

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality zemědělských produktů**



**Stanovení nutričních hodnot jedlého hmyzu cvrčka domácího  
*Acheta domestica***

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jana Honová**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

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

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení nutričních hodnot jedlého hmyzu cvrčka domácího *Acheta domestica*" 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 11.4.2018 \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné a podnětné připomínky při zpracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala manželům Adámkovým za pomoc při praktické části práce.

# Stanovení nutričních hodnot jedlého hmyzu cvrčka domácího *Acheta domestica*

## Souhrn

Tato diplomová práce se věnuje problematice jedlého hmyzu, konkrétně stanovení obsahu tuku a profilu mastných kyselin u cvrčka domácího (*Acheta domestica*). V teoretické části práce byly v podkapitolách porovnány jednotlivé nutriční hodnoty jedlého hmyzu z hlediska obsahu sacharidů, bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Obecně platí, že hmyz je bohatý na celou řadu pro člověka důležitých a esenciálních látek, v mnoha směrech minimálně srovnatelný s jinými konvenčními zdroji. Na základě rešerše je jasné, že obsah těchto živin však není konstantní veličinou a je ovlivňován mnoha různými faktory. Nejvýznamnějším činitelem ovlivňujícím nutriční hodnotu hmyzu je bezesporu druhová příslušnost, ovšem významné rozdíly v obsahu živin způsobené použitím odlišné krmné směsi či různou fází vývoje v době sklizně jsou známé i v rámci jediného druhu. Další výzkum týkající se možnosti ovlivnění a optimalizace nutriční hodnoty je tedy vysoce žádoucí. Jedním z faktorů, které přichází v úvahu z tohoto hlediska, je pohlaví hmyzu. Cílem práce proto bylo ověřit hypotézu, zdali se samci a samice cvrčka domácího významně liší v obsahu tuku a profilu mastných kyselin.

V praktické části práce byl analyzován obsah sušiny, tuku a profil mastných kyselin cvrčka domácího (*Acheta domestica*). Vzorky analyzovaného hmyzu pocházely z komerčního chovu v České republice.

K extrakci tuku ze vzorků byla zvolena metoda podle Soxhleta a ke zjištění profilu mastných kyselin byl použit plynový chromatograf s hmotnostní detekcí. Zkoumaný hmyz byl před analýzou rozdělen na samce a samice.

Dosažené výsledky prokázaly, že samice cvrčka domácího obsahují významně více tuku než samci ( $p > 0,001$ ), kdy u samic bylo v průměru naměřeno 21,7 % tuku v sušině, u samců pak 15,6 % tuku. Z hlediska profilu mastných kyselin byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu dvou mastných kyselin a to stearové a palmitoolejové kyseliny.

Naměřené výsledky přispějí k lepšímu a přesnějšímu posuzování nutriční hodnoty jedlého hmyzu.

**Klíčová slova:** jedlý hmyz, tuk, profil mastných kyselin, cvrček domácí, pohlaví.

# Determination of nutritional values of edible insect house cricket *Acheta domestica*

## Summary

This thesis is devoted to the topic of edible insects, specifically to the determination of fat and of the fatty acid profile in the house cricket (*Acheta domestica*). The subsections of the Theoretical part compare the nutritional values of edible insects with respect to the saccharide, protein, fat, mineral and vitamin contents. Generally, insects are rich in a number of substances and essential compounds important to humans, and are comparable or even superior to other conventional nutritional sources in many respects. The present literature research gave evidence that the contents of the above nutrients are not constant: instead, they depend on many different factors. The most important factor is, naturally, the animal species. However, differences in the nutrient contents due to the use of different feed formulas and/or to the different development phases at slaughter are also known within a single species. So, additional research to identify methods to affect and optimize the nutritional values of animals is highly desirable. Among the factors that may play a role in this respect is the insect's sex. The goal of this work was to test the hypothesis that house cricket males and females differ significantly in their fat content and fatty acid profile.

The Practical part was dedicated to the analysis of the dry matter and fat contents and the fatty acid profile of the house cricket (*Acheta domestica*). The insect samples for analysis were obtained from commercial breed in the Czech Republic.

Fat was extracted on a Soxhlet apparatus. Fatty acids were analysed on a gas chromatograph with mass spectrometric detection. Males and females were analysed separately.

The results gave evidence that house cricket females are significantly richer in fat than males ( $p > 0.001$ ): the observed mean fat contents of the dry matter of house cricket females vs. males was 21.7% vs. 15.6%. As to the fatty acid profile, statistically significant differences were found in the contents of two fatty acids: stearic acid and palmitoleic acid.

The measured results will contribute to a better and more accurate assessment of the nutritional value of edible insects.

**Keywords:** edible insects, fat, fatty acid profile, house cricket, sex.

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Cíl práce.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Hypotéza.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Entomofágie.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Výhody entomofágie.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Nevýhody a rizika entomofágie.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Charakteristika cvrčka domácího.....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Nutriční hodnota jedlého hmyzu.....</b>	<b>14</b>
3.5.1 Proteiny.....	15
3.5.2 Sacharidy.....	17
3.5.3 Tuky.....	18
3.5.4 Vitaminy.....	21
3.5.5 Minerální látky.....	22
3.5.6 Sušina.....	24
3.5.7 Energetická hodnota.....	24
<b>4. Materiál a metody.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Materiál.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Metody.....</b>	<b>25</b>
4.2.1 Lyofilizace materiálu.....	25
4.2.2 Abundance a hmotnost.....	25
4.2.3 Stanovení sušiny.....	26
4.2.4 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta.....	26
4.2.5 Esterifikace.....	26
4.2.6 Stanovení profilu mastných kyselin.....	27
4.2.7 Statistická analýza.....	27
<b>5. Výsledky.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 Hmotnost a abundance.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 Sušina.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 Extrakce tuku.....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 Profil mastných kyselin.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Diskuze.....</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Sušina.....</b>	<b>41</b>
<b>6.2 Tuk.....</b>	<b>42</b>
<b>6.3 Profil mastných kyselin.....</b>	<b>42</b>

<b>7. Závěr.....</b>	<b>46</b>
<b>8. Seznam použité literatury.....</b>	<b>47</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>54</b>

# 1. Úvod

Dobrá zdravotní stav obyvatelstva a zabezpečení jeho výživy musí být základní povinností moderního státu. Stupeň tohoto zabezpečení se může v jednotlivých krajinách měnit. Rozdíly jsou způsobené především využíváním potenciálu půdy, techniky, klimatických podmínek a lidského potenciálu. Toto všechno, stejně jako mnohé další aspekty, musí být součástí strategie potravinové a výživové politiky státu. Je nutné využívání všech nástrojů ke zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva, včetně dostupných alternativních zdrojů potravy. Jedním z těchto nových a v současnosti velmi diskutovaných alternativních zdrojů je jedlý hmyz.

Evropská komise zařadila hmyz a hmyzí produkty podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/1997 o nových potravinách a nových složkách potravin do skupiny potravin nového typu. Potravinou nového typu je každá potravina, která nebyla v EU před 15. květnem 1997 konzumována ve významné míře. Tato potravina může být uvedena na trh pouze pro prokázání, že je pro spotřebitele bezpečná. Před uvedením potravin nového typu na trh je nutnou součástí povolení analýza nutričních hodnot.

V současné době je z důvodu dobrých nutričních hodnot, výhodných ekonomických a ekologických vlastností velmi diskutována oblast jedlého hmyzu. Podle druhu hmyzu může být tato oblast nejen výhodným alternativním zdrojem bílkovin, ale i zdrojem dalších zajímavých makro a mikronutrientů. Navíc lze nutriční hodnotu ovlivnit technologií chovu a tím získat požadované parametry této komodity.

Jedním z druhů doporučených organizací EFSA pro Českou republiku jako krmivo a potravinu je druh cvrček domácí (*Acheta domestica*). Tento druh se vyznačuje nejen vysokým obsahem dusíkatých látek, ale také příznivým složením tuku. Vzhledem k tomu, že tuk je obecně variabilní složkou, může se tak měnit nejen podle chovných podmínek, ale i na základě dalších faktorů. Jedním z předpokládaných faktorů je i pohlaví.



## **2. Cíl práce**

Cílem diplomové práce bylo v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na základní nutriční hodnoty u cvrčka domácího (*Acheta domestica*). V praktické části pak byly stanoveny vybrané nutriční parametry (obsah tuku, profil mastných kyselin) cvrčka domácího a porovnány v závislosti na pohlaví.

### **2.1 Hypotéza**

Hypotéza: Nutriční vlastnosti jedlého hmyzu druh cvrček domácí (*Acheta domestica*) se liší v závislosti na pohlaví.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Entomofágie

Konzumace hmyzu (entomofágie) má dlouhou historii jako součást lidské stravy a velké množství druhů hmyzu je konzumováno v mnoha částech světa (Finke, 2004). Důkazy o tom, že hmyz byl součástí jídelníčku lidí již v prehistorických dobách, dokazují jeskynní malby i analýzy fosilií (Sutton, 1995). Jedním z prvních druhů hmyzu, který člověk začal chovat a využívat pro své potřeby, byl bourec morušový (*Bombyx mori*) (van Huis et al., 2013) a včela medonosná (*Apis mellifera*). Včelařství a sběr medu má své počátky již v 7000 let př. n. l. (Veselý, 1985).

Entomofágie v mnoha zemích světa přetrvala až do dnešní doby. Mimo Evropu a Severní Ameriku je hmyz běžnou součástí jídelníčku, stejně tak jako maso nebo ryby. Hmyz představuje potravinu se širokým využitím a výhodnými ekonomickými a ekologickými vlastnostmi, a proto se předpokládá, že její význam bude v budoucnosti narůstat (van Huis et al., 2013).

V každé části světa je však vnímání jedlého hmyzu odlišné. V rozvojových zemích, kde je hmyz tradiční potravinou a součástí místních jídel, představuje řešení nedostatku jiné potravy. Hmyz je snadno dostupný a levný zdroj potravy. Ve výživě místních lidí proto představuje nejvýznamnější zdroj bílkovin. V těchto zemích donedávna pocházel konzumovaný hmyz pouze z volné přírody, kde byl sbírán. První farmy zabývající se chovem hmyzu, byly pak postaveny v Thajsku v roce 1998 (Hanboonsong, 2013).

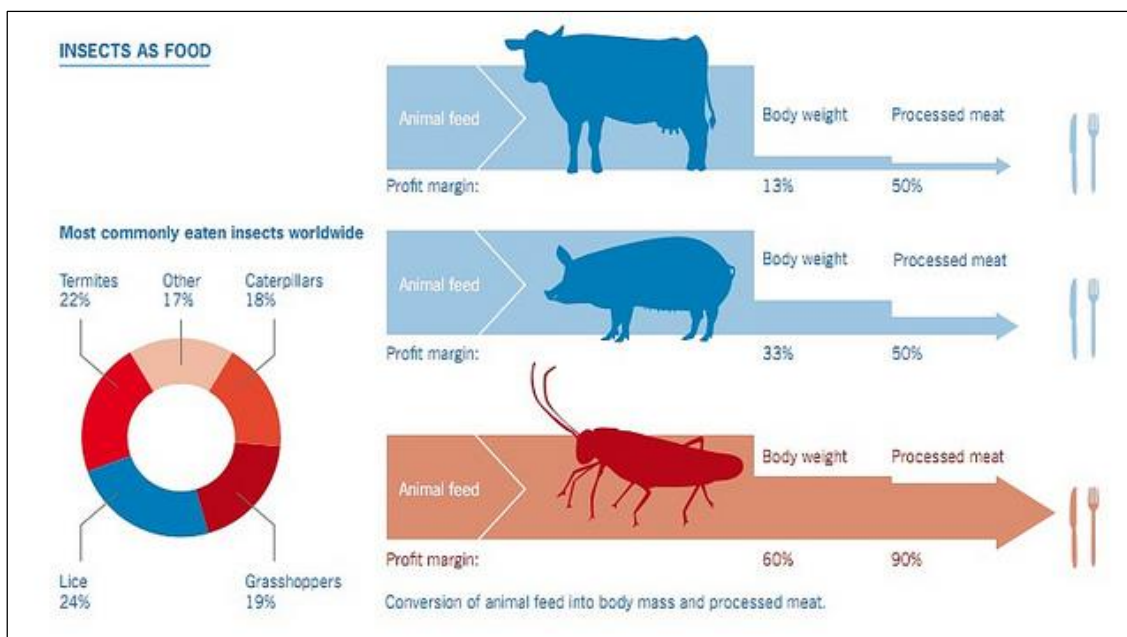
V západních zemích (Evropa a Severní Amerika) byla entomofágie zanedbávána po celé generace. Lidé zde odmítají hmyz konzumovat, mají k němu odpor (Looy et al., 2014). Ten ovšem není člověku vlastní, ale pochází z dětství od lidí, kteří dítě obklopují (Mitsubishi, 2010). Další překážkou v rozvoji entomofágie v evropských zemích je dosud nedořešená legislativa týkající se chovu hmyzu a jeho využití pro potravinářské účely, která by zajistila bezpečnost potravin, ochranu zdraví spotřebitele a tím i nepřímo zvýšila důvěru ke konzumaci hmyzu. Přestože byl hmyz již v roce 1997 nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/1997 zařazen do skupiny potravin nového typu, musí podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283 s platností od 1. 1. 2018 projít potravina s přídavkem hmyzu schvalovacím řízením, které zajistí stejný přístup jednotlivých členských států EU.

### 3.2 Výhody entomofágie

Jedlý hmyz je bohatý zdroj živin, srovnatelný s konvenčními zdroji. Hmyz je obecně dobrým zdrojem energie, bílkovin, tuků a základních minerálů a vitaminů pro lidskou výživu, mimo to může být i vyhledávanou lahůdkou (Xiaoming et al., 2008).

Mezi další výhody chovu jedlého hmyzu patří nižší ekologická zátěž životního prostředí. Zejména jde o příspěvek na potenciál globálního oteplování (produkce skleníkových plynů a amoniaku), který je u jedlého hmyzu několikanásobně nižší než u chovu běžných hospodářských zvířat. Hospodářská zvířata produkují až 18 % z emisí skleníkových plynů spojených s lidskou civilizací, v případě  $\text{NH}_3$  se odhaduje, že produkují dokonce 64 % z celkového množství (Steinfeld et al., 2006). Pouze švábi a termiti produkují malé množství  $\text{CH}_4$ , je to důsledek bakteriální fermentace v jejich trávicím traktu (Oonincx et al., 2010). Potraviny vyrobené z hmyzu tedy zatěžují ekosystém mnohem méně než potraviny vyrobené z masa hospodářských zvířat (Premalatha et al., 2011). Důvod této skutečnosti spočívá v tom, že hmyz patří mezi poikilotermní (studenokrevné) živočichy, což znamená, že nepotřebuje energii k zachování tělesné teploty tak jako jsou hospodářská zvířata. (Lindroth, 1993).

