

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



Ovlivnění nutriční hodnoty cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) přidáním mrkve do jeho výživy

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Michal Čáp

Obor studia: Výživa zvířat a dietetika

Vedoucí práce: Ing. Martin Kulma, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Ovlivnění nutriční hodnoty cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) přidáním mrkve do jeho výživy" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.7.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Martinovi Kulmovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu a rady, které mi velmi pomohly při tvorbě této práce. Poděkovat bych chtěl také Ing. Doře Petříčkové za vstřícnost a pomoc v laboratoři. Velké poděkování také patří mé rodině, která mi byla podporou po celou dobu studia.

Ovlivnění nutriční hodnoty cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) přidáním mrkve do jeho výživy

Souhrn

Teoretická část práce byla zaměřená na nutriční hodnotu hmyzu, jeho benefity při použití jako krmiva nebo potraviny, dále na manipulaci s nutriční hodnotou a vnější faktory, které nutriční hodnotu ovlivňují.

Pro praktickou část bylo odchováno 7 skupin cvrčků banánových, kteří byli chováni za stejných, konstantních podmínek a krmeni i napájeni *ad libitum*. Těchto 7 skupin bylo rozděleno na 3 kontrolní skupiny, které byly přikrmovány jablky a 4 pokusné, z nichž 3 byly přikrmovány mrkví po celou dobu výkrmu. Poslední experimentální skupina byla krmena jablky, ale po dobu posledních 14 dnů před sklizením byla jablka zaměněna za mrkev. Po usmrcení cvrčků byly provedeny laboratorní analýzy na stanovení základních živin. Podíl sušiny byl stanovený po usušení při 103,5 °C, dusíkatých látek dle Kjeldahla, tuk byl stanovený dle Soxhleta. Dále byl stanovený obsah popelovin, aminokyselin, chitinu, dusíku v chitinu, karotenů, tokoferolů a hmotnost samic a samců cvrčků.

Hypotéza - „Přidání mrkve ke krmné směsi ovlivní nutriční složení a životní cyklus cvrčka banánového“ byla statisticky potvrzena pouze pro obsah tuku, dusíkatých látek a α – karotenu, β – karotenu a délky vývoje. Ovšem významný vliv přidání mrkve do krmné dávky byl zaznamenán pouze u obsahu karotenů a délky životního cyklu, kdy pokusné skupiny obsahovaly karotenů více a dospívali dříve. Na základě získaných výsledků tedy lze potvrdit, že tímto způsobem je možné ovlivnit nutriční složení i životní cyklus cvrčka banánového. Navíc bylo prokázáno, že zvýšenou hladinu karotenů ve sklizené biomase lze docílit i krátkodobým přidáním mrkve.

Na závěr bylo též potvrzeno, že nutriční hodnota je nestálá veličina, která je ovlivněna jak vnějšími, tak vnitřními faktory a domnívám se, že ne zcela všechny jsou již známé a je tedy třeba dalšího výzkumu v této oblasti.

Klíčová slova: krmný hmyz; nutriční hodnota; mrkev; bílkoviny; karotenoidy

Effects of carrot inclusion into the diet on the chemical composition of Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*)

Summary

The theoretical part of this work was focused on the nutritional values of insects, their benefits when used as food and feed, manipulation with nutritional value and the external factors affecting the nutritional value.

In the practical part, seven groups of Jamaican field crickets were reared under the constant laboratory conditions, when feed and water were provided *ad libitum*. These 7 groups were divided into 3 control groups fed by apples and 4 experimental groups, of which 3 groups were fed by carrot for all the cycle and 1 fed by carrots last 14 days prior the harvest. After killing the crickets by freeze, laboratory analysis were performed in order to determine the chemical composition of crickets. The dry matter content was determined after drying at 103.5 °C, crude protein by Kjeldahl, fat by Soxhlet. Other nutrients such as ash, chitin, crude protein in chitin, amino acids, carotenoids and tocoferols were also determined.

The hypothesis „Inclusion of carrot into the diet influences the nutritional composition and life cycle of Jamaican field cricket“ was statistically confirmed for the contents of fat, crude protein, α and β – carotens and developmental time. However, the significant effect of carrot addition was proved only in case of carotens and developmetal time. The experimental crickets contained more carotens and shorter egg-to-adulthood period. Based on the obtained results, it was proved that addition of carrot fortified the nutritional value of crickets and positively influences it's life cycle. Moreover, the higher levels of carotens were revealed even in the crickets fed by carrot in the short-term (14 days). In the light of this work confirmed that the nutritional value of insects is not constant and depends on many external and internal factors. Most likely, some of the factors are still remaining unknown and the furture research in this field is therefore essential.

Keywords: edible insects; nutritional value; carrot; proteins; carotenoids

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Hmyz	11
3.2 Jedlý hmyz	11
3.3 Hmyz jako krmivo	12
3.3.1 Konvenčně využívaná krmiva	12
3.3.2 Využití hmyzu ve výživě hospodářských zvířat	13
3.3.3 Zájmová zvířata	16
3.4 Nutriční hodnota hmyzu	16
3.4.1 Makronutrienty	16
3.4.2 Mikronutrienty.....	18
3.5 Životní prostředí	19
3.5.1 Voda.....	19
3.5.2 Dusík.....	19
3.5.3 Metan	20
3.5.4 CO ₂	21
3.5.5 Redukce odpadů.....	21
3.6 Bezpečnost	22
3.6.1 Alergie	22
3.7 Cvrček banánový	22
3.7.1 Popis	23
3.7.2 Výskyt.....	23
3.7.3 Životní cyklus	23
3.7.4 Rozmnožování	24
3.7.5 Konverze živin.....	24
3.7.6 Chov.....	25
3.7.7 Nutriční hodnota	26
3.7.8 Manipulace s nutriční hodnotou	26
3.7.9 β – karoten	26
3.7.10 Vitamin A	27
3.7.11 Vitamin E.....	27
4 Metodika	28
4.1 Chov cvrčků	28
4.2 Chemická analýza	31
4.2.1 Lyofilizace	31
4.2.2 Sušina.....	31

4.2.3	Popeloviny	31
4.2.4	Tuk	31
4.2.5	Aminokyseliny	32
4.2.6	Hrubý protein	32
4.2.7	Karoteny a tokoferoly	33
4.2.8	Chitin	33
5	Výsledky	34
5.1	Hmotnost	34
5.2	Aminokyseliny	34
5.3	Karoteny	35
5.4	Tokoferoly	35
5.5	Tabulka obsahu živin	36
5.6	Grafické porovnání obsahu živin	36
5.6.1	Sušina	36
5.6.2	Popeloviny	37
5.6.3	Tuk	38
5.6.4	Hrubý protein	38
5.6.5	Chitin	39
5.6.6	α - karoteny	39
5.6.7	β – karoteny	40
5.6.8	Délka vývoje	41
5.7	Statistické zhodnocení	41
5.7.1	Popeloviny	41
5.7.2	Tuk	42
5.7.3	Hrubý protein	42
5.7.4	Chitin	42
5.7.5	α – karoteny	43
5.7.6	β – karoteny	43
5.7.7	Délka vývoje	44
6	Diskuze	45
6.1	Sušina	45
6.2	Tuk	45
6.3	Dusíkaté látky	46
6.4	Popeloviny	46
6.5	Aminokyseliny	46
6.6	Chitin	47
6.7	Karoteny	47
6.8	Délka vývoje	47
7	Závěr	48

8	Literatura.....	49
----------	------------------------	-----------

1 Úvod

Ve srovnání s rokem 1960, kdy světová populace lidstva čítala lehce přes 3 miliardy, je nárůst zřejmý. V roce 2018 obývalo planetu 7,6 miliardy lidí a na těchto číslech se populace rozhodně nezastaví. Předpokládá se, že do roku 2050 můžou tyto hodnoty vzrůst až přes 9 miliard (World bank, 2019). Očekává se, že poptávka po živočišných bílkovinách vzroste do roku 2050 o 60 % (Alexandratos & Bruinsma, 2012). Přičemž dle FAO (2015) jsou 2/3 veškeré zemědělské půdy již obsazeny hospodářskými zvířaty, poli, loukami a pastvinami. Zvýšení poptávky se týká především rozvojových zemí (Rosegrant et al. 2013). Zvyšování příjmů, urbanizace a celkové bohatnutí populace, jsou hnacími motory pro přechod z rostlinné stravy na více živočišnou (Tilman & Clark 2014). S ohledem na životní prostředí, zdraví a welfare zvířat je dobré začít a pokračovat ve zkoumání alternativních zdrojů krmiva a potravin (Steinfeld et al. 2006). Jedním z alternativních zdrojů bílkovin, ale i dalších, pro výživu nezbytných látek by mohl být právě hmyz (van Huis 2013). Důvodů proč uvažovat o zařazení hmyzu do jídelníčku jak zvířat, tak lidí může být kromě vynikajících nutričních hodnot hned několik. Některé z nich uvedl i (Raubenheimer & Rothman 2013) a (van Huis 2013). Jako první z důvodů zmiňují, že hmyz má rychlejší generační interval, konverze krmiva je efektivnější v porovnání se skotem, prasaty nebo drůbeží, hmyz také spotřebuje méně vody a vyprodukuje méně skleníkových plynů. Bylo uvedeno i to, že díky tomu, že hmyz není ani vzdáleně podobný nebo příbuzný lidem, je nízké riziko, že bude obsahovat patogeny, které by mohli ohrozit lidské zdraví.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je definovat vliv přidání mrkve do výživy cvrčka banánového na jeho životní charakteristiky a vybrané nutriční parametry.

Hypotéza: Přidání mrkve ke krmné směsi ovlivní nutriční složení a životní cyklus cvrčka banánového.

3 Literární rešerše

3.1 Hmyz

Na zemi žije přibližně 6 – 10 milionů druhů hmyzu (van Huis 2013). Ovšem předpokládá se, že po prozkoumání všech tropických oblastí, by počty mohly vzrůst až o další 3 miliony druhů (Capinera, 2008). Při takovém množství druhů je možné, že některé se stanou vyhynulými dříve, než stačí být objeveny (Costello et al. 2013). Co se týče životního cyklu, hmyz se dělí na dvě skupiny. Hmyz s proměnou dokonalou a hmyz s proměnou nedokonalou. U první zmíněné skupiny musí larvy vylíhlé z vajíček projít několika svleky, poté se zakuklí a z kukly se po určitém čase líhne dospělý jedinec. Mezi hmyz s proměnou dokonalou se řadí brouci (*Coleoptera*), motýli (*Lepidoptera*), blanokřídli (*Hymenoptera*) nebo dvoukřídli (*Diptera*). Hmyz s proměnou nedokonalou vynechává stádium larvy. Z vajíček se líhnou mladé nymfy, které bývají dost podobné dospělým jedincům. Do dospělců nymfy dospívají po několika svlecích. Typičtí zástupci této skupiny jsou například rovnokřídli (*Orthoptera*) (Capinera 2008). Hmyz je velmi přínosný nejen z hlediska lidí nebo zvířat, ale také pro rostliny, zejména pro jejich rozmnožování. Odhaduje se, že existuje 100 000 druhů opylovačů a 98 % z nich jsou zástupci třídy hmyzu. To, že je hmyz důležitý z hlediska rozmnožování rostlin, platí také pro tři čtvrtiny ze 100 druhů, světově nejrozšířenějších, základních zemědělských plodin (Ingram et al. 1996).

3.2 Jedlý hmyz

Hmyz je součástí jídelníčku lidí přibližně ve 113 zemích světa (Barennes et al. 2015). Až 2100 druhů hmyzu, které byly označené jako jedlé, se upravují všemožnými způsoby a konzumují je zhruba 2 miliardy lidí, zejména v Africe, Asii a Latinské Americe, tudíž nejčastěji v rozvojových zemích (Ghosh et al. 2017). Důvodem, proč se hmyz konzumuje méně v západních zemích, může být například, že dorůstá menších velikostí, než v tropických zemích, vyskytuje se v menších společenstvech a není možné ho sbírat v zimě (Van Huis 2016). Nižší spotřeba hmyzu se také odráží v tom, že většině lidí západního světa připadá konzumace hmyzu nechutná (Looy et al. 2014). Xiaoming et al. (2010) poukazují na to, že entomofágie není nic neobvyklého nebo nového, jelikož například v Číně se hmyz začal konzumovat, před více než 3000 roky. Hmyz představuje velmi malé riziko, jelikož lze hovořit pouze o 5000 druzích, které by mohli být potenciální hrozbou pro rostliny, zvířata nebo lidi (Van Lenteren. 2006). Dle van Huis et al. (2013) je globálně nejvíce konzumován řád brouků (*Coleoptera*) a to z 31 %, dále housenky řádu motýli (*Lepidoptera*) 18 %, poté blanokřídli (*Hymenoptera*), mezi které patří včely, vosy a mravenci 15 % a také řád rovnokřídli (*Orthoptera*), se zástupci jako kobylky, sarančata a cvrčci, 13 % a další. U brouků se většinou konzumují všechna vývojová stádia, kdežto u rovnokřídlych nejčastěji pouze dospělci (Cerritos 2009).

S postupným rozšiřováním využití hmyzu jako krmiva a potravin začíná být kladena otázka, jestli je správné a dlouhodobě udržitelné sbírat a konzumovat hmyz z volné přírody.

Hmyz je už tak ohrožován několika faktory vycházející z lidské činnosti. Samotný sběr volně žijícího hmyzu z přírody může vyústit až v kompetici o potravu s predátory, což by snížilo variabilitu populací (Choo 2010) a byl by to velký zásah do ekosystému krajiny (Kouřimská & Adámková 2016). Na druhou stranu, sběr hmyzu, například ze zemědělsky obhospodařovaných ploch, může výrazně snížit potřebu využívat insekticidy (Cerritos & Cano-Santana 2008).

Dušení, vaření, smažení, pečení, sušení na slunci a uzení jsou tradiční možnosti úpravy jedlého hmyzu, před konzumací (Rumpold et al. 2014). Většina zkonzumovaného hmyzu je podle (van Huis 2013) chycena v přírodě a poté je buď snědena syrová, kuchyňsky upravena v domácnosti nebo prodána. Studie ukazují, že společnost je více ochotná konzumovat hmyz ve skryté formě, například hmyzí moučky, než celý hmyz (Hall et al. 2017). Nejvíce lidí, kteří zařadili hmyz do svého jídelníčku, obývá subtropické a tropické pásmo Země, jako například regiony jihovýchodní Asie nebo subsaharské Afriky. Naopak nejvíce lidí, kteří se hmyzu vyhýbají, žije v Evropě, Rusku nebo severních částech Severní Ameriky (Waltner-Toews 2017). Některé studie jako například (House 2016) a (Tiffin 2016) ukazují, že konzumenti mohou považovat hmyz za eticky přijatelnější potravinu, vzhledem k tomu, že nevnímá bolest a netrpí stejně, jako hospodářská zvířata.

3.3 Hmyz jako krmivo

Monogastrická zvířata potřebují krmivo, které obsahuje velké množství vysoce kvalitního proteinu. Krmivo také musí obsahovat správný poměr aminokyselin, být dobře stravitelné, chutné a nemělo by obsahovat antinutriční látky (Barrows et al. 2008).

