\ [\%] = p_{AMK} \cdot 100$$

P_{AMK} … poměr obsahu aminokyseliny vzorku a vaječného bílku

4.5 Statistická analýza

Vyhodnocené data z chemických analýz a následných výpočtů byla zpracována pomocí softwaru Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA) a v programu Statistica v 12 (StatSoft, Inc. USA)

5 Výsledky

Provedením analýz byli získány nutriční hodnoty cvrčka domácího, které se porovnali s vybranými proteinovými komponenty krmných směsí pro prasata a drůbež.

5.1 Obsah sušiny v čerstvých vzorcích cvrčka domácího (*Acheta domestica)*

Sušina v čerstvých vzorcích cvrčka domácího byla zjištěna po přepočtu údajů o hmotnostech před a po lyofilizaci. Průměrná sušina samic je 33,3 % a u samců je 30,3 %. Byl nalezen statisticky významný rozdíl v sušině (p = 0,002588). Výpočty t-testu jsou zobrazeny v tabulce č. 1

	t-testy; grupováno:Pohlavi Skup. 1: Samec Skup. 2: Samice										
Promenná	Prumer Samec	Prumer Samice	t	sv	p	Poc.plat Samec	Poc.plat. Samice	Sm.odch. Samec	Sm.odch. Samice	F-pomer Rozptyly	p Rozptyly
Susina	30.29542	33.27945	-3.29690	29	0.002588	15	16	1.688807	3.098351	3.365901	0.028769

Tabulka 1 – Porovnání sušiny v čerstvých vzorcích samců a samic

5.2 Porovnání tuku v těle samců a samic cvrčka domácího (*Acheta domestica)*

V tabulce č. 2 jsou zobrazeny data z t-testu. Vyobrazené hodnoty dokazují statisticky významný rozdíl v procentu tuků u samic a samců (p = 0,000284). Samice obsahují 21,6 % tuku, samci 13,9 %.

	t-testy; grupováno:Pohlavi Skup. 1: Samec Skup. 2: Samice										
Promenná	Prumer Samec	Prumer Samice	t	sv	p	Poc.plat Samec	Poc.plat. Samice	Sm.odch. Samec	Sm.odch. Samice	F-pomer Rozptyly	p Rozptyly
Tuk	13.93653	21.62912	-4.38750	20	0.000284	10	12	1.587589	5.331439	11.27750	0.001117

Tabulka 2 – Statistické porovnání tuku v těle samic a samců

5.3 Dusíkaté látky u cvrčka domácího (*Acheta domestica)*

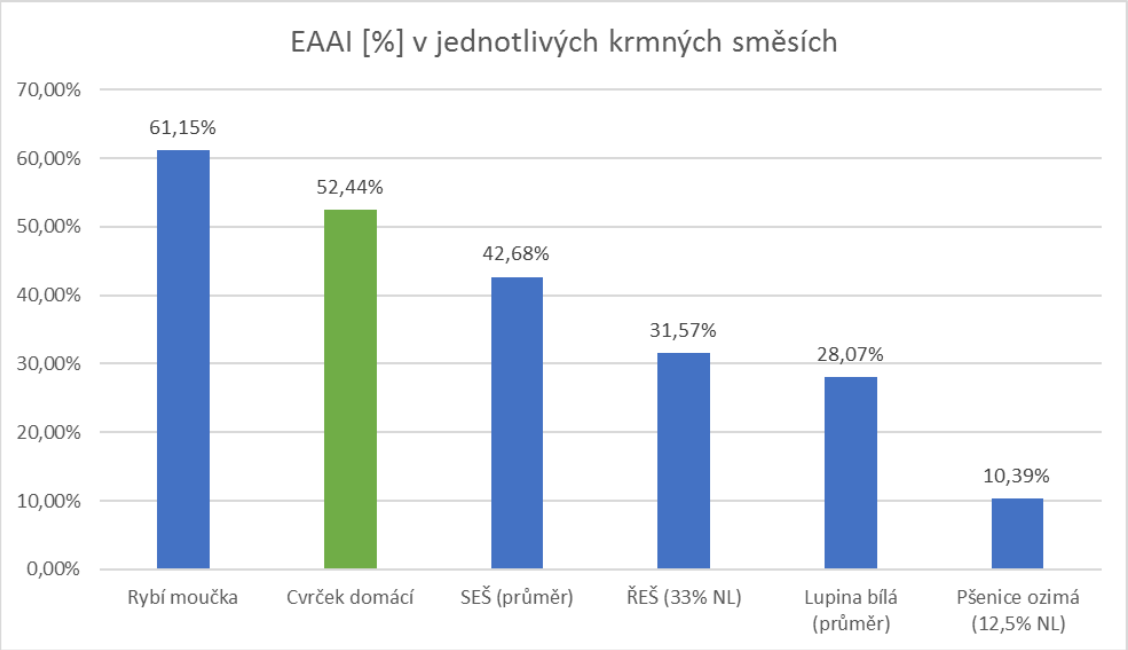
Na základě statistického vyhodnocení, který byl prováděn t-testem, vyšel obsah dusíkatých látek u samic v průměru na 64 % a u samců na 69,9 %. Výsledek je statisticky významný u dusíkatých látek (p = 0,000093). Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4.