Další výhodou je menší plocha potřebná k chovu (v porovnání s hospodářskými zvířaty až 12x), menší spotřeba vody a vysoká konverze krmiva (van Huis et al., 2013). Např. při porovnání konverze krmiva u cvrčka domácího (*Acheta domestica*) se spotřebuje na přírůstek 1 kg živé hmotnosti hmyzu pouze 1,7 kg krmiva (Collavo et al., 2005), zatímco u hovězího dobytka je nutné dodat až 25 kg krmiva, což sebou nese další ekologickou zátěž životního prostředí, spotřebu energií a vody (Smil, 2002). Porovnání konverze živin mezi skotem, prasetem a cvrčkem znázorňuje obrázek č. 1. Hospodářská zvířata zkonsumují větší množství bílkovin, než kolik jsou schopna sama vyprodukovat, v potravě přijmou ročně 77 milionů tun bílkovin, avšak množství vyprodukovaných bílkovin, zkonsumovatelných člověkem, je jen 58 milionů tun (Yen, 2009).



Obrázek č. 1: Srovnání konverze živin mezi skotem, prasetem a cvrčkem (FAO, 2013).

Další zajímavostí je snížení potřeby pesticidů sbíráním larev škůdců z pěstovaných kulturních plodin jako potraviny a krmiva. Tím dochází ke snížení množství pesticidů při rostlinné zemědělské produkci a snížení finanční zátěže na rodinu zemědělce (Cerritos et al., 2009). Zdravotní výhodou mouky z jedlého hmyzu je možnost jejího využití u pacientů alergických na lepek (Lacey, 2016).

Hmyz může být alternativou pro vegetariány, pro některé z nich je konzumace hmyzu, na rozdíl od konzumace masa běžných hospodářských zvířat přijatelná, a doplněním jídelníčku potravinami živočišného původu výrazně zvyšuje jeho aminokyselinové skóre (Katayama et al., 2005).

### 3.3 Nevýhody a rizika entomofágie

Chov a konzumace jedlého hmyzu sebou nese i negativa a rizika. Z hlediska udržení rovnováhy ekosystému a zachování živočišných druhů se nedoporučuje nekontrolovatelný sběr hmyzu ve volné přírodě (Mitsubishi, 2010).

Z hlediska zdraví člověka je důležité volit vhodné vývojové stádium, vhodnou kulinářskou úpravu, používat ochranné pomůcky a vyvarovat se sběru hmyzu v nevhodných oblastech, jak uvádí Bouvier (1945). Autor zaznamenal úmrtí opic, které zemřely na střevní zácpu v důsledku konzumace sarančí. Tento druh má na holeních velké trny, které mohou zapříčinit neprůchodnost střev, přičemž jediným řešením následných potíží je chirurgické odstranění nohou sarančí ze střevního traktu.

Některé druhy hmyzu mohou vylučovat nebezpečné toxiny nebo toxické metabolity. Tyto látky slouží hmyzu jako obranný prostředek a na člověka mohou mít dráždivý nebo nepříjemný účinek. Produkované toxiny obsahují velké množství látek, jako jsou například alkoholy, aldehydy, karboxylové kyseliny, steroidy atd. (DeFoliart, 1992). Pro evropské země je nejbližším příkladem solanin, který se dostává do těl larev mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*). Larvy mandelinky jsou škůdci bramboru hlíznatého (*Solanum tuberosum*), v blízkosti člověka se hojně vyskytují a mohly by tak být dostupným zdrojem bílkovin, ale kvůli obsahu solaninu jsou pro člověka jedovaté a jejich využití v etnomofágii proto není možné. Déle je dosti pravděpodobné, že i potencionálně jedlé druhy hmyzu obsahují toxiny, které nejsou dosud známé (Borkovcová et al., 2009).

Dalším zdravotním rizikem při konzumaci jedlého hmyzu jsou alergie. Vzhledem k vysokému obsahu chitinu a tropomyosinu je hmyz řazen do skupiny alergenů s korýši. Vystavení chitinu může být prvotním vnějším determinanem pro spuštění alergie. Přítomnost patogenů obsahujících chitin může u některých citlivějších jedinců způsobit vznik a rozvoj nosních polypů (Park et al., 2009). Alergické reakce byly zaznamenány u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), přičemž brouci z čeledi potměníkovití mohou představovat výrazné alergeny pro osoby pracující s obilím nebo obilnými produkty (Bernstein et al., 1983; Schroeckenstein et al., 2007). Dále byl zaznamenán i případ anafylaktického šoku po konzumaci čaje, který byl vyroben ze směsi bylin napadené zavíječem paprikovým. Podobné případy potravinových alergií na hmyz jsou sice velmi ojedinělé, přesto mohou případné zájemce o konzumaci hmyzu od entomofágie odradit (Jarish a Hemmer, 2010).

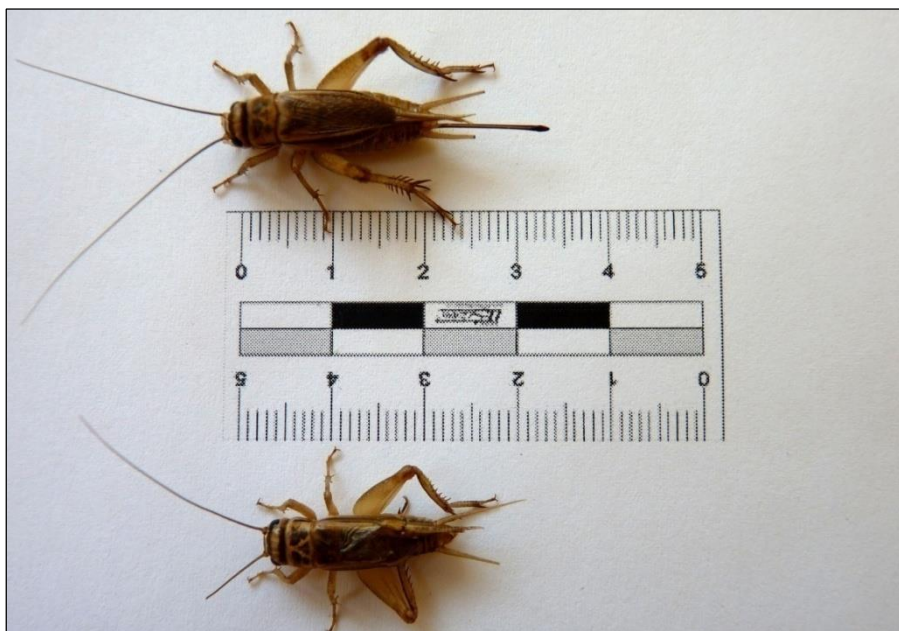
Na povrchu nebo uvnitř těla hmyzu jsou přítomny mikroorganizmy, které mohou ovlivnit bezpečnost cílového produktu. Mikrobiota přítomná ve střevě hmyzu je nezbytná pro přežití hmyzu a odráží prostředí, ve kterém hmyz žije. Z tohoto důvodu je nutné po určitou dobu hmyz před zpracováním vyláchnit. Monitorováním a eliminací rizik při chovu a konzumaci hmyzu či posílením pozitiv vhodnými chovnými podmínkami s následným kvalitním zpracováním, lze získat bezpečnou potravinu s dobrými nutričními vlastnostmi (EFSA, 2015). Obecně je entomofágie vzhledem ke své dlouholeté historii považována za bezpečnou (DeFoliart, 1999).

### **3.4 Charakteristika cvrčka domácího**

Cvrček domácí (obrázek č. 2) patří mezi rovnokřídlý (*Orthoptera*). Do této skupiny hmyzu patří společně s kobyilkami a sarančaty. Skupina se vyznačuje dobře vyvinutými

křídly. Všichni zástupci tohoto řádu jsou důležitou složkou potravního řetězce. Cvrček domácí pochází z tropických a subtropických oblastí Asie, dnes je to ale kosmopolitní druh rozšířený po celém světě. Samice se od samce liší přítomností kladélka na abdomenu.

Dospělá samice během svého života (8–12 týdnů) dokáže naklást až 350 vajíček. Ta se při ideální teplotě (25–28 °C) inkubují po dobu 10–14 dní (Friedrich et Volland, 2004). V optimálních podmínkách pak dosáhnou nymfy dospělosti za 5–6 týdnů. Cvrček domácí patří do skupiny omnivorního hmyzu, je tedy nutné jej krmit granulovanou směsí pro omnivorní hlodavce případně kompletní krmnou směsí pro psy nebo vlastní směsí připravenou například z obilného šrotu a rybí moučky v poměru 1:1 (Kořínek, 1993). Pro zajištění přísunu vody je nezbytné průběžně dodávat čerstvé ovoce a zeleninu, případně využít pítko či vodní gel. V případě nedostatku některé ze složek, včetně vlhké složky, mají cvrčci silné sklony ke kanibalismu.



Obrázek č. 2: Cvrček domácí (*Acheta domestica*). Nahoře samice s kladélkem, vespodu samec.

(Foto: Martin Kulma)

### 3.5 Nutriční hodnota jedlého hmyzu

Nutriční hodnota je důležitým aspektem při hodnocení potravin. Obecně lze hmyz považovat za dobrý zdroj živin, zejména tuku a bílkovin (Xiaoming et al., 2008). Bylo u něj prokázáno, že je bohatým zdrojem bílkovin, sacharidů, tuků, vitaminů a stopových prvků (Bukkens, 1997). Nutriční hodnota hmyzu je srovnatelná s běžným masem hospodářských zvířat (Klunder et al., 2012).

Nutriční hodnota jedlého hmyzu závisí jak na extravitálních, tak na intravitálních faktorech, od přírodovědného druhu, vývojového stádia přes chovné prostředí (teplota, krmivo...) až po vlastní zpracování a kulinářskou úpravu (pečení, smažení, vaření)(DeFoliart, 1992; Bukkens 1997, 2005; Ramos-Elorduy, 1997, 2006; Barker et al., 1998; Mziray et al., 2000; Finke, 2004; Wang et al., 2004; Babiker et al., 2007; Falade a Omojola, 2008; Kinyuru et al., 2013; Ooninx a Dierenfeld, 2011; Rumpold et Schlüter, 2013.

V České republice se nejčastěji v souvislosti s entomofágií uvažuje o hmyzu uvedeném v tabulce č. 1.

**Tabulka č. 1: Nutriční hodnoty vybraných druhů hmyzu.**(zpracováno dle Bukkens, 1997; Ramos-Elorduy et al., 1997, Finke, 2002; Finke, 2005; Mitsuhashi, 2010; Schabel, 2010; Tomotake et al., 2010)

Základní nutriční hodnoty [g.kg <sup>-1</sup> ]	Bourec morušový (kukly)	Včela medonosná (plod)	Saranče stěhovavé (nymfy)	Zavíječ voskový (housesky)	Cvrček domácí (nymfy)	Potemník moučný (larvy)	Potemník brazilský (larvy)
<b>Voda</b>	189	768	656-732	585	668-771	583-619	570-579
<b>Bílkoviny</b>	60	40,5-182	137-610	34-161	67,2-154	184-240	46,8-197
<b>Tuk</b>	37,1	20,3-47	43-170	51,4-249	9,8-33	134-168	42-197
<b>BNLV</b>	neuveveno	1,3	neuveveno	8,1-14	9-9,6	6,6-27	6,3-11
<b>NDF</b>	neuveveno	2	neuveveno	12,1-81	16,4-36	11,2-57	13-39
<b>ADF</b>	neuveveno	3	neuveveno	0,4-34	0,6-22	úno.25	0,4-27
<b>Popeloviny</b>	10,6	3,4-21,7	23-46	1,4-9	4,8-11	2,4-16	2,4-10
<b>ME [kcal.kg<sup>-1</sup>]</b>	neuvádějí	1119	1470-4270	2747	949	2056-2252	2423

**Zkratky:**

BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové

NDF – neutrodetergentní vláknina

ADF – acidodetergentní vláknina

ME – metabolizovatelná energie

**3.5.1 Proteiny**

Obsah proteinů se liší mezi jednotlivými druhy hmyzu, ale obecně se jedná o kvalitní proteiny (Verkerk et al., 2007). V sušině se obsah bílkovin pohybuje od 15 do 81 % (Bednářová, 2013; van Huis et al., 2013). Xiaoming at al. (2008) uvádějí obsah v průměru od 20–70 %. Rumpold et Schlüter (2013) analyzovali jednotlivé řady hmyzu a zjišťovali průměrný obsah bílkovin v sušině, nejvíce proteinů naměřili u řádu rovnokřídlí (*Orthoptera*) 61,32 %. Nejvyšší hodnota naměřená u tohoto řádu byla 77,1 % a to u rodu *Melanoplus*

*mexicanus*, patřících do čeledi sarančovitých. Hmyz nejenže obsahuje velké množství bílkovin, uvádí se minimálně 50 % u většiny druhů, ale obsahuje i všechny esenciální aminokyseliny, které si člověk nedokáže sám syntetizovat. Díky tomu je hmyz považován za jeden z nejkvalitnějších alternativních zdrojů potravy. (Zielińska et al., 2015).

Z analýz vyplývá, že bílkoviny ve hmyzu svoji kvalitou výrazně převyšují bílkoviny rostlinné (Xiaoming et al., 2008). Yi et al. (2013) uvádí u cvrčka domácího množství 392 mg esenciálních aminokyselin na 1 g čisté bílkoviny, u potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) pak 459 mg, což se svým množstvím přibližuje kaseinu, u kterého uvádí hodnotu 531 mg. Vysoký obsah dusíkatých látek a významné zastoupení neesenciálních i esenciálních aminokyselin u cvrčka domácího ukazuje tabulka č. 2.

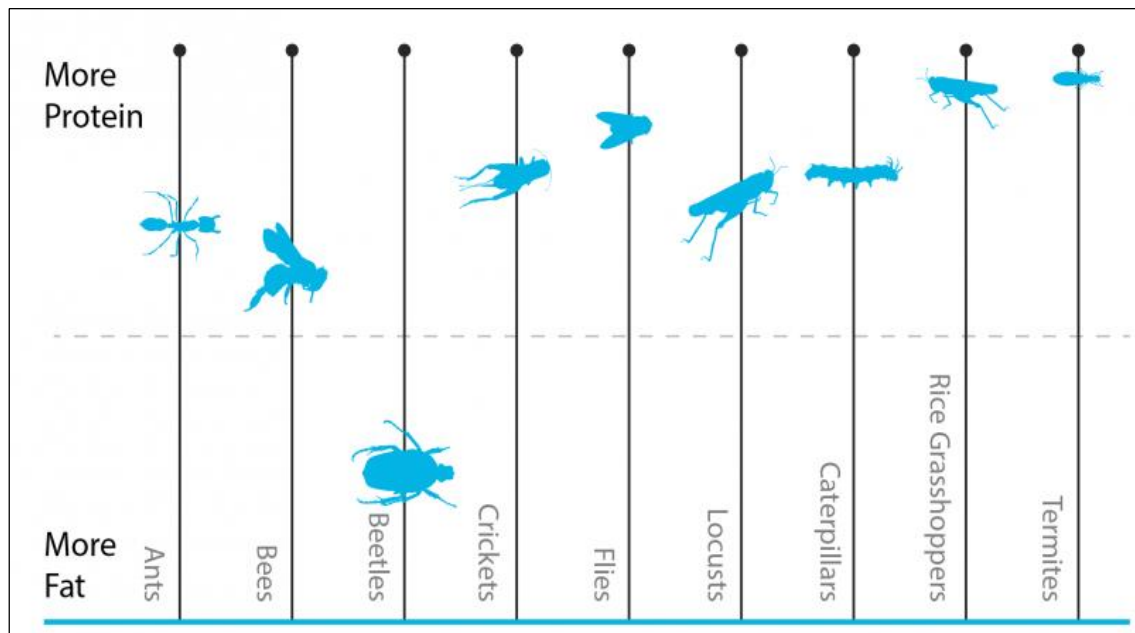
**Tabulka č. 2: Profil aminokyselin u cvrčka domácího (*Acheta domestica*) (v čerstvém stavu; Finke, 2007) - vlastní zpracování autorky**

Aminokyselina	nymfy D (mg/g)	dospělci AD (mg/g)
Alanin	17,7	17,3
Arginin	12,4	12,9
Kys. Asparagová	13,9	19,1
Cystein	1,6	2,2
Kys. Glutamová	20,5	23,5
Glycin	10,6	10,2
Histidin	4,5	5,1
Isoleucin	7,1	8,2
Leucin	12,7	15
Lysin	10,9	11,5
Methionin	2,7	4,4
Fenylalanin	5,6	6,8
Prolin	10,7	12,2
Serin	7,5	11,7
Threonin	6,8	7
Tryptofan	1,1	1,7
Tyrosin	11	9,9
Valin	10,5	10,9

Finke (2004) u cvrčka domácího uvádí 46,8 % dusíkatých látek v sušině. U podobného druhu cvrčka stepního (*Gryllus assimilis*) byl pak naměřen obsah dusíkatých látek 54,3 % (Bednářová, 2013). Jak potvrzují analýzy provedené Broekhovenem a kol. (2015), rozdíly v nutriční hodnotě způsobené využitím různého typu krmiva mohou být až 11 %. Při



porovnání obsahu dusíkatých látek ve cvrčku domácím s konvenčními druhy masa je cvrček srovnatelný s mladými kachnami (45,7 %) nebo tučnými krůtami (49,8 %) (Pipek, 1995; Steinhauser, 1995). Porovnání obsahu tuku a bílkovin v různých druzích hmyzu je pak znázorněno na obrázku č. 3.