3.3.1 Konvenčně využívaná krmiva

Sója

Sója se řadí mezi jednu z nejdůležitějších zemědělských plodin na světě (Hartman et al. 2011). Mezi lety 2007 a 2008 bylo vypěstováno zhruba 223 milionů tun této plodiny. Globálně je sója nejvíce používaným bílkovinným krmivem pro zvířata. Pěstování sóji je výhodné především pro její geografickou přizpůsobivost, výborné živinové složení a pozitivní efekt na zdraví. V dnešní době je většina sójových bobů zpracovávána a vyrábí se z ní sojová moučka a olej (Ali & Singh 2010). Rozloha, na které se sója pěstuje, představuje přibližně 6 % povrchu zemské souše a rychlost expanze sóji se zdá být daleko rychlejší, než je tomu u obilovin nebo ostatních olejnin. Pouhé 2 % sóji jsou konzumovány přímo (Goldsmith 2008), neboť díky svému vysokému obsahu bílkovin, je používána hlavně jako krmivo pro hospodářská zvířata, především drůbež, prasata a ryby. Sójové boby obsahují přibližně 18 % tuku a 38 % bílkovin (Hartman et al. 2011). K negativům sóji patří obsah některých antinutričních látek (antitrypsin), které se ale při výrobě sójového extrahovaného šrotu, vlivem vysoké teploty při extrakci, téměř všechny vyblokuje (Zeman et al. 2006). Z hlediska lidského zdraví je diskutovaným negativem také vyšší množství fytoestrogenů (Zhao & Mu 2011). Dále je nutno připomenout i fakt, že produkce sóji za sebou nechává nevratně zdevastované biotopy na místě původního jihoamerického deštného pralesa (Verburg et al. 2014).

Rybí moučka

Rybí moučka se řadí mezi nejkvalitnější, co se týká krmiv živočišného původu (Zeman et al. 2006). Je to přirozeně vyvážená krmná komponenta, která obsahuje velké množství bílkovin, energie, minerálů (vápník, fosfor a jód), vitamínů (A, D, E, B₁₂ a H) a polynenasycených omega – 3 - mastných kyselin s dlouhým řetězcem (Cho & Kim 2011). Celosvětově její průměrná roční produkce dosahuje hodnot okolo 6,5 milionů tun (Hardy 2010). Vzhledem k rostoucím cenám rybí moučky a rybího oleje, Tacon & Metian (2008) předpokládají úbytek ve využívání těchto krmiv.

3.3.2 Využití hmyzu ve výživě hospodářských zvířat

Přežvýkavci

Dle Makkar et al. (2014) je například moučka z larev bource morušového velmi cenným krmným doplňkem pro přežvýkavce, a to nejen díky příznivému zastoupení aminokyselin. Jediné, co omezuje použití této moučky, je vysoký obsah tuku a z tohoto důvodu by bylo vhodné přežvýkavcům předkládat extrahovanou moučku z larev (Ioselevich et al. 2004). V *in situ* projektech u skotu se ukázalo, že efektivita degradability dusíku z larev bource je nízká. Dusík byl degradován pouze z 29 % (Chandrasekharaiah et al. 2002) a 25 % (Ioselevich et al. 2004) u larev, které nebyly zbaveny tuku a 20 % (Chandrasekharaiah et al. 2004) u larev bez tuku. Sampath et al. (2003) se domnívají, že larvy bource morušového mohou být pro skot dobrým zdrojem lyzinu a methioninu, které jsou pro produkci mléka limitující. Larvy nezbavené tuku, mohou nahradit až 33 % podzemnicových výlisků v krmné, ztučňující dávce pro Jerseyká telata. Stravitelnost proteinu v krmné dávce, kde byly výlisky substituovány larvami, byla vyšší než u dávky založené na výliscích (Narang & Lal 1985). Ze starší studie Khan & Zubairy (1971) plyne, že stravitelnost hrubého proteinu u extrahované moučky z larev bource morušového, byla u ovcí okolo 70 %.

Prasata

Jin et al. (2016) ve svém experimentu přidávali do krmné dávky odstavených prasat 0, 1.5, 3, 4.5 a 6 % moučky z larev potemníka moučného. To se ukázalo jako přínosné, když s rostoucím množstvím hmyzí moučky v krmivu, rostla i váha, průměrný denní přírůstek a průměrný denní příjem krmiva. Newton et al. (2005) nahrazovali sušenou plazmu v krmné dávce časně odstavených selat v množství 0, 50 a 100%. Náhradou byla moučka z larev bráněnek. Nahrazení z 50 % vyústilo ve zvýšení přírůstků a stravitelnosti krmiva, ale 100% nahrazení sušené plazmy moučkou vedlo spíše ke zhoršení vlastností krmiva. Jiný pokus provedli Viroje & Malin (1989), kteří nahradili 10 % rybí moučky, v krmivu pro časně odstavená selata, moučkou z larev much. Takto upravená dieta nevedla ke snížení hmotnostních přírůstků nebo konverzi krmiva.

Drůbež

Hlavním problémem v chovu drůbeže je zajištění krmiva, které by naplňovalo všechny důležité nutriční hodnoty pro zvířata, která vyrostou rychle a za krátkou dobu (Oyegoke et al. 2006). Volně žijící ptáci běžně konzumují dospělce, kukly i larvy hmyzu (Zuidhof et al. 2003).

Jako krmivo pro slepice a kachny jsou v různých částech světa běžně používané larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), potemníka tmavého (*Tenebrio obscurus*), potemníka brazilského (*Zophobas morio*) a mouchy domácí (*Musca domestica*), které se i masově odchovávají k zajištění dostatečného množství (Yi et al. 2010). Nakagaki et al. (1987) zaznamenali větší příjem methioninu a argininu, u drůbeže krmené cvrčkem domácím (*Acheta domestica*), což mělo za následek zvýšení konverze krmiva. Oyegoke et al. (2006) testovali zaměnění rybí moučky v krmivu, které ji obsahovalo 4 %, za larvy martináče (*Cirina forda*) a nezaznamenali významné změny v přírůstcích brojlerů, kteří byli krmeni krmnou dávkou s larvami a těmi, kteří byli krmeni běžnou krmnou směsí, obsahující rybí moučku. (Ocio et al. 1979), (Awoniyi et al. 2003), (Dordević et al. 2008) se zaměřili na výzkum dvoukřídlého hmyzu, zejména larev mouchy domácí (*Musca domestica*), jako alternativy za rybí moučku a opět nenašli významné rozdíly mezi přírůstky brojlerů krmených rybí moučkou a larvami hmyzu. Téguia et al. (2002) ve svém výzkumu určili, že celkový váhový přírůstek u brojlerů krmených krmivem s obsahem rybí moučky byl znatelně nižší, než u těch, kteří byli krmeni krmnou dávkou s obsahem červů. U této pokusné skupiny bylo z celkového obsahu 45 g rybí moučky odebráno 6,75 g a nahrazeno stejným množstvím hmyzí moučky. Tyto studie naznačují, že použití hmyzí moučky je, co se týče kvality bílkovin, srovnatelné s rybí moučkou, běžně používanou ve výkrmu brojlerů (Oyegoke et al. 2006).

Dle Finke et al. (1985) byla drůbež krmená krmnou dávkou s 28 % moučky ze cvrčků (*Anabrus simplex*) bez negativních vlivů na chuť masa, která byla testována panelem hodnotitelů za použití trojúhelníkové zkoušky. Při pokusu s larvami bráněnek, byl z larev extrahovaný tuk, který měl nahradit tuk sójový v krmné dávce brojlerů. Co se týče hmotnostních přírůstků, konverze živin, kvality a chutnosti výsledného produktu, nezaznamenali Schiavone et al. (2017) žádné významné změny při porovnání brojlerů krmených sojovým olejem a olejem z bráněnek. Cullere et al. (2018) ve svém experimentu nahrazovali sojový šrot a olej, v krmné dávce křepelčích brojlerů, odtučněnou moučkou z larev bráněnek. Výzkum ukázal, že krmením krmnou dávkou, obohacenou o larvy bráněnek, je možné dosáhnout výsledného produktu o srovnatelné kvalitě, jako při krmení konvenční stravy. Awoniyi et al. (2003) nahrazovali rybí moučku moučkou z larev hmyzu v krmné dávce pro brojlerů. Rybí moučka byla nahrazována z 25, 50, 75 a 100 %. Jako nejefektivnější, se ukázala krmná dávka, ve které bylo nahrazeno 25 % rybí moučky, moučkou z larev. S touto krmnou dávkou měli brojleři nejvyšší týdenní přírůstek na váze a nejlépe vstřebávali bílkoviny. Další pokus s náhradou rybí moučky za moučku z larev v krmné dávce pro brojlerů provedli Okah & Onwujiariri (2012). V krmné dávce bylo zaměněno 0, 20, 30, 40 a 50 % rybí moučky za hmyzí. Kuřata krmená kontrolní dávkou přijala menší množství krmiva, než ta krmená krmnou dávkou s obsahem 40 a 50 % hmyzí moučky. U brojlerů krmených kontrolní dávkou bez hmyzu byl zaznamenán nižší váhový přírůstek, než u skupin s 20 a 30 % hmyzí moučky, ale podobný jako u 40 a 50 %. Kontrolní skupina však měla vyšší konverzi živin, než ty krmené hmyzem. Khatun et al. (2005) zkoušeli přidat 0, 6 a 8 % moučky z larev bource morušového namísto proteinového koncentrátu do krmné směsi pro nosnice. Studie ukázala, že přidání 6 % hmyzí moučky do krmiva zlepšil růst nosnic i produkci vajec v porovnání s 0 a 8 % hmyzu v krmné dávce.

Ryby a koryši

Organizace pro výživu a zemědělství zaznamenala úbytek prodávaných, volně žijících, vylovených ryb, a to v letech 2004 až 2009, kdy jejich podíl na trhu klesl o 3 %, zároveň v těchto letech vzrostl počet chovaných ryb o 32 % (FAO 2010).

Rybí moučka je jedním z nejčastěji používaných složek krmiva pro ryby (Barroso et al. 2014). Působí v krmivu pozitivně tak, že zvyšuje jeho chutnost, stravitelnost a vstřebávání živin (Miles & Chapman 2015). Nedostatek rybí moučky motivuje výzkumníky k hledání alternativních zdrojů krmiva pro ryby, které by mělo podobný obsah esenciálních aminokyselin, mastných kyselin (DHA, EPA) a fosfolipidů a zajistilo správný růst, vývoj a rozmnožování chovaných ryb (Ayoola 2010). Z výsledků experimentů Barroso et al. (2014), kteří porovnávali hmyzí moučku s rybí, a sójovým šrotem vyplývá, že většina hmyzích druhů obsahovala podobné množství bílkovin, jako sojový šrot, ale v porovnání s rybí moučkou měli vyšší obsah bílkovin pouze zástupci rovnokřídlých, například cvrček domácí (*Acheta domestica*). Co se týče tuků, rybí moučka obsahuje 8,2 % a sojový extrahovaný šrot 3 %. V tomto ohledu hmyz jednoznačně vede s obsahem v průměru 20 %.

Experimenty se záměnou rybí moučky, jako krmiva pro ryby, za hmyzí moučku, se již zabýval Alegbeleye et al. (2012). Keříčkovce červenolemý (*Clarias gariepinus*) byl krmený krmnou dávkou, ve které bylo nahrazeno 25 % rybí moučky moučkou z kobylek (*Zonocerus variegatus*) a výsledkem bylo zvýšení přírůstků a stravitelnosti živin ve srovnání s rybami krmenými pouze rybí moučkou. Další výzkum na keříčkovcích provedli Aniebo et al. (2009), kteří zkusili nahradit obsah živočišného proteinu z rybí moučky, moučkou z larev much domácích z 50 a 100 %. Takto upravená dávka byla rybám předkládána po 10 týdnů. Autoři zjistili, že 50 ani 100% náhrada rybí moučky neměla negativní vliv na vstřebávání živin ani na růst ryb. Omoyinmi & Olaoye (2012) sledovali přírůstky tilapií nilských (*Oreochromis niloticus*) krmených krmivem, kde byl obsah živočišných bílkovin na bázi larev much domácích, afrických dešťovek (*Eudrilus eugeniae*), larev nosorožků (*Oryctes rhinoceros*), šneků (*Limocolaria aurora*) nebo rybí moučky. Tilapie byly krmeny těmito různými krmivy ve formě rozdrčených pelet po dobu 70 dní. Výsledky ukazují, že krmení na bázi proteinu z dešťovek, šneků a much mělo na růst ryb stejný efekt jako krmení rybí moučkou. Naopak, krmení larev nosorožků se neukázalo jako tolik efektivní. Jabir et al. (2012) zkoušeli nahradit v krmné dávce tilapií nilských protein z rybí moučky, proteinem z larev potemníka brazilského (*Zophobas morio*). Ukázalo se, že nejlepších výsledků, co se týče váhových přírůstků a konverze živin, bylo dosaženo při použití 25 nebo 50 % moučky z potemníků. Vyšší procento této moučky v krmné dávce výsledky snižovalo. St-Hilaire et al. (2007) zkoušeli nahradit 25 % rybí moučky v krmivu pro pstruhy duhové (*Oncorhynchus mykiss*) larvami bráněnek a nezaznamenali žádný významný rozdíl v přírůstcích nebo příjmu krmiva. Ovšem náhrada rybí moučky za 50 % larev bráněnky a 25 % larev much měla negativní efekt na celkový přírůstek ryb. V dalším pokusu se snažili Nandeeshia et al. (2000) nahradit rybí moučku, v krmivu pro kapra obecného (*Cyprinus carpio*), moučkou z larev bource morušového. Kaprům podávali sušené pelety s obsahem 30, 40 a 50 % hmyzí moučky bez obsahu moučky rybí. V porovnání s kontrolní skupinou, krmenou pouze rybí moučkou, nezaznamenali významné rozdíly v přírůstcích ani konverzi živin. Dále také uvádí, že ryby krmené krmnou dávkou s 50 % hmyzí moučky byly bohatší na bílkoviny, ale chudší na tuky v porovnání s 30 a 40 %. Langer et al. (2011) zkoumali efekt krmení krevet (*Macrobrachium*

dayanum) krmnou dávkou s obsahem 41 % moučky bource morušového, dále s 49 % rybí moučky, 42 % sójové moučky a 46 % moučky z žížal. Bylo zjištěno, že moučka z žížal má nejlepší vliv na růst, přežití a konverzi živin. Druhým nejvhodnějším krmivem se zdála být směs s moučkou z bource morušového, třetí s rybí moučkou a jako nejméně vhodnou vyhodnotili sójovou moučku. Biochemická analýza poté ukázala, že složení aminokyselin v krevetách se nijak neliší u pokusných skupin krmených žížalí, bourcovou ani rybí moučkou. Naopak u skupiny krmené sójou se profil aminokyselin zhoršil.