	t-testy; grupováno:Pohlavi Skup. 1: Samec Skup. 2: Samice										
Promenná	Prumer Samec	Prumer Samice	t	sv	p	Poc.plat Samec	Poc.plat. Samice	Sm.odch. Samec	Sm.odch. Samice	F-pomer Rozptyly	p Rozptyly
Dusikate latky	69.93622	63.97705	4.815028	21	0.000093	11	12	2.596959	3.263591	1.579287	0.479778

Tabulka 3 – Obsah dusíkatých látek zastoupených u samic a samců

5.4 Výsledky výpočtu indexu esenciálních aminokyselin

Graf č. 1 porovnává indexy esenciálních aminokyselin cvrčka domácího s vybranými proteinovými komponenty krmných směsí. Podle výsledků patří cvrček mezi komponenty s více procentuálním zastoupením esenciálních aminokyselin v bílkovině. Data ostatních komponentu byla přepočítána z tabulek od Zeman et al. (1995).



Graf 1 – Porovnání indexu esenciálních kyselin cvrčka domácí s vybranými komponenty

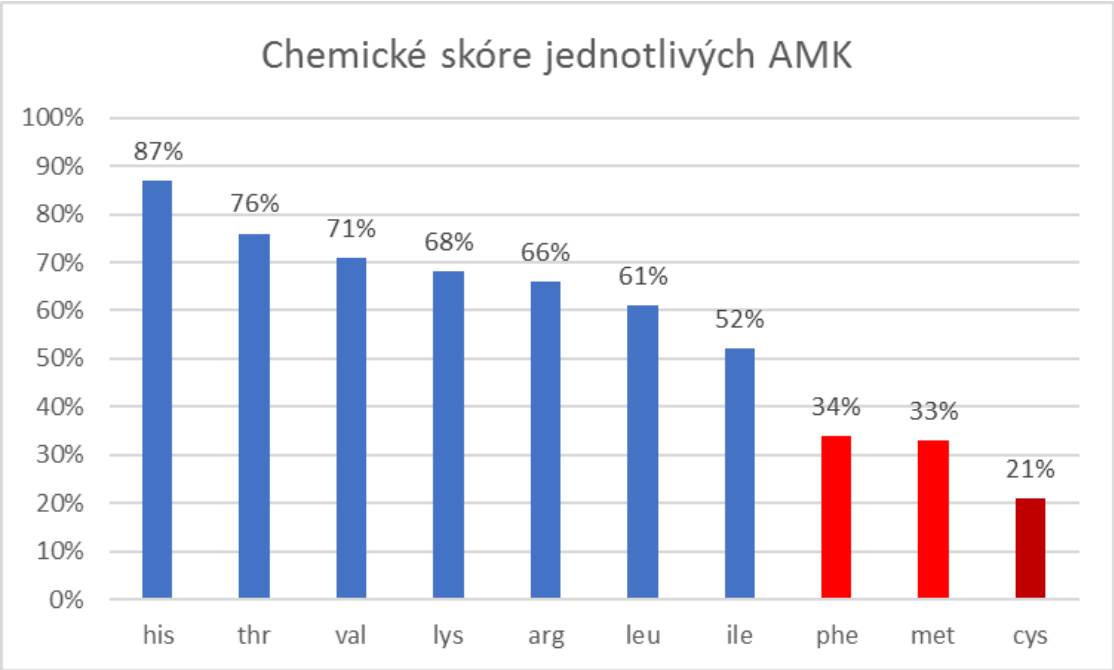
EAAI – essential amino acid index

SEŠ – slunečnicový extrahovaný šrot

ŘEŠ – řepkový extrahovaný šrot

5.5 Výsledky výpočtu chemického skóre

V grafu č. 2 jsou zobrazeny výpočty chemického skóre. Podle procentuálního vyhodnocení vyšel cystein se svými 21 % jako nejnižší esenciální aminokyselina, tudíž se považuje za první limitující aminokyselinu. Na dalším místě by pak byly methionin s 33 % a fenylalanin s 34 %.



Graf 2 – Znázornění limitující aminokyseliny u cvrčka domácího

5.6 Porovnání limitujících aminokyselin u všech komponentů

