

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



Nutriční jakost jedlého hmyzu v závislosti na jeho pohlaví

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jitka Vyvadilová

Obor studia: Výživa a potravin

Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

Konzultanti práce: Ing. Anna Adámková, Ph.D.

Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Nutriční jakost jedlého hmyzu v závislosti na jeho pohlaví" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za její vstřícný přístup, cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Anně Adámkové Ph.D. a Ing. Vladimírovi Plachému, Ph.D. za vedení a rady při práci v laboratoři. Neméně děkuji své rodině a všem svým nejbližším za veškerou podporu nejen během celého studia.

Nutriční jakost jedlého hmyzu v závislosti na jeho pohlaví

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá změnami v nutričním složení u cvrčka domácího (*Acheta domestica*) v závislosti na jeho pohlaví. Práce je zaměřena na obsah tuku, profil mastných kyselin a profil aminokyselin.

V teoretické části práce byly shrnuty dosavadní poznatky o jedlém hmyzu s hlavním zaměřením na cvrčka domácího a jeho nutriční složení s důrazem na obsah tuku, profil mastných kyselin a profil aminokyselin.

Použitým materiálem v praktické části byly sušené vzorky cvrčka domácího rozříděné dle pohlaví. Metodika pro stanovení profilu aminokyselin zahrnovala kyselou a oxidativní hydrolyzu vzorků a následné stanovení aminokyselin pomocí automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400, který pracuje na principu iontoměničové chromatografie a při detekci se využívá reakce aminokyselin s ninhydrinem. Tuk byl extrahován metodou dle Soxhleta, následně byla provedena reesterifikace mastných kyselin. Poté byly mastné kyseliny stanovovány jako methylestery pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny.

Některé nutriční parametry se u cvrčka domácího lišily v závislosti na jeho pohlaví. Samice obsahovaly více tuku než samci. Samice dále obsahovaly více laurové, pentadekanové, heptadekanové, olejové a α -linolenové kyseliny než samci. Samci naopak obsahovali více elaidové a eikosenové kyseliny než samice. U obou pohlaví cvrčka domácího byly nejvíce zastoupené linolová, palmitová, stearová a olejová kyselina.

Nejzastoupenější aminokyseliny u obou pohlaví cvrčka domácího byly glycin, alanin, asparagová kyselina a glutamová kyselina. Samice cvrčka domácího obsahovaly více serinu než samci, samci naopak více threoninu, glycinu, alaninu, isoleucinu, leucinu a cysteinu.

Cvrček domácí (*A. domestica*) je hodnotným zdrojem nutrientů důležitých ve výživě člověka. Obsahuje esenciální aminokyseliny i mastné kyseliny, významný je zejména jeho obsah linolové kyseliny.

Klíčová slova: Jedlý hmyz, nutriční hodnota, obsah tuku, profil aminokyselin a mastných kyselin, cvrček domácí

Nutritional quality of edible insects in relation to their sex

Summary

This thesis deals with changes in the nutritional composition of the house cricket (*Acheta domestica*) in relation to its sex. The thesis is focused on fat content, fatty acids profile and amino acids profile.

In the theoretical part of the thesis the current knowledge about edible insects was summarized with main focus on house cricket and its nutritional composition, fat content, fatty acids profile and amino acids profile.

In the practical part dried samples of the house cricket sorted by sex were used. The methodology for determining the amino acids profile involved acidic and oxidative hydrolysis of samples and subsequent determination of amino acids using the AAA 400 automatic amino acid analyser, which is based on ion exchange chromatography, and uses the amino acid reaction with ninhydrin during detection. The fat was extracted by Soxhlet method, followed by re-esterification of fatty acids. The fatty acids were then determined as methyl esters by gas chromatography with mass spectrometry. The results were statistically evaluated.

Some nutritional parameters varied in the house cricket depending on its sex. Females contained more fat than males. Females also contained more lauric, pentadecanoic, heptadecanoic, oleic and α -linolenic acids than males. Males, on the other hand, contained more elaidic and eicosenoic acids than females. In both sexes of the house cricket the most represented acids were linoleic, palmitic, stearic and oleic.

The most common amino acids in both sexes of the house cricket were glycine, alanine, aspartic acid and glutamic acid. House cricket females contained more serine than males, males, on the other hand, contained more threonine, glycine, alanine, isoleucine, leucine and cysteine. House cricket (*A. domestica*) is a valuable source of nutrients important in human nutrition. In particular, it contains essential amino acids and fatty acids, especially linoleic acid.

Keywords: Edible insects, nutritional value, fat content, amino acids and fatty acids profile, house cricket

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Jedlý hmyz.....	10
3.2 Mikrobiální rizika konzumace hmyzu.....	11
3.2.1 Bakterie.....	12
3.2.2 Viry	12
3.2.3 Parazité	12
3.2.4 Mikroskopické vláknité houby	13
3.2.5 Priony	13
3.3 Chemická rizika konzumace hmyzu.....	13
3.4 Alergeny v jedlém hmyzu.....	14
3.5 Dopad na životní prostředí a ekonomické aspekty konzumace hmyzu	14
3.6 Nutriční složení jedlého hmyzu.....	15
3.6.1 Energetický příspěvek	15
3.6.2 Obsah vody a sušiny.....	16
3.6.3 Obsah proteinů	17
3.6.4 Obsah aminokyselin	18
3.6.5 Obsah tuku.....	23
3.6.6 Obsah mastných kyselin	24
3.6.7 Obsah cholesterolu	31
3.6.8 Obsah vitaminů	31
4 Materiály a metody	32
4.1 Materiál	32

4.2	Metody	32
4.2.1	Příprava vzorků.....	32
4.2.2	Oxidativní hydrolýza.....	32
4.2.3	Kyselá hydrolýza.....	33
4.2.4	Stanovení obsahu aminokyselin.....	34
4.2.5	Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta	34
4.2.6	Reesterifikace tuku a stanovení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie	35
4.2.7	Vyhodnocování výsledků	36
5	Výsledky	38
5.1	Obsah tuku	38
5.2	Profil aminokyselin	39
5.3	Profil mastných kyselin	43
6	Diskuze	47
7	Závěr	53
8	Literatura.....	55
9	Přílohy	60

1 Úvod

Entomofágie neboli požívání hmyzu není pro lidstvo žádnou novinkou. V průběhu dějin představoval hmyz důležitý zdroj potravy. Bylo dokázáno, že entomofágie je praktikována nejméně ve 113 zemích a bylo zaznamenáno více než 2 000 druhů jedlého hmyzu, přesto je entomofágie dnes považována za zvláštnost zejména ve vyspělých zemích. Pohled na entomofágiu je velmi ovlivněn kulturními náboženskými zvyklostmi.

Jedlý hmyz je dobrým zdrojem energie, proteinů, tuků, minerálů a vitaminů. Například v Centrální Africe více než 50 % proteinů ve výživě pochází z hmyzu.

Širší přijetí entomofágie by mohlo pomoci zmírnit rostoucí tlak na životní prostředí vyplývající z produkce potravin a snížit podvýživu nejen v rozvojových zemích, celkově tak přispět k udržení života na Zemi.

I přes to, že během posledních let se zájem o entomofágiu rapidně zvýšil v mnoha zemích po celém světě, včetně České Republiky, dostupných údajů o nutričním složení existuje omezené množství.

Ačkoliv konzumace hmyzu přináší jisté výhody (hmyz má vysokou plodnost a může plodit několikrát do roka, má vysokou účinnost konverze krmiva, není náročný na prostor, je všežravý a má vhodné nutriční složení), je potřeba brát v potaz možná rizika, která jeho konzumace přináší (mikrobiální a chemická rizika, obsah alergenů).

Téma entomofágie je velmi diskutováno a bezesporu vyžaduje naši pozornost (Bednářová et al., 2013; Bukkens, 1997; Dobermann et al., 2017; Rumpold et Schluter, 2013b).

Obrázek č. 1: Ilustrační obrázek (entomofágie – cvrček)



Zdroj obrázku: http://mylosththat.com/wp-content/uploads/2015/10/cvrcci_02.jpg

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

Hypotéza: Nutriční vlastnosti sušeného jedlého hmyzu se liší v závislosti na jeho pohlaví.

Cílem diplomové práce bylo v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na nutriční hodnotu cvrčka domácího (*Acheta domestica*).

V praktické části byly proměřeny a porovnány základní nutriční parametry usušených vzorků samců i samic cvrčka domácího se zaměřením na obsah tuku, profil aminokyselin a mastných kyselin.

3 Literární rešerše

3.1 Jedlý hmyz

Ačkoliv je hmyz obvykle považován pro člověka za obtížný, je tradiční potravinou v mnoha částech světa a konzumuje ho více než 2 miliardy lidí (van Huis et al., 2013; Rumpold et Schluter, 2013b). Během posledních let byl zaznamenán zvýšený zájem o jeho používání jako potravin nebo krmivo (EFSA, 2015), a to zejména díky zvyšující se ceně živočišných proteinů, nedostatku potravin a krmiv v některých částech světa, rostoucí populaci a dopadům na životní prostředí (van Huis et al., 2013). Nicméně v současné době je v Evropě příspěvek jedlého hmyzu k celkovému potravinovému příjmu stále omezený, ani o jeho konzumaci neexistují systematicky sbírané údaje (EFSA, 2015).

Jedlý hmyz si získal pozici v některých zemích na úrovni občerstvení nebo je mu věnována pozornost v nabídkách restaurací s vybranou kuchyní. Odborníci předpokládají, že jakmile bude hmyz schválen pro lidskou výživu, spotřeba hmyzu a produktů z něj výrazně vzroste, zejména u dalších generací (EFSA, 2015). Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2283/2015 byl hmyz od 1. ledna 2018 schválen jako potravin nového typu, ale zatím ho v Evropské Unii není povoleno uvádět na trh, jelikož chybí na seznamu pro nové potraviny, jak udává Nařízení Komise (EU) 2470/2017.

Vzhledem k tomu, že hmyz má vysokou plodnost, může plodit několikrát do roka, má vysokou účinnost konverze krmiva, není náročný na prostor, je všežravý a má vhodné nutriční složení (zejména obsahuje vysoké množství proteinů) (Rumpold et Schluter, 2013b), je považován za vhodnou alternativu k tradičním živočišným zdrojům potravin jako jsou kuřecí, vepřové a hovězí maso, ryby, mléko a vejce (EFSA, 2015). Například cvrček *A. domesticus* je stejně efektivní při přeměně krmiva na jedlou hmotu jako drůbež (Lundy et Parrella, 2015; Oonincx et al., 2015).

Na zemi bylo zaznamenáno více než 2 000 druhů jedlého hmyzu zejména z tropických zemí. Hmyz je konzumován v různých vývojových stádiích (larvy, kukly i dospělci). Mezi nejčastěji konzumovaný hmyz patří řády *Coleoptera* (brouci), *Lepidoptera* (housesenky motýlů a můr), *Hemiptera* (cikády, strašilky a lupenitky, ploštice, červci), *Odonata* (vážky) a *Diptera* (mouchy) (EFSA, 2015).

Používání hmyzu je častější mimo EU, ale zájem o produkci hmyzu jako potraviny a krmivo v EU roste. Mezi hmyz komerčně chovaný v mnoha zemích mimo i v rámci Evropy patří cvrčci, červy, mouchy a larvy bource morušového (EFSA, 2015).

Acheta domesticus (cvrček domácí) je chován jak pro konzumaci lidmi, tak pro krmení domácích mazlíčků. Jeho chov probíhá v mnoha zemích včetně Evropy (např. v Nizozemsku), v Thajsku, Laosu, Kambodži, USA a v Keni (EFSA, 2015). V Thajsku je *A. domesticus* preferován před jinými druhy hmyzu díky jeho měkkému tělu (van Huis et al., 2013).

Hmyz je často konzumován celý, může však být zpracován do formy granulí nebo pasty. Možná je i extrakce jednotlivých nutričních složek, ale tyto procesy jsou v současné době příliš drahé (van Huis et al., 2013).

Hmyz je produkován jako krmivo pro domácí mazlíčky i hospodářská zvířata, jejich krmení je legislativně omezeno. Vzhledem k nutričnímu složení hmyz může být složkou krmiv stejně jako jsou další zdroje proteinů (rybí maso nebo sója), ale nenahradí 100 % tradičních složek krmiv, tvoří pouze jejich část (EFSA, 2015).

Byl zjišťován potenciální negativní účinek používání hmyzu v krmivech. Například nahrazení masové moučky (20 % krmné složky drůbeže) moukou ze švábů (*Blatta orientalis*) a termitů (*K. flavicollis*) nevedlo k žádným negativním účinkům na drůbež. Jiní autoři nahradili v krmivech pro brojlerů sójovou moučku (0,5 nebo 10 %) sušenými larvami potěmníků (*T. molitor*), které rostly na nízkotučných odpadních produktech, a nepozorovali negativní efekt. Stejně výsledky byly popsány s dalším hmyzem v krmivech pro brojlerů (*A. simplex*, *A. domesticus*, *Bombyx mori*, *A. diaperinus*, *Tribolium castaneum*, *K. flavicollis*) (Defoliart et al., 1982; Finke et al., 1985; Nakagaki et Defoliart, 1991; Despains et Axtell, 1994; EFSA, 2015).

3.2 Mikrobiální rizika konzumace hmyzu

Existují dva typy mikrobioty považované za potenciální riziko z hmyzu sloužícího jako potravina a krmiva. Mikrobiota spojená s hmyzem jako součást jejich životního stylu a mikrobiota získána hmyzem během chovu, zpracování a převozu. Mikrobiota (zahrnující bakterie, viry a houby) přítomná ve střevě hmyzu je nezbytná pro jeho metabolismus a přežití. Hmyz je zpracován jako potravina nebo krmivo i s jeho obsahem střev, a i když je střevo před úpravou pro konzumaci vyprázdněno, exkrementy zůstávají v substrátu a mohou hmyz kontaminovat. Některá mikrobiota mohou být patogenní za stresových podmínek. Stejně jako ostatní zvířata, hmyz má mikrobiotu i na svém povrchu, a některá je pro hmyz patogenní. Otázkou je, zda některý z těchto mikrobů není patogenní pro lidi a zvířata a pokud ano, tak zda může být na člověka přenesen skrze potraviny a krmiva obsahující hmyz (EFSA, 2015).

3.2.1 Bakterie

Studie týkající se výskytu bakteriálních patogenů člověka a zvířat u chovaného hmyzu používaného jako potraviny a krmivo existují v omezeném počtu. Patogenní bakterie se mohou vyskytovat u nezpracovaného hmyzu a v závislosti na substrátu a podmínkách chovu. Riziko z těchto bakterií může být zmírněné efektivním zpracováním (EFSA, 2015).

Byl stanoven mikrobiální obsah u živého, zpracovaného a skladovaného hmyzu (EFSA, 2015). Studie byla provedena mimo jiné i na *A. domesticus*, v čerstvém stavu, vařeném, pečeném a při skladování (ochlazení a udržení při pokojové teplotě). Výsledky ukazovaly, že u čerstvého hmyzu mohou být nalezeny *Enterobacteriaceae* a sporotvorné bakterie, ale ty obecně nepatří mezi patogenní druhy. Pečení samo není účinné na usmrcení všech *Enterobacteriaceae*, proto je před pečením doporučeno hmyz pár minut vařit. Autoři také ukázali, že fermentace za vzniku kyseliny mléčné byla schopna inaktivovat *Enterobacteriaceae* a udržela zbývající sporotvorné bakterie stabilně na přijatelných úrovních, kdy nebyly schopny klíčit a růst (Klunder et al., 2012).

Další studie stanovila celkový mikrobiální obsah u *A. domesticus* z chovu s uzavřeným cyklem na hodnotu 10^5 – 10^6 KTJ/g. Přítomny byly hlavně gram-pozitivní bakterie, fekální a celkové koliformní bakterie (Belluco et al., 2013).

3.2.2 Viry

Hmyz obsahuje množství virů a mnoho z nich je pro hmyz patogenních. Mohou způsobovat choroby a vést k úmrtí a kolapsu kolonie. Většina virů u hmyzu je specifických pro rody nebo druhy hmyzu, a proto jsou patogenní pro bezobratlí, ale ne pro člověka nebo další obratlovce jako jsou chovná zvířata a ptáci. Nicméně mohou způsobovat ztráty na produkci (EFSA, 2015).

Experimenty zaměřené na densovirus cvrčků ukázaly, že tento virus i když je pozřen, se nemůže replikovat v buňkách obratlovců, což je důležité z hlediska případné virové infekce v organismech obratlovců (El-Far et al., 2004). To samé platí pro entomopoxviry (EFSA, 2015).

V některých případech hmyz může být vektorem pro viry infikující obratlovce (dengue, West Nile virus, haemorrhagická horečka, Chickungunya (EFSA, 2015).

3.2.3 Parazité

I přes dokumentovaný výskyt parazitů u hmyzu obecně a spojitost mezi sporadickými lidskými parazitickými chorobami a konzumací hmyzu, neexistují žádné údaje o výskytu

parazitů u chovaného hmyzu. Řádně řízené uzavřené hospodářské prostředí většinou postrádá všechny potřebné hostitele potřebné pro dokončení parazitárního cyklu. Správné nakládání s hmyzem před konzumací, mrazení a vaření může eliminovat potenciální rizika (EFSA, 2015).