Obrázek č. 3: Znázornění obsahu tuku a bílkovin v jedlém hmyzu  
(Zdroj: <http://www.precisionnutrition.com/eating-bugs>)

### 3.5.2 Sacharidy

Jedlý hmyz obsahuje méně sacharidů než tuku a bílkovin a jejich obsah se pohybuje od 1 do 10 % (Bednářová, 2013). Jedná se hlavně o chitin, zbytek látek této povahy je považován za rezidua z potravy. Chitin tvoří exoskelet neboli vnější tvrdý plášť hmyzu (Mlček et al., 2014b). Obsah sacharidů se tedy uvádí jako hodnota bezdusíkatých látek výťažkových (BNLV) a chitinu. Molekula chitinu se podobá celulóze a v lidském organismu se chová podobně. Oba tyto polysacharidy jsou považovány za nestravitelné, brání organismus od parazitických onemocnění a alergických stavů (Finke, 2007). Mlček et al., (2014) uvádí, že chitin snižuje sérový cholesterol, zvyšuje hojení ran, dále působí jako homeostatické činidlo pro obnovu tkání a chrání proti některým patogenům v krvi a kůži. Chitinasa, enzym štěpící glykosidické vazby chitinu, se v lidském organismu nachází, ale většinou v neaktivní formě. Aktivní forma byla nalezena u lidí žijících v tropických oblastech, kde má konzumace hmyzu dlouhodobou tradici (Paoletti et al., 2007). Kvůli podobným

vlastnostem chitinu a celulózy se chitinu přezdívá „živočišná vlákna“ (Borkovcová et al., 2009).

Finke (2015) uvádí hodnotu BNLV u cvrčka domácího (*Acheta domestica*) 1 g/kg živé hmotnosti. Obsah sacharidů se u jednotlivých řádů i druhů liší. Xiaoming et al., (2008) uvádějí nejnižší obsah sacharidů u řádu *Orthoptera* (1,2 % v sušině) a nejvíce u řádu *Diptera* (12 % v sušině). U různých druhů se chitin pohybuje v rozpětí 5-15 % (Bednářová, 2013).

### 3.5.3 Tuky

Lipidy jsou pro organismy nepostradatelné látky, jejichž hlavní funkcí je dodávání esenciálních mastných kyselin a energie, dále napomáhají ke správnému fungování buněk a buněčných membrán, transportu potřebných látek, jako jsou například vitamíny rozpustné v tucích. Jejich zastoupení v potravě je nezbytné pro optimální vývoj nervové soustavy dětí a novorozenců (van Huis et al., 2013). Obecně lze jedlý hmyz považovat za bohatý zdroj tuku (Belluco et al. 2015). Hmyzí tuk je také navíc nutričně zajímavý z hlediska jeho složení. Je bohatým zdrojem esenciálních mastných kyselin, jako například eikosapentaenová, linolová a  $\alpha$ -linolenová kyselina. Ve vnitrozemských rozvojových zemích, kde není možný mořský rybolov, by mohl hmyzí tuk pokrýt deficit n-3 a n-6 mastných kyselin (van Huis et al., 2013).

Obsah tuku v jedlém hmyzu je variabilní podobně, jako je tomu u ostatních živin. Bednářová (2013) uvádí rozpětí od 10 do 50 %. Ramos-Elorduy et al. (1997) a Belluco et al. (2015) obsah tuku u jedlého hmyzu uvádí mezi 7-77g.100 g<sup>-1</sup> v sušině. Množství tuku se odvíjí od mnoha faktorů. V první řadě druh, dále vývojové stádium, fyziologický věk (stádium života) (Kulma et al., 2016), pohlaví, roční období, výživa a stanoviště (Raksakantong et al., 2010). Z analýz vyplývá, že samice mají více tuku v porovnání se samci (Finke, 2004). Více tuku najdeme také v larvách a kuklách než v dospělých (Finke, 2002; Xiaoming et al., 2008, Kulma et al., 2016). Vůbec nejvyšší obsah tuku byl u housenek některých druhů motýlů, termitů a larev brouků (Bukkens, 1997). Příkladem může být zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), který obsahuje 60 % tuku v sušině (Finke, 2002), velice tučné jsou i australské dřevokazné larvy brouků a můr tzv. „Witchetty grubs“, které obsahují až 60 % tuku v sušině (Bukkens, 1997). Naopak málo tuku obsahují například housenky bource morušového (*Bombyx mori*), u kterých Finke (2002) stanovil množství tuku v sušině jen 8 %.

Nejnižší množství tuku, které se v literatuře u jedlého hmyzu uvádí, stanovili Xiaoming et al., (2008) u druhu sarančete (*Oxya chinensis*), a to jen 2,2 % tuku v sušině.

Složení tuku jedlého hmyzu je obdobné jako u rybího a drůbežího tuku (DeFoliart, 1992). V porovnání s běžnými živočišnými tuky je zastoupení esenciálních mastných kyselin vyšší (Stanley-Samuels et al., 1988). Obsah tuku i jeho složení se liší u různých druhů jedlého hmyzu, existuje mnoho faktorů, které jej ovlivňují. Složení mastných kyselin u vybraných řádů jedlého hmyzu je ukázán v tabulce č. 3. Na složení mastných kyselin má velký vliv hostitelská rostlina (Barosso et al., 2014).

**Tabulka č. 3: Složení mastných kyselin vybraných řádů jedlého hmyzu [%]**  
(Rumpold et Schlüter, 2013)

řád (latinsky)	řád (česky)	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]
<b>Coleoptera</b>	brouci	38,49	35,72	27,14
<b>Hemiptera</b>	polokřídílí	43,89	32,39	22,89
<b>Diptera</b>	dvoukřídílí	33,02	47,23	15,95
<b>Hymenoptera</b>	blanokřídílí	29,88	48,76	21,18
<b>Orthoptera</b>	rovnokřídílí	32,05	29,37	37,08
<b>Isoptera</b>	termiti	41,97	22	36,04
<b>Lepidoptera</b>	motýli	37,04	23,36	39,76

SFA - nasycené mastné kyseliny

MUFA – monoenoové mastné kyseliny

PUFA – polyenoové mastné kyseliny

Celkový obsah tuku se skládá z acylglycerolu, volných mastných kyselin, sterolů a dalších doprovodných látek. Hmyz obsahuje polyenoové mastné kyseliny, které zahrnují i n-6 a n-3 mastné kyseliny, a to převážně v poměru 5,8:10 až 57,7:10 (Kinyuru et al., 2013). Z hlediska poměru n-3 : n-6 mastných kyselin by mohl mít tuk z jedlého hmyzu prospěšný vliv na zdraví člověka (WHO, 2004). V profilu mastných kyselin může být obsah polyenových mastných kyselin v jedlém hmyzu až 70 % celkového obsahu tuků (Raksakantong et al., 2010; Rumpold et Schlüter, 2013). Zielińska et al., (2015) stanovili obsah monoenoových kyselin v rozmezí od 34,3 do 43,3 %, obsah polyenových kyselin od 26,3 do 31,9 % a obsah nasycených mastných kyselin uvádí v rozmezí od 25,3 do 35,3 %. Variabilitu složení tuku jedlého hmyzu potvrzují i analýzy Kinyuru et al. (2013), kteří u monoenoových mastných kyselin uvádí hodnoty v rozmezí od 44,6 do 56,1 %, u polyenových kyselin naměřili hodnoty od 5,9 do 12,2 % a u nasycených uvádí výsledky v rozmezí od 32,9 do 49,4 % z celkového obsahu mastných kyselin. V hmyzu mají nevyšší zastoupení mastné kyseliny s 18 uhlíky, zejména olejová C18:1, linolová C18:2 a linolenová kyselina C18:3

(Tzompa Sosa et al., 2014). Hojně jsou zastoupené i palmitová a stearová kyselina (Finke, 2002; Bednářová et al., 2013; Kinyuru et al., 2013; Barroso et al., 2014). Vysoký obsah nenasycených mastných kyselin má za následek rychlé oxidování tuků během výroby hmyzích pokrmů a jejich rychlé žluknutí (van Huis et al., 2013).

Finke (2002) stanovil u nymf cvrčka domácího obsah tuku v sušině 7,6 %, u dospělců pak 20,9 % tuku v sušině. V roce 2015 stanovil u nymf v pozdějším stádiu vývoje množství 21,7 %. Rumpold et Schlüter (2013) u stejného druhu uvádí obsah tuku v sušině v rozmezí 18,6 – 22,8 %, Yi (2013) dosel k hodnotě 12,3 % tuku v sušině. Bednářová et al. (2013) stanovila u obdobného druhu cvrček stepní 34,3 % obsahu tuku v sušině.

Profil mastných kyselin (dále PMK) analyzoval Finke (2002), který uvádí PMK u dospělců a nymf cvrčka domácího ve srovnání s dalšími vybranými druhy jedlého hmyzu. V porovnání dospělců a nymf vyplývá, že dospělci mají vyšší zastoupení jednotlivých mastných kyselin, např. palmitová kyselina uváděna u dospělců 15,6 g/kg a u nymf 6,1 g/kg. Obdobně je tomu u olejové kyseliny u dospělců naměřil 15,4 g/kg a u nymf 6,4 g/kg nebo dvojnásobný rozdíl u linolové kyseliny (dospělci 22,9g/kg, nymfy 11,0 g/kg). Srovnání cvrčka domácího s ostatními vybranými druhy jedlého hmyzu ukazuje nižší zastoupení jednotlivých mastných kyselin u cvrčka domácího proti ostatním druhům. Příkladem může být až osminásobně nižší obsah olejové kyseliny u dospělého cvrčka domácího (15,4g/kg) proti zavíječi voskovému (124,0 g/kg). Poměr s nymfou je ještě vyšší (cca 1 : 20). Rozdíl mezi těmito druhy zaznamenala u olejové kyseliny také Bednářová (2013), avšak u ostatních mastných kyselin nezaznamenala tento rozdíl tak výrazný.

Mezi nejvíce zastoupené doprovodné látky přírodních lipidů patří steroly (Velíšek, 2002). Tyto látky regulují životní procesy (Horniaková et al., 2014). Cholesterol je nejdůležitějším zoosterolem, používá se pro biosyntézu steroidních hormonů a žlučových kyselin (Velíšek, 2014). Hmyz není schopný si steroly sám syntetizovat, proto je nutné, aby je přijímal v potravě a to především cholesterol, který je nezbytnou složkou buněčných membrán. Další významné steroly, které jsou přijímané v potravě, patří sitosterol, kampesterol a stigmasterol. Tyto steroly jsou následně metabolicky přeměňovány na cholesterol (Ikekawa et al., 2013). Obsah cholesterolu je variabilní, stejně tak jako množství a složení tuku závisí na druhu a na potravě, kterou hmyz přijímá (Rumpold et Schlüter 2013). U cvrčka domácího stanovili Rumpold et Schlüter (2013) cholesterol v množství 105 mg/100 g, Finke (2015) u stejného druhu uvádí cholesterol v množství 98,5 mg/100 g. V porovnání s ostatními druhy hmyzu, které Finke (2015) analyzoval (larvy *Tenebrio monitor* - 51,3 mg/100 g cholesterolu, *Zophobas morio* – 45mg/100g) obsahuje cvrček domácí vysoké

množství cholesterolu. V porovnání se slepičím vejcem, u kterého se uvádí 372 mg cholesterolu na 100 g, obsahuje ale cholesterolu méně jak třetinu. Proto je možné považovat hmyz včetně cvrčka domácího jako nutričně hodnotnou složku potravy pro lidskou výživu, ale s nízkým obsahem cholesterolu (Rumpold et Schlüter, 2013).

### 3.5.4 Vitaminy

Obsah vitamínů v jedlém hmyzu je velice variabilní. Je známo, že zastoupení vitamínů je z velké části ovlivněno stupněm vývoje hmyzu, původem analyzovaného vzorku, použité metodě a také způsobem přípravy vzorků (Skinner et al., 1995; Barker et al., 1998). Jedinec hmyzu chovaný v zajetí se bude obsahem vitamínů lišit s jedincem stejného druhu, který žije ve volné přírodě. Komerčně chovaný hmyz prokazatelně obsahuje malé množství betakarotenu nebo žádný. Volně žijící hmyz obsahuje celou řadu karotenoidů (astaxanthin, alfa-caroten, beta-caroten, lutein, lykopen, teaxanthin a další), jejichž zdrojem je potrava. Většina obratlovců je schopna retinol z některých těchto karotenů syntetizovat, pro insektivorní obratlovce může hmyz s vysokým obsahem karotenů znamenat významný zdroj vitamínu A (Finke, 2004).

Obecně se dá říci, že konzumace celého organismu, včetně všech tkání, zvyšuje obsah přijatých vitamínů než konzumace jednotlivých částí. Hmyz obsahuje především vitamíny skupiny B (van Huis et al., 2013). Bukkens (2005) uvádí mnoho zástupců jedlého hmyzu, kteří obsahují thiamin (B1), jehož rozmezí stanovil od 0,1-4 µg ve 100 g sušiny. Takto nízké hodnoty přisuzuje Finke (2004) tepelnému zpracování.

Dále se uvádí vysoký obsah riboflavinu (B2), pantothenové kyseliny (B5) a biotinu (B7). Některé druhy řádu Rovnokřídlých (*Orthoptera*) a Brouků (*Coleoptera*) obsahují též listovou kyselinu (B9). Zastoupení vitamínu A, C, niacinu (B3) a thiaminu (B1) je u většiny vzorků poměrně nízké. (Banjo et al. 2006; Van Huis et al. 2013; Finke, 2015). Obsah vitamínů ve vybraných druzích jedlého hmyzu ukazuje tabulka č. 4.