V tabulce č. 4 jsou vypočítané limitující aminokyseliny u všech komponentů. Cvrček a rybí moučka mají stejnou limitující aminokyselinu a tou je cystein. Ostatní komponenty mají za limitující kyselinu methionin.

	Limitující aminokyselina	Chemické skóre
		%
Cvrček domácí	**cys**	21 %
Sójový extrahovaný šrot	**met**	20 %
Lupina bílá semeno	**met**	8 %
Pšenice ozimá (12,5 % NL)	**met**	7 %
Řepkový extrahovaný šrot (33 % NL)	**met**	2 %
Rybí moučka	**cys**	41 %

Tabulka 4 – Srovnání limitujících aminokyselin vybraných krmiv

5.7 Porovnání sušiny a dusíkatých látek cvrčka domácího s vybranými bílkovinnými komponenty

Tabulka č. 5 znázorňuje počet dusíkatých látek ve 100 % sušině. Rybí moučka obsahuje 68,88 %, cvrček domácí 66,8 % a sójový extrahovaný šrot 50,05 %.

	Sušina	Dusíkaté látky
	[g · kg⁻¹]	%
Cvrček domácí	938	66,82
Sójový extrahovaný šrot	890	50,05
Lupina bílá semeno	880	39,45
Pšenice ozimá (12,5 % NL)	870	14,48
Řepkový extrahovaný šrot (33 % NL)	898	37,3
Rybí moučka	904	68,88

Tabulka 5 – Porovnání sušiny a dusíkatých látek v sušině cvrčka domácího s vybranými komponenty

5.8 Složení esenciálních aminokyselin u cvrčka domácího a vybraných komponentů

Tabulka č. 6 znázorňuje obsah esenciálních aminokyselin cvrčka domácího a vybraných krmných komponentů. Cvrček domácí má nejvyšší hodnoty u valinu a to 49,1. U všech komponentů je červeně zvýrazněna aminokyselina, která má u daného vzorku nejvyšší zastoupení.