3.3.3 Zájmová zvířata

Zájmovým zvířatům chovaným v lidské péči se běžně zkrmuji různé druhy hmyzu (Finke & Oonincx 2013). Důležitým pravidlem v chovu insektivorů je pestrost stravy. Je ovšem také potřebné znát nutriční hodnoty hmyzu krmeného zvířatům, zejména je-li hmyz jejich jedinou složkou potravy (Bernard & Allen 1997). Pokud hmyz nespĺňuje požadavky zvířat na nutriční hodnotu a především na kompozici vitamínů a minerálů, je nutné ji upravit a to například tím, že se hmyz posype vitamino – minerálním doplňkem. Další možností je těmito doplňky krmit hmyz a až poté ho zkrmovat (Finke & Oonincx 2013).

3.4 Nutriční hodnota hmyzu

3.4.1 Makronutrienty

Konzumace hmyzu je v dnešní době považována za velmi přínosnou, protože hmyz má dobrou nutriční hodnotu s vysokým obsahem bílkovin (Van Huis 2016). Například snědení 100 g housenek *Cirina forda* zabezpečí člověku 76 % doporučeného denního příjmu bílkovin a téměř 100 % doporučené denní dávky vitamínů (Agbidye et al. 2009).

Sušina

Obsah sušiny v hmyzu se pohybuje v širokém rozpětí mezi různými druhy a vývojovými stádii. Sušiny může být u hmyzu v rozmezí od 15 % do 40 % (Bernard & Allen 1997), (Barker et al. 1998), (Punzo 2003).

Energie

Energetická hodnota hmyzu závisí na jeho složení, a to zejména na obsahu tuku. Larvy, nymfy a kukly jsou většinou lepším zdrojem energie, než dospělci (Kouřimská & Adámková 2016). Ramos-Elorduy et al. (1997) analyzovali 78 druhů hmyzu a vypočítali jejich kalorickou hodnotu v rozmezí 293 až 762 kcal / 100 g sušiny.

Bílkoviny

Hmyz je vydatným zdrojem proteinů a především zástupci řádu rovnokřídlých jsou na proteiny velmi bohatí. Díky tomu mohou být důležitým, alternativním zdrojem bílkovin (Akhtar & Isman 2018). V téměř 100 druzích hmyzu bylo analyzováno množství hrubého proteinu jak ve vajíčkách, larvách, kuklách, tak i dospělci. Jeho obsah byl obvykle 20 – 70 % v sušině. Například u larev vážek 40 – 65 %, 23 – 66 % v larvách brouků, relativně vysoký

obsah byl zjištěn u blanokřídlých (38 – 76 %) a larvách motýlů (20 – 70 %). Z analyzovaných dat vyplývá, že obsah hrubých bílkovin v hmyzu je vyšší, než téměř u všech rostlin a u některých druhů (*Ephemerella jianghongensis*, *Sphaerodema rustica*) je dokonce vyšší než u kuřecího masa nebo vajec (Xiaoming 2010). Až 77% obsah bílkovin v sušině u několika druhů sarančat uvádí Ramos-Elorduy et al. (2007). Příklad srovnání s živočišnými zdroji uvádí Mitsushashi (2010), který porovnává larvy bource morušového se slepičím vejcem. Tvrdí, že pouze 3 larvy bource morušového, obsahující kolem 50 % bílkovin a 30 % tuků, jsou na živiny stejně bohaté, jako vejce slepice. Bednářová et al. (2013) analyzovali 7 druhů hmyzu na celkový obsah proteinu, který byl u většiny druhů srovnatelný, kromě zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), zde byl obsah proteinu v sušině pouze 38,4 %. U ostatních druhů byl obsah bílkovin v rozpětí od 50,7 %, u potměníka moučného, do 62,2 % u sarančete stěhovavého. Oliveira et al. (2017) ve svém experimentu použil šváby šedé (*Nauphoeta cinerea*) k získání moučky s 63,22 % bílkovin. Dále přidal 5 %, 10 % a 15 % této moučky do receptury bílého chleba za účelem získat proteiny obohacený produkt. Což se také podařilo, když se po přidání 10 % moučky ze švábů do receptury zvýšil obsah bílkovin v chlebu o 133 % (z 9,7 % na 22,7 %). Přitom se také snížil obsah sacharidů.

Jedlý hmyz obsahuje řadu nutričně hodnotných aminokyselin. Některé hmyzí druhy disponují velkými zásobami lysinu, tryptofanu a threoninu, což mohou být limitující aminokyseliny u řady obilovin (Kouřimská & Adámková 2016). Xiaoming (2010) uvádí, že esenciální aminokyseliny tvoří 10 - 30% z veškerých aminokyselin v téměř 100 druzích hmyzu.

Tuk

Kromě bílkovin, patří také tuk mezi významné nutriční složky jedlého hmyzu. V sušině můžeme nalézt průměrný obsah tuku od 13,4 % u sarančat a cvrčků do 33,4 % u brouků a to zejména jejich larev. Také termity jsou s průměrnými 32,7 % v sušině dobrým zdrojem tuku, podobně jako například švábi (29,9 %) a housenky (27,7 %) (Rumpold & Schlüter 2015). Druhy s velmi vysokým obsahem tuku v sušině jsou housenky (*Paranerita triangularis*) obsahující zhruba 77 % (Ramos-Elorduy et al. 1998), larvy brouka (*Rhynchophorus phoenicis*) s až 70 % (Omotoso & Adedire 2007) nebo vosy (*Polistes instabilis*) s obsahem tuku 62 % (Ramos-Elorduy et al. 1997). Tyto druhy by mohly být použity jako energetické doplňky v krmných dávkách s potřebou velkého množství energie, díky svým vysokým kalorickým hodnotám. Také tuk extrahovaný z těchto druhů by mohl být alternativním krmným doplňkem, díky svému spektru mastných kyselin (Rumpold & Schlüter 2015).

Výzkum profilu mastných kyselin u jedlého hmyzu z volné přírody ukázal, že nasycené mastné kyseliny se vyskytují od 31,8 % u včel, vos a mravenců do 42 % u termitů. Mononenasyčené mastné kyseliny se pohybují v rozmezí 22 % u termitů, až 48,6 % u včel, vos a mravenců. Polynenasycené mastné kyseliny nabývaly hodnot začínajících na 16 % u much a končících na 38,98 % u housenek motýlů a můr (Rumpold & Schlüter 2013). St-Hilaire et al. (2007a) se ve svém výzkumu zaměřili na možnost využití rybích vnitřností, jako krmiva pro bráněnky. Implementace vnitřností vedla k významnému obohacení množství tuku u bráněnek, zvláště pak polynenasycených omega – 3 – mastných kyselin, eikosapentaenové a dokosaheptaenové.

3.4.2 Mikronutrienty

Co se týče obsahu mikronutrientů v hmyzu, je možné potvrdit, že u většiny je vysoký obsah hořčíku, zinku, železa, mědi (Zielińska et al. 2015) a také selenu (Finke 2002). Pro příklad, (DeFoliart 1992) se domnívá, že 100 g housenek v sobě nese 335 % minimálního doporučeného denního příjmu železa.

Retinol a β karoten

Obsah retinolu a β karotenu byl zjištěn u housenek motýlů (*Imbrasia oyemensis*, *Nudaurelia oyemensis*, *Ichthyodes truncata*, *Imbrasia epimethea*) v množství 32 – 48 μg retinolu / 100 g sušiny a 6,8 – 8,2 μg β - karotenu / 100g sušiny (Bukkens 2005). (Finke 2002) zjišťoval obsah vitamínů v běžně dostupném hmyzu jako je potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), potěmník brazilský (*Zophobas morio*) a cvrček domácí (*Acheta domestica*). Naměřené hodnoty na 100 g sušiny byly pro retinol méně než 20 μg a u β - karotenu méně než 100 μg.

Vitamíny skupiny B

Obsah vitamínů skupiny B v různých druzích hmyzu zjišťoval Bukkens (2005), který naměřil 0,1 – 4 mg thiaminu / 100 g sušiny. Riboflavin byl zastoupen v množství od 0,11 do 8,9 mg / 100 g sušiny. Kobalamin byl nalezen pouze u larev potěmníků moučných (0,47 μg / 100 g sušiny) a ve vyšší míře u cvrčků domácích (5,4 μg / 100 g sušiny u dospělců a 8,7 μg u nymf), u ostatních pouze v nevýznamném množství.

Vápník

Obsah vápníku v hmyzu běžně používaného jako krmivo pro insektivorní zvířata analyzoval (Finke 2002). Nejnížší hodnoty byly naměřeny u larev potěmníka moučného (169 mg / kg), dále byl hodnocen například cvrček domácí (407 mg / kg) a nejvyšší hodnoty vykazovaly žížaly (444 mg / kg). Tyto data se shodují s mnoha dřívějšími studiemi (Frye & Calvert 1989; Barker 1997; Barker et al. 1998). Hmyz, u kterého byl prokázán významný obsah vápníku je například kukla motýla *Malacosoma americanum* s 1,8 % Ca v sušině (Studier et al. 1991), pošvatky s 1,15 % Ca v sušině (Studier & Sevick 1992) a kukel mouchy domácí, odchované na výkalech drůbeže, obsahující 5,1 % vápníku v sušině (Teotia & Miller 1974).

Fosfor

Naměřené hodnoty fosforu v hmyzu byly mnohem vyšší, než jak tomu bylo u vápníku. Nejméně bylo analyzováno u žížal (1590 mg / kg) a naopak nejvyšší obsah fosforu byl u potěmníků moučných (2850 mg / kg) a cvrčků domácích (2950 mg / kg). Tyto hodnoty se opět shodovaly s dřívějšími provedenými studiemi Frye & Calvert (1989) a Barker et al. (1998).

Chitin

Chitin je polysacharid složený z *N* – acetylglukosaminů a dá se běžně nalézt ve schránkách hmyzu, hub nebo korýšů. Je to nejčastější forma „vlákniny“ v těle hmyzu a je nerozpustný (van Huis 2013), přesto trávicí šťávy některých lidí obsahují enzym chitinázu, kterým ho dokáží štěpit (Paoletti et al. 2007). Může se zdát, že hmyz s tvrdším exoskeletem obsahuje chitinu více, než ten s měkkým, ovšem dle Finke (2007), obsahuje pouze více aminokyselin. Wang et al. (2005) analyzovali obsah chitinu v dospělých cvrčků (*Gryllus testaceus*) a naměřili 8,7 % chitinu v sušině. Vysoký obsah chitinu může omezit stravitelnost a absorpci živin i produkční schopnosti zvířat (Khempaka et al. 2006), (Karlsen et al. 2017). Také z tohoto důvodu se rozhodl Jayanegara et al. (2017) uskutečnit experiment na snížení obsahu chitinu u cvrčků banánových a porovnat jejich stravitelnost. Množství chitinu bylo sníženo odstraněním exoskeletu nebo chemickou extrakcí. Poté vzorky podstoupily bachorovou fermentaci *in vitro*. Odebrání exoskeletu snížilo obsah hrubého proteinu i chitinu. Chemická extrakce naopak zvýšila obsah hrubého proteinu a snížila obsah chitinu na nulu. Po snížení obsahu chitinu byli cvrčci velmi dobře stravitelní, ale nijak se nezvýšila *in vitro* stravitelnost sušiny ani organické hmoty v bachoru. Chitin je spojován s tím, že dokáže organismus chránit před některými parazitickými infekcemi a alergickými stavy (Finke 2007).

3.5 Životní prostředí

Hospodářská zvířata významně přispívají ke globálnímu oteplování produkcí 12 % veškerých skleníkových plynů (Havlik et al. 2014). Smith & Gregory (2013) se domnívají, že s postupem času a nárůstem množství hospodářských zvířat, by se tato hodnota mohla zvýšit na 17 až 32 %.

3.5.1 Voda

Hmyz žijící v pouštích a jiných suchých biotopech má přístup k pitné vodě velmi omezený, ale je skvěle adaptován na to, aby vydržel dlouhou dobu bez vody tím, že dokáže omezit ztrátu vody ze svého těla (Zachariassen 1996). To že hmyz spotřebuje k vytvoření 1 kilogramu biomasy daleko méně vody, než hospodářská zvířata, je dle van Huis (2013) velkou výhodou, přistoupí-li se k velkochovu hmyzu a bude to mít nemalý pozitivní dopad na životní prostředí. Mekonnen & Hoekstra (2010) studovali spotřebu vody potřebnou k získání kilogramu masa u hospodářských zvířat. K vyprodukování 1 kilogramu hovězího masa se spotřebuje 15 400 litrů vody, na kilogram vepřového 6 000 litrů a na kilogram kuřecího masa 3 400 litrů. Spotřeba vody k vyprodukování 1 kilogramu cvrčků je výrazně nižší.

3.5.2 Dusík

Stejně jako v chovu obratlovců, se i u některých druhů hmyzu používá proteinových krmiv k zajištění rychlého růstu. Tím pádem se i zde uvolňuje do prostředí nadměrné množství amoniaku, který hmyz vyprodukuje. Hmyz, stejně jako například ptáci, vylučuje dusík ve formě kyseliny močové. Obvykle jsou hmyzí exkrementy suché, takže přeměna kyseliny močové na močovinu a čpavek není tak rychlá. Managementem skladování exkrementů by se mohlo docílit významného snížení uvolňování čpavku. Bohužel o tomto

tvrzení neexistují aktuální výzkumy (Halloran et al. 2018). Jediné měření, které provedl (Oonincx et al. 2010), kde analyzoval pouhých 5 druhů hmyzu, ukázalo, že hmyz produkuje méně čpavkových emisí, než skot a prasata. Například prasata uvolňují 8 – 12 × více čpavku, než cvrček domácí a až 50 × více, než saranče stěhovavá. Další výsledky jsou uvedené v Tabulce 1.

3.5.3 Metan

Celosvětově vyprodukují hospodářská zvířata přibližně 14,5 % veškerých skleníkových plynů (Herrero et al. 2011). Produkce metanu se ovšem vyskytuje i u hmyzu (Halloran et al. 2018). Dle (Jamali et al. 2011) jsou termity zodpovědní za celosvětovou produkci metanu z 5 – 19 %. Metanogenní bakterie byly objeveny také v trávicí soustavě většiny tropických stonožek, švábů a vrubounovitých a zdá se, že ostatní druhy členovců neprodukují metan (Hackstein & Stumm 1994). Ovšem měření bylo provedeno málo. Pouze (Oonincx et al. 2010) měřil uvolňování metanu (viz. Tabulka 1) u stejných druhů, jako pro uvolňování čpavku. U cvrčka domácího, potemníka moučného a saranče stěhovavého neobjevil jakoukoli produkci metanu. Ovšem u zlatohlávka konžského (*Pachnoda marginata*) a švába argentinského (*Blaptica dubia*), kteří jsou běžně chováni jako krmivo pro terarijní zvířata, bylo zjištěno, že produkují více metanu než prasata, ale méně než skot. (Halloran et al. 2017) zaznamenal nevýznamné množství vyprodukovaného metanu na farmách cvrčka domácího a cvrčka dvojskvrného v Thajsku. Důvodem, proč nebyly naměřeny vysoké hodnoty metanu, může být fakt, že se krmný hmyz krmí krmivem, které je bohaté na bílkoviny a neobsahuje celulózu a hemicelulózu. Z toho důvodu nejsou přítomné bakterie, které by produkovaly metan z krmiva. V budoucnu je ovšem možné, že se bude hmyz krmit trávou nebo odpadem z domácností a zahrad. Tyto krmné zdroje celulózu i hemicelulózu obsahují a tím by mohl nastat problém s vysokou produkcí metanu.