**Tabulka č. 4: Obsah vitamínů u vybraných druhů jedlého hmyzu (měřeno v čerstvém stavu) (Finke, 2015).**

Vitamin	Cvrček domácí (nymfa)	Potemník moučný (larva)	Potemník brazilský (larva)	Zavíječ voskový (larva)
Vitamin A (IU/kg)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Vitamin D2 (IU/kg)	<40,0	<40,0	531,0	<40,0
Vitamin D3 (IU/kg)	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0
Vitamin E (IU/kg)	53,7	36,2	163,0	63,3
Vitamin K (mg/kg)	78,4	<50,0	<50,0	<50,0
Vitamin C (mg/kg)	92,0	99,0	101,0	90,0
Thiamin - B1 (mg/kg)	2,0	1,1	1,7	1,2
Riboflavin - B2 (mg/kg)	16,6	8,7	11,2	9,3
Pantothén. Kys. - B5 (mg/kg)	20,3	15,6	7,0	32,8
Niacin - B3 (mg/kg)	29,5	46,5	35,3	33,6
Pyridoxine - B6 (mg/kg)	2,13	6,9	3,55	1,74
Listová kys. (mg/kg)	1,07	1,55	0,64	0,61
Vitamin H/ B7	0,21	0,43	0,38	0,29
Vitamin B12 (µg/kg)	193	1,3	9,9	<1,2

### 3.5.5 Minerální látky

Minerální látky mají nezastupitelnou roli v biologických procesech. V rozvojových zemích je u populace častý nedostatek minerálních látek, což s sebou nese různá negativa, jako jsou například poruchy růstu, duševního a fyzického vývoje, problémy s imunitou atd. (Zielińska et al., 2015). V Africe se běžně setkáváme s nedostatkem železa, nejčastěji u těhotných žen. Tento problém, stejně jako deficit látek způsobený absencí masa ve stravě vegetariánů (DeFoliart, 1992) by mohla vyřešit entomofágie, neboť hmyz je významným zdrojem železa a zinku.

Na základě dostupných informací můžeme konstatovat, že jedlý hmyz je bohatý na množství minerálních látek jako jsou železo, zinek, draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík mangan a měď (van Huis et al., 2013). Množství 100g hmyzu většiny druhů přesahuje doporučené minimální denní dávky minerálů a vitamínů (DeFoliart, 1992). Na příklad fosfor živočišného původu dokážou téměř všichni monogastři využít na 100 %, z rostlinných zdrojů získají přibližně 30 %. Obecně se předpokládá, že využitelnost minerálních látek z hmyzu je vysoká, avšak chybí podrobnější studie, které by se touto problematikou zabývaly (Finke, 2004).

Zjištěné hodnoty vápníku jsou u hmyzu vyšší než u běžného masa, ale nižší než u plnotučného mléka. Hmyz obsahuje okolo 950 mg vápníku na 100 g sušiny. Obsah minerálních látek se odvíjí od pestrosti krmiva hmyzu. Finke (2004) zkoumal několik druhů jedlého hmyzu včetně cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a uvádí, že obsah vápníku v těle hmyzu se dá zvýšit 5-20x, krmí-li se hmyz potravou bohatou na vápník. Obecně je ale hmyz obsahuje velké množství fosforu, vlivem toho je poměr vápník : fosforu nižší než jedna (Finke, 2002; Finke, 2004).

Dalším prvkem, který je ve hmyzu významně zastoupen, je železo. Hovězí maso obsahuje 6 mg železa na 100 g hmotnosti. Většina druhů jedlého hmyzu obsahuje železa více (Bukkens, 1997). Oonincx et al., (2010) a Durst et al., (2010) toto tvrzení potvrzují. Ve svých článcích uvádí, že jedlý hmyz obsahuje větší množství železa, zinku a vápníku v porovnání s hovězím, vepřovým a kuřecím masem. U hovězího uvádějí 6 mg/100 g sušiny, u vepřového 1,5 mg/100 g sušiny a u kuřecího 1,2 mg/100 g sušiny. U cvrčka domácího naměřil Finke (2004) 6 - 11 mg železa na 100 g sušiny. Měření bylo provedeno na nymfách a dospělých. Výsledky měření stejného autora z roku 2015 je ukázáno v tabulce č. 5.

**Tabulka č. 5: Obsah minerálních látek ve čtyřech druzích jedlého hmyzu (*Acheta domestica* – Cvrček domácí, *Tenebrio monitor* – Potemník moučný, *Zophobas morio* – Potemník brazilský, *Galleria mellonella* – Zavíječ voskový).** Všechny hodnoty jsou uvedeny v mg/kg a jsou měřeny v čerstvém stavu. Zdroj: Finke (2015) – vlastní zpracování autorky

	<b>Cvrček domácí</b>	<b>Potemník moučný</b>	<b>Potemník brazilský</b>	<b>Zavíječ voskový</b>
<b>Ca</b>	366,0	156,0	262,0	203,0
<b>P</b>	2190,0	2640,0	2090,0	1930,0
<b>Mg</b>	193,0	620,0	435,0	266,0
<b>Na</b>	1110,0	225,0	385,0	<123,0
<b>K</b>	2850,0	3350,0	2860,0	2310,0
<b>Cl</b>	2210,0	1760,0	1630,0	760,0
<b>Fe</b>	17,5	20,7	19,9	9,6
<b>Zn</b>	54,3	49,5	30,2	25,9
<b>Cu</b>	6,3	8,3	3,6	3,3
<b>Mn</b>	8,7	3,2	3,7	2,7
<b>I</b>	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Se</b>	0,1	0,1	0,1	0,2

### 3.5.6 Sušina

Obsah nutričních hodnot je u jedlého hmyzu nejčastěji udáván v sušině, neboť je i nejčastěji v sušeném stavu konzumován. Usušení hmyzu s sebou nese řadu výhod, například prodloužení doby skladovatelnosti hmyzu a menší nároky na manipulaci a přepravu (Tančinová et al., 2008). Obsah sušiny udává Finke (2002) u dospělců cvrčka domácího 30,8 % a u nymf 22,9 %. U obdobného druhu cvrčka stepního (*Gryllus assimilis*) naměřila Bednářová (2013) obsah sušiny 33,3 %.

### 3.5.7 Energetická hodnota

Energetická hodnota je množství energie, kterou organismus získá rozkladem živin přijatých v potravě. U hmyzu se energetická hodnota odvíjí především od množství obsaženého tuku, vyšší hodnotou proto disponují tučné larvy a housenky v porovnání s druhy hmyzu, které obsahují převážně bílkoviny. Larvy a kukly hmyzu jsou obvykle tučnější než dospělci, z toho důvodu je jejich energetická hodnota vyšší. (Finke, 2002; Bednářová et al., 2013). Energetická hodnota hmyzu je tedy závislá na druhu, ale i na složení potravy, kterou hmyz přijímá, jak tvrdí van Huis et al., (2013).

Ramos-Elorduy et al., (1997) měřili energetickou hodnotu 78 druhů hmyzu a její výši uvádí v rozmezí od 293 do 762 kcal na 100 g sušiny. Payne et al. (2016) uvádí energetickou hodnotu různých druhů jedlého hmyzu od 427 kJ/100 g do 2 215 kJ/100 g (102-529 kcal/100 g). Van Huis et al. (2013) stanovil výši energetické hodnoty v rozpětí od 89 do 1272 kcal/100 g v čerstvé hmotnosti. Finke (2002) zjistil výši energetického obsahu jedlého hmyzu v rozpětí od 67,4 kcal/100 g u larev bource morušového (*Bombyx mori*) do hodnoty 274,1 kcal/100 g u zavíječe voskového (*Galleria mellonella*).

U cvrčka domácího stanovili Ramos-Elorduy (1998) energetickou hodnotu ve výši 112,9 kcal/100 g, což je srovnatelná hodnota se 100 g těstovin, které obsahují přibližně 125 kcal. Finke (2002) zjišťoval energetickou hodnotu u nymf a dospělců cvrčka domácího (*Acheta domestica*), u nymf uvádí hodnotu 94,9 kcal/100 g a u dospělců 140,2 kcal/100 g, stejnému druhu se věnoval i v roce 2015, kdy u dospělců naměřil hodnotu 137,5 kcal/100 g.



## **4. Materiál a metody**

### **4.1 Materiál**

Jako testovací organismus byli vybráni dospělci cvrčka domácího. Tito byli zakoupeni od firmy Scorpion Export – Import s.r.o. Hmyz byl odchován v optimálních podmínkách pro tento druh při teplotě 25-27 °C. Jako potrava pro zkoumané jedince byla použita granulovaná kompletní krmná směs pro omnivorní hlodavce (Velas, Praha, Česká republika), dále mrkev a jablka. Sklizeň hmyzu proběhla ve stadiu plné dospělosti (40-60 dnů), kdy byli jedinci na principu náhodného výběru vyjmuti z chovných kolonií v množství potřebném pro analýzy (4 x 300 g). Následně proběhlo jejich vylučování trvající 24 hodin a usmrcení zmrazením při teplotě -18 °C. Poté byl cvrčci na základě pohlavního dimorfismu (samice mají dlouhá kladélka) rozděleni do dvou experimentálních skupin. Vzorky byly až do začátku analýz uchovány v uzavřených dózách v mrazicím boxu.

### **4.2 Metody**

#### **4.2.1 Lyofilizace materiálu**

Vzorky byly naváženy do předem zvážených baněk, ve kterých byly nejdříve zmrazeny na -70°C a následně po dobu 7 dní uloženy do lyofilizátoru Coolsafe (Scanvac). Lyofilizace probíhala ve vakuu při teplotě -110 °C. Výhodou této metody oproti běžnému sušení je zachování širokého spektra látek, které by jinak ze vzorku unikly nebo byly přeměněny. Při lyofilizaci se odpaří většina vody a některé vysoce těkavé látky, ale nelze dosáhnout 100 % sušiny, proto je nutné sušinu stanovit dodatečně. Po dokončení lyofilizace byly vzorky uloženy do těsně uzavíratelných plastových dóz a uskladněny v laboratoři při konstantních podmínkách.

#### **4.2.2 Abundance a hmotnost**

Před homogenizací vzorku bylo náhodně odebráno 3 x 500 ml. V tomto výseku vzorku bylo spočítáno množství samců a samic s cílem určení poměru pohlaví v původní populaci. Dále bylo vybráno 20 kusů od každého pohlaví, zváženo na analytických vahách Kern PCB (Kern & Sohn GmbH (Balingen, Německo) s přesností na dvě desetinná místa.

### 4.2.3 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena v laboratoři na katedře mikrobiologie, výživy a dietetiky dle nařízení komise (ES) č. 152/2009. Vzorky o navážce cca 5 g byly sušeny v sušárně při 103 °C po dobu 12 hodin.

K sušení bylo dodáno 6 lyofilizovaných vzorků hmyzu, z toho 4 vzorky samic (F1 - F4) a 2 vzorky samců (M1 a M3). Vzorek s označením M2 již byl spotřebován v předchozích pokusech a nebylo tedy možné u něj sušinu určit.

Pro dopočet obsahu tuku v sušině byla proto u tohoto vzorku použita hodnota sušiny v sušině vzniklá průměrem hodnot vzorků M1 a M3, stejně tak jako u vzorku M4, který vznikl smícháním vzorků M1, M2 a M3 v poměru 1 : 1 : 1 a sušina v sušině u něj nebyla stanovována.

### 4.2.4 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno extrakční metodou podle Soxhleta. Do varných baněk se zábrusem vloženy varné kamínky a jednotlivé baňky byly zváženy. Následně byl do každé z baněk odměřen petroléter v množství 75 ml. Homogenizované vzorky o navážce 5 g (s přibližnou přesností 0,001g) byly vloženy do extrakčních patron, které byly umístěny do aparatury. Extrakce probíhala při bodu varu petroléteru po dobu 3 hodin.

Po vychladnutí bylo rozpouštědlo odpařeno za použití rotační vakuové odparky Laborota 4000 (Heidolph Instruments, DE). Vodní lázeň vakuové odparky byla nastavena na teplotu 40 °C a rotaci 120 ot/min. Následně byl extrakt v baňce sušen v sušárně při teplotě 103 °C po dobu 30 minut, poté vložena vychladnout do exsikátoru a zvážena. Proces sušení a vážení byl opakován do konstantní hmotnosti (rozdíl dvou po sobě jdoucích vážení menší než 1 mg). Hmotnost extraktu byla vztažena na hmotnost navážky hmyzu a výsledek vyjádřen v % (m/m).

### 4.2.5 Esterifikace

Na analytických vahách bylo do patron naváženo 2,5 g vzorku samic a 3 g v případě samců. Na přístroji Soxhlet byl ze vzorků extrahován tuk pomocí petroletheru po dobu cca 90 minut. Po odstranění petroletheru na vakuové odparce bylo do vyextrahovaného tuku přidáno 5 ml metanolu a 0,5 ml 0,25 M hydroxidu draselného KOH v methanolu. Po přidání varných kamínků byla směs zahřívána ve varném hnízdě pod zpětným chladičem. Do té doby, než došlo k vymizení mastných kapiček na dně baňky, bylo přidáváno po 1 ml 0,25M KOH

v methanolu a dále zahříváno. Celkem byl KOH v methanolu přidán 7x po 5 minutách zahřívání. Samotná esterifikace trvala cca. 50 minut. Po skončení varu bylo skrz ústí zpětného chladiče přidáno 5 ml hexanu. Směs byla promíchána a po sundání z chladičí aparatury doplněna nasyceným roztokem chloridu sodného tak, aby hladina dosáhla hrdla baňky. Po oddělení horní heptanové fáze byla tato vrstva převedena do vialky, do které byl přidán bezvodý síran sodný pro případné vysušení vzorku. Vialky byly uchovány v mrazničce při teplotě -18 °C až do doby, kdy byla provedena analýza pomocí plynové chromatografie.

#### **4.2.6 Stanovení profilu mastných kyselin**

Ke stanovení profilu mastných kyselin byl použit plynový chromatograf s hmotnostní detekcí (GC/MS) značky Agilent 7890A (Agilent Technologies, USA). Teplota detektoru činila 250 °C, nástřík měl teplotu 225 °C a split byl nastaven na hodnotu 1 : 50. Teplotní program byl nastaven na 70 °C (výdrž 2 minuty), následně teplota vzrůstala o 5 °C každou minutu a to až do dosažení teploty 225 °C (výdrž 9 minut), poté byl gradient 5 °C/min až na teplotu 240 °C (výdrž 15 minut). Celková doba analýzy byla 60 minut. Jako nosný plyn bylo použito hélium o průtoku 1,2 ml/min. Byla použita kolona pro plynovou chromatografii Rt®-2560 o rozměrech 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm. Pro vyjádření profilu mastných kyselin byla použita metoda vnitřní normalizace, mastné kyseliny identifikovány pomocí standardu FAME Mix (37 components, Restek). Detekce byla následně potvrzena i pomocí knihovny spekter National Institute of Standards and Technology Library (NIST, USA).