3.2.4 Mikroskopické vláknité houby

Hmyz nese nebo je citlivý na entomopatogenní houby, které produkují pro hmyz specifické toxiny způsobující jeho hynutí. Riziko z hub spojených s hmyzem produkovaným jako potraviny a krmivo souvisí s jejich zavlečením během chovu, zpracováním a skladováním. Obecně by toto mělo být zmírněno hygienickými opatřeními v celém řetězci produkce (EFSA, 2015).

3.2.5 Priony

Riziko spojené s priony z hmyzu může být potenciálně spojeno se třemi hlavními problémy: priony specifické pro hmyz, hmyz jako mechanický vektor zvířecích/lidských prionů, a hmyz jako biologický vektor prionů (např. zahrnutí replikace zvířecích/lidských prionů v rámci hmyzu).

Možný výskyt prionů v nezpracovaném hmyzu záleží na tom, zda substrát obsahuje proteiny lidského původu nebo proteiny pocházející od přežvýkavců.

Normální buněčné prionové proteiny u hmyzu nejsou přirozeně. Tedy neexistuje žádné relevantní riziko v souvislosti s priony specifickými pro hmyz. Pro ten samý důvod se savčí priony nemohou replikovat v hmyzu, a tak nemůže být hmyz zahrnut jako možný biologický vektor prionů (EFSA, 2015).

3.3 Chemická rizika konzumace hmyzu

Stejně jako u produktů z jiných živočichů, mohou potraviny a krmivo z hmyzu obsahovat nebezpečné látky. Některé z těchto látek mohou být přítomné v substrátech pro hmyz, jako jsou environmentální kontaminanty, např. těžké kovy (kadmium), dioxiny, ethery polybromovaných bifenyly, mykotoxiny a rostlinné toxiny (EFSA, 2015).

Hrozbu pro zdraví člověka a zvířat mohou představovat látky akumulující se v hmyzu během jeho chovu (Nightingale et Ayim, 1980). Na akumulaci látek má vliv zejména substrát, dále pak druh hmyzu, stupeň sklizně, způsob produkce a způsob zpracování hmyzu.

Pro hmyz s krátkým životním cyklem, a tak i s limitovaným opakováním krmení, je bioakumulace méně pravděpodobná než u hmyzu chovaném delší dobu.

Přítomnost většiny chemikálií u hmyzu až na přírodní toxiny, které jsou produkovány plísněmi (např. mykotoxiny), lze řídit kontrolováním hladiny kontaminantů v substrátu. Údaje o přenosu kontaminantů z různých substrátů do hmyzu jsou nicméně velmi omezené.

Podmínky zpracování jako ohřívání nebo zmrazování mají minimální efekt na koncentraci většiny chemických kontaminantů, ale jisté druhy zpracování vedou k tvorbě toxických substrátů, jak jsou heterocyklické aromatické aminy, akrylamid, chloropropanoly a furany (EFSA, 2015).

3.4 Alergeny v jedlém hmyzu

Hmyz může vyvolávat alergické reakce, jako jsou ekzém, rýmu, zánět spojivek a bronchiální astma, avšak většina známých alergických reakcí z hmyzu je způsobena hmyzím kousnutím nebo bodnutím.

Bylo zaznamenáno mnoho případů, ve kterých konzumace hmyzu u lidí způsobila alergickou reakci, a dokonce anafylaktický šok. Složkou hmyzu, která je podezřelá z vyvolávání alergické reakce u lidí, je chitin. Chitin je polysacharid složený z N-acetyl-D-glukosaminu, který tvoří exoskelet hmyzu, vyskytuje se též v buněčných stěnách hub. Samotný chitin není alergenní, ale v závislosti na způsobu jeho podání a velikosti jeho částic má imunomodulační vlastnosti, které mohou mít důsledky na alergické projevy vyvolané jinými alergeny.

Ačkoli se objevují alergie nejen u lidí, ale i u mazlíčků a hospodářských zvířat, nebyly doposud zaznamenány žádné informace o alergiích zvířat způsobených konzumací krmiva obsahující hmyz (EFSA, 2015).

3.5 Dopad na životní prostředí a ekonomické aspekty konzumace hmyzu

Produkce a zpracování hmyzu sice vyžaduje energii, vodu, půdu a další zdroje (EFSA, 2015), ale celkově poskytuje potravu za nízké náklady na životní prostředí (van Huis et al., 2013). Má také významné přínosy na hospodářství a zabezpečení dostatečného množství potravin (EFSA, 2015).

Dopad chovu hmyzu na životní prostředí z hlediska zdrojů a emisí závisí na druhu hmyzu, použitém substrátu a krmivu a dalších ovlivňujících faktorech, ale je srovnatelný s dalšími systémy živočišné produkce (EFSA, 2015).

Optimalizovaný chov hmyzu vede k nižším emisím skleníkových plynů a amoniaku než u dobytka nebo prasat (Oonincx et al., 2010) a k vyšší účinnosti přeměny krmné bílkoviny

a vyžaduje nízké finanční investice. Environmentální riziko chovu hmyzu je srovnatelné s ostatními systémy živočišné produkce (EFSA, 2015).

Laboratorní chov cvrčků *A. domesticus* byl ovlivněn typem krmiva používaného pro jejich chov. Bylo zjištěno, že cvrčci chovaní na krmivu pro drůbež vykazovali stejnou konverzi krmiva a emise jako drůbež (Lundy aet Parrella, 2015; Oonincx et al., 2015). Cvrčci vyžadují pouze 1,7 kilogramů krmiva na každý získaný kilogram hmotnosti (van Huis et al., 2013). Další studie uvádí, že cvrčci jsou dvakrát účinnější při přeměně krmiva než kuřata, alespoň čtyřikrát účinnější než prasata a až dvanáctkrát účinnější než skot. To je pravděpodobně způsobeno tím, že hmyz nevyžaduje krmivo pro udržení své tělesné teploty (Nakagaki et Defoliart, 1991).

Hmyz je silným biokonvertorem, který může transformovat biomasu s nízkou kvalitou, včetně lidských a živočišných odpadů, na nutričně hodnotné bílkoviny, což může snižovat znečištění životního prostředí (van Huis et al., 2013; EFSA, 2015).

3.6 Nutriční složení jedlého hmyzu

Hmyz je z hlediska nutričního složení zdravou alternativou k tradičním zdrojům, jako jsou kuřecí, vepřové, hovězí maso a ryby (van Huis et al., 2013).

Nutriční hodnoty u jedlého hmyzu dosahují poměrně širokého rozmezí hodnot (Rumpold et Schluter, 2013b; Rumpold et Schluter, 2013a). Tyto specifické nutriční hodnoty závisí na konkrétním druhu hmyzu, na způsobu jeho chovu a krmení, na jeho zpracování, vývojovém stádiu, ale také na způsobu jejich měření (Rumpold et Schluter, 2013b; EFSA, 2015; Oonincx et al., 2015). Způsob úpravy před konzumací (vaření, sušení a pečení) též ovlivňuje nutriční složení (van Huis et al., 2013; Tiencheu et al., 2013).

Jedlý hmyz je obecně bohatým alternativním zdrojem proteinů, které spolu s tukem patří mezi hlavní složky hmyzu (Zielinska et al., 2015) a jeho skladba aminokyselin splňuje požadavky pro výživu lidí. Dále je jedlý hmyz bohatý na obsah MUFA a PUFA, vlákniny, několika minerálních látek a některých vitaminů (Rumpold et Schluter, 2013a; 2013b).

3.6.1 Energetický příspěvek

Mnoho druhů jedlého hmyzu představuje dostatečný zdroj energie pro výživu člověka. Průměrný obsah energie v hmyzu se pohybuje mezi 409,78 a 508,85 kcal/100 g sušiny. (Rumpold et Schluter, 2013b). V tabulce č. 1 je zobrazen průměrný obsah energie u různých řádů jedlého hmyzu.

U dospělců cvrčka *Grylloides sigillatus* byl zjištěn energetický příspěvek od 452 kcal/100 g sušiny (1896 kJ/100 g), což je srovnatelné s energií dodávanou hovězím masem (1735 kJ/100 g) (Zielinska et al., 2015).

U cvrčka *A. domesticus* bylo zjištěno, že dospělci poskytují 1 402 kcal/kg celkové hmoty a nymfy 949 kcal/kg celkové hmoty. To při obsahu 69,2 % vody pro dospěléce dává 455,19 kcal/100 g sušiny, a při 77,1 % vody pro nymfy 414,41 kcal/100 g sušiny (Finke, 2002). Jiná studie uvádí hodnotu 153 kcal/100 g jedlého podílu (Payne et al., 2016).

Tabulka č. 1: Obsah energie u různých řádů jedlého hmyzu (kcal/100 g sušiny) (převzato od Rumpold et Schluter (2013) a upraveno)

Řád	Obsah energie
<i>Coleoptera</i> (brouci, housenky)	490,30
<i>Diptera</i> (mouchy)	409,78
<i>Hemiptera</i> (ploštice)	478,99
<i>Hymenoptera</i> (mravenci, včely)	484,45
<i>Lepidoptera</i> (motýli, můry)	508,89
<i>Odonata</i> (vážky, motýlice)	431,33
<i>Orthoptera</i> (cvrčci, kobylky)	426,25

3.6.2 Obsah vody a sušiny

Obsah vody byl u dospělců cvrčka domácího zjištěn 69,20 %, podíl sušiny tedy tvoří 30,80 %. Nymfy obsahují více vody (77,10 %) a méně sušiny (22,90 %) (Finke, 2002). Jiné zdroje uvádí obsah vody $73,20 \pm 1,90$ % pro dospěléce, $66,80 \pm 9,80$ % pro juvenilní stádia (Barker et al., 1998) a $24,1 \pm 1,52$ % sušiny (Oonincx et al., 2015). Tabulka č. 2 zobrazuje obsah vody a sušiny u vybraných druhů jedlého hmyzu.

Tabulka č. 2: Obsah vody a sušiny u vybraných druhů jedlého hmyzu (%) (převzato od Finke (2002) a upraveno)

Druh jedlého hmyzu	Obsah vody	Obsah sušiny
<i>Zophobas morio</i> (Potemník brazilský)	57,90	42,10
<i>Tenebrio molitor</i> (Potemník moučný) – larva	61,00	39,00
<i>Tenebrio molitor</i> (Potemník moučný) – dospělec	63,70	36,30
<i>Galleria mellonella</i> (Zavíječ voskový)	58,50	41,50
<i>Bombyx mori</i> (Bourec morušový)	82,70	17,30

3.6.3 Obsah proteinů

Proteiny jsou tvořeny z aminokyselin spojených peptidovou vazbou, které jsou formovány do trojrozměrné struktury proteinu. Proteiny jsou významným zdrojem dusíku a aminokyselin, které tělo vyžaduje například pro růst a tvorbu tkání, enzymů, peptidových hormonů, neurotransmiterů, nukleových kyselin a mnoho dalších látek důležitých pro tělo. Podle EFSA je požadavek na denní příjem proteinů 0,66 g/kg hmotnosti (EFSA, 2012).

Jedlý hmyz je obecně bohatým alternativním zdrojem proteinů (Zielinska et al., 2015). Průměrný obsah proteinů se u hmyzu pohybuje od 35,34 do 61,32 % v sušině. U řádu *Orthoptera*, do kterého patří cvrčci, je průměrný obsah proteinů nejvyšší (Rumpold et Schluter, 2013b). V tabulce č. 3 je zobrazen průměrný obsah proteinů u různých řádů jedlého hmyzu.

Tabulka č. 3: Obsah proteinů u různých řádů jedlého hmyzu

(% v sušině) (převzato od Rumpold et Schluter (2013) a upraveno)

Řád	Obsah proteinů
<i>Blattodea</i> (švábi)	57,30
<i>Coleoptera</i> (brouci, housenky)	40,69
<i>Diptera</i> (mouchy)	49,48
<i>Hemiptera</i> (ploštice)	48,33
<i>Hymenoptera</i> (mravenci, včely)	46,47
<i>Isoptera</i> (termity)	35,34
<i>Lepidoptera</i> (motýli, můry)	45,38
<i>Odonata</i> (vážky, motýlice)	55,23
<i>Orthoptera</i> (cvrčci, kobylky)	61,32

U dospělců cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah proteinů 70 % v sušině (Zielinska et al., 2015).

Pro cvrčka *A. domesticus* bylo zjištěno, že dospělci obsahují 205 g proteinů/kg celkové hmotnosti a nymfy 154 g proteinů/ kg celkové hmotnosti. To při obsahu vody 69,2 % pro dospělé a 77,1 % pro nymfy dává obsah proteinů 66,56 % v sušině pro dospělé a 67,25 % v sušině pro nymfy (Finke, 2002). Jiný zdroj uvádí hodnotu 64,38 % v sušině pro dospělé a 55 % v sušině pro mladé cvrčky, 70,75 % v sušině pro dospělé a 70,56 % v sušině pro nymfy (Rumpold et Schluter, 2013b). Též byly zjištěny 59,2 a 57,8 % v sušině v závislosti na výživě (Oonincx et al., 2015). Další studie uvádí hodnotu 15,6 g/100 g jedlého podílu (Payne et al., 2016) a 21,5 % celkové hmotnosti (Yi et al., 2013).

Pro cvrčka *Brachytrupes portentosus* Lichtenstein byl zjištěn obsah proteinů 48,69 % v sušině (Raksakantong et al., 2010) a u dospělců *Brachytrupes membranaceus* Drury 35,06 % v sušině (Rumpold et Schluter, 2013b).

U dalšího cvrčka *Anabrus simplex* byla zjištěna hodnota 57,7 % v sušině (Defoliart et al., 1982). U *Brachytrupes* spp. byl obsah proteinů stanoven na 6,25 % v sušině (Banjo et al., 2006).

Obsah a kvalita proteinů hmyzu ve srovnání s jinými živočišnými a rostlinnými bílkovinami musí být posuzována prostřednictvím zastoupení a obsahu aminokyselin (Zielinska et al., 2015).

3.6.4 Obsah aminokyselin

Existuje dvacet základních aminokyselin, které tvoří proteiny. Devět z nich je pro člověka nepostradatelných (histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin), další si umí tělo syntetizovat (alanin, arginin, cystein, glutamin, glycin, prolin, tyrosin, asparagová kyselina, asparagin, glutamová kyselina a serin) (EFSA, 2012). Většina hmyzích druhů poskytuje dostatečné množství požadovaných esenciálních aminokyselin (Rumpold et Schluter, 2013b). V tabulce č. 4 jsou zobrazeny doporučené denní dávky esenciálních aminokyselin.

Tabulka č. 4: Doporučené denní dávky esenciálních aminokyselin (převzato od WHO (2007) a upraveno)

Aminokyselina	mg/kg/den	mg/g proteinu* (referenční protein)
Lysin	30	45
Leucin	39	59
Isoleucin	20	30
Valin	26	39
Threonin	15	23
Fenylalanin + tyrosin	25	38
Tryptofan	4	6
Methionin	10	16
Cystein	4	6
Histidin	10	15

*při doporučeném příjmu 0,66 g proteinu/kg/den

Byly provedeny výživové studie s laboratorními zvířaty. Při podávání různých krmiv hmyzího původu potkanům bylo zjištěno, že proteiny z krmiv obsahující cvrčky *A. domesticus* nebo *A. simplex* byly srovnatelným nebo lepším zdrojem esenciálních aminokyselin než proteiny sójové (Finke et al., 1989).

Obecně byl obsah aminokyselin histidinu, lysinu a tryptofanu v hmyzu relativně menší ve srovnání s rybím masem a sójou (Sanchez-Muros et al., 2014).