Tabulka č. 1 - Produkce plynů vybraných druhů hmyzu (Oonincx et al. 2010).

	CH₄ (g/kg/den)	N₂O (mg/kg/den)	CO₂ (g/kg/den)	NH₃ (mg/kg/den)
<i>Pachnoda marginata</i> (n = 4)	0,16 ± 0,085	0,0 ± 0,03	4,00 ± 2,13	0,1 ± 0,16
<i>Tenebrio molitor</i> (n = 4)	0,00 ± 0,002	1,5 ± 0,13	0,45 ± 0,04	0,0 ± 0,09
<i>Blaptica dubia</i> (n = 3)	0,08 ± 0,021	0,3 ± 0,24	2,12 ± 0,57	3,0 ± 1,63
<i>Acheta domestica</i> (n = 4)	0,00 ± 0,002	0,1 ± 0,13	0,05 ± 0,04	5,4 ± 3,40
<i>Locusta migratoria</i> (n = 6)	0,00 ± 0,017	8,0 ± 13,50	2,37 ± 4,02	5,4 ± 1,65
Prasata	0,049 – 0,098	2,7 – 85,6	2,03 – 27,96	4,8 – 75
Skot	0,239 – 0,283	Neuvedeno	5,98 – 7,08	14 – 170

3.5.4 CO₂

Produkce oxidu uhličitého je spjata především s pěstováním plodin, která jsou následně použita jako krmiva pro zvířata. Jelikož jsou hospodářská zvířata krmena stejnou potravou jako hmyz, tak se předpokládá podobná produkce oxidu uhličitého u hmyzu i hospodářských zvířat. Ale přihlédneme-li k tomu, že některý hmyz je efektivnější v přetváření rostlinné bílkoviny na živočišnou, je možné, že bude produkce oxidu uhličitého nižší (Halloran et al. 2018). Naměřené hodnoty vyprodukovaného CO₂ jsou uvedeny v Tabulce 1.

3.5.5 Redukce odpadů

Použití hmyzu při zpracování odpadů a jeho následném znovuvyužití se zdá být velice profitabilním řešením. Hmyz je schopný se zbavovat odpadů tím, že ho přemění ve využitelný produkt, jako například krmivo s vysokým obsahem bílkovin nebo na tuky bohatý zdroj pro výrobu bionafty (Salomone et al. 2017). Rostoucí lidská populace a s tím spojené rozšíření zemědělské produkce s sebou přináší i větší množství vyprodukovaného organického odpadu. Saprofágové dokáží přeměnit odumřelou organickou hmotu v kompost (Sharma et al. 2005). Z hmyzu se do této kategorie řadí především larvy bráněnek (Ocio et al. 1979) a much domácích (El Boushy 1991) a některé druhy potěmníků (Despins & Axtell 1995).

Čičková et al. (2015) se zabývali možností redukce organického odpadu pomocí hmyzu, a to především larvami mouchy domácí (*Musca domestica*) a bráněnek (*Hermetia illucens*). Komerčně chovaný hmyz je krměn krmivem, která obsahují velmi kvalitní protein ve vysoké míře (například krmné směsi pro drůbeží brojlery). Nahrazení tohoto krmiva biologickým odpadem by vyřešilo kompetici o krmivo a stalo by se tak i daleko levnější alternativou (Offenberg 2011). Z výzkumu (Kosewska et al. 2019) vyplývá, že larvy

potemníka moučného, jsou schopné, díky enzymatické aktivitě trávicího traktu a aktivitě střevní mikroflóry, rozložit i jinak biologicky nedegradovatelný polystyren. Záznam o biodegradaci plastu publikovali Bombelli et al. (2017). Igelitová nákupní taška byla předložena 100 larvám zavíječe voskového a první otvory, jako výsledky práce zavíječů, se začaly objevovat už po 40 minutách. Po 12 hodinách kontaktu larev s taškou se snížila její hmotnost o 92 mg.

3.6 Bezpečnost

3.6.1 Alergie

Alergie je nepřiměřená odpověď imunitního systému, na běžně se vyskytující, vnější podněty. (Reese et al. 1999) předpokládá, že díky tripomyosinu, alergenu, který je přítomný například v korýších, ale také v některém hmyzu, je možný vznik alergické reakce pro senzitivní jedince také po jeho konzumaci.

3.7 Cvrček banánový

Říše:	živočichové	(<i>Animalia</i>)
Kmen:	členovci	(<i>Arthropoda</i>)
Podkmen:	šestinozí	(<i>Hexapoda</i>)
Třída:	hmyz	(<i>Insecta</i>)
Podtřída:	křídlatí	(<i>Pterygota</i>)
Řád:	rovnokřídlí	(<i>Orthoptera</i>)
Podřád:	kobylky	(<i>Ensifera</i>)
Nadčeleď:	cvrčci	(<i>Grylloidea</i>)
Čeleď:	cvrčkovití	(<i>Gryllidae</i>)
Rod:	cvrček	(<i>Gryllus</i>)
Druh:	banánový	(<i>Assimilis</i>)

Celkem bylo popsáno přibližně 2000 druhů cvrčků, ale pouze 4 druhy se používají jako krmivo (Bruins 1999). Cvrčci se řadí mezi poikiloternní živočichy, což znamená, že jejich tělesná teplota je odvislá a od okolní teploty. Proto čím vyšší je teplota okolí, tím stoupá i rychlost metabolismu a růst cvrčků, ovšem pouze do určité teploty (Ali & Ewiess 1977).



Obrázek č. 1 - cvrček banánový (zdroj: Autor práce).

Tento druh se dle (“Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed” 2015) řadí mezi druhy, které jsou doporučené ke konzumaci. Dle (Bruins 1999) tento druh cvrčka téměř necvrká a po útěku z chovné nádoby zanedlouho zahyne.

3.7.1 Popis

Samice dorůstají délky 19 – 24 mm a 7 – 9 mm v průměru. V porovnání se samci jsou samice větší. Samci měří 18 – 23 mm na délku a 5 – 7 mm na šířku. Mají světle hnědou barvu s hnědými skvrnami (Friederich & Volland 2004). Tělo cvrčků je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček. Hlava bývá oválná a nachází se na ní kousací ústní ústrojí, tykadla a složené oči. Hrud' je rozdělená na 3 části – předohrud', která je částečně pohyblivá, středohrud' a zadohrud', které jsou pevně spojené. Na hrudi jsou také 2 páry křídel, přičemž první pár je více sklerotizovaný a složený kryje druhý pár křídel, která jsou blanitá. Cvrčci mají 3 páry končetin. Třetí pár má dlouhé a silné holeně i stehna přizpůsobené ke skákání. Zadeček má válcovitý tvar a je na něm mimo jiné umístěno kladélko a kopulační orgány (Kočárek et al. 2013).

3.7.2 Výskyt

Tento druh byl poprvé popsán na Jamajce roku 1775. Dále je rozšířený na několika karibských ostrovech (Yong & Perez-Gelabert 2014) a od jižních částí Jižní Ameriky přes Střední Ameriku až po Severní Ameriku (Weissman et al. 2009). Z důvodu masového chovu a prodeje jako krmiva pro zvířata je vysoká pravděpodobnost, že se populace cvrčků banánových mohou vyskytnout i mimo přirozená místa výskytu a je potvrzené, že byl zavlečený na Floridu (Weissman et al. 2012).

3.7.3 Životní cyklus

Při 25° C se mladí cvrčci líhnou z vajíček po 13 dnech. Při zvýšení teploty na 30 – 33 °C se proces urychlí a je možné očekávat líhnutí již po 9 dnech. Nymfy dospívají přibližně za 6 – 7 týdnů. Při vyšších teplotách se tento čas může zkrátit i na 5 týdnů. Samice žijí zhruba 12 týdnů (Friederich & Volland 2004).

3.7.4 Rozmnožování

Kladení vajíček, kterému předchází páření se samcem, začíná obvykle do dvou týdnů po tom, co samičky dospějí. V tom pokračují zhruba 2 měsíce, až do jejich smrti. Pro kladení si samice vybírají spíše tvrdší půdu, ovšem musí být dostatečně měkká, aby jí mohlo proniknout kladélko. Vejce jsou ukládány v půdě do hloubky od 1,9 cm do 2,5 cm (Severin 1926). Samicím je v chovu nutné poskytnout kladiště se substrátem. To může být vyrobené z plastové krabičky naplněné substrátem a zakryté víkem z jemného pletiva, které zabrání vyhrabávání a konzumaci nakladených vajíček (Bruins 1999). Po každém vykladeném vajíčku se kladélko posouvá hlouběji do půdy. Takto může samice pokračovat pouze v jedné oblasti o rozloze 5 cm čtverečných, která je pak vejci velmi hustě osázená. Počet vajíček, které samice vyklade, se odhaduje na 150 – 400. Samice většinou nevyklade všechna vajíčka, která v sobě má. I po její smrti je proto možné najít v jejím těle nevykladenou snůšku. Vajíčka, která byla čerstvě nakladena, mají podlouhlý, oválný tvar a jsou mírně zakřivená, barva je světle žlutá, v průměru měří 0,7 mm a na délku 2,8 – 3,2 mm (viz. Obrázek 2). Jak se embryo vyvíjí, zvětšuje se i vajíčko. Týden nebo dva, než nymfy opustí vejce, se na přední straně vejce objevují dvě narůžovělé oční skvrny. Později jsou ve vajíčku patrné i obrysy hlavy, hrudi a zadečku. Když je nymfa plně vyvinutá, opouští vajíčko. Počet dní od nakladení do opuštění vajíčka závisí především na teplotě a vlhkosti (Severin 1926).



Obrázek č. 2 - Vajíčka *Gryllus assimillis* (zdroj: Autor práce).

3.7.5 Konverze živin

Konverze krmiva závisí na druhu zvířete i jeho produkci, proto se její hodnoty velmi liší (van Huis 2013). Například drůbež musí přijmout 2,5 kg krmiva, aby získala 1 kg živé

hmotnosti, prasata 5 kg a skot 10 kg (Smil 2002). Bylo dokázáno, že u cvrčků je spotřeba krmiva mnohem menší a to dle (Collavo 2016) zhruba 1,7 kg krmiva/1 kg živé váhy. Z výzkumu (Nakagaki & Defoliart 1991) je zřejmé, že ze cvrčků je požitelných a stravitelných přibližně 80 % jejich těla, kdežto z prasat a drůbeže 55 % a ze skotu pouhých 40 %. Z těchto tvrzení vyplynulo, že cvrčci jsou v přeměně krmiva na maso 2 × efektivnější než drůbež, 4 × než prasata a nejméně 12 × ve srovnání se skotem (van Huis 2013).

3.7.6 Chov

Velikost chovné nádoby závisí především na velikosti kolonie cvrčků. Cvrčky je vhodné chovat v nádobě o rozměrech alespoň 60 × 40 × 40 cm. Chovná nádoba by měla být alespoň 40 cm vysoká, především kvůli tomu, aby cvrčci nemohli snadno utéci. Také musí být dobře utěsněná, aby se ani nejmenší jedinci nedostali ven. Víko chovné nádrže je nutné opatřit jemným pletivem, kvůli výměně vzduchu.

Nádrž je vhodné vytápět svítidly, topnými kabely nebo fóliemi až k 30 °C. Při nízké teplotě se zpomalí růst i reprodukce cvrčků. Vlhkost vzduchu se doporučuje udržovat mezi 50 – 70 %, ovšem ne vyšší. Při vysoké vlhkosti vzniká riziko výskytu plísní a parazitů.

Chovnou nádobu je vhodné vybavit proložkami od vajec nebo rolemi od toaletního papíru. To dopomůže ke zvětšení plochy, po které se mohou cvrčci pohybovat a také se zde mohou skrývat malí jedinci před většími (viz Obrázek 3).



Obrázek č. 3 - chovná nádoba (zdroj: Autor práce)

Cvrčky je vhodné krmit například šrotem, tvrdým pečivem a psími nebo kočičími granulami. Jako zdroj vody cvrčkům dobře poslouží ovoce, zelenina nebo zelené listy. Když mají cvrčci přístup ke zdroji vody, je dobré misku či napáječku vystlat vatou nebo ubrousky a zabránit tak utopení malých jedinců (viz Obrázek 2) (Bruins 1999).

3.7.7 Nutriční hodnota

Mlček et al. (2018), kteří provedli analýzu nutričních hodnot cvrčka banánového, použili k zjištění obsahu hrubého proteinu Kjeldahlovu metodu, obsah tuku byl zjišťován metodou dle Soxhleta a složení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie a hmotnostním spektrometrem. Naměřené hodnoty byly následující: obsah hrubého proteinu 55,6 g / 100 g sušiny, tuku 11,8 g / 100 g sušiny a obsah sušiny ve vzorku byl 22,6 %. Hodnocení profilu mastných kyselin ukázalo, že nejhojnější mastnou kyselinou je kyselina linolová, poté kyselina palmitová a kyselina olejová. Tyto 3 mastné kyseliny tvořily 77 % veškerých zastoupených mastných kyselin.

3.7.8 Manipulace s nutriční hodnotou

Nutriční hodnota hmyzu není konstantní veličinou, záleží na druhu (Payne et al. 2016), vývojovém stádiu Kulma et al. (2016) či pohlaví Kulma et al. (2019). Starší studie ukazují, že krmení má velký vliv na jeho výsledném chemickém složení (Calvez 1975; Raubenheimer & Simpson 2001; Ramos-Elorduy et al. 2002).

Cvrček domácí není dobrým zdrojem vápníku, proto Allen & Oftedal (1989) testovali, zda je možné manipulovat s obsahem vápníku pomocí krmiva předkládaného cvrčkům. Cvrčci byli rozděleni do šesti skupin a každá byla krmena dávkou s jiným obsahem vápníku (2, 4, 6, 8, 10 a 12 % Ca) a po jinou dobu. Studie ukázala, že obsah vápníku v těle cvrčka může být efektivně navýšen přidáním uhličitanu vápenatého do krmné dávky. Z výsledků vyplývá, že k nastavení poměru vápníku a fosforu na 1:1, je třeba cvrčky krmit krmivem, které obsahuje nejméně 8 % uhličitanu vápenatého, alespoň 48 hodin. Další pokus o manipulaci s nutriční hodnotou hmyzu byl proveden Barroso et al. (2017), kteří se snažili zvýšit obsah polynenasycených mastných kyselin v tělech larev bráněnek, změnou jejich krmiva. Z výsledků vyplývá, že larvy krmené krmivem s obsahem omega 3 nenasycených mastných kyselin, obsahovaly 3krát více omega-3 kyselin než kontrolní skupiny. Dále se také snížil poměr omega-3 a omega-6 kyselin.