Složení esenciálních aminokyselin [g·kg⁻¹]										
	lys	**met**	**thr**	**ile**	**leu**	**phe**	**val**	**cys**	**his**	**arg**
Cvrček domácí	36.6	11.3	29.9	30.1	48.1	19.5	49.1	11.5	16.7	34.1
Sojový extrahovaný šrot	30.6	6.9	19.3	23.7	38.6	24.1	22.9	14.7	13.1	36.5
Lupina bílá semeno	19.6	3	13.7	14.3	26	15.1	13.6	9.2	10.3	37.6
Pšenice ozimá (12,5 % NL)	3.9	2.3	4.1	5.1	9.7	6.8	6.5	5.5	3.5	6.8
Řepkový extrahovaný šrot (33 % NL)	21.3	6.2	16.6	14.6	26.4	15.1	19.2	12.7	10.4	21.9
Rybí moučka	50.8	18.1	28.4	28.4	50	26.6	34.1	23.5	16.8	39.7

Tabulka 6 – Porovnání obsahu esenciálních kyselin cvrčka domácího s vybranými komponenty

6 Diskuze

Cílem diplomové práce bylo porovnat nutriční hodnoty samic a samců cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a porovnat kvalitu hmyzí moučky s vybranými proteinovými komponenty tuzemských krmných směsí.

Při podrobné analýze tří testovacích skupin se obsah živin mírně lišil. Především se jednalo o rozdíly mezi obsahy dusíkatých látek a tuku. Vzorky byly zakoupené od třech různých subjektů, tím pádem způsobené rozdíly mohou být zapříčiněny teplotou, věkem jedinců, případně odlišným krmivem.

Pro analýzu byl cvrček rozdělen podle pohlaví, aby se mohly porovnat nutriční hodnoty. Mezi analyzovanými vzorky byl největší rozdíl v procentech tuku mezi samicemi a samci. Samice obsahovaly v průměru 21,6 % a samci necelých 14 % tuku. Dalším rozdílným parametrem, avšak nikoli významně byl obsah dusíkatých látek, který se pohyboval u samic okolo 64 % a u samců téměř 70 %. Všechny údaje ze statistického měření byly statisticky významné. Těmto rozdílům je možné přičítat skutečnost, že obě pohlaví byla usmrcena ve stádiu dospělosti, a tak je velice pravděpodobné, že samice byly gravidní. Jak uvádí studie (Maklakov et al., 2008), strava hraje významnou roli při reprodukci. Gravidní samičky cvrčků pro kvalitní vývoj vajec preferují potravu bohatou na dusíkaté látky a lipidy. Samci si naopak vybírají krmivo s vyšším obsahem sacharidů, aby vyhovovalo jejich energetickým nárokům. U esenciálních aminokyselin nebyl zaznamenán významný rozdíl mezi pohlavím cvrčků.

Dále bylo porovnáno složení nutričních hodnot cvrčka domácího s vybranými krmnými komponenty, konkrétně rybí moučkou, lupinou bílou, sójovým extrahovaným šrotem, řepkovým extrahovaným šrotem a pšenicí. Srovnání sušiny a dusíkatých látek je zaznamenáno v tabulce č. 5., kde z uvedených parametrů má cvrček jednoznačně nejvyšší sušinu. Druhým komponentem je rybí moučka. Co se týče složení dusíkatých látek patří rybí moučka mezi krmivo s nejvyšším obsahem, a to ve výši 68,8 %, dále cvrček domácí s 66,8 % a sójový extrahovaný šrot s 50,05 %. Velmi podobné výsledky dusíkatých látek u dospělých jedinců cvrčka uvádějí ve své publikaci Wang et al. (2005) a Suchý et al. (2017).