U dospělců cvrčka *A. domesticus* byl zjištěn obsah **histidinu** 23,4 mg/g proteinu a u nymfy 22,1 mg/g proteinu (Finke, 2002), jiné zdroje uvádí 25 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 25,7 mg/g proteinu pro nymfy a 22,7 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Další studie uvádí 21 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Hodnoty přibližně odpovídají zjištěnému průměrnému obsahu 21,2 mg histidinu/g proteinu pro řád *Orthoptera* (cvrčci, kobylky). Obecně se průměrný obsah histidinu se pohybuje mezi 15,7 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* (ploštice) a 27,0 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera* (včely, mravenci, vosy) (Rumpold et Schluter, 2013b). U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah histidinu 17,2 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015). Pro cvrčka *A. simplex* byla zjištěna hodnota 22 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 33 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **isoleucinu** se pohybuje mezi 29,9 mg/g proteinu pro řád *Blattoda* (švábi) a 47,8 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah isoleucinu 39,6 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). U cvrčka *A. domesticus* byly zjištěny hodnoty 45,9 mg/g proteinu pro dospělé a 42,9 mg/g proteinu pro nymfy (Finke, 2002), jiné zdroje uvádí 40 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále pak 40,6 mg/g proteinu pro nymfy a 36,4 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b) a 36 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah isoleucinu 26,6 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015). U dalšího cvrčka *A. simplex* byla hodnota stanovena na 37 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a na 53 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Pro *A. domesticus* byly zjištěny hodnoty obsahu **leucinu** 100,0 mg/g proteinu pro dospělé a 95,5 mg/g proteinu pro nymfy (Finke, 2002), další zdroje uvádí 76 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 72,6 mg/g proteinu pro nymfy a 66,7 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b), dále pak 66 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah leucinu se pohybuje mezi 49,8 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 78,4 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah leucinu 74,8 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah leucinu 57,8 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a pro dalšího cvrčka *A. simplex* 68 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 86 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **lysinu** se pohybuje mezi 28,0 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 62,9 mg/g proteinu pro řád *Diptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah lysinu 53,9 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro *A. domesticus* byly zjištěny hodnoty 53,7 mg/g proteinu pro dospělé a 53,9 mg/g proteinu pro nymfy (Finke, 2002). Další práce uvádějí 59 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 62,3 mg/g proteinu pro nymfy a 51,1 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b), dále též 53 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Obsah lysinu byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven na 38,4 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 54 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 62 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Pro **methionin** se průměrný obsah pohybuje mezi 16,2 mg/g proteinu pro řád *Coleoptera* (brouci, housenky) a 29,8 mg/g proteinu pro řád *Blattoda*. Pro řád *Orthoptera* je obsah methioninu 19,3 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro *A. domesticus* byla zjištěna hodnota 14,6 mg methioninu/g proteinu pro dospělé a 13,0 mg methioninu/g proteinu pro nymfy (Finke, 2002), jiné práce uvádějí 17 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále pak 15,4 mg/g proteinu pro nymfy a 19,6 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah methioninu 15,9 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015), pro *A. simplex* 15,0 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 13 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **cysteinu** se pohybuje mezi 5,3 mg/g proteinu pro řád *Diptera* a 14,6 mg/g proteinu pro řád *Coleoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah cysteinu 12,8 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). U dospělé *A. domesticus* byl zjištěn obsah cysteinu 8,3 mg/g proteinu a u nymf 8,4 mg/g proteinu (Finke, 2002), další práce uvádějí 9 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále pak 9,1 mg/g proteinu pro nymfy a 9,8 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Obsah cysteinu byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven na 11,1 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* na 13 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

Průměrný obsah celkových **sirných aminokyselin** (methionin a cystein) se pohybuje mezi 29,8 mg/g proteinu pro řád *Orthoptera* a 41,4 mg/g proteinu pro řád *Blattoda* (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro nymfy *A. domesticus* byl celkový obsah sirných aminokyselin stanoven na 21,4 mg/g proteinu a pro dospělé 22,9 mg/g proteinu (Finke, 2002), jiné zdroje uvádí 26 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 24,6 mg/g proteinu pro nymfy a 29,3 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold and Schluter, 2013b). Další studie uvádí 25 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). U cvrčka *G. sigillatus* byla zjištěna hodnota 27 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 28 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 14 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Pro *A. domesticus* byl stanoven obsah **fenylalaninu** 27,9 mg/g proteinu pro nymfy a 31,7 mg/g proteinu pro dospělé (Finke, 2002), další práce uvádí 34 mg/g proteinu (Finke

et al., 1989), dále pak 32 mg/g proteinu pro nymfy a 30,2 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Průměrný obsah fenylalaninu se pohybuje mezi 30,6 mg/g proteinu pro řád *Blattoda* a 50,6 mg/g proteinu pro řád *Diptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah fenylalaninu 46,6 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro cvrčka *G. sigillatus* byla hodnota stanovena na 22 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a pro *A. simplex* na 33 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 28 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **tyrosinu** se pohybuje mezi 38,7 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 62,3 mg/g proteinu pro řád *Blattoda*. Pro řád *Orthoptera* je obsah tyrosinu 61,5 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro dospělé *A. domesticus* byla stanovena hodnota 48,8 mg/g proteinu a u nymf 55,2 mg/g proteinu (Finke, 2002), jiné práce uvádějí 53 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 62,9 mg/g proteinu pro nymfy a 44 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah tyrosinu 31,8 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 47 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

U dospělců *A. domesticus* byl stanoven obsah **threoninu** 36,1 mg/g proteinu a u nymf 35,7 mg/g proteinu (Finke, 2002), další zdroje uvádějí 43 mg/proteinu (Finke et al., 1989), dále též 38,9 mg/g proteinu pro nymfy a 31,1 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold and Schluter, 2013b). Jiná práce uvádí hodnotu 35 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah threoninu se pohybuje mezi 29,9 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 41,7 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah threoninu 35,8 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Obsah threoninu byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven na 36,8 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* na 43 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 48 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Pro dospělé *A. domesticus* byl zjištěn obsah **tryptofanu** 6,3 mg/g proteinu a pro nymfy 5,2 mg/g proteinu (Finke, 2002), další zdroj udává hodnoty 6,3 mg/g proteinu pro nymfy a 7,6 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b), dále pak 9 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah tryptofanu se pohybuje mezi 6,0 mg/g proteinu pro řád *Blattoda* a 28,3 mg/g proteinu pro řád *Diptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah tryptofanu 8,1 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro *A. simplex* byla zjištěna hodnota 5 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **valinu** se pohybuje mezi 44,3 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 60,5 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah valinu 50,3 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro nymfy *A. domesticus* byl obsah valinu zjištěn 49,4 mg/g proteinu. Pro dospělé byla hodnota stanovena na 52,2 mg/g proteinu (Finke, 2002), jiné práce udávají hodnoty 57 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 60 mg/g proteinu pro nymfy

a 48,4 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Další práce uvádí hodnotu 55 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). U cvrčka *G. sigillatus* byl obsah valinu stanoven na 47 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* na 49 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a 60 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Průměrný obsah **argininu** se pohybuje mezi 24,9 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* (ploštica) a 53,9 mg/g proteinu pro řád *Coleoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah argininu 53,6 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Hodnota 61,0 mg/g proteinu byla stanovena pro dospělé i nymfy *A. domesticus* (Finke, 2002), další práce uvádějí 78 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále pak 70,9 mg/g proteinu pro nymfy a 57,3 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Další práce uvádí hodnotu 65 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Hodnota argininu byla u cvrčka *G. sigillatus* stanovena na 46,6 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* na 63 mg/g proteinu (Finke et al., 1989) a dle jiné studie na 45 mg/g proteinu (Defoliart et al., 1982).

Pro nymfy *A. domesticus* byla zjištěna hodnota 41,6 mg **serinu**/g proteinu a pro dospělé 49,8 mg serinu/g proteinu (Finke, 2002), jiné zdroje uvádí 43 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále též 42,9 mg/g proteinu pro nymfy a 52 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold and Schluter, 2013b) a 38 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah serinu se pohybuje mezi 10,3 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 60,0 mg/g proteinu pro řád *Diptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah serinu 41,9 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah serinu 40,4 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 48 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

U dospělců *A. domesticus* byla stanovena hodnota obsahu **prolinu** 56,1 mg/g proteinu a u nymf 55,2 mg/g proteinu (Finke, 2002), další práce uvádějí 46 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 61,1 mg/g proteinu pro nymfy a 54,2 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Jiná práce udává hodnotu 54 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah prolinu se pohybuje mezi 27,8 mg/g proteinu pro řád *Diptera* a 66,7 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah prolinu 53,9 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah prolinu 54,2 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) pro *A. simplex* 39 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

U nymf *A. domesticus* byl obsah **alaninu** zjištěn 89,0 mg/g proteinu a u dospělců 87,8 mg/g proteinu (Finke, 2002), další zdroje udávají 86 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále pak 101,1 mg/g proteinu pro nymfy a 76,9 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b) a 81 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Průměrný obsah alaninu se pohybuje mezi 26,4 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 77,4 mg/g proteinu pro řád *Orthoptera* (Rumpold

et Schluter, 2013b). U cvrčka *G. sigillatus* byla stanovena hodnota 58 mg/g proteinu pro obsah alaninu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 81 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

Průměrný obsah **glycinu** se pohybuje mezi 16,4 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 81,3 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah glycinu 54,0 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). U dospělců *A. domesticus* byl zjištěn obsah glycinu 50,7 mg/g proteinu a u nymf 52,6 mg/g proteinu (Finke, 2002), jiné zdroje udávají 59 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), dále též 60,6 mg/g proteinu pro nymfy a 45,3 mg/g proteinu pro dospělé (Rumpold et Schluter, 2013b). Další práce uvádí hodnotu 51 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah glycinu 40,7 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u 54 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

Průměrný obsah **glutamové kyseliny** se pohybuje mezi 23,7 mg/g proteinu pro řád *Hemiptera* a 134,3 mg/g proteinu pro řád *Hymenoptera*. Pro řád *Orthoptera* je obsah glutamové kyseliny 94,5 mg/g proteinu (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro nymfy *A. domesticus* byla zjištěna hodnota 103,9 mg/g proteinu a pro dospělé 104,9 mg/g proteinu (Finke, 2002), další zdroje udávají hodnoty 112 mg/g proteinu (Finke et al., 1989), 117,1 mg/g proteinu u nymf a 104,4 mg/g proteinu u dospělců (Rumpold et Schluter, 2013b), dále pak 110 mg/g proteinu (Yi et al., 2013). Obsah glutamové kyseliny byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven na 106 mg/g proteinu (Zielinska et al., 2015) a u *A. simplex* 104 mg/g proteinu (Finke et al., 1989).

3.6.5 Obsah tuku

Celkový tuk zahrnuje triacylglyceroly a doprovodné látky lipidů jako jsou například fosfatidylcholin a cholesterol. Triacylglyceroly jsou molekuly tvořené třemi mastnými kyselinami a glycerolem. Mastné kyseliny tvoří 92 % tuku. Tuk patří mezi hlavní zdroje energie pro tělo. Tuky poskytují energii 37 kJ (9 kcal)/g. Příjem tuku je též důležitý z hlediska příjmu látek rozpustných v tucích (např. vitaminů). Tuky a oleje jsou důležitými zdroji esenciálních mastných kyselin (EFSA, 2010). Podle EFSA by denní příjem tuku měl představovat 20–30 % z celkové přijaté energie (EFSA, 2010).

Obsah tuku společně s proteiny tvoří dvě nejzastoupenější složky hmyzu (Zielinska et al., 2015). Pohybuje se v rozmezí mezi 13,41 % v sušině pro *Orthoptera* a 33,40 % v sušině pro *Coleoptera*. Obsah tuku bývá obecně vyšší u larválních stádií a kukel než u dospělců (Rumpold and Schluter, 2013b). V tabulce č. 5 je zobrazen průměrný obsah tuku u různých řádů jedlého hmyzu.

Tabulka č. 5: Obsah tuku u různých řádů jedlého hmyzu (% v sušině)
(převzato od Rumpold et Schluter (2013) a upraveno)

Řád	Obsah tuku
<i>Blattodea</i> (šváby)	29,90
<i>Coleoptera</i> (brouci, housenky)	33,40
<i>Diptera</i> (mouchy)	22,75
<i>Hemiptera</i> (ploštice)	30,26
<i>Hymenoptera</i> (mravenci, včely)	25,09
<i>Isoptera</i> (termity)	35,34
<i>Lepidoptera</i> (motýli, můry)	27,66
<i>Odonata</i> (vážky, motýlice)	19,83
<i>Orthoptera</i> (cvrčci, kobylky)	13,41

U dospělců cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn obsah tuku 18,23 % v sušině (Zielinska et al., 2015). U cvrčka *A. domesticus* byl zjištěn obsah tuku 68 g/kg celkové hmotnosti (22,08 % v sušině) pro dospělé a 33 g/kg celkové hmotnosti (14,41 % v sušině) pro nymfy (Finke, 2002). Další studie uvádějí hodnoty 22,8 % v sušině pro dospělé a 9,8 % v sušině pro mladé jedince (Barker et al., 1998) a 18,55 % v sušině pro dospělé a 17,74 % v sušině pro nymfy (Rumpold et Schluter, 2013b). Jiné studie udávají hodnoty 4,56 g/100 g jedlého podílu (Payne et al., 2016) 3,6 % celkové hmotnosti (Yi et al., 2013).

Byla provedena studie, kdy byl tuk u *A. domesticus* extrahován třemi různými metodami. Při extrakci vodou byla zjištěna hodnota 1,6 g/100 g čerstvé hmoty, pro extrakci dle Soxhleta hodnota 7,6 g/100 g čerstvé hmoty a metodou podle Folche hodnota 7,5 g/100 g čerstvé hmoty (Tzompa-Sosa et al., 2014). U dalšího cvrčka *B. portentosus* Lichtenstein byl obsah tuku stanoven na 20,6 % v sušině (Raksakantong et al., 2010) a u dospělé *Brachytrupes membranaceus* na 53,05 % v sušině (Rumpold et Schluter, 2013b). Pro *Brachytrupes* spp. byl obsah tuku stanoven na 3,24 % v sušině (Banjo et al., 2006). U cvrčka *A. simplex* byla zjištěna hodnota pro obsah tuku 12,4 % v sušině (Defoliart et al., 1982).

3.6.6 Obsah mastných kyselin

Mastné kyseliny se zúčastní mnoha fyziologických procesů v těle. Jsou strukturálními komponenty buněčných membrán, prekurzory bioaktivních molekul, regulátory enzymové aktivity a genové exprese.

Mastné kyseliny jsou klasifikovány podle počtu dvojných vazeb v uhlíkatém řetězci. Nasycené mastné kyseliny (SFA) nemají žádnou dvojnou vazbu. V dietě nejvíce převládají laurová kyselina (C12:0), myristová kyselina (14:0), palmitová kyselina (16:0) a stearová kyselina (C18:0). Monoenové mastné kyseliny (MUFA) mají jednu dvojnou vazbu a ve výživě je nejvíce zastoupena olejová kyselina [C18:1 (cis-9)]. Polyenové mastné kyseliny (PUFA) mají dvě a více dvojných vazeb. α -linolenová kyselina [C18:3 (all-cis-9,12,15)] a linolová kyselina [C18:2 (cis, cis-9,12)] jsou pro člověka esenciální a musí být dodávány výživou. Arachidonová kyselina [C20:4 (all-cis-5,8,11,14)] a eikosapentaenová kyselina [(EPA); C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)] mohou být transformovány na biologicky aktivní eikosanoidy, které zahrnují prostaglandiny, prostacykliny a leukotrieny, které působí například na regulaci krevního tlaku, funkci ledvin a srážení krve. Ve výživě hrají důležitou roli i dokosapentaenová kyselina [(DPA; C22:5 (all-cis-4,10,13,16,19)] a dokosahexaenová kyselina (DHA; C22:6 (all-cis-4,7,10,13,16,19)).

Existuje pozitivní závislost mezi příjmem SFA a hladinou LDL (low density lipoprotein) cholesterolu v krvi. Existují důkazy, že snížení příjmu SFA a jejich nahrazení n-6 PUFA, bez změny celkového příjmu tuku, snižuje riziko kardiovaskulárních příhod (EFSA, 2010). Bylo dokázáno, že vysoký příjem *trans* mastných kyselin zvyšuje riziko ischemické choroby srdeční (Mozaffarian and Clarke, 2009).

Podle EFSA by příjem SFA a *trans* mastných kyselin měl být co nejmenší. EFSA nestanovuje žádné referenční hodnoty pro celkové (cis-PUFA), poměr n-3/n-6 mastných kyselin (dříve byl doporučován poměr 5-10:1), arachidonovou kyselinu [C20:4 (all-cis-5,8,11,14)] a konjugovanou kyselinu linolovou [CLA; C18:2 (cis, cis-9,11)]. Stanovuje hodnotu pro adekvátní příjem linolové kyseliny 4 % celkové energie, 0,5 % celkové energie pro α -linolenovou kyselinu [ALA; C18:3 (all-cis-9,12,15)] a 250 mg pro eikosapentaenovou [EPA; C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)] a dokosahexaenovou kyselinu [DHA; C22:6 (all-cis-4,7,10,13,16,19)]. EFSA nestanovuje maximální tolerovatelnou hladinu pro žádnou z n-6 PUFA a α -linolenovou kyselinu [ALA; C18:3 (all-cis-9,12,15)] (EFSA, 2010).

Průměrné množství SFA u jedlého hmyzu se pohybuje v rozmezí od 30,83 do 41,97 % a to hlavně z palmitové kyseliny (C16:0) a stearové kyseliny (C18:0). Množství MUFA se průměrně pohybuje mezi 22,00 a 48,60 % a PUFA mezi 15,95 a 39,76 %. Hlavními MUFA jsou u hmyzu palmitolejová kyselina [C16:1 (cis-9)] a olejová kyselina [C18:1 (cis-9)]. (Rumpold et Schluter, 2013b). V tabulce č. 6 je zobrazen obsah mastných kyselin v různých potravinách.