Vcelku rozsáhlý výzkum uskutečnili také Oonincx & Van Der Poel (2011), kteří zkoumali ovlivnění chemického složení saranče stěhovavého pomocí úpravy krmné dávky. Kontrolní skupina byla krmena pouze senem, první pokusná skupina senem a pšeničnými otrubami a druhá pokusná skupina senem, pšeničnými otrubami a mrkví. Z výsledků je patrné, že přidáním pšeničných otrub se snížil obsah proteinů (z 633 na 583 g/kg sušiny) a zároveň zvýšil obsah tuků (ze 182 na 231 g/kg sušiny). Přidáním mrkve se zvýšil obsah tuku z 231 na 271 g/kg sušiny. Přídavek mrkve také zvýšil obsah β – karotenu. Obsah vitamínu A se také zvýšil po přidání otrub a mrkve, v porovnání s krmivem obsahujícím pouze seno.

3.7.9 β – karoten

Je také často označován jako provitamin A, jelikož u živočichů slouží jako prekurzor vitamínu A. U rostlin plní také funkci barviva, například v mrkví, podle které byl i pojmenován. Při přetváření ve vitamín, vzniká z jedné molekuly β – karotenu, 2 molekuly vitamínu A. Mimo prekurzoru také slouží v organismu jako antioxidant (Voet et al. 2016).

3.7.10 Vitamin A

Vitamín A, získávaný především ze zeleniny, jako je mrkev nebo rajčata, hraje důležitou roli v mnoha fyziologických procesech, jako například vidění, diferenciaci buněk, imunitní odpověď, růst a rozmnožování. Jeho nedostatek může vést až ke slepotě. (Voet et al. 2016). Údaje o obsahu nutričních látek volně žijícího hmyzu nejsou nijak rozsáhlé, kdežto většina chovaných druhů, u kterých je obsah znám, obsahuje relativně malé množství vitamínu A (méně než 300 µg / kg sušiny) (Oonincx & Van Der Poel 2011).

3.7.11 Vitamin E

Je ve skutečnosti skupina tokoferolů, ze kterých je nejvíce zastoupený α – tokoferol. Tato molekula se vyskytuje v buněčných membránách, kde plní funkci antioxidantu, který chrání membránové proteiny a tuky, před oxidativním poškozením. Nedostatek vitamínu E vyvolá řadu nespecifických příznaků, proto je špatně rozeznatelný. Popularitě doplňků stravy s vitamínem E dodalo, že by údajně měl bojovat proti stárnutí tím, že ochraňuje buňky. Klinické studie však tuto teorii vyvrátily a naopak potvrdily, že nadměrný příjem vitamínu E může zvýšit riziko onemocnění několika druhů rakoviny (Voet et al. 2016).

4 Metodika

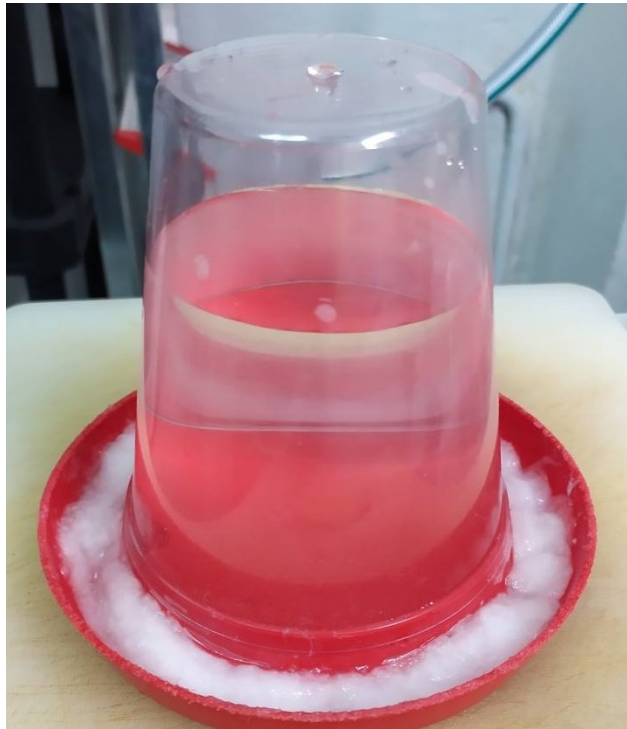
4.1 Chov cvrčků

Pro chov cvrčků bylo použito plastových nádob (viz Obrázek 8) o rozměrech $56 \times 39 \times 28$ cm a objemu 45 litrů. Celkem bylo použito 7 chovných boxů. Ve třech boxech byly umístěné kontrolní skupiny (K1, K2, K3), v dalších třech skupiny pokusné (P1, P2, P3) a v jednom boxu další pokusná skupina (P14). Chovná nádoba byla uzavřená plastovým víkem, kvůli možnému úniku hmyzu. Ve víku byl otvor vyplněný hliníkovou sítí proti hmyzu, aby zde mohl cirkulovat vzduch. Ke zvětšení užité plochy, byla nádoba z poloviny vyplněna proložkami od vajec. Celé insektárium bylo vytápěné na $27 \pm 1^\circ\text{C}$, při fotoperiodě 12 : 12 a relativní vlhkosti vzduchu 30 – 40 %. Generace 0 byla zakoupena u firmy SCORPION EXPORT - IMPORT s.r.o., Novosedly nad Nežárkou. Jako krmivo byl na dno všech nádob nasypán krmný substrát *ad-libitum*, který byl složený z 65.9 % pšenice, z 26 % sojovým extrahovaným šrotem, dále byl zastoupený řepkový olej ze 4.1 %, L – lyzin hydrochlorid 98% (0.130 %), DL – methionin 99% (0.080 %), vápenec (1.4 %), sůl (0.270 %), monokalciium fosfát (1.040 %), uhličitan sodný (0.070 %) a doplněk pro brojler (1 %). Kontrolní skupiny K1, K2 a K3 byly po celou dobu vývoje přikrmované plátky jablek, pokusné skupiny P1, P2 a P3 plátky mrkve po celou dobu vývoje. Pokusná skupina P14 byla krmena opět plátky mrkve, ovšem pouze 14 dní před sklizením. Příkrm vlhké složky krmiva byl každý den obměňován za čerstvý a ten z předešlého dne odstraněn. Jako jeden zdroj vody byl použit vodní gel Aqua Crystal Gel (ACHETA Farm, Mšené Lázne) (viz Obrázek 4).



Obrázek č. 4 - Petriho miska s hydrogelem (zdroj: Autor práce).

Ten byl vyráběn z granulátu, jenž se zalil vodou, kterou do sebe absorboval. Podáván byl v plastových Petriho miskách. Výměna za čerstvý probíhala dle potřeby, většinou za 1 – 2 dny. Dalším zdrojem vody byly kloboukové napáječky určené pro drůbež (viz Obrázek 5).



Obrázek č. 5 - Speciálně upravená napáječka (zdroj: Autor práce)

Z důvodu vysoké hladiny a možného utopení mladých nymf, bylo nutné vyplnit prostor, kde byla voda dostupná, vatou, která se denně měnila za čistou. Všichni cvrčci byli stejně staří, vzájemně se lišili o 1 až 2 dny. Pro kladení vajíček byla cvrčkům generace 0 do nádoby přidána krabička o rozměrech $11 \times 8 \times 5$ cm, vyplněná vlhkým substrátem a překrytá víčkem s kovovou sítkou (viz Obrázek 6), aby cvrčci nerozhrabávali substrát a neničili již nakladená vajíčka.

Kladiště byla každý den rosena vodou k udržení substrátu stále vlhkého. Po nakladení vajíček byly kladiště přemístěny do většího boxu, kde se po několika dnech začali líhnout



Obrázek č. 6 – kladiště (zdroj: Autor práce)

mladé nymfy (viz Obrázek 7) a dospělcům bylo předloženo nové kladiště.



Obrázek č. 7 - čerstvě vylíhnutá nymfa (zdroj: Martin Kulma)

Nymfy byly poté přesypány do chovné nádoby, kde zůstaly do dospělosti. V K1 se první dospělci objevily po 54 - 55 dnech, v K2 po 53 – 54 dnech, v K3 po 50 dnech, v P1 po 48 - 49 dnech, v P2 po 47 – 48 dnech, v P3 po 45 – 46 dnech a v P14 po 51 – 54 dnech. Sklizeň proběhla u všech skupin po 70 dnech od vylíhnutí. Před sklizením cvrčci 24 hodin hladověli, aby vyprázdnili svůj trávicí trakt, jehož obsah by mohl ovlivnit výsledky chemické analýzy. Po 24 hodinovém hladovění byli přeseti od výkalů a 150 g bylo přemístěno do plastové dózy, která byla uložena v mrazáku s teplotou - 70°C. Cvrčci byli tímto mrazem usmrceni.



Obrázek č. 8 - chovné nádoby (zdroj: Autor práce)

4.2 Chemická analýza

4.2.1 Lyofilizace

Lyofilizace byla provedena v přístroji SCANVAC, do kterého byly vloženy vzorky v uzavřených nádobách, zmražené na -70°C . Vzorky byly lyofilizovány po 72 hodin, při 1 – 5 milibarech, teplotě 25°C a 200 otáčkách za minutu. Předem byla na analytických vahách zvážena nádoba, její víčko a také nelyofilizovaný hmyz, v ní obsažen. Po lyofilizaci byla opět zvážena nádoba, víčka i lyofilizovaný hmyz v ní. Odečtením hmotnosti prázdné nádoby a víčka od lyofilizovaného hmyzu v nádobě byla vypočítána hmotnost lyofilizovaných cvrčků. Při lyofilizaci se oproti sušení teplem neničí široké množství látek, ovšem nedosáhne se maximálního vysušení vzorku.

4.2.2 Sušina

Sušení vzorků proběhlo v sušárně (Memmert), při 103.5°C . Nejprve byl zvážen prázdný porcelánový kelímek a do něj poté naváženo 3 g lyofilizovaného vzorku. Každý vzorek měl 2 opakování. Tyto kelímky byly ponechány v sušárně na 15 hodin. Vysušené vzorky v kelímcích byly přesunuty do exsikátoru, kde zůstaly jednu hodinu, než zchladly. Po zchladnutí byly kelímky se vzorkem znovu zváženy. Po odečtení váhy usušeného vzorku s kelímkem od váhy lyofilizovaného vzorku s kelímkem bylo vypočítáno množství odpařené vody z lyofilizovaného vzorku. Pak následoval přepočet na obsah sušiny v čerstvém vzorku.

4.2.3 Popeloviny

Stanovení popelovin bylo provedeno spálením vzorků v muflové peci, při 550°C . Byla zvážena hmotnost porcelánového kelímku s navázkou hmyzu a pak byl vzorek spálen. Po spálení byly kelímky přemístěny do exsikátoru ke zchladnutí na jednu hodinu a poté byl znovu zvážený kelímek s popelem k výpočtu množství popelovin ve vzorcích. Každý vzorek měl 2 opakování.

4.2.4 Tuk

Obsah tuku byl stanoven dle Soxhleta. Pro stanovení obsahu tuku bylo nutné připravit lyofilizované a dobře homogenizované vzorky vždy po třech opakováních. Nejprve bylo potřeba v sušárně vysušit skleněné kelímky a nechat je zchladnout v exsikátoru. Pak navázat do papírových patron 4 g vzorku a utěsnit vatou. Dále skleněné kelímky naplnit z 50 ml petroletherem. Vzorky v patronách byly následně umístěny do extrakčního přístroje Soxtec SER 148 a ponořeny do kelímků s petroletherem. Nejprve se přístroj ohřál na 90°C a pak extrahoval tuk ve třech fázích, které celkem trvají 110 minut. Po vyextrahování tuku ze vzorků byly skleněné kelímky s tukem přesunuty do sušárny, kde byly sušeny 12 hodin při 103.5°C . Po vysušení vzorky 1 hodinu chladly v exsikátoru a následně byly zváženy na analytických vahách.

4.2.5 Aminokyseliny

Kyselá hydrolýza

K 0,4 g vzorku naváženého do teflonové nádoby bylo přidáno 50 ml kyseliny chlorovodíkové a několik málo kapek ethanolu. Ze vzorku byl odstraněn vzduch „probubláním“ dusíkem. Hydrolýza probíhala 24 hodin při teplotě 110 °C. Po vychladnutí byl vzorek přes filtrační papír přefiltrován do baňky a zbytky v teflonových nádobách byly propláchnuty destilovanou vodou a opět přefiltrovány. Dále bylo 50 ml přefiltrovaného vzorku přemístěno do varné baňky o obsahu 1000 ml. Varná baňka byla umístěná do odparky s teplotou 60 °C, kde se odpařovala kyselina chlorovodíková. Po odpaření do sirupovité konzistence bylo ke vzorku $3 \times$ přidáno 10 ml destilované vody a opět odpařeno kvůli lepšímu odpaření kyseliny. Poté byl vzorek převeden pomocí ředícího pufru do baňky a pufrem doplněn do 50 ml. Následovala další filtrace přes filtr na injekční stříkačce. Následně byl 1 ml takto čistého vzorku převeden do špiček Eppendorf, které byly společně se standardem umístěny do analyzátoru aminokyselin (AAA 500, INGOS). Ten spektrofotometricky stanovil množství aminokyselin ve vzorcích.

Oxidativní hydrolýza

Navážka 0,4 g byla umístěna do Erlenmeyerovy baňky, k ní bylo přidáno 5 – 15 ml oxidativního činidla a zamícháno. Po uzavření byla baňka uložena na 16 hodin do lednice. Poté byla ke vzorku přidána šestimolární kyselina chlorovodíková (1 – 3 ml). Ze vzorku byl, za vzniku bublin, odstraňován nezreagovaný peroxid vodíku. Po vyšumění bylo ke vzorku přimíseno 100 ml kyseliny chlorovodíkové. Poté byly baňky opatřeny vzdušným chladičem a přesunuty na topné hnízdo, kde byly pozvolna vařeny po dobu 24 hodin. Po vychladnutí byly vzorky přefiltrovány přes filtrační papír. Ve varné baňce byly vzorky přemístěny do odparky, kde se opět do sirupovité konzistence nechávala odpařit kyselina chlorovodíková. Dále bylo přidáno 3×10 ml destilované vody a znovu odpařeno. Po odpaření veškeré vody a kyseliny byly vzorky zředěny ředícím pufrem do baňky (50 ml). Promíchaný vzorek s pufrem byl přefiltrován přes filtr na injekční stříkačce a 1 ml vzorku byl vložen do špičky Eppendorf. Ty byly umístěny společně se standardem do analyzátoru aminokyselin (AAA 500, INGOS), který spektrofotometricky stanovil množství aminokyselin ve vzorcích.

4.2.6 Hrubý protein

Obsah hrubého proteinu byl stanoven pomocí metody dle Kjeldahla. Na analytických váhách bylo naváženo 0,2 g ve třech opakováních od každého vzorku. Toto množství bylo umístěno do skleněných tub, kam byla přidána jedna měďnatá tableta společně s 10 ml 96% kyseliny sírové. Dále bylo ke vzorkům také přidáno dvakrát 5 ml peroxidu vodíku. Tuby byly uzavřeny víky a umístěny do předem vyhřátého (420 °C) topného hnízda, kde byly ponechány 45 minut, aby vzorky zmineralizovaly. Vzorky měly po vyjmutí zelenou barvu, která se po vychladnutí změnila na světle modrou. Ke vzorkům bylo přidáno 10 ml destilované vody. Poté byly tuby postupně vkládány do přístroje Kjeltac TM 2400 a ten titračně stanovil procentuální obsah hrubého proteinu ve vzorcích. Naměřená data přístroj násobil přepočítávacím koeficientem 6,25.