#### **4.2.7 Statistická analýza**

Data byla analyzována pomocí softwaru Excel 2013 (Microsoft Corporation, USA) a Statistica v. 12 (StatSoft, Inc., USA). Pro ověření signifikantního ovlivnění nutriční hodnoty pohlavím byl využit dvouvýběrový t-test na hladině pravděpodobnosti  $\alpha = 0,05$ .

## **5. Výsledky**

### **5.1 Hmotnost a abundance**

Na základě náhodného výběru bylo zjištěno, že samci a samice jsou zastoupeni přibližně v poměru 1:1. Samců bylo napočítáno 184, samic 177. Dále bylo zjištěno, že samice

váží průměrně  $408,7 \pm 101,0$  mg a samci  $248 \pm 37$  mg. Hmotnost samců a samic a též statisticky významný rozdíl mezi nimi ukazuje tabulka č. 6 a znázorňuje graf č. 1.

**Tabulka č. 6: Hmotnost samců a samic**

T-tests: Grouping: sex (hmotnost)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
weight (g)	0,409000	0,248500	6,467351	38	0,000000	20	20	0,103664	0,039640	6,839055	0,000107

*Graf č. 1: Variabilita hmotnosti samců a samic*



Naváženo bylo přibližně 0,5 g hmyzu, po zjištění konstantní hmotnosti se vypočítala sušina a vyjádřila se v procentech. Průměrný obsah sušiny v sušině lyofilizované hmoty byl u samců stanoven na 94,1 %, u samic na 94,2 %. Výsledky uvádí tabulka č. 7.

**Tabulka č. 7: Obsah sušiny v sušeném materiálu cvrčka domácího (*Acheta domestica*).**

vzorek	sušina [%]	Průměr	vzorek	sušina [%]	Průměr
M1	94,0	94,1	F1	94,3	94,2
M2	-		F2	94,3	
M3	94,3		F3	94,0	
		F4	94,1		

Celková sušina byla dopočítána z údajů o hmotnosti jednotlivých vzorků před a po lyofilizaci. Samice obsahují 31,9 % sušiny, samci 32,0 %. Výsledky jsou uvedené v tabulce č. 8.

**Tabulka č. 8: Obsah sušiny v čerstvé hmotnosti cvrčka domácího (*Acheta domestica*).**

vzorek	čerstvá hmotnost [g]	hmotnost po lyofilizaci [g]	hmotnost po lyofilizaci [g/kg]	Průměr [g/kg]	Průměr [%]	sušina v skusu [%]	celková sušina [%]	vlhkost [%]
<b>F1</b>	296,8	87,1	293,6	300,0	30,0	94,7	<b>31,9</b>	<b>68,1</b>
<b>F2</b>	162,3	47,2	291,0					
<b>F3</b>	252,7	74,3	294,7					
<b>F4</b>	582,0	187,0	321,4					
<b>M1</b>	492,7	147,1	298,6	310,5	31,1	94,1	<b>33,0</b>	<b>67,0</b>
<b>M2</b>	238,5	77,4	324,6					
<b>M3</b>	460,9	142,0	308,2					

### 5.3 Extrakce tuku

Výsledky uvádí tabulka č. 9, ve které je zaznamenaná navážka vzorku, jež byla použita pro stanovení obsahu tuku podle Soxhleta, dále hmotnost baněk s kamínky, hmotnost baněk s kamínky po extrakci tuku, vypočtená hmotnost vyextrahovaného tuku a jeho vyjádření v procentech. Vzorek s označením 1M4 vznikl smícháním vzorků 1M1, 1M2 a 1M3 v přibližném poměru 1:1:1.

**Tabulka č. 9: Extrakce tuku**

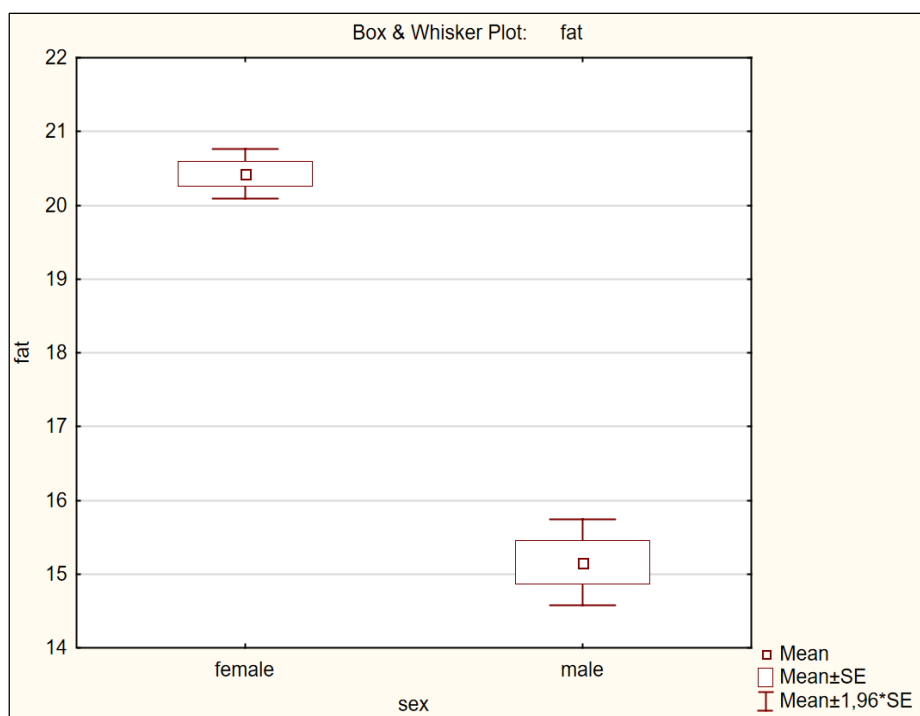
vzorek	baňky+kamínky [g]	navážka [g]	váha po sušení [g]	obsah tuku [g]	obsah tuku [%]
F1	98,5	5,1	99,6	1,0	20,3
F2	131,9	4,9	132,9	1,0	20,0
F3	125,5	5,0	126,5	1,0	20,7
F4	125,5	5,0	126,6	1,0	20,7
Průměr F			<b>20,4</b>		
M1	136,8	5,1	137,5	0,7	14,7
M2	122,5	5,1	123,3	0,8	15,8
M3	117,6	5,0	118,4	0,7	14,6
M4	126,2	6,1	127,1	0,9	15,5
Průměr M			<b>15,2</b>		

Na základě statistického vyhodnocení, kdy  $p < 0,05$ , se prokázalo, že mezi obsahem tuku u samců a samic existuje statisticky významný rozdíl. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 10 a grafu č. 2.

**Tabulka č. 10: Výsledky t- testu, porovnání obsahu tuku u samců a samic**

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
fat	20,42745	15,15858	15,36464	6	0,000005	4	4	0,339872	0,595709	3,072124	0,381266

*Graf č. 2: Krabicový graf vyjádření průměru*



Průměrný obsah tuku v sušině u samic byl naměřen 21,7 %, u samců 16,1 % (viz tabulka č. 11).

**Tabulka č. 11: Obsah tuku v sušině u cvrčka domácího (*Acheta domestica*).**

vzorek	obsah tuku v předsušeném vzorku [%]	sušina v sušině [%]	obsah tuku v sušině [%]
<b>F1</b>	20,3	94,3	21,5
<b>F2</b>	20,0	94,3	21,2
<b>F3</b>	20,7	94,0	22,0
<b>F4</b>	20,7	94,1	22,1
<b><u>Průměr F</u></b>	20,4	94,7	<b>21,7</b>
<b>M1</b>	14,7	94,0	15,7
<b>M2</b>	15,8	94,1	16,8
<b>M3</b>	14,6	94,3	15,5
<b>M4</b>	15,5	94,1	16,5
<b><u>Průměr M</u></b>	15,2	94,1	<b>16,1</b>

## 5.4 Profil mastných kyselin

U všech analyzovaných vzorků cvrčka domácího byla nejvíce zastoupena linolová kyselina C18:2 cis-9,12. U samic byla průměrně zastoupena 28,8 %, u samců pak 29,0 %, dále palmitová kyselina C16:0, té samice průměrně obsahovaly 26,5 %, samci 26,4 %, následovala olejová kyselina C18:1 cis-9 s průměrným obsahem u samic 24,7 %, u samců 24,4 %. Stearová kyselina C18:0 byla u samic zastoupena průměrně 13,6 %, u samců pak 14,1 %. Přes průměrný obsah 1 % se dostaly ještě dvě kyseliny a to palmitolejová kyselina C16:1 cis-9 (1,3 % u samic, 1,1 % u samců) a  $\alpha$ -linolenová kyselina C18:3 cis-9,12,15 (1,1 % u samic, 1,3 % u samců). Těchto 6 kyselin dohromady tvořilo 96,2 %. Zbývající 3,8 % bylo tvořeno kyselinami pod hranicí detekovatelnosti.

Z nasycených kyselin mastných kyselin byla nejvíce zastoupená palmitová kyselina C16:0, z monoenoových olejová kyselina C18:1 cis-9 a z polyenoových linolová kyselina C18:2 cis-9,12. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 13.

**Tabulka č. 12: Profil mastných kyselin u samic a samečů cvrčka domácího (vyjádřený v % všech mastných kyselin).**

název kyseliny	zkrácený zápis kyseliny	Samice			Samci	
		RT[ <i>min</i> ]	M	SD	M	SD
kapronová	C6:0	14,247	0,0	0,1	0,0	0,0
laurová	C12:0	25,318	0,1	0,0	0,1	0,0
myristová	C14:0	28,466	0,9	0,1	1,0	0,0
pentadecylová	C15:0	29,919	0,2	0,0	0,2	0,0
palmitová	C16:0	31,301	26,5	0,7	26,4	0,0
palmitoolejová	C16:1 (cis-9)	32,247	1,3	0,0	1,1	0,0
heptadecylová	C17:0	32,618	0,5	0,0	0,4	0,0
stearová	FC18:0	33,889	13,6	0,2	14,1	0,2
olejová	C18:1 (cis-9)	34,702	24,7	0,4	24,4	0,1
elaidová	C18:2 (trans-9,12)	35,351	0,0	0,0	0,1	0,0
linolová	C18:2 (cis-9,12)	35,966	28,8	1,5	29,0	0,1
arachová	C20:0	36,463	0,8	0,0	0,7	0,1
eikosenová	C20:1 (cis-11)	37,323	0,3	0,0	0,2	0,0
$\alpha$ -linolenová	C18:3 (cis-9,12,15)	37,515	1,1	0,6	1,3	0,0
eikosadienová	C20:2 (cis-11,14)	38,730	0,1	0,0	0,1	0,0
behenová	C22:0	39,287	0,2	0,0	0,1	0,0
arachidonová	C20:4 (cis-5,8,11,14)	40,842	0,1	0,0	0,1	0,0
lignocerová	C24:0	42,704	0,1	0,0	0,0	0,0
eikosapentaenová	C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	43,019	0,5	0,1	0,5	0,0
dokosahexaenová	C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	47,824	0,1	0,0	0,0	0,0
<b>suma SFA</b>			42,9		43,0	
<b>suma MUFA</b>			26,3		25,7	
<b>suma PUFA</b>			30,8		31,2	
<b>suma n-3</b>			1,5		1,3	
<b>suma n-6</b>			30,0		29,3	
<b>n-3/n-6</b>			1:20,0		1:22,5	

SFA - nasycené mastné kyseliny

MUFA - monoenové mastné kyseliny

PUFA - polyenové mastné kyseliny

RT – retenční čas

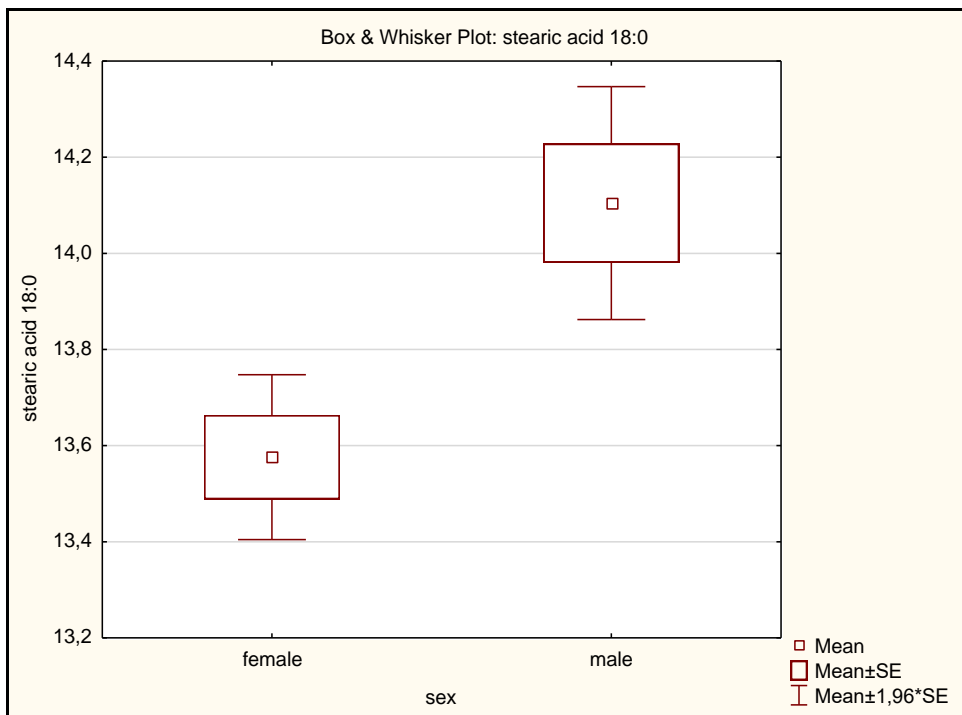
Statisticky významný rozdíl v množství obsažených mastných kyselin byl nalezen u stearové kyseliny (C18:0) ( $p=0,012994$ ) a u palmitoolejové kyseliny (C16:1) ( $p=0,000028$ ). Výsledky statistického testu u těchto dvou kyselin jsou zobrazeny v tabulce č. 14 a 15 a znázorněny v grafu č. 3 a 4.