Tabulka č. 6: Přehled mastných kyselin obsažených v různých potravinách (g/100 g tuku) (převzato od Svačina (2008) a upraveno)

Mastná kyselina	Hovězí (sval)	Kuřecí (sval)	Vepřové (sval)	Palma (jádro)	Mléko kravské	Řepka	Sója	Slunečnice
Nasycené C4 – C12	-	-	-	53,00	13,00	-	-	-
C14:0	-	-	-	18,00	12,00	-	-	-
C16:0	16,00	23,00	19,00	9,00	26,00	4,00	10,00	6,00
C16:1 (cis-9)	2,00	6,00	2,00	-	3,00	-	-	-
C18:0	11,00	12,00	12,00	3,00	11,00	1,00	4,00	6,00
C18:1 (cis-9)	20,00	33,00	19,00	15,00	29,00	53,00	25,00	33,00
C18:2 (cis, cis-9,12)	26,00	18,00	26,00	2,00	2,00	23,00	52,00	52,00
C18:3 (all-cis-9,12,15)	1,00	1,00	-	-	1,00	10,00	7,00	5,00
C20:4 (all-cis-5,8,11,14)	1,00	6,00	8,00	-	-	-	-	-

Tabulka č. 6 – pokračování: Přehled mastných kyselin obsažených v různých potravinách – upraveno na % mastných kyselin (tuk tvoří z 92 % mastné kyseliny)

Mastná kyselina	Hovězí (sval)	Kuřecí (sval)	Vepřové (sval)	Palma (jádru)	Mléko kravské	Řepka	Sója	Slunečnice
Nasyčené C4 – C12	-	-	-	57,61	-	-	-	-
C14:0	-	-	-	19,57	13,04	-	-	-
C16:0	17,39	25,00	20,65	9,78	28,26	4,35	10,87	6,52
C16:1 (cis-9)	2,17	6,52	2,17	-	3,26	-	-	-
C18:0	11,96	13,04	13,04	3,26	11,96	1,09	4,35	6,52
C18:1 (cis-9)	21,74	35,87	20,65	16,30	31,52	57,61	27,17	35,87
C18:2 (cis, cis-9,12)	28,26	19,57	28,26	2,17	2,17	25,00	56,52	56,52
C18:3 (all-cis-9,12,15)	1,09	1,09	-	-	1,09	10,87	7,61	5,43
C20:4 (all-cis-5,8,11,14)	1,09	6,52	8,70	-	-	-	-	-

Jedlý hmyz je bohatý na nenasycené mastné kyseliny, které jsou pro výživu člověka důležité. Obsah mastných kyselin u hmyzu je obecně srovnatelný s drůbeží a rybami, pokud jde o nenasycené mastné kyseliny, ale hmyz obsahuje více PUFA. Hovězí a vepřové maso obsahují málo PUFA, největší část mastných kyselin zde představují MUFA (Zielinska et al., 2015). V tabulce č. 7 je vidět průměrný obsah SFA, MUFA a PUFA u různých řádů hmyzu.

Tabulka č. 7: Průměrný obsah SFA, MUFA a PUFA u různých řádů hmyzu
(% mastných kyselin) (převzato od Rumpold et Schluter (2013) a upraveno)

Řád	SFA	MUFA	PUFA
<i>Isoptera</i> (termity)	41,97	22,00	36,04
<i>Coleoptera</i> (brouci, housenky)	38,49	35,72	27,14
<i>Diptera</i> (mouchy)	33,02	47,23	15,95
<i>Hemiptera</i> (ploštice)	43,89	32,39	22,89
<i>Hymenoptera</i> (včely, mravenci, vosy)	29,88	48,76	21,18
<i>Lepidoptera</i> (motýli, moli)	37,04	23,36	39,76
<i>Orthoptera</i> cvrčci, kobylky)	32,05	29,37	37,08

SFA – nasycené mastné kyseliny, MUFA – monoenoové mastné kyseliny, PUFA – polyenoové mastné kyseliny

U cvrčka *G. sigillatus* byl zjištěn poměr n-6/n-3 mastných kyselin zhruba 14:1, což je nejbližší poměru 10:1, který byl dříve požadován FAO (Zielinska et al., 2015). Podobný poměr byl zjištěn u cvrčka *A. domesticus* (13,28:1) (Tzompa-Sosa et al., 2014). Poměr n-6/n-3 je důležitý z hlediska rizika koronární srdeční choroby (Zielinska et al., 2015).

Pro cvrčka *G. sigillatus* byl stanoven obsah laurové kyseliny (C12:0) 0,1 % mastných kyselin, myristové kyseliny (C14:0) 1,65 % mastných kyselin, myristolejové kyseliny [C14:1 (cis-9)] 0,09 % mastných kyselin, pentadekanové kyseliny (C15:0) 0,24 % mastných kyselin, palmitové kyseliny (16:0) 23,5 % mastných kyselin, palmitolejové kyseliny [C16:1 (cis-9)] 3,78 % mastných kyselin, heptadekanové kyseliny (C17:0) 0,32 % mastných kyselin, heptadecenové kyseliny [C17:1 (cis-10)] 0,29 % mastných kyselin, stearové kyseliny (C18:0) 7,35 % mastných kyselin, olejové [C18:1 (cis-9)] a elaidové kyseliny [C18:1 (trans-9)] 29,14 % mastných kyselin, linolové [C18:2 (cis, cis-9,12)] a linolelaidové [C18:2 (trans, trans-9,12)] 29,78 % mastných kyselin, α -linolenové kyseliny [C18:3 (all-cis-9,12,15)] 2,13 % mastných kyselin, arachové kyseliny (C20:0) 0,4 % mastných kyselin, eikosenové kyseliny [C20:1 (cis-

11)] na 1,03 % mastných kyselin, heneikosanové kyseliny (C21:0) 0,13 % mastných kyselin a behenové kyseliny (C22:0) 0,07 % mastných kyselin (Zielinska et al., 2015).

Pro dalšího cvrčka *B. portentosus* Lichtenstein byl obsah palmitové kyseliny (C16:0) stanoven 1,61 % mastných kyselin, palmitolejové kyseliny [C16:1 (cis-9)] 0,71 % mastných kyselin, stearové kyseliny (C18:0) 35,79 % mastných kyselin, olejové kyseliny [C18:1 (cis-9)] 3,40 % mastných kyselin, eikosatrienové kyseliny [C20:3 (all-cis-8,11,14)] 7,94 % mastných kyselin a arachidonové kyseliny [C20:4 (all-cis-5,8,11,14)] 50,43 % mastných kyselin (Raksakantong et al., 2010).

Pro cvrčka *Acheta confirmata* Walker byly zjištěny hodnoty 6,1 % mastných kyselin pro palmitovou kyselinu (C16:0), 2,4 % mastných kyselin pro palmitolejovou kyselinu [C16:1 (cis-9)], 5,5 % mastných kyselin pro stearovou kyselinu (C18:0), 32,2 % mastných kyselin pro linolovou [C18:2 (cis, cis-9,12)] a linolelaidovou kyselinu [C18:2 (trans, trans-9,12)] a 1,7 % mastných kyselin pro α -linolenovou kyselinu [C18:3 (all-cis-9,12,15)] (Yang et al., 2006).

Celkový obsah **SFA** (myristová (C14:0) + palmitová (C16:0) + stearová kyselina (C18:0)) byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven 33,74 % mastných kyselin (Zielinska et al., 2015). Pro cvrčka *B. portentosus* Lichtenstein byla zjištěna hodnota 37,53 % mastných kyselin (Raksakantong et al., 2010), pro cvrčka *Acheta testacea* 36,50 % mastných kyselin (Fontaneto et al., 2011) a pro *A. confirmata* Walker 32,8 % mastných kyselin (Yang et al., 2006). U cvrčka *B. portentosus* byl obsah SFA stanoven na 35 % mastných kyselin (Rumpold et Schluter, 2013b). U *A. domesticus* byl obsah SFA stanoven na 2280 mg/100 g jedlého podílu (Payne et al., 2016).

Celkový obsah **MUFA** [palmitolejová C16:1 (cis-9) + olejová kyselina C18:1 (cis-9)] byl u cvrčka *G. sigillatus* zjištěn 34,33 % mastných kyselin (Zielinska et al., 2015). U cvrčka *B. portentosus* Lichtenstein byl obsah zjištěn 4,11 % mastných kyselin (Raksakantong et al., 2010), u cvrčka *A. testacea* 30,1 % mastných kyselin (Fontaneto et al., 2011) a u *A. confirmata* Walker 33,5 % mastných kyselin (Yang et al., 2006). U cvrčka *B. portentosus* byl obsah MUFA stanoven 32,3 % mastných kyselin (Rumpold et Schluter, 2013b).

Celkový obsah **PUFA** [linolová C18:2 (cis, cis-9,12) + α -linolenová C18:3 (all-cis-9,12,15) + eikosatrienová C20:3 (all-cis-8,11,14) + arachidonová C20:4 (all-cis-5,8,11,14) + eikosapentaenová C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)] byl u cvrčka *G. sigillatus* stanoven 31,91 % mastných kyselin (Zielinska et al., 2015). Celkový obsah PUFA byl u *B. portentosus* Lichtenstein stanoven 58,37 % mastných kyselin (Raksakantong et al., 2010), u cvrčka *A. testacea* 31,1 % mastných kyselin (Fontaneto et al., 2011) a u *A. confirmata* Walker 33,9 %

masných kyselin (Yang et al., 2006). U cvrčka *B. portentosus* byl obsah PUFA stanoven 52,4 % masných kyselin (Rumpold et Schluter, 2013b).

Byla provedena studie, která porovnávala profily masných kyselin u *A. domesticus*, kdy tuk byl extrahován třemi různými metodami. Výsledky jsou vidět v tabulce č. 8. (Tzompa-Sosa et al., 2014).

Tabulka č. 8: Profil masných kyselin u *A. domesticus*, kdy extrakce tuku proběhla různými metodami (g/100 g tuků) (převzato od Tzompa-Sosa et al. (2014) a upraveno)

Mastná kyselina	Metoda dle Soxhleta	Folchova metoda	Extrakce vodou
C12:0	0,30	0,16	0,27
C14:0	1,80	1,55	1,65
C16:0	25,99	23,69	24,81
C16:1 (trans-9)	0,68	0,60	0,75
C16:1 (cis-9)	2,09	1,78	2,04
C17:0	0,20	0,11	0
C18:0	6,09	6,76	4,61
C18:1 (trans-11)	0,21	0,12	0,23
C18:1 (cis-9/trans-12)	29,14	26,63	30,23
C18:1 (trans-15/cis-11)	0,82	0,81	0,77
C18:2 (cis, cis-9,12)	29,11	34,35	31,80
C18:3 (all-cis-9,12,15)	1,56	1,59	1,74
C20:0	0	0,09	0
C20:1 (cis-11)	0	0,06	0
C20:4 (all-cis-5,8,11,14)	0	0,09	0
C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)	0,64	0,46	0,75
SFA	34,37	32,35	31,33
Celkové nenasycené mastné kyseliny	64,23	66,48	68,28
n-3	2,20	2,04	2,48
n-6	29,11	34,44	31,80
MUFA	32,92	29,99	34,01
PUFA	31,31	36,48	34,28
Poměr n-6/n-3	13,26	16,85	12,82

SFA – nasycené mastné kyseliny, MUFA – monoenoové mastné kyseliny, PUFA – polyenoové mastné kyseliny

3.6.7 Obsah cholesterolu

Cholesterol je nejvíce zastoupeným steroidem v živočišných tucích. Je součástí buněčných membrán a hraje důležitou roli v mnoha biologických procesech, je například prekurzorem steroidních hormonů. I když existuje pozitivní závislost mezi příjmem cholesterolu a hladinou LDL cholesterolu v krvi, hladinu LDL cholesterolu v krvi určuje hlavně příjem SFA (EFSA, 2010).

Protože hmyz nedokáže syntetizovat cholesterol *de novo*, jeho obsah závisí na jejich výživě. U *A. domesticus* byl zjištěn vysoký obsah cholesterolu (105 mg/100 g čerstvé hmotnosti) (Rumpold et Schluter, 2013b). V jiné studii byl u *A. domesticus* porovnáván obsah cholesterolu v tuku, který byl extrahován třemi různými způsoby. U metody extrakce vodou byla zjištěna hodnota 0,67 g/100 g tuků, pro extrakci Soxhletovou metodou 0,49 g/100 g tuků a pro metodu dle Folche 0,91 g/100 g tuků (Tzompa-Sosa et al., 2014).

3.6.8 Obsah vitaminů

Existuje málo údajů o obsahu vitaminů u hmyzu. Hmyz je obecně bohatý na riboflavin, a pantotenovou kyselinu. Hmyz z řádu *Orthoptera* je též bohatý na biotin. Obsah vitaminů je stejně jako obsah minerálních látek ovlivnitelný skrz výživu hmyzu (Rumpold et Schluter, 2013b).

Se zaměřením na vitaminy rozpustné v tucích byl zjištěn obsah **vitaminu E** u dospělců *A. domesticus* 19,7 IU/kg celkové hmotnosti a pro nymfy 9,6 IU/kg celkové hmotnosti (Finke, 2002), jiný zdroj uvádí obsah vitaminu E 81 IU/kg celkové hmotnosti pro dospěléce a 71 IU/kg celkové hmotnosti pro mladé jedince (Barker et al., 1998).

U dospělců i nymf *A. domesticus* byl zjištěn obsah **vitaminu A** menší než 1 000 IU/kg celkové hmotnosti (Finke, 2002). Jiná studie uvádí hodnoty 811 IU/kg celkové hmotnosti pro dospěléce a 471 IU/kg celkové hmotnosti pro mladé jedince (Barker et al., 1998).

Dále byl u jak u nymf, tak u dospělců *A. domesticus* zjištěn obsah **vitaminu D₃** a to menší než 256 IU/kg celkové hmotnosti (Finke, 2002).

4 Materiály a metody

4.1 Materiál

Pro analýzu byly použity vzorky cvrčka domácího (*Acheta domestica*) zakoupené v prodejně s chovatelskými potřebami Carrassius, Praha 6 – Dejvice.

4.2 Metody

Byly připraveny vzorky sušených homogenizovaných cvrčků roztríděné dle pohlaví. Na jejich zpracování byla použita metodika pro analýzu materiálů živočišného původu. U vzorků byl stanoven obsah tuku, profil aminokyselin a profil mastných kyselin.

Pro uvolnění aminokyselin vázaných v bílkovinách byla u vzorků provedena oxidativní (pro sirmé aminokyseliny) a kyselá hydrolyza. Následně byl obsah aminokyselin stanoven pomocí automatického analyzátoru aminokyselin.

Tuk byl ze vzorků vyextrahován metodou dle Soxhleta. Tuky byly následně hydrolyticky zmýdelněny za vzniku solí volných mastných kyselin, které byly poté převedeny na těkavější methylestery. Ty byly analyzovány pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí a byl stanoven relativní obsah mastných kyselin.

Naměřená data byla statisticky vyhodnocena a porovnána s dostupnou literaturou týkající se daného tématu.

4.2.1 Příprava vzorků

Cvrčci byli chováni v podmínkách optimálních pro jejich vývoj, byli krmeni směsí krájené zeleniny a ovoce. Pro analýzu byli vybráni dospělí jedinci, kteří byli vylučněni po dobu 48 hodin, roztríděni dle pohlaví, usmrceni vroucí vodou (100 °C) a usušeni při 105 °C. Vzorky byly nakonec homogenizovány pomocí elektrického mlýnku First Austria 5485 (TIMETRON Warengesellschaft m. b. H., Austria).

4.2.2 Oxidativní hydrolyza

Oxidativní hydrolyza byla provedena podle normy ISO 13903: 2005. Byly hydrolyzovány 3 série vzorků (2 série po 4 samčích a 4 samičích vzorcích a 1 série po 3 samčích a 4 samičích vzorcích).

Do 250ml Erlenmeierovy baňky se zábrusovým hrdlem NZ 29/32 bylo pomocí analytických vah Mettler AE200 (Marshall Scientific, Hampton), naváženo 0,2–0,25 g sušených homogenizovaných cvrčků. Do baňky bylo přidáno 10 ml oxidační směsi připravené

z peroxidu vodíku (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice) a kyseliny mravenčí (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice) v poměru 1:9, obsah byl opatrně promíchán a baňka uzavřená skleněnou zátkou byla umístěna do lednice na 16 hodin. Po vyndání z lednice byly do baňky přidány 2 ml 6M HCl, která byla připravena smícháním destilované vody a HCl (p.a., Lach-Ner, s.r.o., Neratovice) v poměru 1:1 a na povrchu se začaly vytvářet bublinky, což bylo způsobeno odstraňováním nezreagovaného peroxidu vodíku. Poté, co obsah baňky přestal šumět, bylo přidáno 100 ml 6M HCl, na baňku byl nasazen vzdušný chladič a byla umístěna na varnou desku v odtahové digestoři, kde byl obsah přiveden k mírnému varu a ponechán tak po dobu 23 hodin. Teplota byla nastavena na 110 °C, ale byla upravována tak, aby se obsah mírně vařil. Následně byla baňka odebrána z desky, nechána vychladnout. Obsah baňky byl přefiltrován do čisté 250ml Erlenmeyerovy baňky na kvalitativním filtru (Filter paper for qualitative analysis KA 1, filter speed: very fast, průměr 185 mm, Papírna Perštejn s.r.o.) a baňka byla vypláchnuta 3 x 5 ml destilované vody. Pomocí pipetky (Brand Makro, Fisher Scientific, spol. s.r.o.) a 50ml skleněné pipety byl do 1000ml odpařovací baňky odebrán 50ml alikvot vzorku a ten byl následně odpařen na rotační vakuové odparce Laborata 4000-efficient (Heidolph Instruments, Německo) při 50 °C a 90 – 120 rpm do sirupovité konzistence. Vzorek byl stejným způsobem propláchnut 3 x 10 ml destilované vody. Odpařený vzorek byl pomocí ředícího pufru převeden do 25ml odměrné baňky a baňka byla stejným pufrem doplněna po rysku. Před analýzou byl vzorek přefiltrován na kvalitativním filtru (Filter paper for qualitative analysis KA 1, filter speed: very fast, průměr 185 mm, Papírna Perštejn s.r.o.) a do vialky ho bylo dávkováno 0,1 ml spolu s 0,9 ml ředícího pufru.