Naopak obsah esenciálních aminokyselin, především valinu bylo naměřeno daleko více než uvádí Suchý et al. (2017). Ty hodnoty jsou vyobrazené v tabulce č. 6. V tabulce mají komponenty červeně vyznačené aminokyseliny, které jsou u daného vzorku nejvyšší. Při porovnání s ostatními komponenty má cvrček nevyšší hodnotu valinu a to 49,1 $g.kg^{-1}$. Rybí moučka má naopak nejvyšší hodnotu lysinu, která činí 50,8 $g.kg^{-1}$. Kromě těchto dvou esenciálních aminokyselin má hmyz podobný profil aminokyselin jako rybí moučka. To samé

potvrzuje studie (Barroso et al. 2014). Pro esenciální kyseliny u cvrčka domácího se dopočítávalo chemické skóre pro zjištění limitující aminokyseliny. V grafu č. 2 je znázorněna s nejnižším procentuálním zastoupením, a tedy jako první limitující aminokyselina cystein v poměru 21 %. Chemické skóre bylo stanoveno také u ostatních komponentů, aby se zjistily limitující aminokyseliny u všech variant. Výsledek je zapsán v tabulce č. 4., kde mezi nejčastěji limitující kyselinu patří methionin. Rybí moučka a cvrček domácí měli stejnou limitující aminokyselinu, tedy cystein. Limitující aminokyseliny se v konvenčních chovech mohou dodávat v syntetické formě, ale pokud se jedná o chovy ekologické, chovatelé tuto možnost nemají. Je tedy možné, že by jim kombinace krmiv s hmyzí moučkou mohla výrazně pomoct při sestavování krmných dávek, nebo receptur krmných směsí.

7 Závěr

V diplomové práci byly rozebrány výhody a nevýhody využití hmyzu jako alternativního zdroje krmného proteinu. Mezi největší pozitiva patří vysoký obsah dusíkatých látek a aminokyselin. Za úvahu stojí i ekonomické aspekty při využití hmyzu, které by v budoucnu mohly být cenově přijatelnější s ohledem na předpokládané rozšíření jejich chovu. Mezi nevýhody patří potencionální rizika při zkrmování hmyzu, jako jsou bakterie při špatném skladování zpracovaného hmyzu nebo možné alergie.

Na základě naměřených dat se podařilo potvrdit hypotézu, která tvrdila, že hmyzí moučka získaná z *Acheta domestica* je svojí kvalitou lepší než běžně používané bílkovinné komponenty. Nutriční hodnoty cvrčka domácího v porovnání s vybranými krmnými komponenty se řadily na druhé místo hned po rybí moučce. Stanovené cíle se tak v této diplomové práci podařilo splnit i přes počáteční obavy, pramenící ze skutečnosti, že se jedná o poměrně nové téma, u kterého by nemuselo být publikováno příliš vědeckých výstupů ani realizováno mnoho výzkumných prací.

Komerční využití hmyzu v krmivech pro vybrané hospodářská zvířata je reálnou potencionální cestou ke zlepšení udržitelnosti jejich chovu a k uspokojení stále rostoucí celosvětové poptávky po živočišných produktech.

8 Literatura

ANDĚROVÁ Romana, Albert DAMAŠKA a Petr ŠÍMA. *BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA, 50. ročník*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. Dostupné z: http://www.3zsjhradec.cz/articles/20160420_0914_50_C_OK_zadani.pdf

AUGUSTINOVÁ, Šárka. *Hmyz jako potrava člověka* [online]. Univerzita Karlova v Praze, 2010 [cit. 22. 03. 2019]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/30418/BPTX_2008_2_11310_0_175309_0_69238.pdf

BARROSO, Fernando G. et al. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 2014, 422: 193-201.

CARSON, Erin. *Eat some crickets and mealworms -- and help the world too* [online]. 2017 [cit. 05. 04. 2019]. Dostupné z: https://www.f3nws.com/news/go-eat-some-crickets-and-mealworms-cnet-ux2XKH

DAVÍDEK, Jiří. 2. Aminokyseliny, peptidy, bílkoviny [online]. [cit. 26. 03. 2019]. Dostupné z: https://el.lf1.cuni.cz/p51525121/

DEYDIER, Eric et al. Physical and chemical characterisation of crude meat and bone meal combustion residue:"waste or raw material?". *Journal of Hazardous Materials*, 2005, 121.1-3: 141-148.

DURST, Patrick B. et al. Forest insects as food: humans bite back. *RAP Publication: Bangkok, Thailand*, 2010.