4.2.7 Karoteny a tokoferoly

Zhruba 0,5 g lyofilizovaného vzorku bylo naváženo do platových tub o obsahu 50 ml. Ke vzorku bylo přidáno 100 µl standardu a 12 ml směsi etanolu, acetonu a hexanu v poměru 1:1:2. Tuba se vzorkem a chemikáliemi byla zamíchána a ponechána 24 hodin v lednici při 4° C. Po 24 hodinové extrakci byla tuba opět promíchána, umístěna na 10 minut do ultrazvukové čističky a odstředěna na centrifuze. Supernatant byl přesunut do odparné baňky o obsahu 50 ml a sediment byl znovu extrahován směsí etanolu, acetonu a hexanu. Poté byly obě části znovu smíchány a umístěny do přístroje Rotavapor R – 200, kde byly odpařeny za přítomnosti vakua. K suchému vzorku bylo přidáno 6 ml dietylu éteru a 6 ml hydrolyzačního média a mícháno po 2 hodiny při pokojové teplotě v temnu. 6 ml hydrolyzátu bylo přemístěno do nové plastové tuby a k němu postupně přidáno 6 ml dietylu éteru/hexanu (1:1) a 6 ml vody. Směs byla 10 minut protřepávána a na 10 minut umístěna do odstředivky při 4° C. Vodnatá část, obsahující hydroxid draselný byla vyjmuta injekční stříkačkou s jehlou a k úplnému odstranění zásady bylo ke zbytku v tubě přidáno 6 ml vody a 10 minut mícháno a centrifugováno. Organická vrstva byla přenesena do odparné baňky a odpařena při 30° C a vakuu. K suchému vzorku byly přidány 2 ml etanolu a acetonu v poměru 3:2 a roztok obsahující 0,2% butylovaný hydroxytoulén. Tato směs byla přefiltrována přes stříkačkový filtr do ampulky pro vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii. Vzorek byl umístěn do přístroje Ultimate 3000 HPLC, který chromatograficky stanovil obsah karotenů a tokolů. Každá skupina měla 2 opakování.

4.2.8 Chitin

Do Erlenmeyerových baněk bez zábrusu byl navážen 1 g lyofilizovaného vzorku. Do každé baňky bylo přidáno 80 ml 1M kyseliny chlorovodíkové. Baňky byly umístěny na topné hnízdo, zaklopené skleněným kloboučkem a obsah byl vařen po dobu 30 minut při 100 °C. Hydrolyzované vzorky byly dále promývány vroucí destilovanou vodou v přístroji Fibertec do skleněných frit. Propláchnuté vzorky byly pomocí skalpelu opět převedeny do Erlenmeyerových baněk a následně bylo opět přidáno 80 ml 1M kyseliny chlorovodíkové. Baňky přiklopené skleněným kloboučkem se na topném hnízdě udržovaly po 24 hodin při 80 °C. Dále byly vzorky znovu promyty a ponechány ve fritách. Frity se vzorkem byly při 103,5 °C vysušeny, zváženy, spáleny a znovu zváženy. Z těchto údajů bylo vypočítáno množství chitinu ve vzorku. Vzorky po druhém promývání byly také použity pro stanovení obsahu dusíku v chitinu pomocí přístroje Kjelttec.

5 Výsledky

5.1 Hmotnost

Tabulka č. 2 – Hmotnost samců a samic (mg).

	samci	samice
K1	691,4 ± 90,1	973,5 ± 90,1
K2	802,9 ± 121,7	982,1 ± 171,8
K3	643,7 ± 149,4	1002,4 ± 177,3
P1	774,1 ± 107,8	971 ± 204,4
P2	746,4 ± 136,7	1002,8 ± 139,9
P3	880,8 ± 102,9	1105,4 ± 154,6
P14	727,8 ± 335,2	965,8 ± 39,3

5.2 Aminokyseliny

Tabulka č. 3 – Obsah aminokyselin v sušině vzorků v %.

	K1	K2	K3	P1	P2	P3	P14
Asparagin	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,6 ± 0,1	5,2 ± 0,3	5,9 ± 0,1	4,6 ± 1,4	5,1 ± 0,2
Threonin	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2 ± 0,6	2,7 ± 0,1
Serin	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,6 ± 0,1	3,5 ± 1,3	3,2 ± 0,1	2,6 ± 0,7	2,8 ± 0,1
Kyselina glutamová	4,8 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1	3,6 ± 0,9	7,2 ± 0,1	5,7 ± 1,9	6,6 ± 0,1
Prolin	2,9 ± 0,1	2,7 ± 0,2	3,4 ± 0,1	2,6 ± 0,5	3,7 ± 0,1	3,2 ± 0,5	3,9 ± 0,1
Glycin	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,5 ± 0,6	3,2 ± 0,1
Alanin	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,2 ± 0,1	3,6 ± 0,1	5,6 ± 0,1	4,5 ± 1,2	5,6 ± 0,1
Valin	2,8 ± 0,1	2,7 ± 0,1	3 ± 0,1	2,7 ± 0,1	4,1 ± 0,1	3,1 ± 1	4 ± 0,1
Isoleucin	2 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,2 ± 0,7	3 ± 0,1
Leucin	3,4 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1	5 ± 0,1	3,9 ± 1,3	4,7 ± 0,1
Tyrosin	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,3 ± 0,2	3,7 ± 0,1	2,8 ± 1	3,9 ± 0,1
Fenylalanin	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2	2,4 ± 0,1	1,8 ± 0,6	2,5 ± 0,1
Histidin	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	2,2 ± 0,1	1,7 ± 0,5	1,9 ± 0,1
Lysin	2,6 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2 ± 0,1	4 ± 0,1	3,2 ± 1,1	3,9 ± 0,1
Arginin	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,9 ± 0,1	2,6 ± 0,3	5,1 ± 0,2	3,7 ± 1,4	4,6 ± 0,1

5.3 Karoteny

Tabulka č. 4 – Obsah karotenů v 1 g sušiny.

	lutein (μg)	α – karoten (μg)	β – karoten (μg)	karoteny celkem (μg)
K1	0,07 ± 0,1	0	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1
K2	0,09 ± 0,1	0	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1
K3	0,06 ± 0,1	0	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1
P1	0,25 ± 0,1	5,5 ± 0,9	32,5 ± 3,6	42,5 ± 4,5
P2	0,30 ± 0,1	14,7 ± 0,4	43,7 ± 0,9	58,7 ± 1,3
P3	0,21 ± 0,1	13,4 ± 0,7	40,8 ± 2,2	54,4 ± 2,9
P14	0,14 ± 0,1	5,5 ± 0,6	20,6 ± 1,7	26,2 ± 2,2

Průměrný obsah luteinu u kontrolních skupin byl $0,07 \pm 0,01$ μg v 1 g sušiny, u pokusných skupin byl naměřený průměrný obsah $0,25 \pm 0,1$ μg na 1 g sušiny. α – karoteny nebyly v kontrolních skupinách nalezeny vůbec a u pokusných bylo naměřeno $12,6 \pm 2,4$ μg v 1 g sušiny. Průměrný obsah β – karotenu byl u kontrolních skupin $0,3 \pm 0,1$ μg a u pokusných skupin $39 \pm 5,6$ μg na 1 g sušiny. Průměrný obsah všech karotenů byl u kontrolních skupin $0,4 \pm 0,1$ μg, u pokusných skupin $51,9 \pm 7,9$ μg v 1 g sušiny.

5.4 Tokoferoly

Tabulka č. 5 – Obsah tokoferolů v 1 g sušiny.

	α – tokoferol (μg)	β – tokoferol (μg)	γ – tokoferol (μg)	δ – tokoferol (μg)	tokoferoly celkem (μg)
K1	26,1 ± 1,7	0,7 ± 0,1	2,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	30,3 ± 1,9
K2	25,4 ± 3,5	0,8 ± 0,1	2,8 ± 0,4	0,7 ± 0,1	29,7 ± 4
K3	23,6 ± 1,3	0,7 ± 0,1	2,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	27,2 ± 1,5
P1	31,6 ± 2,2	0,8 ± 0,1	2,7 ± 0,2	0,6 ± 0,1	35,7 ± 2,5
P2	30,3 ± 0,5	0,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	33,9 ± 0,5
P3	30,4 ± 0,5	0,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,5 ± 0,1	33,6 ± 0,5
P14	25 ± 0,9	0,7 ± 0,1	2,5 ± 0,2	0,5 ± 0,1	28,7 ± 1,1

Průměrný obsah α – tokoferolu u kontrolních skupin byl $25,1 \pm 2,2$ μg v 1 g sušiny, u pokusných skupin byl naměřený průměrný obsah $30,8 \pm 1,2$ μg na 1 g sušiny. β – tokoferolu bylo naměřeno u kontrolních skupin v průměru $0,8 \pm 0,1$ μg a u pokusných $0,7 \pm 0,1$ μg v 1 g sušiny. Průměrný obsah γ – tokoferolu byl u kontrolních skupin $2,6 \pm 0,3$ μg a u pokusných skupin $2,3 \pm 0,3$ μg na 1 g sušiny. U kontrolních skupin byl změřen průměrný obsah δ – tokoferolu o hodnotách $0,6 \pm 0,1$ μg a u pokusných skupin $0,6 \pm 0,1$ μg na 1 g sušiny. Průměrný obsah všech tokolů byl u kontrolních skupin $29,1 \pm 2,6$ μg, u pokusných skupin $34,4 \pm 1,5$ μg v 1 g sušiny.

5.5 Tabulka obsahu živin

Tabulka č. 6 – Obsah živin v sušině vzorků v %.

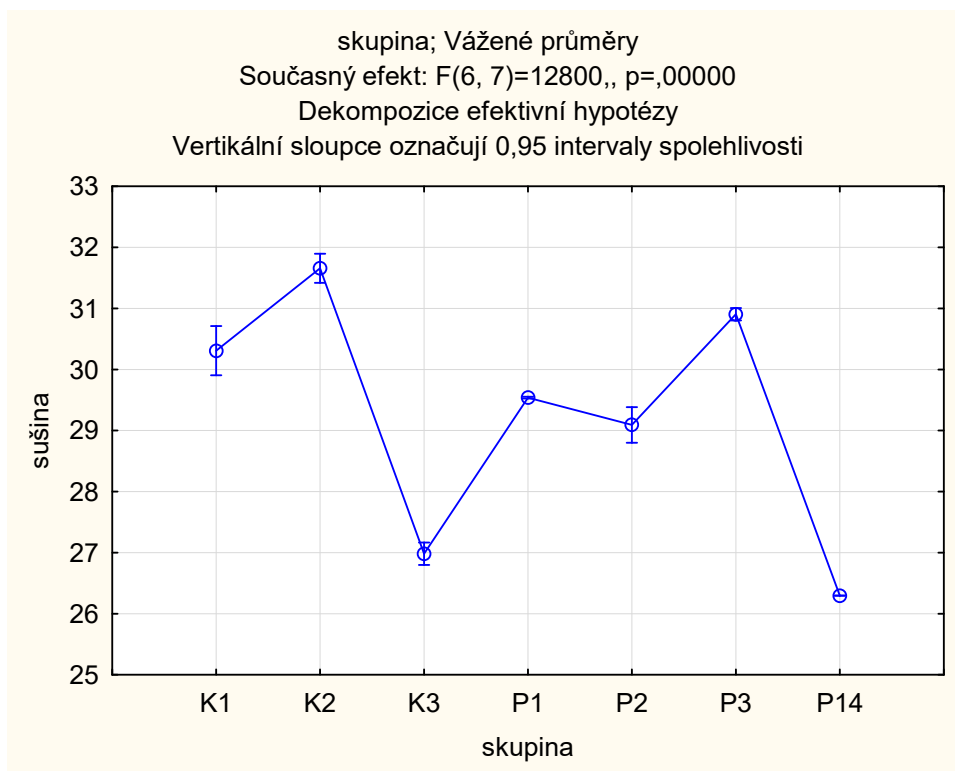
	K1	K2	K3	P1	P2	P3	P14
Sušina	30,3 ± 0,1	31,7 ± 0,1	27 ± 0,1	29,5 ± 0,1	29,1 ± 0,1	30,9 ± 0,1	26,3 ± 0,1
Popeloviny	3,9 ± 2,7	6,6 ± 1,4	7,8 ± 0,3	7,7 ± 0,2	5,2 ± 1,3	5,6 ± 0,4	8,1 ± 1,3
Tuk	21,7 ± 0,2	26,2 ± 0,1	15,8 ± 0,1	21,6 ± 0,2	22,2 ± 0,1	23,3 ± 0,6	18,8 ± 0,5
CP*	65,2 ± 0,4	63,5 ± 0,2	74,3 ± 0,9	66,4 ± 0,4	67,3 ± 0,6	64 ± 0,1	71,4 ± 0,5
BNLV**	9,4 ± 2,7	3,8 ± 1,1	2,5 ± 0,3	4,5 ± 0,9	5 ± 1,8	7,5 ± 0,2	1,8 ± 1,5
Chitin	6,3 ± 0,1	7,3 ± 0,1	6,4 ± 0,2	6,7 ± 0,8	7,2 ± 1,1	7,3 ± 0,1	6 ± 0,8
NL chitin***	2,9 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,7 ± 0,1	3 ± 0,1	3 ± 0,1	2,8 ± 0,3
EAAI****	54,2 ± 0,1	53,7 ± 0,6	52,3 ± 0,3	49,7 ± 2,8	75,9 ± 0,8	61,8 ± 20,6	72,6 ± 2

*CP = hrubý protein, **BNLV = bezdusíkaté látky výtažkové, ***NL chitin = dusíkaté látky v chitinu, ****EAAI = index esenciálních aminokyselin