4.2.3 Kyselá hydrolýza

Kyselá hydrolýza byla provedena podle normy ISO 13903: 2005. Byly hydrolyzovány 3 série vzorků (2 série po 4 samčích a 4 samičích vzorcích a 1 série po 3 samčích a 4 samičích vzorcích).

Do teflonové nádoby bylo pomocí analytických vah Mettler AE200 (Marshall Scientific, Hampton, New Hampshire) naváženo 0,2–0,25 g sušených homogenizovaných cvrčků. Vzorek byl zakápnut několika kapkami ethanolu kvůli smáčení, aby se snadno rozmíchal v kyselině. Opatrně tak, aby bylo zabráněno ulpívání vzorku na stěnách, bylo přidáno 25 ml 6M HCl, která byla připravena smícháním destilované vody a HCl (p.a., Lach-Ner, s.r.o., Neratovice) v poměru 1:1 a vzorek byl probublán plynným dusíkem. Vzorek byl hydrolyzován při 110 °C po dobu 23 hodin, následně byl ponechán vychladnout a byl přefiltrován na filtru (Filter paper for qualitative analysis KA 1, filter speed: very fast, průměr 185 mm, Papírna Perštejn s.r.o.)

do 250ml Erlenmeierovy baňky a teflonová nádoba byla vypláchnuta 3 x 5 ml destilované vody. Vzorek by převeden do 1000ml odpařovací baňky a poté byl odpařen na rotační vakuové odparce Laborata 4000-efficient (Heidolph Instruments, Německo) při 60 °C a 90 – 120 rpm do sirupovité konzistence. Stejným způsobem byl vzorek 3 x promyt 10 ml destilované vody. Odpařený vzorek byl převeden pomocí ředícího pufru do 50ml odměrné baňky a stejným pufrem byl obsah doplněn po rysku. Před analýzou byl vzorek skladován v lednici, byl přefiltrován na kvalitativním filtru (Filter paper for qualitative analysis KA 1, filter speed: very fast, průměr 185 mm, Papírna Perštein s.r.o.) a do 1ml vialky ho bylo napipetováno 0,5 ml spolu s 0,5 ml ředícího pufru.

4.2.4 Stanovení obsahu aminokyselin

Obsah aminokyselin byl stanovován podle normy ISO 13903: 2005. Pro stanovení obsahu aminokyselin byly použity vzorky připravené oxidativní a kyselou hydrolýzou. Obsah aminokyselin byl stanoven pomocí automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos s.r.o., Praha).

Během stanovení se uplatňuje princip iontoměničové chromatografie, separace aminokyselin je ovlivňována změnou pH, teploty a koncentrací opačně nabitých iontů. Při detekci je využito reakce aminokyselin s ninhydrinem, který jako silné oxidační činidlo reaguje s alfa aminoskupinami, uvolňuje amoniak, oxid uhličitý, aldehyd a redukovanou formu ninhydrinu hydrindantin (Ruhemanovu červeň). Ruhemanova červeň má absorpční maximum při 570 nm a tato absorbance je lineární funkcí množství přítomných alfa aminoskupin. Reakce je tak vhodná pro stanovení všech organických sloučenin obsahujících aminokyseliny. Sekundární aminokyseliny pak vytvářejí různé chromofory.

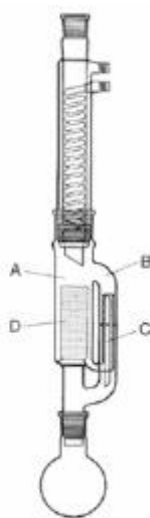
4.2.5 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta

Obsah tuku byl analyzován metodou dle Soxhleta (Soxhlet, 1879; Davídek, 1977). Byly analyzovány 2 série vzorků, kdy každá obsahovala 4 samčí a 4 samičí vzorky.

Do 250ml varné baňky se zábrusem byly vloženy varné kamínky, baňka byla zvážena na analytických vahách (Gerhardt) a bylo přidáno 75 ml petroletheru (p.a., Lach-Ner s.r.o, Neratovice). Do papírové patrony bylo naváženo přibližně 5 g vzorku. Následně byla podle schématu na obr. č. 2 sestavena extrakční aparatura, kde varná baňka byla umístěna na topné hnízdo (bd, THS 250). Extrakce rozpouštědlem probíhala po dobu 3 hodin. Dále byl z baňky pomocí rotační vakuové odparky (Heidolph Instruments, Německo) při teplotě 45 °C a při 120 rpm odpařen petrolether. Baňka byla umístěna do exikátoru a po vychladnutí byla zvážena

na analytických vahách (Gerhardt). Vážení bylo opakováno, dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti vzorku (rozdíl mezi dvěma následujícími váženými byl menší než 10 mg). Obsah tuku byl zjištěn odečtením hmotnosti baňky s varnými kamínky od výsledné celkové hmotnosti baňky s vyextrahovaným tukem a varnými kamínky.

Obr. č. 2: Soxhletův extraktor



- A – Extraktor
- B – Trubice na vedení páry
- C – Přepadová trubice
- D – Extrakční patrona (filtrační papír nebo frit)

(Zdroj obrázku: <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech/pages/soxhlet.html>)

4.2.6 Reesterifikace tuku a stanovení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie

Reesterifikace tuku a následné stanovení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie bylo provedeno podle normy ISO 12966-4:2015. Byly použity vzorky vyextrahovaného tuku (2 série po 4 samčích a 4 samičích vzorcích).

K tuku bylo pomocí skleněné pipety přidáno 5 ml methanolu (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice), 1 ml methanolického roztoku hydroxidu draselného o koncentraci 0,5 M, který byl připraven z methanolu (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice) a hydroxidu draselného (p.a., 25M, Lach-Ner s.r.o., Neratovice), 1,5 ml fluoridu boritého v methanolu (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice) a varné kamínky. Baňka byla opatřena zpětným chladičem a umístěna na topné hnízdo (bd, THS 250). Směs byla vařena po dobu 1 hodiny a poté se nechala vychladit na laboratorní teplotu. Pomocí pipety bylo do baňky přes chladič přidáno 5 ml hexanu (p.a., Penta s.r.o., Praha). Po odpojení baňky od chladiče byla doplněna po hrdlo nasyceným roztokem chloridu sodného (NaCl, p.a., Penta s.r.o., Praha). V baňce došlo k oddělení dvou

vrstev, kdy horní vrstva byla odebrána tak, aby nebyla nabrána spodní fáze, a byla převedena do vialky s bezvodným síranem sodným (p.a., Lach-Ner s.r.o., Neratovice). Takto byl vzorek připraven pro analýzu a než tak bylo učiněno, byl skladován v mrazáku.

Stanování profilu mastných kyselin bylo provedeno pomocí plynového chromatografu Agilet 7890A (Agilet Technologies, USA) s hmotnostní detekcí (GC MS). nastříknuty v objemu 1 μ l. Teplota detektoru byla 250 °C. Nástřik byl o teplotě 225 °C se split poměrem 1:50. Teplotní program byl nastaven na 70 °C (výdrž po dobu 2 minut), poté teplota vzrůstala o 5 °C za minutu až do teploty 225 °C (výdrž po dobu 9 minut). Dále byl teplotní gradient 5 °C/min na teplotu 240 °C (výdrž po dobu 15 minut). Celkově trvala analýza 60 minut. Použitým nosným plynem bylo helium, o průtoku 1,2 ml/min. Použitá kolona pro plynovou chromatografii byla Restek Rt®-2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m film). Hmotnostní spektrometr s kvadrupólovým detektorem Agilet 5975 C (Agilet Technologies, USA) byl nastaven na 70 eV. Výsledky profilu mastných kyselin byly vyjádřeny metodou vnitřní normalizace, identifikovány prostřednictvím standardu FAME Mix (37 components, Restek, USA) a byla provedena i detekce pomocí knihovny spekter National Institute of Standards and Technology Library (NIST, USA).

4.2.7 Vyhodnocování výsledků

Výsledky byly zpracovány pomocí softwaru Excel z řady Microsoft Office 2010 Professional Plus. Byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka (výsledky byly uvedeny ve tvaru „průměr \pm směrodatná odchylka“). Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí počítačového programu STATISTICA 12 CZ za použití t-testu (parametrické dvouvýběrové statistické testování) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky byly porovnány mezi sebou a s dostupnou literaturou týkající se daného tématu.

Pro vyjádření obsahu tuku v procentech sušiny byly použity hodnoty sušiny stanovené slečnou Alicí Hrivňákovou. Hodnoty uvádí tabulka č. 9.

Výsledné obsahy aminokyselin byly vyjádřeny v g/100 g sušiny a v mg/g celkových aminokyselin. Pro porovnání výsledků s hodnotami v dostupné literatuře byl celkový obsah aminokyselin považován za celkový obsah proteinů.

Celkový obsah aminokyselin byl porovnán s celkovým obsahem dusíkatých látek. Obsah dusíkatých látek stanovil a hodnoty pro tuto práci poskytl Ing. Martin Kulma. Hodnoty jsou uvádí tabulka č. 10.

Tabulka č. 9.: Obsah sušiny u cvrčka domácího (*A. domesticus*) (% celkové hmotnosti)

Série	Sušina – cvrčci sušení při 105 °C	Sušina – čerství cvrčci
1F	94,16 ± 0,26	31,86 ± 1,20
2F	93,38 ± 0,41	35,03 ± 0,80
3F	94,30 ± 0,32	37,90 ± 0,20
Průměr F	93,95 ± 0,33	34,93 ± 0,73
1M	94,14 ± 0,22	32,98 ± 1,10
2M	93,67 ± 0,21	31,31 ± 1,50
3M	93,52 ± 0,97	31,71 ± 0,20
Průměr M	93,78 ± 0,47	32,00 ± 0,93

F – samice, M – samci

Tabulka č. 10: Obsah dusíkatých látek u obou pohlaví cvrčka domácího (*A. domesticus*) (g/100 g sušiny)

	Obsah dusíkatých látek (N x 6,25)
1F	63,10 ± 0,40
2F	66,60 ± 0,50
3F	65,70 ± 0,10
Průměr F	65,13 ± 0,33
1M	69,90 ± 0,40
2M	70,80 ± 0,60
3M	71,90 ± 0,30
Průměr M	70,87 ± 0,43

F – samice, M – samci

5 Výsledky

5.1 Obsah tuku

U druhé testované série vzorků cvrčka domácího byl stanoven průměrný obsah tuku na $18,43 \pm 0,08$ % v sušině pro samice a $13,23 \pm 0,03$ % v sušině pro samce. U třetí série byly stanoveny hodnoty $15,72 \pm 0,05$ % v sušině pro samice a $11,63 \pm 0,12$ % v sušině pro samce. Celkově byl průměrný obsah tuku u samic cvrčka domácího stanoven na $17,08 \pm 0,07$ % v sušině a u samců na $12,43 \pm 0,08$ % v sušině. Dílčí výsledky stanovení obsahu tuku jsou znázorněny v tabulce č. 11.

Byly prokázány statisticky významné rozdíly v obsahu tuku u samic a samců cvrčka domácího ($p = 0,00002$). Samice obsahovaly o 4,65 % v sušině více tuku.

Tabulka č. 11: Obsah tuku u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*)

	Obsah tuku (% sušených vzorků)		Průměrný obsah tuku (% sušených vzorků)	Obsah tuku (% v sušině)		Průměrný obsah tuku (% v sušině)
	Série 2	Série 3		Série 2	Série 3	
F1	16,86	14,65		18,06 ± 0,08	15,54 ± 0,05	
F2	17,28	14,92		18,51 ± 0,08	15,83 ± 0,05	
F3	17,20	14,72		18,42 ± 0,08	15,61 ± 0,05	
F4	17,51	15,02		18,76 ± 0,08	15,92 ± 0,05	
Průměr F	17,21 ± 0,27	14,83 ± 0,17	16,02 ± 0,22	18,43 ± 0,08	15,72 ± 0,05	17,08 ± 0,07
M1	12,09	10,54		12,90 ± 0,03	11,27 ± 0,12	
M2	11,94	10,92		12,75 ± 0,03	11,67 ± 0,12	
M3	12,26	11,08		13,09 ± 0,03	11,85 ± 0,12	
M4	13,28	10,98		14,18 ± 0,03	11,74 ± 0,12	
Průměr M	12,39 ± 0,61	10,88 ± 0,24	11,64 ± 0,42	13,23 ± 0,03	11,63 ± 0,12	12,43 ± 0,08

F – samice, M – samci

5.2 Profil aminokyselin

Průměrné obsahy aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího jsou zobrazeny v tabulkách č. 12 (vyjádření g/100 g sušiny) a v č. 13 (vyjádření v mg/g proteinu). V největším množství jsou u obou pohlaví zastoupeny aminokyseliny glycin, alanin, asparagová kyselina a glutamová kyselina. Mezi nejméně zastoupené aminokyseliny patří fenylalanin, histidin, cystein a methionin.

Tabulka č. 12: Průměrné zastoupení aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) (g/100 g sušiny)

Aminokyselina	F	M
Asparagová kyselina	6,03 ± 0,49	5,40 ± 0,57
Threonin	3,66 ± 0,07	2,92 ± 0,08
Serin	4,17 ± 0,58	3,28 ± 0,34
Glutamová kyselina	5,37 ± 0,60	5,51 ± 0,62
Prolin	4,52 ± 0,80	4,96 ± 0,55
Glycin	5,69 ± 0,60	6,70 ± 0,58
Alanin	8,52 ± 0,96	9,79 ± 0,68
Valin	4,53 ± 0,15	4,74 ± 0,31
Isoleucin	2,81 ± 0,10	3,00 ± 0,15
Leucin	4,61 ± 0,27	4,89 ± 0,19
Tyrosin	2,44 ± 0,41	2,24 ± 0,23
Phenylalanin	2,02 ± 0,23	1,83 ± 0,13
Histidin	1,58 ± 0,28	1,56 ± 0,16
Lysin	3,66 ± 0,25	3,47 ± 0,27
Arginin	3,17 ± 0,59	3,27 ± 0,30
Cystein	0,99 ± 0,06	1,18 ± 0,08
Methionin	1,07 ± 0,06	1,06 ± 0,05
SUMA – celkové proteiny	64,84 ± 6,51	65,82 ± 5,28

F – samice, M – samci

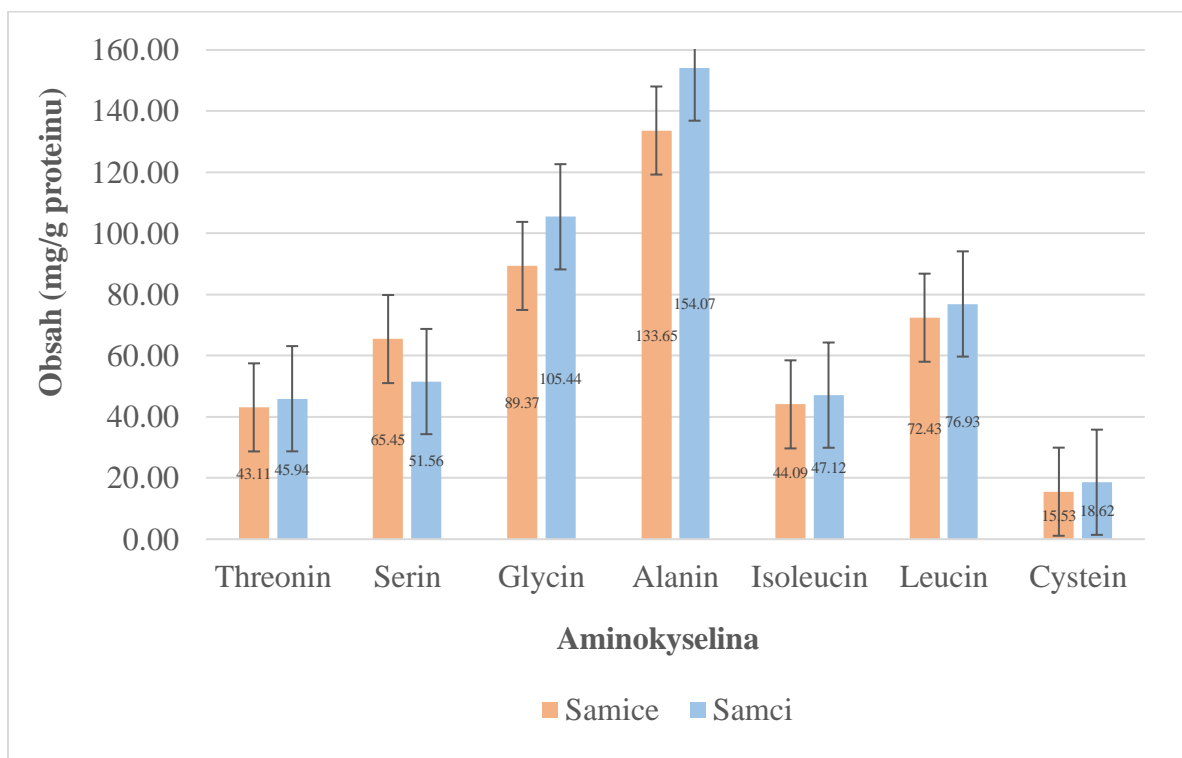
Tabulka č. 13: Průměrné zastoupení aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) (mg/g proteinu)

Aminokyselina	F	M
Asparagová kyselina	94,54 ± 12,63	84,96 ± 9,14
Threonin	43,11 ± 1,08	45,94 ± 1,94
Serin	65,45 ± 8,71	51,56 ± 5,61
Glutamová kyselina	84,31 ± 9,16	86,67 ± 9,68
Prolin	70,98 ± 12,39	78,04 ± 9,33
Glycin	89,37 ± 9,30	105,44 ± 9,15
Alanin	133,65 ± 14,99	154,07 ± 11,01
Valin	71,15 ± 1,95	74,54 ± 5,35
Isoleucin	44,09 ± 1,38	47,12 ± 2,66
Leucin	72,43 ± 1,38	76,93 ± 2,93
Tyrosin	38,27 ± 6,12	35,32 ± 3,86
Phenylalanin	31,70 ± 3,50	28,81 ± 2,22
Histidin	24,84 ± 4,26	24,56 ± 2,48
Lysin	57,44 ± 3,83	54,62 ± 4,02
Arginin	49,70 ± 9,18	51,52 ± 5,13
Cystein	15,53 ± 0,88	18,62 ± 1,19
Methionin	16,73 ± 0,93	16,69 ± 0,92

F – samice, M – samci

Statisticky průkazné rozdíly v obsahu v závislosti na pohlaví byly zjištěny u aminokyselin threoninu ($p = 0,000783$), serinu ($p = 0,000550$), glycinu ($p = 0,004110$), alaninu ($p = 0,011223$), isoleucinu ($p = 0,004368$), leucinu ($p = 0,023887$) a cysteinu ($p = 0,000001$). Jejich obsah je znázorněn na grafu č. 1. U ostatních aminokyselin rozdíly v obsahu v závislosti na pohlaví nebyly statisticky významné. Tabulka č. 14 porovnává celkový obsah stanovených aminokyselin s celkovým obsahem dusíkatých látek. V tabulce č. 15 je vidět amino acid score u obou pohlaví cvrčka domácího s vyznačenou limitující aminokyselinou.