EFSA SCIENTIFIC COMMITTEE. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 2015, 13.10: 4257.

EVROPSKÝ PARLAMENT a RADA EVROPSKÉ UNIE. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 999/2001 ze dne 22. května 2001 o stanovení pravidel pro prevenci, tlumení a eradikaci některých přenosných spongiformních encefalopatií* [online]. 2001 [cit. 15. 03. 2019]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001R0999&from=CS

EVROPSKÝ PARLAMENT a RADA EVROPSKÉ UNIE. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného*

původu) [online]. 2009 [cit. 19. 03. 2019]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/ legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=DA

EVROPSKÝ PARLAMENT a RADA EVROPSKÉ UNIE. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2015/2283 ze dne 25. listopadu 2015 o nových potravinách, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a nařízení Komise (ES) č. 1852/2001* [online]. 2015 [cit. 18. 03. 2019]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283

GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, 2011, 31.3: 129-144.

HALLORAN, A. a P. VANTOMME. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. *FAO, Rome*, 2013.

HARTMANN, Christina, et al. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food quality and preference*, 2015, 44: 148-156.

HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolizmu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.

CHRPOVÁ, Diana. *S výživou zdravě po celý rok*. 1. vyd. Praha: Grada publishing, 2010. ISBN 978-80-247-2512-3

JEDLIČKA, Martin. *Výživářská doporučení pro chovatele prasat* [online], 2012 [cit. 30. 03. 2019]. Dostupné z: https://naschov.cz/vyzivarska-doporuceni-pro-chovatele-prasat/

JEDLIČKA, Martin. *Dozrál čas pro krmení hmyzem?* [online], 2019 [cit. 25. 03. 2019]. Dostupné z: https://www.naschov.cz/dozral-cas-pro-krmeni-hmyzem/

JEŽKOVÁ, Alena. O precizní výživě nosnic a brojlerů. *Krmivářství*, 2015, 5: s4-7.

KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247

KODEŠ, Alois a Jarmil VÝMOLA. *Základy moderní výživy drůbeže*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-1077-4.

KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ. *Nařízení Komise (ES) č. 152/2009 ze dne 27. ledna 2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv* [online]. 2009 [cit. 01. 03. 2019]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0152

KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.

KLUNDER, H. C. et al. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food control*, 2012, 26.2: 628-631.

KOUKOLOVÁ, Marie et al. Výživa a krmení prasat ve výkrmu. *Krmivářství*, 2015, 5: s14-17.

KVÍDERA, Lukáš. *Krmné směsi Kvídera* [online]. 2019 [cit. 22. 03. 2019]. Dostupné z: https://www.krmnesmesikvidera.cz/hledani?q=hr%C3%A1ch

LANGNER, Thomas J. *Acheta domesticus (Linnaeus 1758)*, Heimchen, 2004.

LINDERMAYER, Dr. H. et al. Futterberechnung für Schweine: 18. Auflage. FreisingWeihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaf, 2011. 102 s. ISBN http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_31939.pdf.

MAKKAR, Harinder PS a Philippe ANKERS. Towards sustainable animal diets: a survey-based study. *Animal Feed Science and Technology*, 2014, 198: 309-322.

MAKKAR, Harinder PS et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 2014, 197: 1-33.

MAKLAKOV, Alexei A. et al. Sex-specific fitness effects of nutrient intake on reproduction and lifespan. *Current Biology*, 2008, 18.14: 1062-1066.

MASAKI, Sinzo a Thomas J WALKER. Cricket life cycles. In: *Evolutionary biology*. Springer, Boston, MA, 1987. s. 349-423.