**Tabulka č. 13: Statistické porovnání stearové kyseliny zastoupené u samic a samců**

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
stearic acid 18:0	13,57597	14,10457	-3,48932	6	0,012994	4	4	0,175070	0,247283	1,995099	0,584893

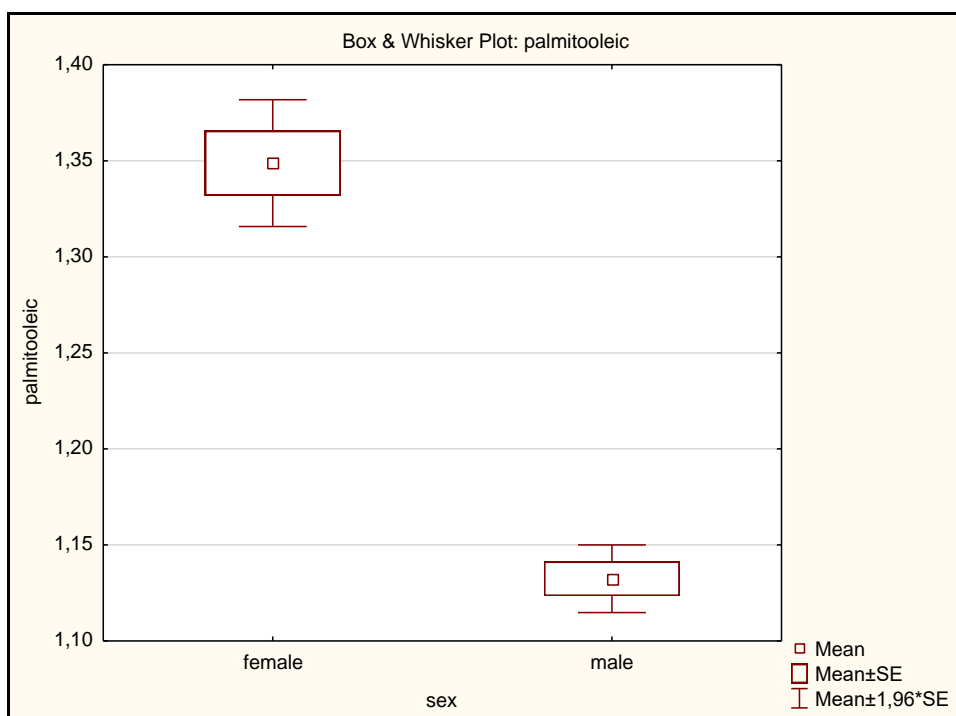
*Graf č. 3: Statistické porovnání stearové kyseliny zastoupené u samic a samců*



**Tabulka č. 14: Statistické porovnání palmitolejové kyseliny zastoupené u samic a samců**

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
palmitoleic	1,348775	1,132415	11,33171	6	0,000028	4	4	0,033684	0,017988	3,506513	0,330256

Graf č. 4: Statistické porovnání palmitoolejové kyseliny zastoupené u samic a samců



Mezi ostatními majoritně zastoupenými mastnými kyselinami nebyly nalezeny statistické rozdíly, tudíž  $p > 0,05$ . Mezi ostatními majoritně zastoupenými mastnými kyselinami nebyly nalezeny statistické rozdíly, tudíž  $p > 0,05$ . Výsledky statistického testu u těchto kyselin jsou zobrazeny v tabulce č. 14, 15, 16, 17 a 18 a znázorněny v grafu č. 5, 6, 7 a 8.

Tabulka č. 15: Statistické porovnání palmitové kyseliny zastoupené u samic a samců

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
palmitic acid 16:0	26,45435	26,37543	0,191473	6	0,854470	4	4	0,822850	0,050333	267,2626	0,000772

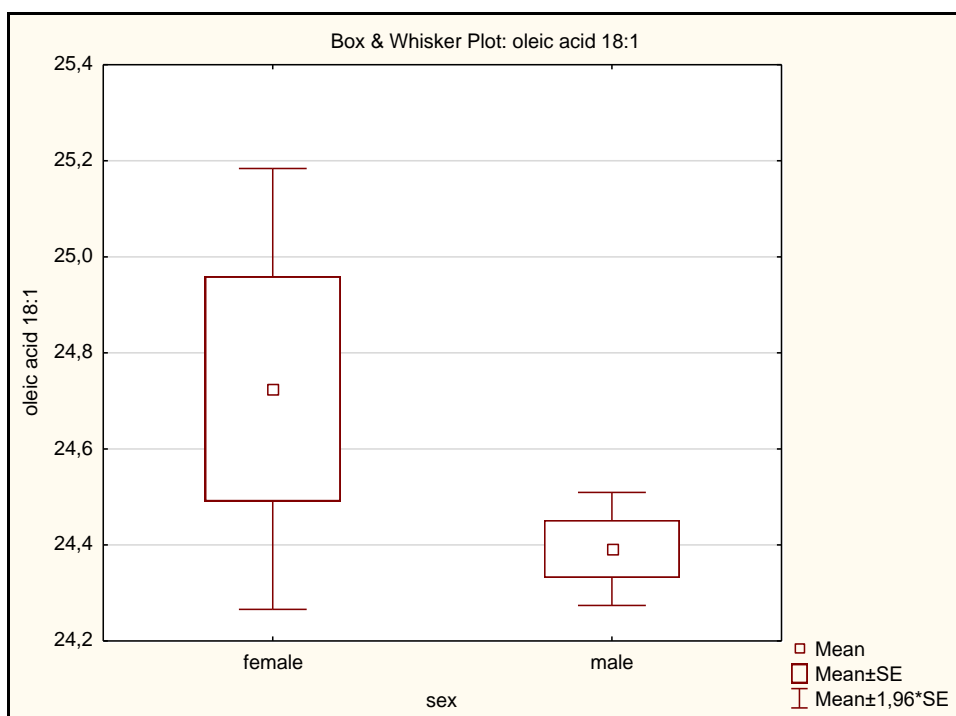
Graf č. 5: Statistické porovnání palmitové kyseliny zastoupené u samic a samců



Tabulka č. 16: Statistické porovnání olejové kyseliny zastoupené u samic a samců

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
oleic acid 18:1	24,72499	24,39176	1,378180	6	0,217336	4	4	0,468425	0,120108	15,21025	0,051049

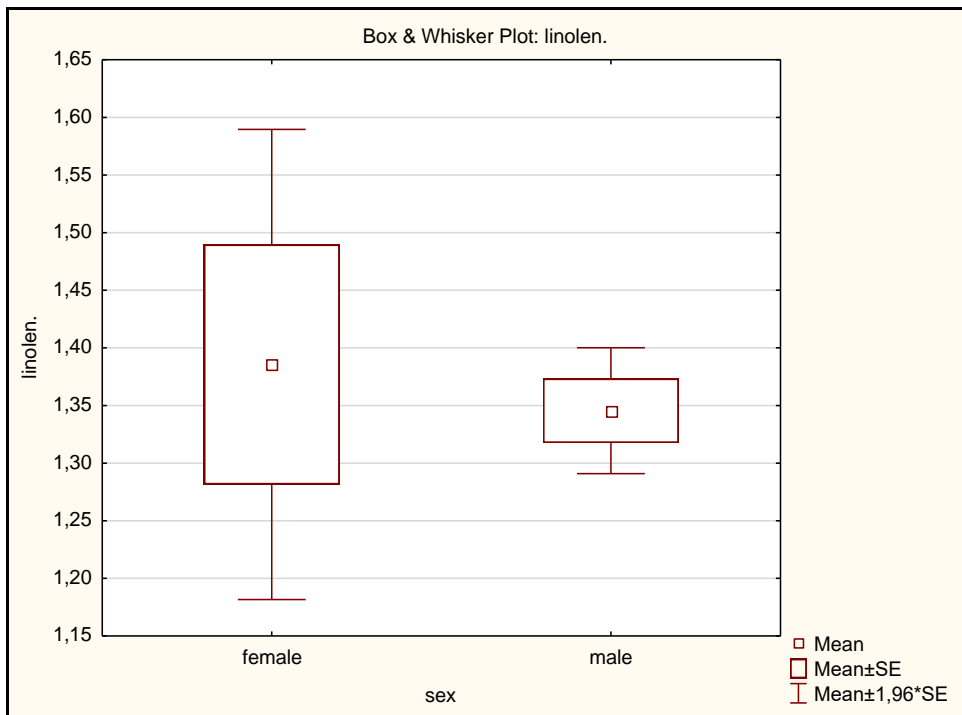
Graf č. 6: Statistické porovnání olejové kyseliny zastoupené u samic a samců



Tabulka č. 17: Statistické porovnání linolenové kyseliny zastoupené u samic a samců

T-tests; Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std.Dev. female	Std.Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
linolen.	1,385612	1,345486	0,372473	6	0,722343	4	4	0,208114	0,055762	13,92945	0,057662

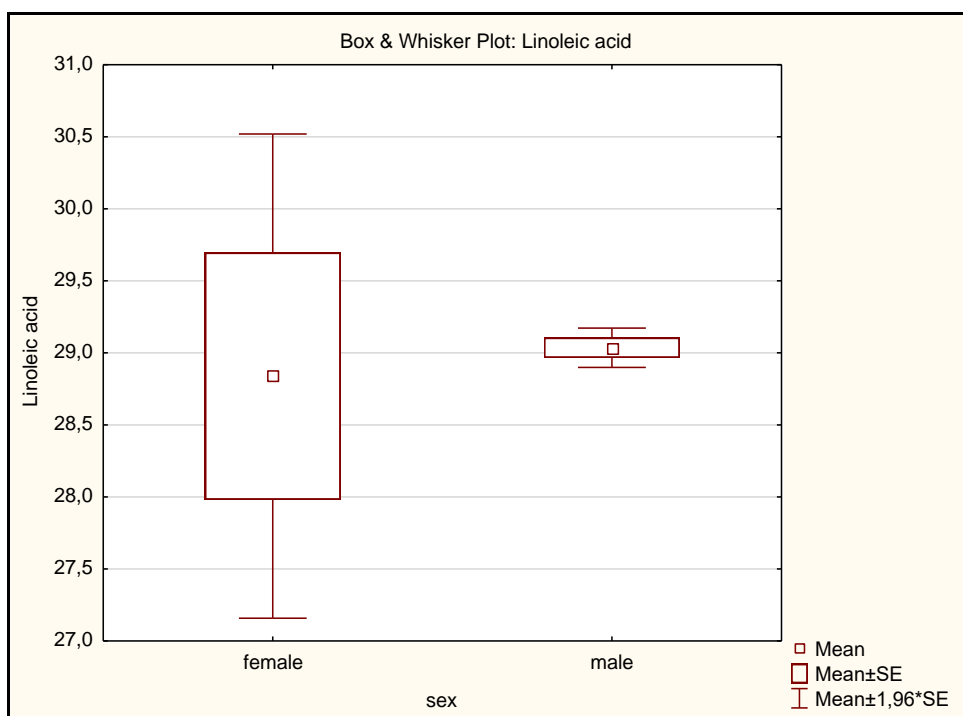
Graf č. 7: Statistické porovnání linolenové kyseliny zastoupené u samic a samců



Tabulka č. 18: Statistické porovnání linolové kyseliny zastoupené u samic a samců

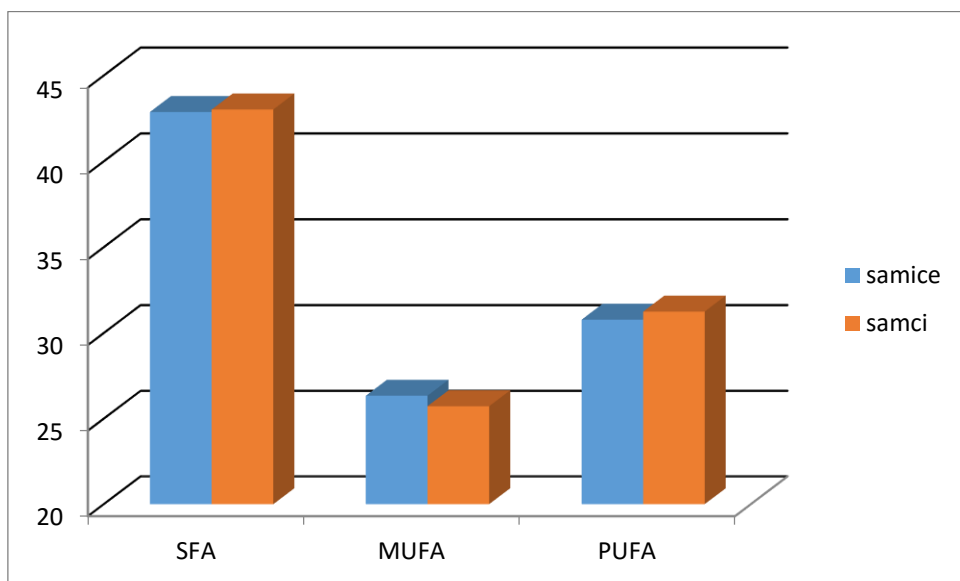
T-tests: Grouping: sex (Série 1)											
Group 1: female											
Group 2: male											
Variable	Mean female	Mean male	t-value	df	p	Valid N female	Valid N male	Std. Dev. female	Std. Dev. male	F-ratio Variances	p Variances
Linoleic acid	28,83876	29,03585	-0,229138	6	0,826372	4	4	1,714628	0,139315	151,4769	0,001800

Graf č. 8: Statistické porovnání linolové kyseliny zastoupené u samic a samců



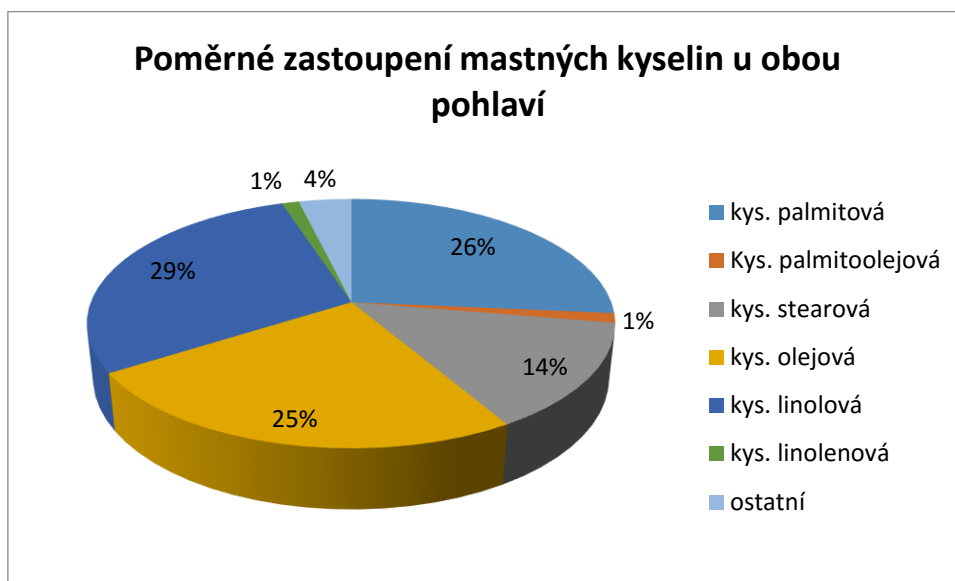
Nasycených mastných kyselin obsahují samice 42,9 %, samci 43,0 %, monoenoových kyselin bylo u samic naměřeno 26,3 %, u samců 25,7 %, polyenoových mastných kyselin obsahují samice 30,8 %, samci 31,3 %, jak ukazuje graf č. 9.

Graf č. 9: Porovnání obsahu nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin u samic a samců.



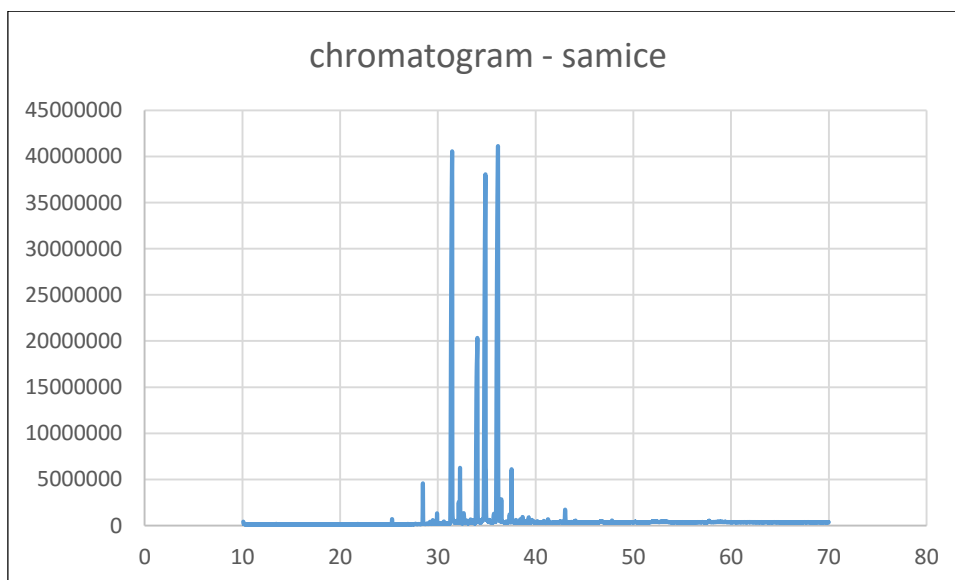
Průměrné zastoupení mastných kyselin obou pohlaví znázorňuje graf č. 10.