Graf č. 1.: Aminokyseliny s průkaznými rozdíly v obsahu u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*)



Tabulka č. 14: Obsah dusíkatých látek a proteinů u obou pohlaví cvrčka domácího (*A. domesticus*) (g/100 g sušiny)

	Obsah dusíkatých látek (N x 6,25)	Obsah proteinů	Obsah proteinů (% dusíkatých látek)
1F	63,10 ± 0,40	66,27 ± 1,98	
2F	66,60 ± 0,50	62,29 ± 9,36	
3F	65,70 ± 0,10	65,96 ± 8,19	
Průměr F	65,13 ± 0,33	64,84 ± 6,51	99,55
1M	69,90 ± 0,40	69,54 ± 3,55	
2M	70,80 ± 0,60	59,55 ± 6,61	
3M	71,90 ± 0,30	68,37 ± 5,69	
Průměr M	70,87 ± 0,43	65,82 ± 5,28	92,87

F – samice, M – samci

Tabulka č. 15: Amino acid score (AAS) obou pohlaví cvrčka domácího

Aminokyselina	F	M
Threonin	187,43	199,73
Valin	182,45	191,12
Isoleucin	146,97	157,05
Leucin	122,77	130,38
Tyrosin	201,41	185,87
Fenylalanin	166,83	151,64
Histidin	165,62	163,71
Lysin	127,65	121,38
Cystein	258,86	310,38
Methionin	104,58	104,28

5.3 Profil mastných kyselin

Zastoupení jednotlivých mastných kyselin, SFA, MUFA, PUFA a poměr n-6/n-3 vyjádřené v procentech z celkového obsahu mastných kyselin je znázorněno v tabulce č. 16 V tabulce jsou zvýrazněny nejhojněji zastoupené mastné kyseliny.

Do obsahu elaidové kyseliny [C18:1 (trans-9)] byly zahrnuty i izomery C18:1 (trans-5) a C18:1 (trans-7). Při analýze došlo k nedokonalé separaci olejové kyseliny C18:1 (cis-9) a asklepové kyseliny C18:1 (cis-11), jsou vykazovány pouze jako olejová kyselina C18:1 (cis-9).

Tabulka č. 16: Průměrné zastoupení mastných kyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) (% z mastných kyselin)

Mastná kyselina	F	M
C12:0	0,18 ± 0,01	0,08 ± 0,01
C14:0	0,97 ± 0,02	0,93 ± 0,04
C15:0	0,21 ± 0,01	0,18 ± 0,01
C16:0	26,43 ± 0,22	26,84 ± 0,43
C16:1 (cis-9)	0,96 ± 0,02	0,71 ± 0,20
C17:0	0,52 ± 0,01	0,46 ± 0,01
C17:1 (cis-10)	0,14 ± 0,01	0,17 ± 0,04
C18:0	15,63 ± 0,26	16,23 ± 0,13
C18:1 (trans-9) *	0,20 ± 0,21	0,87 ± 0,21
C18:1 (cis-9) **	23,34 ± 0,15	22,10 ± 0,21
C18:2 (trans, trans-9,12)	0,29 ± 0,04	0,21 ± 0,06
C18:2 (cis, cis-9,12)	27,83 ± 0,31	28,28 ± 0,40
C20:0	0,74 ± 0,03	0,69 ± 0,04
C20:1 (cis-11)	0,08 ± 0,01	0,31 ± 0,03
C18:3 (all-cis-9,12,15)	1,54 ± 0,05	1,12 ± 0,04
C20:2 (cis, cis-11,14)	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01
C22:0	0,28 ± 0,03	0,06 ± 0,01
C20:4 (all-cis-5,8,11,14)	0,18 ± 0,01	0,26 ± 0,01
C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)	0,45 ± 0,02	0,22 ± 0,02
SFA	44,94 ± 0,56	45,45 ± 0,65
MUFA	24,72 ± 0,39	24,15 ± 0,68
PUFA	30,36 ± 0,42	30,18 ± 0,53
n-6/n-3	14,74	21,30

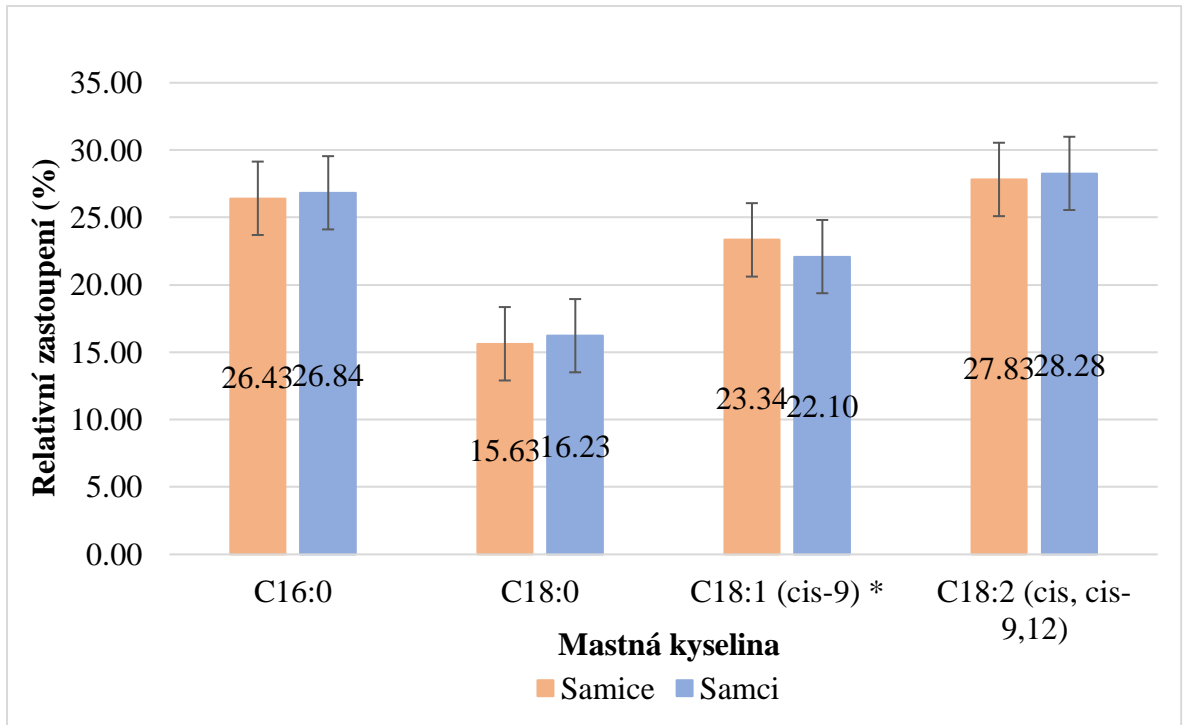
* může se jednat i o izomery (trans-5) nebo (trans-7)

** zahrnuje i asklepovou kyselinu C18:1 (cis-11)

F – samice, M – samci

Mezi nejhojněji zastoupené mastné kyseliny u obou pohlaví patří kyselina palmitová (C16:0), stearová (C18:0), olejová [C18:1 (cis-9)] a linolová [C18:2 (cis, cis-9,12)]. Jejich obsah je znázorněn v grafu č. 2

Graf č. 2: Relativní zastoupení nejhojněji obsažených mastných kyselin u obou pohlaví cvrčka domácího (*A. domesticus*) (% mastných kyselin)



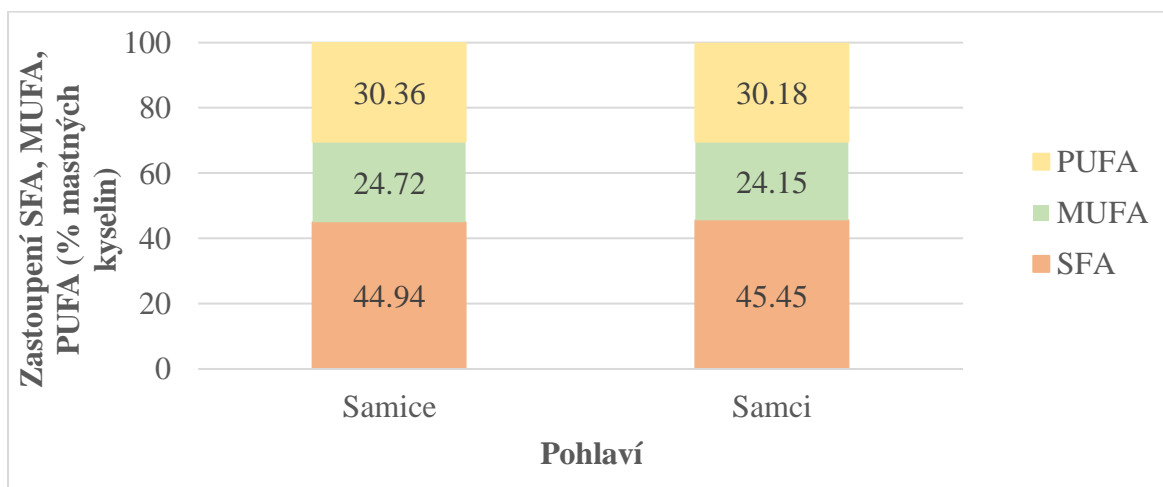
C16:0 – palmitová kyselina, C18:0 – stearová kyselina, C18:1 (cis-9) – olejová kyselina, C18:2 (cis, cis-9,12) linolová kyselina

* zahrnuje i asklepovou kyselinu C18:1 (cis-11)

Statisticky průkazné rozdíly v zastoupení v závislosti na pohlaví byly zjištěny u kyseliny laurové (C12:0) ($p = 0,0000002$), pentadekanové (C15:0) ($p = 0,028774$), heptadekanové (C17:0) ($p = 0,048522$), elaidové [C18:1 (trans-9)] ($p = 0,000288$), olejové [C18:1 (cis-9)] ($p = 0,004236$), eikosenové [C20:1 (cis-11)] ($p = 0,000004$), α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)] ($p = 0,00000003$) a behenové (C22:0) ($p = 0,000063$). U ostatních mastných kyselin rozdíly v zastoupení v závislosti na pohlaví nebyly statisticky významné.

V Grafu č. 3 je vidět poměr SFA, MUFA a PUFA u obou pohlaví cvrčka domácího.

Graf č. 3: Poměr SFA, MUFA a PUFA u obou pohlaví cvrčka domácího (% mastných kyselin)



SFA – nasycené mastné kyseliny, MUFA – monoenové mastné kyseliny, PUFA – polyenové mastné kyseliny

6 Diskuze

Tuk patří mezi hlavní zdroje energie (EFSA, 2010). Při stanovení u samic a samců cvrčka domácího byl zjištěn statisticky významný rozdíl v jeho obsahu. Samice průměrně obsahovaly o 4,65 % v sušině větší množství tuku než samci. Hodnota zjištěná u samců odpovídá průměrnému obsahu tuku zjištěného pro řád *Orthoptera*, do kterého cvrčci patří, a řadí se tak mezi hmyz s nejnižším obsahem tuku (Rumpold et Schluter, 2013b). Obě zjištěné hodnoty jsou celkově nižší než v dostupné literatuře dříve uvedené obsahy tuku u cvrčka domácího (Finke, 2002; Barker et al., 1998), avšak jeden zdroj uvádí hodnotu, se kterou se shoduje hodnota stanovená u samic (Rumpold et Schluter, 2013b).

Výsledné obsahy aminokyselin byly vyjádřeny v g/100 g sušiny a v mg/g proteinu. Pro porovnání výsledků s hodnotami v dostupné literatuře byl celkový obsah aminokyselin považován za celkový obsah proteinů. Výsledky mohly být mírně zkresleny, protože při analýze nebyl stanovován obsah tryptofanu, který se degraduje během hydrolyzy vzorku.

Zjištěné celkové obsahy proteinů u obou pohlaví odpovídaly údajům v dostupné literatuře (Finke, 2002; Rumpold et Schluter, 2013b). Celkově samci obsahovali více proteinů než samice (o 0,98 g/100 g sušiny), ale u samců tvořily proteiny menší procento celkových dusíkatých látek než u samic.

U obou pohlaví cvrčka domácího byly identifikovány všechny stanovované aminokyseliny. Jako nejzastoupenější aminokyseliny u obou pohlaví byly stanoveny glycin, alanin, asparagová kyselina a glutamová kyselina. Mezi nejméně zastoupené aminokyseliny byl zařazen fenylalanin, histidin, cystein a methionin.

Zjištěné hodnoty o obsahu histidinu, isoleucinu, lysinu, methioninu, fenylalaninu jsou srovnatelné s hodnotami uváděnými v dostupné literatuře (Finke et al., 1989; Finke, 2002; Rumpold et Schluter, 2013b; Yi et al., 2013). Obsah leucinu u obou pohlaví byl zjištěn menší než uvádí jedna z dřívějších prací (Finke, 2002), ale existují práce, které dosahují obdobných výsledků (Finke et al., 1989; Rumpold et Schluter, 2013b). Stanovené obsahy cysteinu, valinu, serinu, prolinu, alaninu a glycinu u obou pohlaví byly výrazně větší než uvádí dostupná literatura (Finke et al., 1989; Finke, 2002; Rumpold et Schluter, 2013b; Yi et al., 2013). Zjištěné obsahy tyrosinu, argininu a glutamové kyseliny u obou pohlaví byly naopak menší než uvádí dostupná literatura (Finke et al., 1989; Finke, 2002; Rumpold et Schluter, 2013b; Yi et al., 2013). Zjištěný obsah threoninu u obou pohlaví odpovídal hodnotě zjištěné Finkem et. al., 1989, další práce uvádějí menší hodnoty (Finke, 2002; Rumpold et Schluter, 2013b; Yi et al., 2013).

Statisticky průkazné rozdíly v obsahu v závislosti na pohlaví byly zjištěny u aminokyselin threoninu, serinu, glycinu, alaninu, isoleucinu, leucinu a cysteinu. Samice průměrně obsahovaly více serinu než samci, naopak samci obsahovali více threoninu, glycinu, alaninu, isoleucinu, leucinu a cysteinu.

Obě pohlaví cvrčka domácího se jeví jako velmi dobrý zdroj esenciálních aminokyselin.

Z výpočtu amino acid score se u obou pohlaví cvrčka domácího jeví jako limitující aminokyselina methionin, ale vzhledem k tomu, že nebyl stanovován obsah tryptofanu, který často v proteinech bývá limitující aminokyselinou, může být tento závěr zavádějící.

Zastoupení mastných kyselin u obou pohlaví bylo celkově shodné, pouze u druhé série samčích vzorků nedošlo ke stanovení arachidonové kyseliny, ovšem u třetí série samčích vzorků byla identifikována.