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. Bramborová bílkovina. *Katalog krmiv* [online], 2007a [cit. 28. 03. 2019]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/krmiva/page.php?id=59

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Poradenské centrum. *Složení krmných směsí prasat* [online]. 2009 [cit. 29. 03. 2019]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/pcentrum/publikace/32_slozeni_ks_prasat.pdf

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. Vikev a lupina bílá. *Katalog krmiv* [online], 2007b [cit. 28. 03. 2019]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/krmiva/page.php?id=26

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. *Výživa a krmení drůbeže,* 2015 [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. *Hodnocení výživné hodnoty krmiv*, 2011a [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmivo.php?krmivo=42

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. Vikev. *Hodnocení výživné hodnoty krmiv*, 2011b [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmivo.php?krmivo=20

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Agronomická fakulta. Hodnocení dusíkatých látek pro nepřežvýkavá zvířata. *Hodnocení výživné hodnoty krmiv*, 2011c [online]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/page.php?sekce=13&page=19

MIHOLOVÁ, Blanka. *Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 1999. ISBN 80-85114-75-5.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press, 1994.

O'NEILL, Brian C. a Deborah BALK. *World population futures*. Population Reference Bureau [online], 2001 [05. 01. 2019]. Dostupné z: https://www.prb.org/wp-content/uploads/2001/10/ACFAC56.pdf

PARK, Seong Kook, Hyeong In KIM a Young Il YANG. Roles of vascular endothelial growth factor, Angiopoietin 1, and Angiopoietin 2 in nasal polyp. *The Laryngoscope*, 2009, 119.2: 409-413.

PAYNE, Charlotte LR et al. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, 47: 69-77.

PĚCHOVÁ, Marie. *Zapomenutá entomofagie* [online]. Masarykova Univerzita v brně, 2018 [cit. 15. 03. 2019]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/tkirc/DP_Zapomenuta_entomofagie_dxble.pdf

POTRAVINÁŘSKÁ KOMORA ČR. *Hmyz (konečně) i v našem jídelníčku?* [online]. 2018 [cit. 22. 03. 2019]. Dostupné z: http://www.foodnet.cz/polozka/?jmeno=Hmyz+%28kone%C4%8Dn%C4%9B%29+i+v+na%C5%A1em+j%C3%ADdeln%C3%AD%C4%8Dku+%3F&id=38482

PULKRÁBEK, Jan. *Chov prasat*. Profi Press, 2005. ISBN 80-86726-11-8

RAMOS-ELORDUY, Julieta. Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 2009, 39.5: 271-288.

REGENSTEIN, J. M., Carrie REGENSTEIN a Beth KOCHEN. *Food protein chemistry: an introduction for food scientists*. Orlando: Academic Press, 1984. ISBN 0125858205.

REECE, William O. Fyziologie domácích zvířat. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-547-5.

RIETSCHEL, Siegfried. *Hmyz: 3 znaky: klíč ke spolehlivému určování*. 3. vyd. Čestlice: Rebo, 2011. Průvodce přírodou. ISBN 978-80-255-0010-1.

RICHTER, Chesney K. et al. Plant protein and animal proteins: do they differentially affect cardiovascular disease risk. *Advances in nutrition*, 2015, 6.6: 712-728.

STAŇEK, Stanislav. *Výkrm prasat* [online]. 2012 [cit. 28. 3. 2019]. Dostupné z: http://www.zootechnika.cz/clanky/chov-prasat/vykrm-prasat/vykrm-prasat.html

SUCHÝ, Pavel, Eva STRAKOVÁ a Ivan HERZIG. *Nutriční hodnota bezobratlých a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy)* [online]. 2017 [cit. 03. 03. 2019]. Dostupné z: https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Studie-Strakov%C3%A1-hmyz.pdf

ŠKRABALOVÁ, Blanka. *Vytvoření webové stránky zaměřené na chov hmyzu, entomofágii a přežití v přírodě* [online]. Masarykova Univerzita v Brně, 2011 [cit. 24. 03. 2019]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/ajr63/?fakulta=1441;lang=cs

TULÁČEK, František. *Chov hrabavé drůbeže*. Praha: Brázda, 2002. ISBN 80-209-0309-7.