Graf č. 10: Průměrné zastoupení mastných kyselin obou pohlaví.



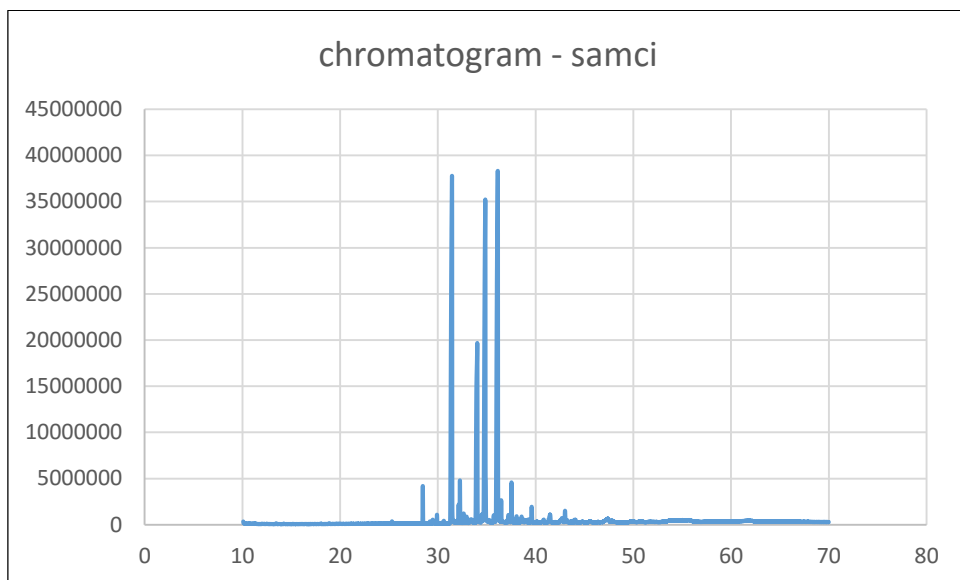
Graf č. 11 zobrazuje chromatogram profilu mastných kyselin u samic cvrčka domácího. Největší intenzitu dosahuje linolová kyselina v retenčním čase 36.114 min., dále pak palmitová kyselina v čase 31.441 min. a olejová kyselina v 34.879 min.

Graf č. 11: Chromatogram analýzy mastných kyselin u samic



Graf č. 12 zobrazuje chromatogram profilu mastných kyselin u samců cvrčka domácího. Největší intenzitu dosahuje linolová kyselina v retenčním čase 36.114 min., dále pak palmitová kyselina v čase 31.424 min. a olejová kyselina v 34.807 min.

Graf č. 12: Chromatogram analýzy mastných kyselin u samců





## 6. Diskuze

Praktická část této práce je zaměřená na obsah tuku a profil mastných kyselin u druhu cvrček domácí (*Aceta domestica*). Výsledné hodnoty se víceméně shodují s těmi, které již byly publikovány autory Bednářová et al. (2013), Rumpold et Schlüter, (2013); van Huis et al., 2013; Xiaoming et al., 2008), a Finke (2002, 2015). Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami mohou být způsobeny mnoha faktory včetně rozdílných podmínek chovu či krmivem. Práce je zaměřená na rozdíl nutričních hodnot mezi samicemi a samci u sledovaného druhu. O této skutečnosti nejsou doposud v dostupné literatuře žádné informace. Z tohoto důvodu se předpokládá, že hodnoty uváděné v dostupné literatuře jsou průměrnou hodnotou. Morfologický dimorfismus a rozdílné fyziologické potřeby se dle naší hypotézy mohou promítnout také do nutriční hodnoty hmyzu.

### 6.1 Sušina

Yi (2013) u cvrčka domácího (*Acheta domestika*) uvádí hodnotu 29,2 % sušiny. U dospělců stejného druhu naměřil Finke (2002) 30,8 % sušiny a u nymf 22,9 %, v roce 2015 pak u nymf uvádí množství 27,5 %. Ramos-Bueno (2016) u cvrčka domácího stanovila hodnotu 32,6 % sušiny. U analyzovaných vzorků samic bylo stanoveno 31,9 %, u samců 33,0 %. Je tedy jasné, že se naměřené výsledky shodují s hodnotami obou výše zmíněných autorů.

Když tuto hodnotu porovnáme s dalšími druhy jedlého hmyzu, které analyzoval Finke (2002), například s larvami potemníka brazilského (*Zophobas morio*), u kterého stanovil obsah sušiny 42,1 %, s larvami zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), u něhož zjistil obsah sušiny 41,5 %, nebo například s larvami bource morušového (*bombyx mori*), u něhož uvádí hodnotu 17,3 % sušiny, můžeme říci, že se cvrček domácí se svým obsahem sušiny zařazuje mezi jedlý hmyz se středně vysokým obsahem sušiny. Bednářová (2013) uvádí množství sušiny v rozmezí 15-50 %, což toto tvrzení potvrzuje.

Co se týče konvenčních potravin, množství sušiny obsažené ve cvrčku domácím (*Acheta domestica*) je srovnatelné s množstvím sušiny obsažené v kuřecím mase, u něhož Velišek (2009) uvádí množství 23 – 37 % sušiny.

## 6.2 Tuk

U dospělců cvrčka domácího stanovil Finke (2002) obsah tuku v sušině 20,9 %, u pozdějšího stadia nymf stanovil hodnotu 21,7 % tuku v sušině (Finke, 2015). Rumpold et Schlüter (2013) u stejného druhu cvrčka uvádějí hodnotu v rozmezí 18,6-22,8 %.

Analyzované vzorky hmyzu byly rozděleny podle pohlaví, což v žádné dosud publikované práci nebylo bráno v potaz. U samic bylo naměřeno 21,7 % tuku v sušině, u samců 16,6 %. Pokud se bude vycházet ze skutečnosti, která byla přepočtem ověřena, a to, že samci a samice jsou v populaci zastoupeni v přibližném poměru 1:1 a že samice váží o 38 % více než samci, vyjde výsledek 19,37 % tuku v sušině v celkové hmyzí populaci, což je výsledek, který spadá do rozpětí, které uvádí Rumpold et Schlüter (2013).

Při porovnání obsahu tuku s ostatními běžnými komoditami lze říci, že cvrček domácí obsahuje podobné či nižší procento tuku. U kuřecího uvádí McDonald et al. (2011) stejně tak jako u kozího masa obsah tuku 30,3 %, u hovězího pak 42,0 % tuku v sušině. Cvrček domácí je svým obsahem tuku srovnatelný například se sójovými boby, u kterých Velíšek (2009) uvádí hodnotu 14-22 % tuku v sušině.

## 6.3 Profil mastných kyselin

Zastoupení mastných kyselin je z nutričního hlediska velmi podstatné, řada kyselin je pro člověka esenciální a je tedy nutný jejich příjem z potravy. Získané informace o složení mastných kyselin u cvrčka domácího jsou velmi důležité při hodnocení hmyzu jako potravy pro člověka a definici kvality tuku.

Po stanovení obsahu tuku byl analyzován profil mastných kyselin. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu dvou kyselin mezi samci a samicemi. Samci obsahovali v průměru 14,1 % stearové kyseliny z celkového obsahu tuku, zatímco samice jen 13,6 %. Rozdíl byl zaznamenán i u obsahu palmitoolejové kyseliny, avšak vzhledem k poměrně nízkému zastoupení u obou pohlaví není tento rozdíl až tak významný a není ani vyloučené, že rozdíl vznikl na základě nepřesnosti v měření. Samci v průměru obsahovali 1,1 % této kyseliny, samice 1,3 %.

Výsledky složení mastných kyselin naměřené v této práci a jejich srovnání se dvěma dalšími autory ukazuje tabulka č. 16.

**Tabulka č. 16: Srovnání naměřených výsledků s ostatními autory (vyjádřeno v % všech mastných kyselin).**

název kyseliny	zkrácený zápis kyseliny	námi stanoveno		Barroso et al. (2014)	Tzompa-Sosa (2014)
		samice	samci		
kapronová	C6:0	0,0	0,0	neuveďeno	neuveďeno
laurová	C12:0	0,1	0,1	0,0	0,3
myristová	C14:0	0,9	1,0	0,5	1,8
pentadecylová	C15:0	0,2	0,2	neuveďeno	neuveďeno
palmitová	C16:0	26,5	26,4	24,9 ± 0,1	26,0
palmitoolejová	C16:1 (cis-9)	1,3	1,1	0,9	2,1
heptadecylová	C17:0	0,5	0,4	0,0	0,2
stearová	FC18:0	13,6	14,1	8,8	6,1
olejová	C18:1 (cis-9)	24,7	24,4	20,4 ± 0,1	29,1
elaidová	C18:2 (trans-9,12)	0,0	0,1	0,0	neuveďeno
linolová	C18:2 (cis-9,12)	28,8	29,0	41,4	29,1
arachová	C20:0	0,8	0,7	neuveďeno	0,0
eikosenová	C20:1 (cis-11)	0,3	0,2	0,0	0,0
α-linolenová	C18:3 (cis-9,12,15)	1,1	1,3	1,8	1,6
eikosadienová	C20:2 (cis-11,14)	0,1	0,1	neuveďeno	neuveďeno
behenová	C22:0	0,2	0,1	neuveďeno	neuveďeno
arachidonová	C20:4 (cis-5,8,11,14)	0,1	0,1	0	0
lignocerová	C24:0	0,1	0,0	neuveďeno	neuveďeno
eikosapentaenová	C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	0,5	0,5	0,0	0,6
dokosahexaenová	C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	0,1	0,0	0,0	0,0
suma SFA		42,9	43,0	34,2	37,8
suma MUFA		26,3	25,7	21,3	32,9
suma PUFA		31,1	31,2	43,2	31,3
suma n-3		1,5	1,3	0,0	2,2
suma n-6		30,0	29,3	43,2	29,1
n-3/n-6		1:20,0	01:22,5	-	1:13,3

Barroso et al. (2014) stanovil stejné pořadí majoritně zastoupených mastných kyselin jaké, bylo zjištěno v této práci, Tzompa-Sosa (2014) uvádí jiné pořadí kyselin než tato práce, avšak naměřené hodnoty jsou vyjma stearové kyseliny velmi podobné. Ve srovnávaných studiích je jako nejvíce zastoupená z nasycených kyselin palmitová kyselina, z moneoenových mastných kyselin olejová kyselina a z polyenových mastných kyselin linolová kyselina.

Jak je vidět v tabulce, cvrček má především vlivem značného zastoupení palmitové a stearové kyseliny poměrně vysoký obsah nasycených mastných kyselin. Nadměrný příjem těchto kyselin zvyšuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, ale v určitém množství je

lidský organismus potřebuje, jsou totiž součástí buněčných membrán (Svačina, 2008). Nováková (2011) tvrdí, že nasycené mastné kyseliny by měly tvořit 1/3 všech v potravě přijímaných tuků. Hayes (2002) uvádí poměr SFA : MUFA : PUFA 1 : 1,3 : 1. Tento parametr cvrček domácí příliš nesplňuje.

Porovnání složení tuku cvrčka domácího s dalšími druhy jedlého hmyzu, konkrétně s potěmnikem moučným (*Tenebrio molitor*) a potěmnikem brazilským (*Zophobas morio*) ukazuje tabulka č. 17. Na základě výše uvedených parametrů by z hlediska obsahu mastných kyselin měl být potěmnik moučný (*Tenebrio molitor*) i potěmnik brazilský (*Zophobas morio*) ke konzumaci člověkem vhodnější než cvrček domácí.

**Tabulka č. 17: Srovnání naměřených výsledků s dalšími druhy jedlého hmyzu (vyjádřeno v % všech mastných kyselin). Porovnáno s výsledky Barroso, 2014.**

název kyseliny	zkrácený zápis kyseliny	Samice	Samci	TM	ZM
palmitová	C16:0	26,5	26,4	16,6	30,2
palmitolejová	C16:1 (cis-9)	1,3	1,1	2,2	1,0
stearová	FC18:0	13,6	14,1	3,4	7,6
olejová	C18:1 (cis-9)	24,7	24,4	43,6	34,7
linolová	C18:2 (cis-9,12)	28,8	29,0	30,4	22,6
$\alpha$ -linolenová	C18:3 (cis-9,12,15)	1,1	1,3	1,1	1,4
<b>suma SFA</b>		42,9	43,0	22,2	38,8
<b>suma MUFA</b>		26,3	25,7	45,8	35,7
<b>suma PUFA</b>		31,1	31,2	31,5	24,0
<b>suma n-3</b>		1,5	1,3	0,0	0,0
<b>suma n-6</b>		30,0	29,3	31,5	24,0
<b>n-3/n-6</b>		1:20,0	1:22,5	-	-

TM- *Tenebrio molitor* – potěmnik moučný  
 ZM- *Zophobas morio* – potěmnik brazilský

Pokud srovnáme tuk cvrčka domácího s dalšími živočišnými tuky, zjistíme, že cvrček se svým tukem nejvíce podobá kuřecímu či králíčímu sádlu, viz tabulka č. 18.

**Tabulka č. 18: Srovnání tuku cvrčka domácího s dalšími živočišnými tuky (vyjádřeno v % všech mastných kyselin). Porovnání s výsledky Velíšek, 2009.**

název kyseliny	zkrácený zápis	Samice	Samci	kuřecí sádlo	hovězí lůj	vepřové sádlo	králíčí sádlo	husí sádlo
laurová	C12:0	0,1	0,1	0,1	1,0	stopy	stopy	ND
myristová	C14:0	0,9	1,0	0,9	4,6 *	1,5*	4,0	0,5
palmitová	C16:0	26,5	26,4	22,0	27*	26*	32,0	21,0
palmitoolejová	C16:1 (cis-9)	1,3	1,1	6,0	4,8*	3,4*	6,0	3,0
stearová	FC18:0	13,6	14,1	6,0	23*	14,5*	8,0	6,0
olejová	C18:1 (cis-9)	24,7	24,4	37,0	38*	48,5*	29,0	54,0
linolová	C18:2 (cis-9,12)	28,8	29,0	20,0	2,75*	9,5*	19,0	10,0
arachová	C20:0	0,8	0,7	ND	<0,5	<1,0	ND	ND
eikosenová	C20:1 (cis-11)	0,3	0,2	1,0	<0,5	<1,0	ND	0,1
$\alpha$ -linolenová	C18:3 (cis-9,12,15)	1,1	1,3	1,0	<2,5	<1,5	2,0	0,5

\*- výsledek vznikl průměrem uváděných hodnot

ND- nebylo detekováno

V práci bylo zjištěno, že samice a samci se liší obsahem tuku, můžeme tak potvrdit hypotézu, že nutriční vlastnosti, tedy obsah tuku se u cvrčka domácího liší v závislosti na pohlaví. Tento fakt může být způsobený různou preferencí ve výběru potravy. Samice si pro zajištění plodnosti vybírají stravu bohatou na bílkoviny a tuky, neboť ty jsou nezbytné pro vývoj vajíček. Samci naopak preferují stravu bohatou na sacharidy, jelikož je jejich chování energeticky náročnější (Reddiex et al., 2013)

## 7. Závěr

V práci byly rozebrány výhody a nevýhody entomofágie. Mezi klady konzumace hmyzu patří například vysoká konverze krmiva, rychlý vývojový cyklus, či nízká produkce skleníkových plynů. Nevýhodou je riziko alergických reakcí na chitin nebo na metabolity produkované některými druhy hmyzu.