Hlavní SFA u jedlého hmyzu tvoří palmitová kyselina (C16:0) a stearová kyselina (C18:0) (Rumpold et Schluter, 2013b), čemuž výsledky u obou pohlaví odpovídaly. Zjištěný obsah SFA u obou pohlaví cvrčka domácího byly vyšší, než byl dříve zjištěný průměrný obsah SFA (Tzompa-Sosa et al., 2014). V obsahu jednotlivých SFA byl v závislosti na pohlaví zjištěn rozdíl u kyseliny laurové (C12:0), pentadekanové (C15:0), heptadekanové (C17:0) a behenové (C22:0). Podle EFSA by příjem SFA měl být co nejmenší, a to díky jejich roli na zvyšování LDL cholesterolu v krvi a při vzniku kardiovaskulárních chorob (EFSA, 2010).

Zjištěné množství MUFA u obou pohlaví odpovídalo průměrným hodnotám pro jedlý hmyz (Rumpold et Schluter, 2013b), ale bylo nižší, než dříve zjištěné množství u cvrčka domácího (Tzompa-Sosa et al., 2014). Hlavní MUFA u hmyzu zastupují palmitolejová kyselina [C16:1 (cis-9)] a olejová kyselina [C18:1 (cis-9)] (Rumpold et Schluter, 2013b). U obou pohlaví cvrčka domácího byly nejzastoupenější MUFA olejová kyselina [C18:1 (cis-9)] společně s akleповou kyselinou [C18:1 (trans-11)]. V obsahu jednotlivých MUFA byl v závislosti na pohlaví zjištěn rozdíl u kyseliny elaidové [C18:1 (trans-9)], olejové [C18:1 (cis-9)] a eikosenové [C20:1 (cis-11)], kdy jich samci obsahovali relativně více.

Průměrnému obsahu PUFA u jedlého hmyzu odpovídaly i zjištěné obsahy u obou pohlaví cvrčka (Rumpold et Schluter, 2013b), hodnoty odpovídaly i dříve zjištěnému obsahu PUFA u cvrčka domácího (Tzompa-Sosa et al., 2014). Nejzastoupenější PUFA byly u obou pohlaví cvrčka kyselina linolová [C18:2 (cis, cis-9,12)], která je u obou pohlaví zároveň celkově nejzastoupenější mastnou kyselinou. V obsahu jednotlivých PUFA byl v závislosti na pohlaví zjištěn rozdíl u kyseliny α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)], kdy samici jí obsahovaly více.

Z grafu č. 3 je dobře vidět, že u obou pohlaví byl zachován stejný poměr SFA:MUFA:PUFA (3:1:2). Z tohoto hlediska můžeme obě pohlaví cvrčka domácího považovat za rovnocenné zdroje mastných kyselin, ale tento poměr neodpovídá doporučenému příjmu mastných kyselin, kdy poměr SFA:MUFA:PUFA by měl být 1:2:1, případně 1:1:1.

Jako čtyři nejvíce zastoupené mastné kyseliny byly u obou pohlaví cvrčka domácího stanoveny kyseliny palmitová (C16:0), stearová (C18:0), olejová [C18:1 (cis-9)] (eluována společně s asklepovou [C18:1 (trans-11)]) a linolová [C18:2 (cis, cis-9,12)]. Až na α -linolenovou kyselinu [C18:3 (all-cis-9,12,15)] byl u ostatních mastných kyselin obsah u obou pohlaví menší než 1 % mastných kyselin.

Palmitová kyselina (C16:0) byla celkově druhou nejzastoupenější mastnou kyselinou po linolové kyselině [C18:2 (cis, cis-9,12)] u obou pohlaví. Hodnoty zjištěné u obou pohlaví přibližně odpovídaly dříve zjištěné hodnotě (Tzompa-Sosa et al., 2014). Obsahy stearové kyseliny (C18:0) u obou pohlaví byly výrazně vyšší než dříve stanovená hodnota (Tzompa-Sosa et al., 2014). Stearová kyselina (C18:0) byla celkově čtvrtou nejzastoupenější mastnou kyselinou u obou pohlaví. Palmitová (C16:0) a stearová kyselina (C18:0) patří mezi nejzastoupenější SFA ve výživě člověka (EFSA, 2010) a cvrček domácí může být považován ze jejich dobrý alternativní zdroj.

Obsah olejové kyseliny [C18:1 (cis-9)] byl díky nedokonalé separaci stanoven společně s asklepovou kyselinou [C18:1 (trans-11)]. Hodnoty u obou pohlaví byly nižší než dříve stanovená hodnota, kde ovšem byla olejová kyselina [C18:1 (cis-9)] stanovována společně s oktadecenovou kyselinou [18:1 (trans-12)] (Tzompa-Sosa et al., 2014). Díky tomu mohly být výsledky zkresleny. Olejová kyselina [C18:1 (cis-9)] patří mezi nejvíce zastoupené MUFA ve výživě člověka (EFSA, 2010).

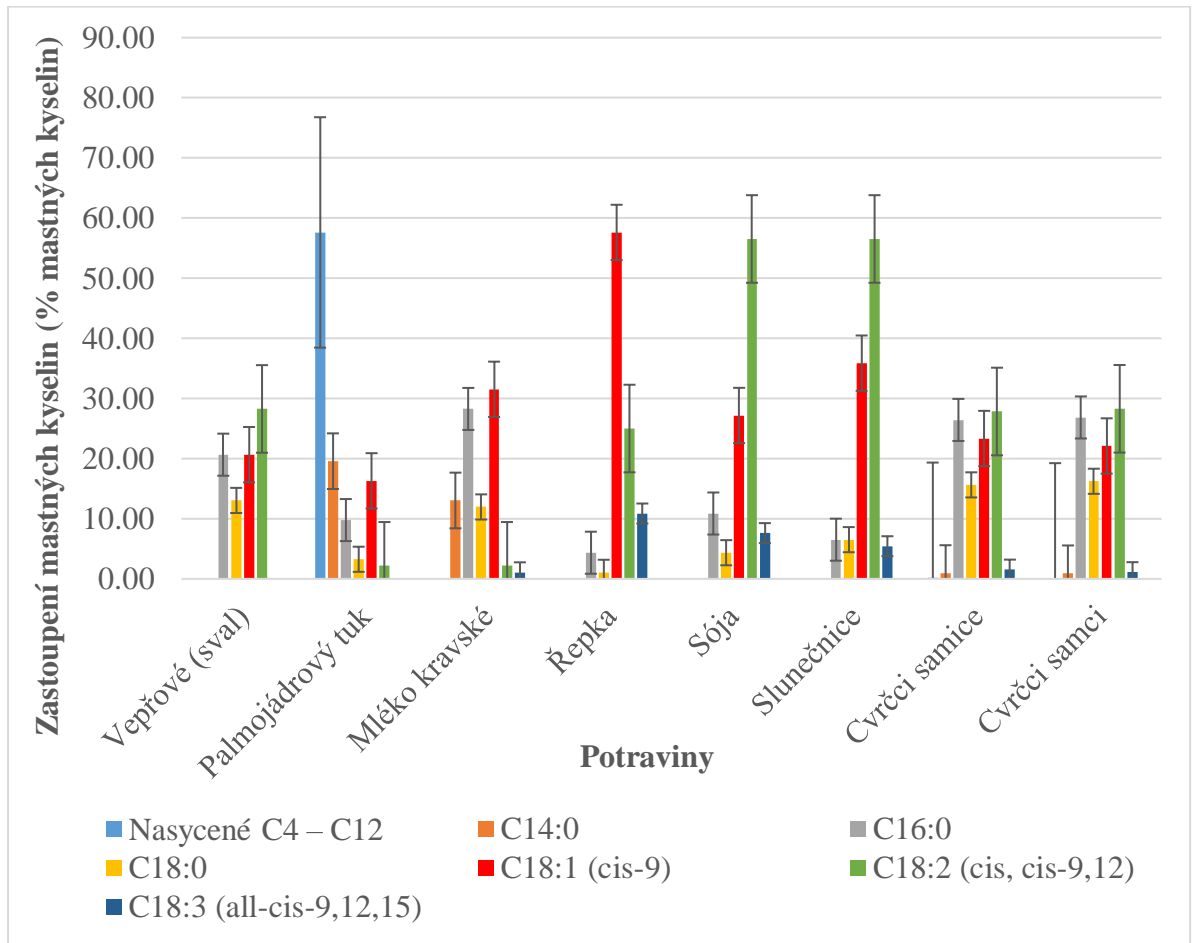
Linolová kyselina [C18:2 (cis, cis-9,12)] byla celkově nejzastoupenější mastnou kyselinou u obou pohlaví. Stanovené hodnoty u obou pohlaví byly srovnatelné s hodnotou dříve uvedenou v jiné práci (Tzompa-Sosa et al., 2014). Obsah α -linolenové kyseliny [C18:3 (all-cis-9,12,15)] byl v obou případech stanoven stejný s dříve stanovenou hodnotou (Tzompa-Sosa et al., 2014). Linolová kyselina [C18:2 (cis, cis-9,12)] a α -linolenová kyselina [C18:3 (all-cis-9,12,15)] jsou pro člověka esenciální a musí být dodávané výživou (EFSA, 2010), cvrček domácí může být považován za jejich dobrý alternativní zdroj ve výživě.

Kromě stearové kyseliny (C18:0) se zjištěné hodnoty obsahu mastných kyselin shodovaly s dříve zjištěnými hodnotami (Tzompa-Sosa et al., 2014). Rozdíly mohly být způsobené rozdílnou výživou cvrčků před analýzou.

Statisticky průkazné rozdíly v zastoupení v závislosti na pohlaví byly zjištěny u kyseliny laurové (C12:0), pentadekanové (C15:0), heptadekanové (C17:0), elaidové [C18:1 (trans-9)], olejové [C18:1 (cis-9)], eikosenové [C20:1 (cis-11)], α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)] a behenové (C22:0). U ostatních mastných kyselin rozdíly v zastoupení v závislosti na pohlaví nebyly statisticky významné. U kyseliny laurové (C12:0), pentadekanové (C15:0), heptadekanové (C17:0), olejové [C18:1 (cis-9)], α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)] a behenové (C22:0) byl obsah vyšší u samic než u samců. Naopak u kyseliny elaidové [C18:1 (trans-9)] a eikosenové [C20:1 (cis-11)] je obsah vyšší u samců.

Porovnání profilů mastných kyselin u obou pohlaví cvrčka domácího a různých potravin je vidět v grafu č. 5. Ve srovnání s kravským mlékem poskytují obě pohlaví cvrčka domácího menší množství kyseliny myristové (C14:0), palmitové (C16:0), palmitoolejové [C16:1 (cis-9)] a olejové [C18:1 (cis-9)], ale větší množství kyseliny stearové (C18:0) a linolové [C18:2 (cis, cis-9,12)]. Obě pohlaví cvrčka obsahují ve srovnání s kuřecím, hovězím a vepřovým masem více kyseliny palmitové (C16:0), stearové (C18:0), ale menší množství palmitoolejové [C16:1 (cis-9)]. Olejové kyseliny [C18:1 (cis-9)] poskytují obě pohlaví cvrčka relativně více než hovězí a vepřové maso a méně než kuřecí maso, u linolové kyseliny [C18:2 (cis, cis-9,12)] je tomu přesně naopak. Ve srovnání se sójou poskytují obě pohlaví cvrčka domácího více palmitové kyseliny (C16:0), ale méně stearové (C18:0), linolové [C18:2 (cis, cis-9,12)] a α -linolenové kyseliny [C18:3 (all-cis-9,12,15)]. Pokud jde o olejovou kyselinu [C18:1 (cis-9)], jsou obě pohlaví cvrčka se sójou jejími srovnatelnými zdroji. Ve srovnání s palmojádrovým tukem obsahovala obě pohlaví cvrčka výrazně méně nasyceným mastných kyselin C4 – C12, myristové kyseliny (C14:0) a více palmitové (C16:0), stearové (C18:0), olejové [C18:1 (cis-9)] a linolové kyseliny [C18:2 (cis, cis-9,12)]. Řepka obsahuje více olejové [C18:1 (cis-9)] a α -linolenové kyseliny [C18:3 (all-cis-9,12,15)] než obě pohlaví cvrčka domácího, naopak je tomu u palmitové (C16:0), stearové (C18:0) a linolové kyseliny [C18:2 (cis, cis-9,12)]. Slunečnice obsahuje více linolové [C18:2 (cis, cis-9,12)] a olejové kyseliny [C18:1 (cis-9)], naopak méně palmitové (C16:0), stearové (C18:0) a α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)] (Svačina, 2008).

Graf č. 5: Porovnání zastoupení mastných kyselin u vybraných potravin a obou pohlaví cvrčka domácího (% mastných kyselin)



Zjištěný poměr n-6/n-3 mastných kyselin u samic je blíže k dříve zjištěným hodnotám tohoto poměru, u samců tento poměr vyšel podstatně vyšší (Tzompa-Sosa et al., 2014). U obou pohlaví byly n-6 mastné kyseliny tvořeny linolovou [C18:2 (cis, cis-9,12)] a arachidonovou kyselinou [C20:4 (all-cis-5,8,11,14)], n-3 byly tvořeny eikosapentaenovou [C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)] a α -linolenovou kyselinou [C18:3 (all-cis-9,12,15)]. EFSA nestanovuje pro tento poměr žádná doporučení (EFSA, 2010), ale s přihlédnutím k dříve doporučovanému poměru 5–10:1 můžeme samice považovat za mírně lepší zdroj esenciálních mastných kyselin než samce, ačkoliv ani u samic není tento poměr zcela ideální.

Zjištěné zastoupení mastných kyselin a poměr n-6/n-3 mohou být ovlivněny metodikou extrakce tuku a následného stanovování profilu mastných kyselin (Tzompa-Sosa et al., 2014).

Pohlavní dimorfismus je široce rozšířeným fenoménem v mnoha živočišných skupinách včetně hmyzu. U většiny hmyzích druhů tedy bývají samice větší, což bývá vysvětlováno

odlišnými selekčními tlaky působícími na obě pohlaví (Tammaru et al., 2010). Toto společně s faktem, že samice kladou vajíčka, což je proces náročný na energii, může vysvětlovat větší tučnost samic, neboť tuk je velmi energeticky bohatý. Pohlavní dimorfismus by též mohl vysvětlovat rozdílné obsahy některých aminokyselin a mastných kyselin.

Nutriční hodnoty u jedlého hmyzu dosahují poměrně širokého rozmezí hodnot (Rumpold et Schluter, 2013b; Rumpold et Schluter, 2013a). Jak bylo zmíněno dříve, tyto specifické nutriční hodnoty závisí na konkrétním druhu hmyzu, na způsobu jeho chovu a krmení, na jeho zpracování, vývojovém stádiu, ale také na způsobu jejich měření (Rumpold et Schluter, 2013b; EFSA, 2015; Oonincx et al., 2015). Způsob úpravy před konzumací (vaření, sušení a pečení) též ovlivňuje nutriční složení (van Huis et al., 2013; Tiencheu et al., 2013). Tyto aspekty mohou být příčinou toho, že některé zjištěné výsledky v této práci byly odlišné od výsledků jiných studií.

7 Závěr

V této práci byl stanovován obsah tuků, profil aminokyselin a profil mastných kyselin u cvrčka domácího (*A. domesticus*). Byly sledovány rozdíly těchto nutričních parametrů v závislosti na pohlaví.

Hlavní závěry jsou:

- obě pohlaví cvrčka domácího jsou zdrojem aminokyselin důležitých ve výživě člověka
- samci cvrčka domácího obsahují celkově o 0,98 g/100 g sušiny více aminokyselin
- nejzastoupenější aminokyseliny u obou pohlaví cvrčka domácího jsou glycin, alanin, asparagová kyselina a glutamová kyselina
- nejméně zastoupené aminokyseliny u obou pohlaví cvrčka domácího jsou fenylalanin, histidin, cystein a methionin
- samice cvrčka domácího jsou lepším zdrojem aminokyseliny serinu než samci
- samci cvrčka domácího jsou lepším zdrojem threoninu, glycinu, alaninu, isoleucinu, leucinu a cysteinu než samice
- u obou pohlaví cvrčka domácího je limitující aminokyselinou methionin (tryptofan nebyl stanovován)

- samice cvrčka domácího obsahují více tuku než samci (rozdíl o 4,65 % v sušině)
- obě pohlaví cvrčka domácího obsahují stejné mastné kyseliny
- u obou pohlaví cvrčka domácího jsou nejvíce zastoupené linolová [C18:2 (cis, cis-9,12)], palmitová (C16:0), stearová (C18:0) a olejová kyselina [C18:1 (cis-9)]
- samci cvrčka domácího jsou lepším zdrojem elaidové [C18:1 (trans-9)] a eikosenové kyseliny [C20:1 (cis-11)] než samice
- samice cvrčka domácího jsou lepším zdrojem laurové (C12:0), pentadekanové (C15:0), heptadekanové (C17:0), olejové [C18:1 (cis-9)], α -linolenové [C18:3 (all-cis-9,12,15)] a behenové kyseliny (C22:0) než samci
- u obou pohlaví cvrčka domácího je zachován stejný poměr SFA:MUFA:PUFA (3:1:2)
- obě pohlaví cvrčka domácího jsou zdrojem linolové [C18:2 (cis, cis-9,12)] (nejvíce zastoupená), arachidonové [C20:4 (all-cis-5,8,11,14)], eikosapentaenové [C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)] a α -linolenové kyseliny [C18:3 (all-cis-9,12,15)], které jsou pro člověka esenciální
- poměr n-6/n-3 je u obou pohlaví cvrčka domácího vysoký ve srovnání s dříve doporučenou hodnotou (5-10:1)

Hypotéza testována v této práci byla potvrzena, některé nutriční parametry se u cvrčka domácího liší v závislosti na jeho pohlaví.