VAN HUIS, Arnold. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology*, 2013a, 58: 563-583.

VAN HUIS, Arnold et al. *Edible insects: future* prospects *for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013b.

VAN HUIS, Arnold a Dennis Gab OONINCX. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for sustainable development*, 2017, 37.5: 43.

VAVREČKA, Jan, Petr MAREŠ a Ladislav ZEMAN. Sója pro prasata ve výkrmu. Ve: *Sborník z konference „perspektivy sóji v ČR*. 2005. s. 63-66.

VERBEKE, Wim et al. Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Animal Feed Science and Technology*, 2015, 204: 72-87.

VRABEC, Vladimír, Martin KULMA a Daniel COCAN. Insects as an Alternative Protein Source for Animal Feeding: A Short Review about Chemical Composition. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies*, 2015, 72.2.

WALKER, Thomas J., *House cricket*, 1999 [online]. [cit. 27. 02. 2019] Dosupné z: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/crickets/adomest.html

WALSH, C. j. Protein. *Salem Press Encyclopedia of Science* [online]. 2017 [cit. 03. 02. 2019].

WINDSOR, M. L. Fish meal. FAO Corporate Document Repository. 31. FAO in partnership with support unit for international fisheries and aquatic research (SIFAR), 2001. Torry Advisory Notes. Version Nº 49. Torry Research Station [electronic edition]. 2001. [cit. 25. 03. 2019]. Dostupné z: http://www.fao.org/3/x5926e/x5926e00.htm#Contents

WANG, Dun et al. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 2005, 18.5: 667-670.

XIAOMING, Chen et al. Review of the nutritive value of edible insects. Forest insects as food: humans bite back, 2010, 85.

ZELENKA, Jiří, Jaroslav HEGER a Ladislav ZEMAN. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež: Recommended nutrient content in poultry diets and nutritive value of feeds for poultry. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. ISBN 978-80-7375-091-6.

ZELENKA, Jiří. *Výživa a krmení drůbeže*, 2014. ISBN 978-80-87091-53-1

ZEMAN, Ladislav et al. *Katalog krmiv (tabulky výživné hodnoty krmiv)*. Vydání první. Pohořelice: VÚVZ, 1995, 465 p.

ZEMAN, Ladislav. *Výživa a krmení prasat.* V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-558-5.

ZEMAN, Ladislav. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-86726-17-7.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

EFSA	Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)
SEŠ	Sójový extrahovaný šrot
ŘEŠ	Řepkový extrahovaný šrot
AMK	Aminokyseliny
EU	Evropská unie (European Union)
EAAI	Index esenciálních aminokyselin (Essential amino acid index)
ZŽB	Zpracovaných živočišných bílkovin
USA	Spojené státy americké (United States of America)
IPIFF	Mezinárodní platforma hmyzu pro jídlo a krmivo (International Platform of Insects for Food and Feed)

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Poměrné zastoupení aminokyselin v ideální bílkovině pro vykrmovaná kuřata
Obrázek 2 – Doporučené poměry aminokyselin u jednotlivých kategorií prasat k lysinu
Obrázek 3 – Rozdíl v nutričních hodnotách hmyzu
Obrázek 4 – Rozdíl mezi samcem a samicí cvrčka domácího

11 Seznam grafů

Graf 1 – Porovnání indexu esenciálních kyselin cvrčka domácí s vybranými komponenty
Graf 2 – Znázornění limitující aminokyseliny

12 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Porovnání sušiny v čerstvých vzorcích samců a samic
Tabulka 2 – Statistické porovnání tuku v těle samic a samců
Tabulka 3 – Obsah dusíkatých látek zastoupených u samic a samců
Tabulka 4 – Porovnání sušiny a dusíkatých látek cvrčka domácího s vybranými komponenty
Tabulka 5 – Porovnání limitujících aminokyselin u všech vzorků
Tabulka 6 – Porovnání indexu esenciálních kyselin cvrčka domácího s vybranými komponenty