V teoretické části této práce byly shrnuty základní nutriční hodnoty jednotlivých druhů jedlého hmyzu využívaných v entomofágii. Obsah těchto živin byl vzájemně porovnáván, především s ohledem na nutriční vlastnosti zkoumaného druhu hmyzu, cvrčkem domácím (*Acheta domestica*). Z přehledu dostupné literatury je jasné, že nutriční hodnoty hmyzu jsou ovlivněny mnoha faktory, především druhem hmyzu, jeho potravou, vývojovým stádiem, či zemí původu. Díky všem těmto aspektům se tyto hodnoty významně liší. Cílem práce pak bylo ověřit vliv pohlaví na obsahu a kvalitu tuku cvrčka domácího.

V praktické části byl proto stanoven obsah tuku a profil mastných kyselin. Cvrček domácí se ukázal být dobrým zdrojem tuku, který ale svým složením svého příliš neodpovídá doporučeným poměrům n-3/n-6 mastných kyselin a poměrům mezi SFA, MUFA a PUFA, z tohoto hlediska bychom našli jiné druhy jedlého hmyzu, které by byly vhodnější. Vzhledem k ostatním nutričním benefitům (nízký obsah cholesterolu a vysoký obsah esenciálních mastných kyselin), jej lze ale považovat za alternativu k dostupným zdrojům či doplněk stravy.

Na základě statistického porovnání výsledků bylo zjištěno, že obsah tuku i jeho složení je ovlivněno pohlavím jedince. Zatímco samice obsahují zcela jasně více tuku než samci, v profilu mastných kyselin byl nalezen statisticky významný rozdíl v obsahu pouze dvou mastných kyselin. Na základě těchto výsledků lze tedy konstatovat, že byl prokázán vliv pohlaví na nutriční hodnotu. Z tohoto hlediska nebyl cvrček domácí ani jiný druh jedlého hmyzu doposud prozkoumán, proto není možné výsledky této práce porovnat s literaturou. Výsledky této práce jsou základem pro další výzkum vedoucí k upřesnění informací nutričních hodnot hmyzu, zejména pokud jde o individuální sběr hmyzu s výrazným dimorfismem. Dále mohou v budoucnu být užitečné v procesu optimalizace technologie chovu hmyzu s ohledem na možnosti využití potenciálu partenogeneze některých druhů.

## 8. Seznam použité literatury

- Babiker ,E. E., Hassan, A. B., Eltayeb, M.M. 2007. Solubility and functional properties of boiled and fried Sudanese tree locust flour as a function of NaCL concentration. *Journal of Food Technology*. 5. 210–214.
- Banjo, A., Lawal, O. & Songonuga, E. 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.
- Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez Bañón, C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 422 423. 193- 301.
- 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. Lasasso, C. Maggioletti, M. Alonzi, C. Ricci, A. Paoletti, M. G. 2015. Edible insects: a food security solution or a food safety concern? *Animal Frontiers*. 5 (2). 2530.
- Bernstein, D.I., Gallagher, J.S., Bernstein, I. L. 1883. Clinical and immunologic studies. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 83. 475–480.
- Borkovcová, M., Bednářová, M., Fišer, V., Ocknecht, P. 2009. *Kuchyně hmyzem zpestřená 1*. Lynx. Brno. 135 s. ISBN 978-80-86787-37-4.
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., Hendriks, W. H. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*. 3 (29). 1-4.
- Bouvier, G. 1945. Quelques questions d'entomologie vétérinaire et lutte contre certains arthropodes en Afrique tropicale. *Acta tropica*. 2. 42–59.
- van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., van Loon, J. J. A. 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*. 73 1- 10.
- Bukkens, S.G.F. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*. 36(2–4). 287–319.

- Bukkens, G. F. 2005. Insects in the human diet: Nutritional aspects. 545–577. In: Paoletti, M. G. (ed.) *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers Enfield, NH, USA. p. 662. ISBN 9781578083398.
- Cerritos, R. 2009. *Insects as food: an ecological, social and economical approach*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 4. 1-10.
- Collavo, A., Glew, R. H., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bosse, R., Paoletti, M. G. 2005. House cricket small-scale farming. 519–544. In: M. G. Paoletti, (ed). *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers Enfield, NH, USA. p. 662. ISBN 9781578083398.
- DeFoliart, G. R. 1992. Insects as human food. *Crop Protection*. 11. 395 – 399.
- EFSA, 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed, *EFSA Journal*. 13. 4257.
- Falade, K.O., Omojola, B.S. 2010. Effect of processing methods on physical, chemical, rheological, and sensory properties of Okra (*Abelmoschus esculentus*). *Food and Bioprocess Technology*. 3. 387-394.
- FAO. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security [cit 2013-05-22] Dostupné na: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm>
- 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. 2004. Nutrient content of insects. In: *Encyclopedia of Entomology*. Springer. USA. p. 1563-1575. ISBN- 978-0-306-48380-6.
- Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol*. 26. 105–115.
- Finke, M. D. 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*. 34 (6). 554-564.
- Friedrich, U., Volland, W. 2004. *Breeding food animals. Live food for vivarium animals*. Krieger Publishing Company. Malabar. 178 pp. ISBN: 1575240459.
- Goodman, W. G. 1989. Chitin. *A Magic Bullet? The Food Insects Newsletter*. II (3), 6- 7.
- Hanboonsong, Y. 2010. Edible insects and associated food habits in Thailand. In: *Forest insects as food: humans bite back*. p. 173.



Hayes, K., 2002. Dietary fat and heart health: in search of the ideal fat. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11(s7), pp.S394–S400.

Horniaková, E., Bíro, D., Pajtáš, M., Gálik, B., Šimko, M., Juráček M., Rolinec M. 2010. *Základy výživy*. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra. 137 s. ISBN-978-80552-0446-8.

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.

Ikekawa, N., Fujimoto, Y., Ishiguro, M. 2013. Reminiscences of research on the chemistry and biology of natural sterols in insects, plants and humans. *Proceedings of the Japan Academy, Series B – Physical and Biological Sciences*. 89 (8). 349-369.

ISO 1442:1997. *Meat and meat products -- Determination of moisture content (Reference method)*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. p. 4.

Jarisch, R., Hemmer, W. 2010. Insect allergy: house fly, mosquito, horsefly. *Allergologie*. 33 (2). 86-92.

Katayama, N., Yamashita, M., Wada, H., Mitsuhashi, J. 2005. Space agriculture task force; entomophagy as part of a space diet for habitation on Mars. *Journal of Space Technology and Science*. 21. 1–10.

Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., Njoroge, S. M., Ayieko, M. 2013. Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhylanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food Bioprocess Technology*. 3. 778–782.

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. 628–631.

Kořínek, M. 1993. Chov krmného hmyzu. *Akvárium Terárium*. 36 (9). 32-34..

Kulma, M., Plachý, V., Kouřimská, L., Vrabec, V., Bubová, T., Adámková, A., Hučko, B. 2016. Nutritional value of three Blattodea species used as feed for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 25 (4) 354-360. ISSN: 1230-1388.

Lacey, R. 2016. *CRICKETS AS FOOD: The perceptions of and barriers to entomophagy and the potential for widespread incorporation of cricket flour in American diets*. Senior Honors Thesis. University of Michigan. Program in the Environment. Michigan. 78p.

Lindroth, L. 1993. Food conversion efficiencies of insect herbivores. *Food Insect Newsletter*. 6. 1–16.

- Looy, H., Dunkel, F. V., Wood, J. R. 2014. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agriculture and Human Values*. 31. 131-141.
- Marono, S., Piccolo, G., Loponte, R., Di Meo, C., Attia, Y. A., Nizza, A., Bovera, F. 2015. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Italian Journal of Animal Science*. 14 (3889). 338-343.
- McDonald, P., Greenhalgh, J. F. D. Dr., Morgan, C. A. Dr., Edwards, R., Sinclair, L., Wilkinson, R. 2011. *Animal Nutrition*. 7. Benjamin Cummings. p. 712. ISBN 9781408-2043-38
- Mitsuhashi, J. 2010. The future use of insects as human food. 115–122. In: Durst, P. B., Johnson D.V., Leslie R.N., Shono K. (eds.). 2010. *Proceedings of the forest insects as food: humans bite back*. RAP Publication. Bangkok, Thailand.
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M. 2014a. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 64 (3). 147-157.
- Mlcek, J., Borkovcova, M., Bednarova, M. 2014b. Biologically active substances of edible insects and their use in agriculture, veterinary and human medicine-a review. *Journal of Central European Agriculture*. 15 (4). 225-237.
- Mziray, R., Imungi, J., Karuri, E. 2000. Changes in ascorbic acid, beta-carotene, and sensory properties in sun-dried and stored *Amaranthus hybridus* vegetables. *Ecology of Food and Nutrition*. 39. 459–469.
- Nováková, I. 2012 . *Zdravotní nauka: učebnice pro obor sociální činnost*. 1. vyd. Praha: Grada, 3 sv. (187, 204, 137 s.). ISBN 978-80-247-3708-9.
- Oonincx, D.G.A. B., 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. e14445.
- Oonincx, D.G.A. B., Dierenfeld, E. S. 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*. 29. 1-15.
- Paoletti, M.G, Norberto, L., Damini, R., Musumeci, S. 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 51. 244-251.
- Park, S.K., Kim, H.I., Yang, Y.I. 2009. Roles of vascular endothelial growth factor, Angiopoietin 1, and Angiopoietin 2 in nasal polyp. *Laryngoscope*. 119. 409-421.

- Payne, Ch. 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 & Technology*. 47. p. 69-77.
- Pipek, P. 1995. *Technologie masa I. VŠCHT*. Praha. 334 s. ISBN 80-7080-174-3.
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., Abbasi, S. A. 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (9). 4357 - 4360.
- Raksakantong, P., Meeso, N., Kubola, J., Siriamornpun, S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects. *Food Research International*. 43. 350–355.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., de Guevara, O. L. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*. 10. 142–157.
- Ramos-Elorduy, J. 1998. *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects*. Park Street Press. South Paris. p. 160.
- Reddiex, A. J., Gosden, T. P., Bonduriansky, R., & Chenoweth, S. F. (2013). Sex-Specific Fitness Consequences of Nutrient Intake and the Evolvability of Diet Preferences. *The American Naturalist*, 182(1), 91–102.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 57 (5). 802-823.
- Schabel, H.G., 2010. Forest insects as food: A global review. In: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. (ed.) *Forest insects as food: humans bite back*. Bangkok, Thailand: FAO. ISBN 978-92-5-106488-7.
- Skinner, M., Jones, K. E., Dunn, B.P. 1995. Undetectability of vitamin A in bee brood. *Apidologie*. 26. 407-414.
- Smil, V. 2002. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*. 30. 305– 311.
- Stanley-Samuelson, D. W., Jurenka, R. A., Cripps, C., Blomquist, G. J., de Renobales, M. 1988. Fatty acids in insects: Composition, metabolism and biological significance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 9. 1-33.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales M., Mauricio, M., de Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. p. 390. ISBN 92-510-5571-8.

- Steinhauser, L. 1995. Hygiena a technologie masa. LAST. Brno. ISBN 80-900260-4-4.
- Sutton, M.Q. 1995. Archaeological aspects of insect use. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2. 253–298.
- Svačina, Š. et al. 2008. *Klinická dietologie*. Vyd. 1. Praha: Grada, ISBN 80-247-2256-9.
- Tančinová, D., Maková, J., Felšociová, S., Kačániová, M., Kmeť, V. 2008. *Mikrobiológia potravín*. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra. 144 s.
- Tomotake, H., Katagiri, M., Yamato, M. 2010: Silkworm pupae (*Bombyx mori*) are new sources of high quality protein and lipid. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 56 (6). 446–448. ISSN 1881-7742.
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L. Y., van Valenberg, H. J. F., van Boekel, M. A. J., Lakemond, C. M. M. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*. 62. 1087–1094.
- Velíšek, J. 2002. *Chemie potravin. OSSIS*. Tábor. 303 s. ISBN 80-86659-01-1.
- Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. *Chemie potravin 1. OSSIS*. Tábor. 602 s. ISBN 978-80-8665915-2.
- Velíšek, J. 2014. *The Chemistry of Food*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK. p. 348 ISBN 978-1-118-38381-0.
- Verkerk, M.C., Tramper, J., Trijp, J.C.M., Martens, D.E. 2007. Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*. 25. 198–202.
- Veselý, V. 1985. *Včelařství*. Státní Zemědělské Nakladatelství. Praha. 365 s.
- Wang, D., Bai, Y., Li, J., Zhang, Ch. 2004. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Insect science*. 11 (4). 275–283.
- WHO. 2004. A strategy to prevent chronic disease in Europe. A focus on public health action. The Cindi vision. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. 85–92. In: *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*. Bangkok.
- Yen, A. L. 2009. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Journal of the Entomological Research Society*. 39. 289–298.
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*. 141 (4). 3341–3348.

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 77 (3). 460-466.

## Přílohy

Profil mastných kyselin – porovnání

		1F1	1F2	1F3	1F4	1M1	1M2	1M3	1M4
	RT [min]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]	Zastoupení [%]
FM_C6:0	14,247	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FM_C12:0	25,318	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
FM_C14:0	28,466	0,9	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	0,9	0,9
FM_C15:0	29,919	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
FM_C16:0	31,301	26,3	27,7	26,0	25,8	26,4	26,4	26,3	26,4
FM_C16:1 (cis-9)	32,247	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1
FM_C17:0	32,618	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
FM_C18:0	33,889	13,6	13,8	13,3	13,6	14,1	13,8	14,4	14,1
FM_C18:1 (cis-9)	34,702	24,4	25,4	24,6	24,5	24,4	24,5	24,3	24,4
FM_C18:2 (trans-9,12)	35,351	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
FM_C18:2 (cis-9,12)	35,966	30,2	26,3	29,4	29,5	29,0	29,2	28,9	29,0
FM_C20:0	36,463	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	0,8
FM_C20:1 (cis-11)	37,323	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
FM_C18:3 (cis-9,12,15)	37,515	0,1	1,3	1,5	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3
FM_C20:2 (cis-11,14)	38,730	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
FM_C22:0	39,287	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
FM_C20:4 (cis-5,8,11,14)	40,842	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
FM_C24:0	42,704	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
FM_C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	43,019	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
FM_C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	47,824	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0