Obě pohlaví cvrčka domácího jsou ve výživě vhodnou alternativou k ostatním rostlinným i živočišným zdrojům ve výživě člověka. Při jejich konzumaci je potřeba sledovat celkový příjem SFA, neboť obě pohlaví jich obsahují relativně velké množství.

Další výzkum by mohl být zaměřen na to, zda se nutriční parametry liší v závislosti na pohlaví i u jiných druhů jedlého hmyzu, neboť tento aspekt je velmi málo zkoumán.

8 Literatura

- Banjo, A. D., Lawal, O. A., Songonuga, E. A. 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. 5 (3). 298-301.
- Barker, D., Fitzpatrick, M. P., Dierenfeld, E. S. 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*. 17 (2). 123-134.
- Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., Rop, O., Zeman, L. 2013. Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 61 (3). 587-593.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., Ricci, A. 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 12 (3). 296-313.
- Bukkens, S. G. F. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of food and nutrition*. 36 (2-4). 287-319.
- EFSA. 2010. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*. 8. 1461
- EFSA. 2012. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal*. 10. 2557
- EFSA. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*. 13. 4257
- Davídek, J. 1977. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. SNTL. Praha. 255-256.

- Defoliart, G. R., Finke, M. D., Sunde, M. L. 1982. Potential value of the Mormon cricket (*Orthoptera Tettigoniidae*) harvested as a high-protein feed for poultry. *Journal of Economic Entomology*. 75 (5). 848-852.
- Despins, J. L., Axtell, R. C. 1994. Feeding-behavior and growth of turkey poult fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Science*. 73 (10). 1526-1533.
- Dobermann, D., Swift, J. A., Field, L. M. 2017. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*. 42. 293-308
- El-Far, M., Li, Y., Fediere, G., Abol-Ela, S., Tijssen, P. 2004. Lack of infection of vertebrate cells by the densovirus from the maize worm *Mythimna loreyi* (MIDNV). *Virus Research*. 99 (1). 17-24.
- Finke, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*. 21 (3). 269-285.
- Finke, M. D., Defoliart, G. R., Benevenga, N. J. 1989. Use of 4-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from 3 insect species when fed to rats. *Journal of Nutrition*. 119 (6). 864-871.
- Finke, M. D., Sunde, M. L., Defoliart, G. R. 1985. An evaluation of the protein-quality of mormon crickets (*Anabrus simplex* Haldeman) when used as a high protein feedstuff for poultry. *Poultry Science*. 64 (4). 708-712.
- Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., Rise, P., Glew, R. H., Paoletti, M. G. 2011. Differences in Fatty Acid Composition between Aquatic and Terrestrial Insects Used as Food in Human Nutrition. *Ecology of Food and Nutrition*. 50 (4). 351-367.
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO UN, Forestry Department. Rome. p. 201.
- ISO 13903:2005. Animal feeding stuffs -- Determination of amino acids content. International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland. p. 17.

- ISO 12966-4:2015. Animal and vegetable fats and oils -- Gas chromatography of fatty acid methyl esters – Part 4: Determination by capillary gas chromatography. International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland. p. 21.
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26 (2). 628-631.
- Lundy, M. E., Parrella, M. P. 2015. Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. *Plos One*. 10 (4). 12.
- Mozaffarian, D., Clarke, R. 2009. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *European Journal of Clinical Nutrition*. 63. 22-33.
- Nakagaki, B. J., Defoliart, G. R. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta Domesticus* (*Orthoptera: Gryllidae*) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*. 84 (3). 891-896.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2283/2015 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. 1852/2011
- Nightingale, K. W., Ayim, E. N. 1980. Outbreak of botulism in Kenya after ingestion of white ants. *British Medical Journal*. 281 (6256). 1682-1683.
- Oonincx, D., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A., van Huis, A. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *Plos One*. 5(12). 7.

- Oonincx, D., van Broekhoven, S., van Huis, A., van Loon, J. J. A. 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *Plos One*. 10 (12). 20.
- Payne, C. L. R., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. 2016. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology*. 47. 69-77.
- Prováděcí Nařízení Komise (EU) č. 2470/2001 ze dne 20. prosince 2017, kterým se zřizuje seznam Unie pro nové potraviny v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách
- Raksakantong, P., Meeso, N., Kubola, J., Siriamornpun, S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects. *Food Research International*. 43 (1). 350-355.
- Rumpold, B. A., Schluter, O. K. 2013a. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 17. 1-11.
- Rumpold, B. A., Schluter, O. K. 2013b. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*. 57 (5). 802-823.
- Sanchez-Muros, M. J., Barroso, F. G., Manzano-Agugliaro, F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*. 65. 16-27.
- Soxhlet, F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches journal*. 232. p. 461-465.
- Svačina, Š. 2008. *Klinická dietologie*. Grada. Praha. 384 s. ISBN 978-80-247-2256-6

- Tammaru, T., Esperk, T., Ivanov, V., Teder, T. 2010. Proximate sources of sexual size dimorphism in insects: locating constraints on larval growth schedules. *Evolutionary Ecology*. 24 (1). 161-175.
- Tiencheu, B., Womeni, H. M., Linder, M., Mbiapo, F. T., Villeneuve, P., Fanni, J., Parmentier, M. 2013. Changes of lipids in insect (*Rhynchophorus phoenicis*) during cooking and storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 115 (2). 186-195.
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L. Y., van Valenberg, H. J. F., van Boekel, M., Lakemond, C. M. M. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*. 62. 1087-1094.
- WHO. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health organisation. Geneva. 265 p. ISBN 9789241209359.
- Yang, L. F., Siriamornpun, S., Li, D. 2006. Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. *Journal of Food Lipids*. 13 (3). 277-285.
- Yi, L. Y., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*. 141 (4). 3341-3348.
- Zielinska, E., Baraniak, B., Karas, M., Rybczynska, K., Jakubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 77. 460-466.

9 Přílohy

Příloha č. 1: Zastoupení aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*)
– série (g/100 g sušiny)

Aminokyselina	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Asparagová kyselina	5,95 ± 0,13	5,76 ± 1,25	6,37 ± 0,09	5,91 ± 0,22	4,61 ± 0,80	5,68 ± 0,67
Threonin	5,47 ± 0,03	2,75 ± 0,10	2,75 ± 0,09	2,87 ± 0,01	2,88 ± 0,13	3,01 ± 0,11
Serin	4,02 ± 0,16	4,04 ± 0,81	4,45 ± 0,78	3,42 ± 0,17	3,02 ± 0,52	3,39 ± 0,33
Glutamová kyselina	5,46 ± 0,13	5,17 ± 0,85	5,48 ± 0,81	6,02 ± 0,58	4,73 ± 0,63	5,78 ± 0,64
Prolin	4,25 ± 0,17	4,39 ± 1,10	4,93 ± 1,13	5,10 ± 0,25	4,30 ± 0,71	5,48 ± 0,69
Glycin	5,60 ± 0,10	5,60 ± 0,87	5,88 ± 0,84	7,29 ± 0,53	5,94 ± 0,70	6,88 ± 0,52
Alanin	8,43 ± 0,09	8,34 ± 1,37	8,78 ± 1,42	10,63 ± 0,39	8,77 ± 1,06	9,98 ± 0,60
Valin	4,61 ± 0,18	4,50 ± 0,14	4,49 ± 0,13	4,90 ± 0,28	4,75 ± 0,17	4,56 ± 0,48
Isoleucin	2,84 ± 0,14	2,80 ± 0,08	2,78 ± 0,08	2,94 ± 0,18	2,89 ± 0,12	3,16 ± 0,17
Leucin	4,76 ± 0,16	4,54 ± 0,33	4,54 ± 0,32	5,06 ± 0,31	4,63 ± 0,07	4,99 ± 0,19
Tyrosin	2,48 ± 0,19	2,32 ± 0,52	2,52 ± 0,52	2,39 ± 0,02	1,95 ± 0,36	2,39 ± 0,30
Phenylalanin	1,91 ± 0,09	2,00 ± 0,29	2,15 ± 0,32	1,84 ± 0,05	1,72 ± 0,21	1,93 ± 0,12
Histidin	1,55 ± 0,10	1,52 ± 0,37	1,68 ± 0,37	1,63 ± 0,06	1,35 ± 0,23	1,70 ± 0,18
Lysin	3,62 ± 0,09	3,62 ± 0,30	3,73 ± 0,35	3,68 ± 0,24	3,12 ± 0,39	3,62 ± 0,18

Příloha č. 1 – pokračování: Zastoupení aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) – série (g/100 g sušiny)

Aminokyselina	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Arginin	3,22 ± 0,09	2,93 ± 0,84	3,35 ± 0,83	3,60 ± 0,04	2,68 ± 0,42	3,54 ± 0,43
Cystein	1,03 ± 0,05	0,96 ± 0,08	0,99 ± 0,05	1,21 ± 0,14	1,14 ± 0,04	1,20 ± 0,05
Methionin	1,06 ± 0,10	1,05 ± 0,06	1,10 ± 0,04	1,03 ± 0,08	1,07 ± 0,02	1,08 ± 0,05
SUMA	66,27 ± 1,98	62,29 ± 9,36	65,96 ± 8,19	69,54 ± 3,55	59,55 ± 6,61	68,37 ± 5,69

F – samice, M – samci

Příloha č. 2: Zastoupení aminokyseliny u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) – série (mg/g aminokyselin)

Aminokyselina	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Asparagová kyselina	93,42 ± 1,36	90,41 ± 20,04	99,80 ± 16,5	93,13 ± 3,02	72,53 ± 13,42	89,22 ± 10,97
Threonin	42,92 ± 0,21	43,26 ± 2,09	43,14 ± 0,93	45,28 ± 0,89	45,20 ± 2,59	47,33 ± 2,34
Serin	63,06 ± 1,79	63,47 ± 13,09	69,81 ± 11,24	53,96 ± 2,45	47,51 ± 8,77	53,21 ± 5,61
Glutamová kyselina	85,81 ± 2,47	81,26 ± 13,52	85,85 ± 11,50	94,93 ± 7,69	74,29 ± 10,76	90,79 ± 10,58
Prolin	66,79 ± 2,84	68,99 ± 17,71	77,16 ± 16,61	80,49 ± 4,76	67,58 ± 11,94	86,05 ± 11,30
Glycin	87,92 ± 2,24	87,95 ± 13,87	92,24 ± 11,80	114,95 ± 6,66	93,33 ± 11,91	108,03 ± 8,87
Alanin	132,44 ± 2,89	130,94 ± 21,76	137,57 ± 20,33	167,55 ± 4,43	137,83 ± 18,03	156,82 ± 10,56
Valin	72,29 ± 1,81	70,73 ± 2,73	70,44 ± 1,33	77,29 ± 4,38	74,62 ± 3,58	71,70 ± 8,09

Příloha č. 2 – pokračování: Zastoupení aminokyseliny u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) – série (mg/g aminokyselin)

Aminokyselina	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Isoleucin	44,60 ± 1,61	43,96 ± 1,73	43,71 ± 0,79	46,31 ± 2,96	45,45 ± 2,31	49,58 ± 2,72
Leucin	74,73 ± 1,39	71,38 ± 5,79	71,19 ± 4,29	79,72 ± 4,14	72,71 ± 1,60	78,35 ± 3,06
Tyrosin	38,98 ± 2,40	36,37 ± 8,33	39,46 ± 7,62	37,69 ± 0,59	30,65 ± 5,99	37,61 ± 5,00
Phenylalanin	29,99 ± 1,05	31,38 ± 4,91	33,72 ± 4,54	29,05 ± 1,15	27,08 ± 3,65	30,31 ± 1,86
Histidin	24,36 ± 1,30	23,82 ± 6,00	26,35 ± 5,49	25,76 ± 0,67	21,28 ± 3,90	26,63 ± 2,88
Lysin	56,87 ± 1,45	56,92 ± 5,32	58,54 ± 4,74	58,08 ± 2,85	48,94 ± 6,30	56,84 ± 2,90
Arginin	50,61 ± 1,79	46,06 ± 13,52	52,43 ± 12,25	56,86 ± 1,21	42,10 ± 7,10	55,61 ± 7,07
Cystein	16,11 ± 0,57	15,00 ± 1,29	15,48 ± 0,76	19,08 ± 2,15	17,93 ± 0,64	18,85 ± 0,77
Methionin	16,56 ± 1,26	16,42 ± 0,95	17,22 ± 0,59	16,32 ± 1,43	16,74 ± 0,58	17,00 ± 0,75

F – samice, M – samci

Příloha č. 3: Zastoupení mastných kyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) (% mastných kyselin)

Mastná kyselina	2F	3F	2M	3M
C12:0	0,15 ± 0,01	0,21 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,00
C14:0	0,80 ± 0,03	1,13 ± 0,01	0,74 ± 0,04	1,11 ± 0,03
C15:0	0,19 ± 0,01	0,22 ± 0,00	0,16 ± 0,01	0,20 ± 0,00
C16:0	26,80 ± 0,23	26,05 ± 0,20	27,39 ± 0,51	26,28 ± 0,34
C16:1 (cis-9)	0,48 ± 0,01	1,44 ± 0,02	0,38 ± 0,01	1,03 ± 0,38
C17:0	0,45 ± 0,00	0,58 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,50 ± 0,01
C17:1 (cis-10)	0,08 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,29 ± 0,07
C18:0	14,02 ± 0,38	17,24 ± 0,13	15,11 ± 0,08	17,35 ± 0,17
C18:1 (trans-9) *	0,06 ± 0,02	0,33 ± 0,40	0,72 ± 0,26	1,02 ± 0,16
C18:1 (cis-9) **	24,16 ± 0,22	22,52 ± 0,07	22,53 ± 0,34	21,67 ± 0,08
C18:2 (trans-9,12)	0,46 ± 0,01	0,11 ± 0,07	0,31 ± 0,02	0,11 ± 0,09
C18:2 (cis-9,12)	29,39 ± 0,36	26,26 ± 0,25	29,81 ± 0,45	26,74 ± 0,34
C20:0	0,61 ± 0,02	0,87 ± 0,03	0,62 ± 0,04	0,76 ± 0,03
C20:1 (cis-11)	0,02 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,25 ± 0,03	0,36 ± 0,02
C18:3 (cis-9,12,15)	1,54 ± 0,03	1,54 ± 0,06	1,03 ± 0,05	1,21 ± 0,03
C20:2 (cis-11,14)	0,06 ± 0,00	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,13 ± 0,01
C22:0	0,35 ± 0,04	0,20 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,12 ± 0,02
C20:4 (cis-5,8,11,14)	0,02 ± 0,00	0,34 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,51 ± 0,02
C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	0,37 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,35 ± 0,04	0,54 ± 0,01
SFA	43,36 ± 0,72	46,50 ± 0,40	44,50 ± 0,70	46,39 ± 0,61
MUFA	24,80 ± 0,25	24,62 ± 0,51	23,92 ± 0,64	24,36 ± 0,71
PUFA	31,84 ± 0,43	28,88 ± 0,41	31,58 ± 0,58	29,25 ± 0,51

* může se jednat i o izomery (trans-5) nebo (trans-7)

** zahrnuje i asklepovou kyselinu C18:1 (cis-11)

F – samice, M – samci

Příloha č. 4: přehled mastných kyselin zmíněných v diplomové práci

Mastná kyselina	Název
C8:0	kaprylová
C12:0	laurová
C13:0	tridecylová
C14:0	myristová
C14:1 (cis-9)	myristolejová
C15:0	pentadekanová
C16:0	palmitová
C16:1 (cis-9)	palmitolejová
C16:1 (trans-9)	palmitelaidová
C17:1 (cis-10)	heptadecenová
C18:0	stearová
C18:1 (cis-9)	olejová
C18:1 (trans-9)	elaidová
C18:1 (trans-11)	asklepová
C18:1 (trans-12)	oktadecenová
C18:2 (cis, cis-9,12)	linolová
C18:2 (trans, trans-9,12)	linolelaidová
C18:2 (cis, cis-9,11)	konjugovaná kyselina linolová
C18:3 (all-cis-9,12,15)	α -linolenová
C20:0	arachová
C20:1 (cis-11)	eikosenová
C20:2 (cis, cis-11,14)	eikosadienová
C20:3 (all-cis-8,11,14)	eikosatrienová
C20:4 (all-cis-5,8,11,14)	arachidonová
C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)	eikosapentaenová
C21:0	heneikosanová
C22:0	behenová
C22:5 (all-cis-4,10,13,16,19)	dokosapentaenová
C22:6 (all-cis-4,7,10,13,16,19)	dokosahexaenová

Seznam příloh:

1. Příloha č. 1: Zastoupení aminokyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) – série (g/100 g sušiny)
2. Příloha č. 2: Zastoupení aminokyseliny u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) – série (mg/g aminokyselin)
3. Příloha č. 3: Zastoupení mastných kyselin u samic a samců cvrčka domácího (*A. domesticus*) (% mastných kyselin)
4. Příloha č. 4: přehled mastných kyselin zmíněných v diplomové práci