5.6 Grafické porovnání obsahu živin

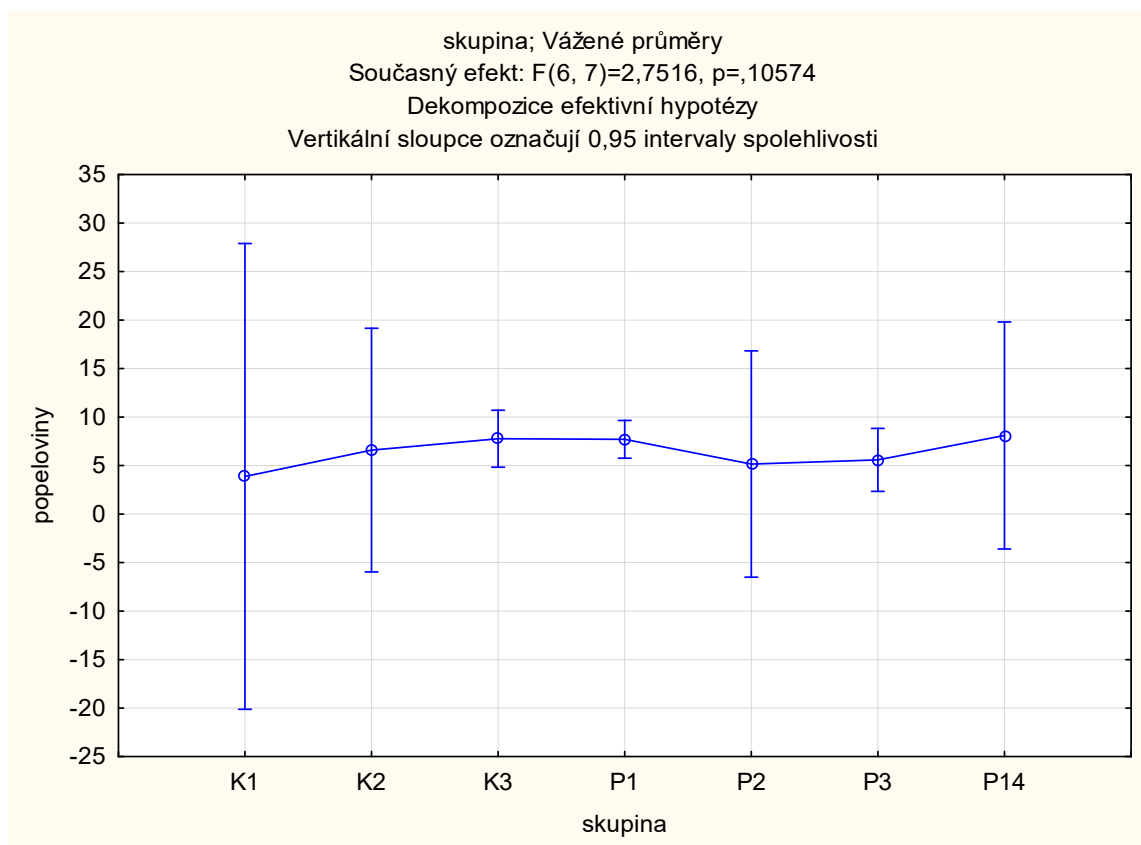
5.6.1 Sušina

Graf č. 1 – Porovnání obsahu sušiny u *Gryllus assimilis* mezi skupinami pomocí ANOVY.



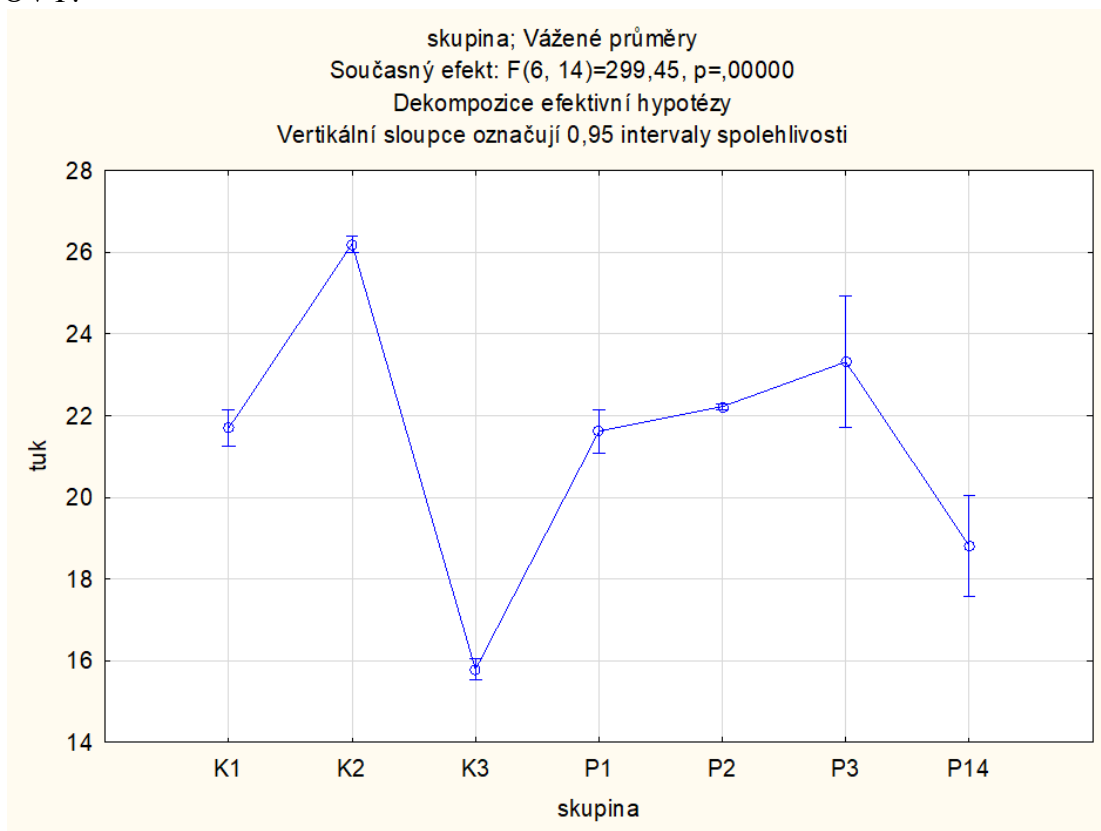
5.6.2 Popeloviny

Graf č. 2 – Porovnání obsahu popelovin v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



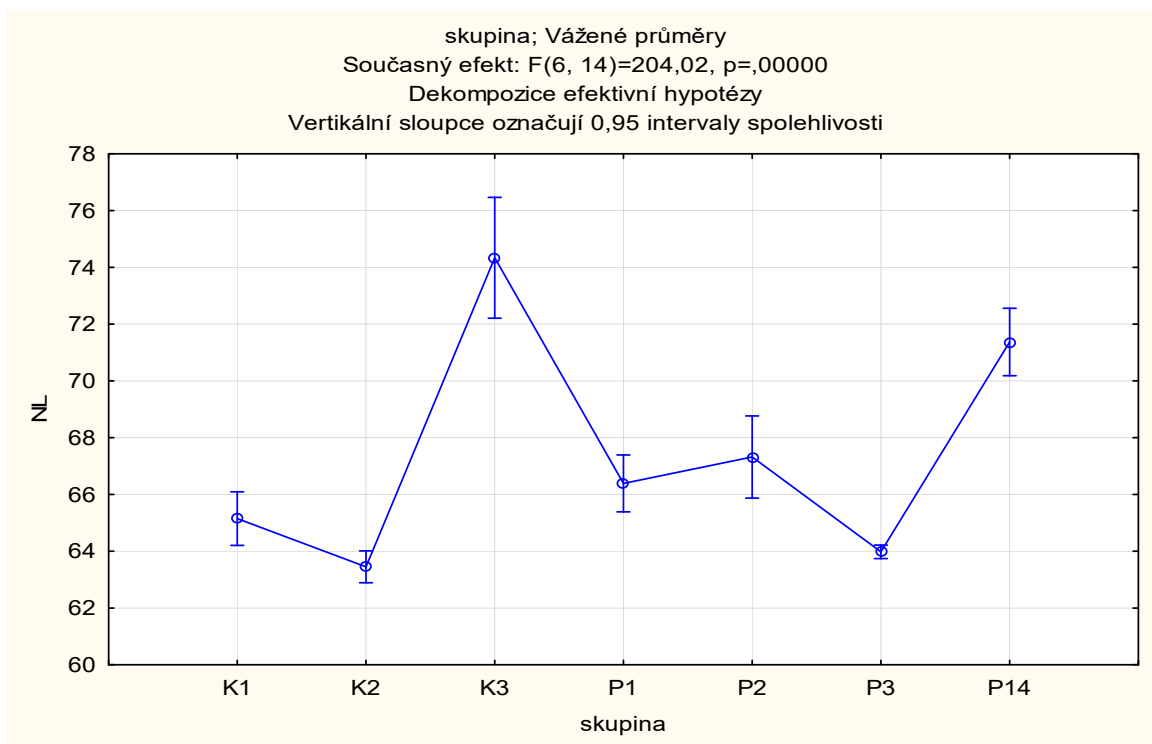
5.6.3 Tuk

Graf č. 3 - Porovnání obsahu tuku v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



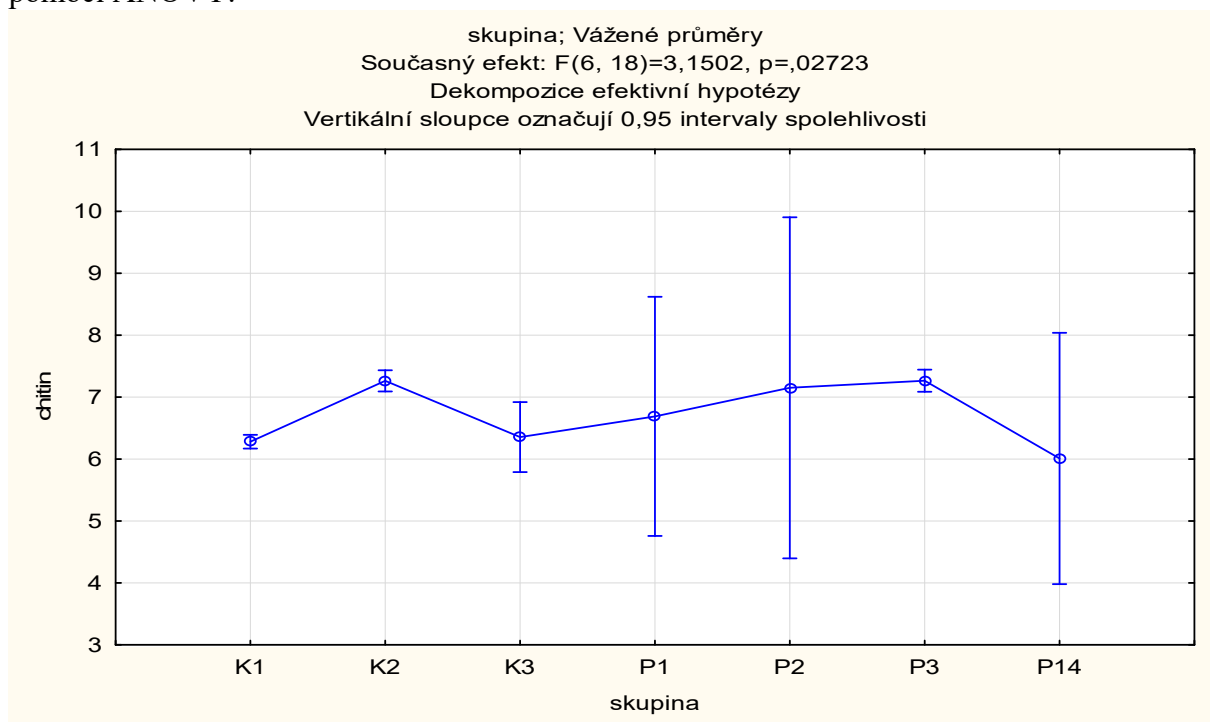
5.6.4 Hrubý protein

Graf č. 4 - Porovnání obsahu hrubého proteinu v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



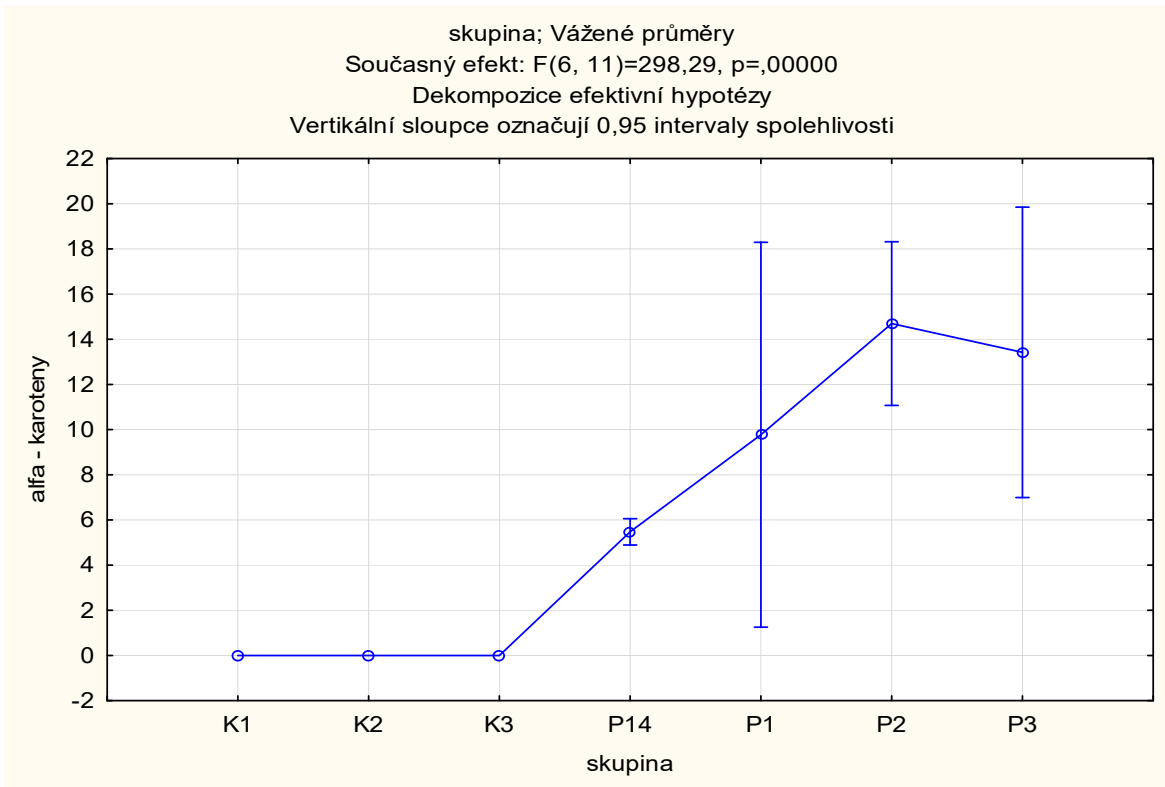
5.6.5 Chitin

Graf č. 5 – Porovnání obsahu chitinu v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



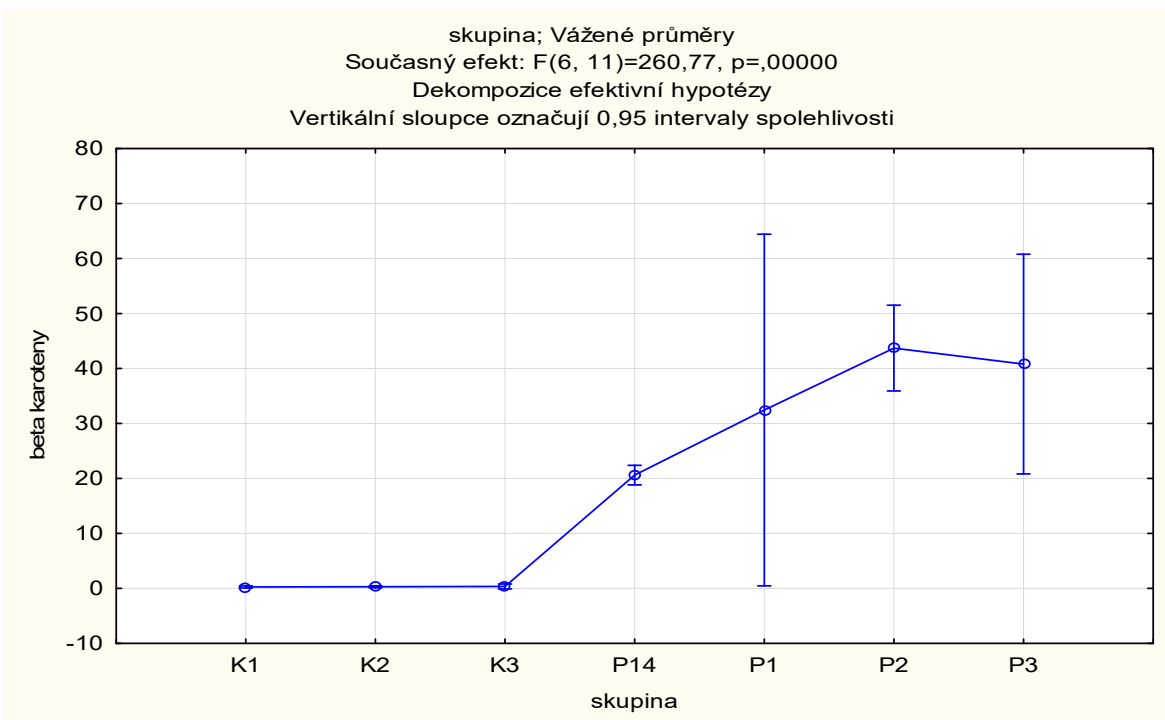
5.6.6 α - karoteny

Graf č. 6 – Porovnání obsahu α - karotenů v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



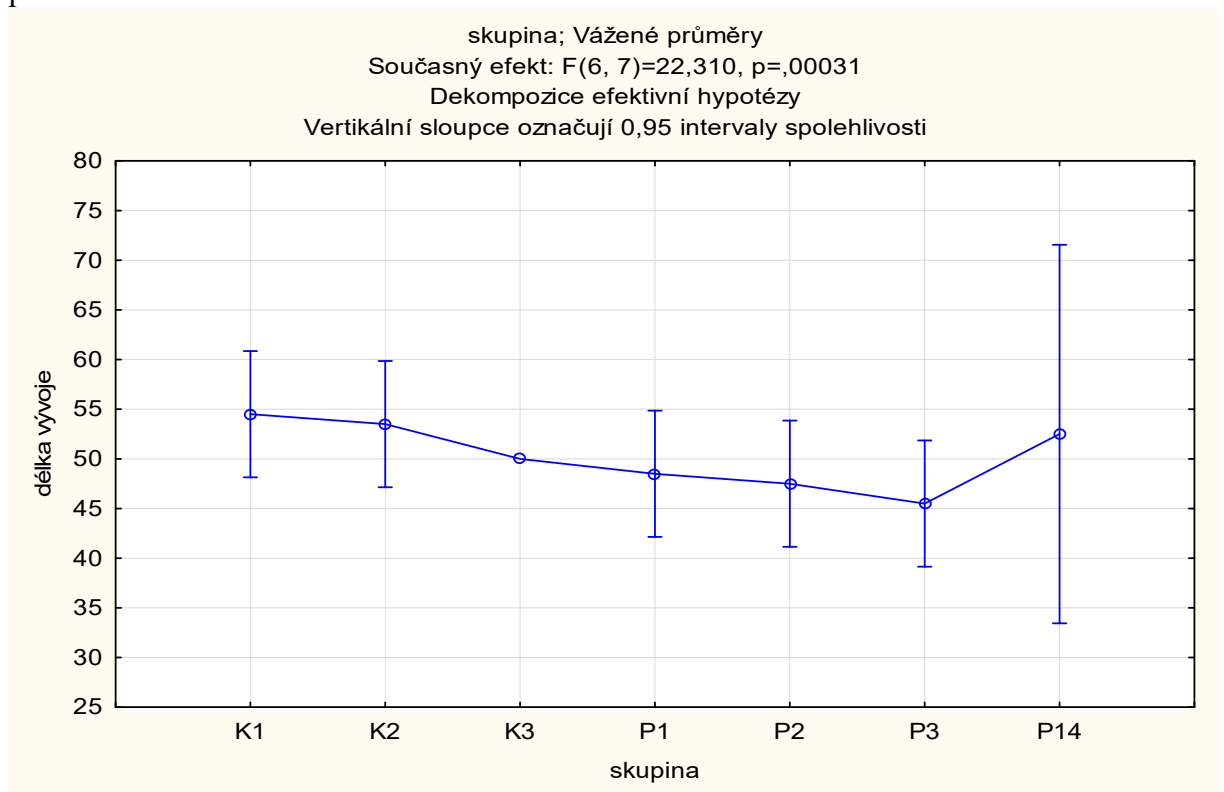
5.6.7 β – karoteny

Graf č. 7 – Porovnání obsahu β - karotenů v sušině u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



5.6.8 Délka vývoje

Graf č. 8 – Porovnání délky vývoje do dospělosti u *Gryllus assimilis* mezi všemi skupinami pomocí ANOVY.



5.7 Statistické zhodnocení

Vědecká hypotéza: Přidání mrkve ke krmné směsi ovlivní nutriční složení a životní cyklus cvrčka banánového.

5.7.1 Popeloviny

		Scheffeho test; proměnná popeloviny (sušina statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,8235, sv = 7,0000						
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		3,8847	6,5942	7,7704	7,7077	5,1599	5,5865	8,1032
1	K1		0,678516	0,338974	0,353696	0,983288	0,936942	0,268846
2	K2	0,678516		0,988832	0,991557	0,970625	0,994985	0,962868
3	K3	0,338974	0,988832		1,000000	0,709734	0,834367	0,999991
4	P1	0,353696	0,991557	1,000000		0,729250	0,850498	0,999975
5	P2	0,983288	0,970625	0,709734	0,729250		0,999961	0,604073
6	P3	0,936942	0,994985	0,834367	0,850498	0,999961		0,738802
7	P14	0,268846	0,962868	0,999991	0,999975	0,604073	0,738802	

Na základě statistického hodnocení na hladině významnosti ($p < 0,05$) bylo zjištěno, že neexistuje statisticky významný rozdíl v obsahu popelovin mezi skupinami.

5.7.2 Tuk

Scheffeho test; proměnná tuk (sušina statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,10964, sv = 14,000								
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		21,696	26,197	15,789	21,617	22,221	23,315	18,812
1	K1		0,000000	0,000000	0,999983	0,705592	0,002826	0,000006
2	K2	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000006	0,000000
3	K3	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000003
4	P1	0,999983	0,000000	0,000000		0,565877	0,001820	0,000008
5	P2	0,705592	0,000000	0,000000	0,565877		0,057097	0,000001
6	P3	0,002826	0,000006	0,000000	0,001820	0,057097		0,000000
7	P14	0,000006	0,000000	0,000003	0,000008	0,000001	0,000000	

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami v obsahu tuku v sušině. Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen pouze u skupin K1 a P1, K1 a P2, P1 a P2 a P2 a P3

5.7.3 Hrubý protein

Scheffeho test; proměnná NL (sušina statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,23848, sv = 14,000								
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		65,150	63,452	74,338	66,390	67,320	63,979	71,373
1	K1		0,041190	0,000000	0,216519	0,006555	0,268294	0,000000
2	K2	0,041190		0,000000	0,000369	0,000017	0,931225	0,000000
3	K3	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000	0,000335
4	P1	0,216519	0,000369	0,000000		0,516965	0,002584	0,000001
5	P2	0,006555	0,000017	0,000000	0,516965		0,000092	0,000010
6	P3	0,268294	0,931225	0,000000	0,002584	0,000092		0,000000
7	P14	0,000000	0,000000	0,000335	0,000001	0,000010	0,000000	

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami v obsahu hrubého proteinu. Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen pouze u skupin K1 a P1, K1 a P3, K2 a P3 a P1 a P2.

5.7.4 Chitin

Scheffeho test; proměnná chitin (sušina statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,28933, sv = 18,000								
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		6,2801	7,2629	6,3544	6,6893	7,1505	7,2654	6,0096
1	K1		0,365702	0,999998	0,971573	0,505806	0,362859	0,996728
2	K2	0,365702		0,643778	0,936887	0,999992	1,000000	0,284042
3	K3	0,999998	0,643778		0,995814	0,765497	0,640969	0,995094
4	P1	0,971573	0,936887	0,995814		0,977647	0,935651	0,869822
5	P2	0,505806	0,999992	0,765497	0,977647		0,999991	0,387303
6	P3	0,362859	1,000000	0,640969	0,935651	0,999991		0,281989
7	P14	0,996728	0,284042	0,995094	0,869822	0,387303	0,281989	

Mezi vzorky nebyl statistickým vyhodnocením, na hladině významnosti ($p < 0,05$), nalezen statisticky významný rozdíl v obsahu chitinu.

5.7.5 α – karoteny

Scheffeho test; proměnná alfa - karoteny (sušina statistika)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = ,28363, sv = 11,000								
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		0,0000	0,0000	0,0000	5,4756	9,7748	14,698	13,423
1	K1		1,000000	1,000000	0,000006	0,000000	0,000000	0,000000
2	K2	1,000000		1,000000	0,000006	0,000000	0,000000	0,000000
3	K3	1,000000	1,000000		0,000006	0,000000	0,000000	0,000000
4	P14	0,000006	0,000006	0,000006		0,000069	0,000000	0,000000
5	P1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000069		0,000130	0,001849
6	P2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000130		0,496567
7	P3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,001849	0,496567	

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami v obsahu α - karotenu. Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen pouze u skupin K1 a K2, K1 a K3, K2 a K3 a P2 a P3.

5.7.6 β – karoteny

Scheffeho test; proměnná beta karoteny (sušina statistika)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 2,9587, sv = 11,000								
Č. buňky	skupina	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		,26364	,30073	,36184	20,614	32,450	43,711	40,809
1	K1		1,000000	1,000000	0,000002	0,000000	0,000000	0,000000
2	K2	1,000000		1,000000	0,000002	0,000000	0,000000	0,000000
3	K3	1,000000	1,000000		0,000002	0,000000	0,000000	0,000000
4	P14	0,000002	0,000002	0,000002		0,000304	0,000000	0,000002
5	P1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000304		0,002681	0,023879
6	P2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,002681		0,813980
7	P3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000002	0,023879	0,813980	

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami v obsahu β - karotenu. Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen pouze u skupin K1 a K2, K1 a K3, K2 a K3 a P2 a P3.

5.7.7 Délka vývoje

Scheffeho test; proměnná délka vývoje (sušina statistika)								
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 1,0000, sv = 7,0000								
Č. buňky	skupina	{1} 54,500	{2} 53,500	{3} 50,000	{4} 48,500	{5} 47,500	{6} 45,500	{7} 52,500
1	K1		0,977924	0,068298	0,016449	0,006969	0,001546	0,681283
2	K2	0,977924		0,186047	0,041814	0,016449	0,003176	0,977924
3	K3	0,068298	0,186047		0,873631	0,471898	0,068298	0,471898
4	P1	0,016449	0,041814	0,873631		0,977924	0,302449	0,112688
5	P2	0,006969	0,016449	0,471898	0,977924		0,681283	0,041814
6	P3	0,001546	0,003176	0,068298	0,302449	0,681283		0,006969
7	P14	0,681283	0,977924	0,471898	0,112688	0,041814	0,006969	

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami v délce vývoje. Statisticky významný rozdíl byl nalezen u skupin K1 a P1, K1 a P2, K1 a P3, K2 a P1, K2 a P2, K2 a P3, P2 a P14 a P3 a P14.

6 Diskuze

Nutriční hodnota hmyzu je nestálá veličina, která je snadno ovlivnitelná mnoha různými faktory, jako je vývojové stádium (Kulma et al. 2016), pohlaví (Kulma et al. 2019), složení krmiva (Oonincx & Van Der Poel 2011), ale také podmínkami, ve kterých hmyz žije, například teplotou (Sönmez & Gülel 2008), délkou světelného cyklu (Koç & Gülel 2008) nebo vlhkostí vzduchu (Nedvěd et al. 2011). Obsah základních nutričních komponent hmyzu je pravděpodobně vázán i na další faktory, které dosud nejsou známé. Jednou z možností, která by mohla ovlivnit celkový vývoj cvrčků i jejich nutriční hodnotu, je početnost kolonie, která v této práci nebyla nijak korigována. Větší množství jedinců může mít za následek zvýšení teploty a vlhkosti v chovné nádobě a také zvětšení potravní konkurence.

6.1 Sušina

Průměrná hodnota sušiny u sledovaných vzorků byla stanovena na $29,3 \pm 1,9$ % z původní hmoty, což se neshoduje s měřením, které provedla Bednářová et al. (2013), kde je uvedený průměrný obsah sušiny 33,28 % v původním vzorku. Naopak nižší hodnoty ($22,6 \pm 1,0$ %) uvádí Mlček et al. (2018). Rozdíl v měření může být zapříčiněn rozdílnými podmínkami chovu cvrčků a také použitím různých vývojových stádií.

6.2 Tuk

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství tuku v sušině a původní hmotě. Obsah tuku v sušině odpovídá $21,4 \pm 3,2$ % a v původní hmotě $6,4 \pm 1,3$ %. Tyto hodnoty odpovídají těm, které ve své práci zjistili Araújo et al. (2019), zde byly průměrné hodnoty tuku pro cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) $21,8 \pm 2,7$ % v sušině. Výsledky této práce se neshodují s výsledky Bednářová et al. (2013), kteří naměřili u cvrčků banánových 34,3 % tuku. Získání takto vysokých hodnot může korelovat s tím, že pro experiment byly použity nymfy cvrčků, jelikož dle Finke (2002) některé druhy hmyzu ukládají ve svých tělech větší množství tuku v dřívějších vývojových stádiích. Podobných hodnot také dosahují dle Rumpold & Shlüter (2013) dospělci cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a to 22,8 %, kdežto nymfy tohoto cvrčka pouze 17,7 % tuku v sušině. Důležitým faktorem u samic je také zda již vykladly vejce, neboť podle Nestel et al. (2005) obsahují samice, které mají vajíčka v těle, vyšší hladiny tuku. Dále dle Oonincx & Dierenfeld (2012) má hmyz chovaný v zajetí vyšší procento tuku v těle než hmyz odchycený v přírodě, na což má podle Finke & Oonincx (2013) zřejmě vliv snížená pohybová aktivita a přístup k vysokoenergetickým krmivům v zajetí. Co se týče řádu rovnokřídlých, tak Rumpold & Shlüter (2013) uvádí, že nejnižšího množství tuku v těle má *Melanoplus mexicanus* (4,2 %) a naopak nejvyšší *Ruspolia differens* (48,2 %).

6.3 Dusíkaté látky

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství dusíkatých látek v sušině a původní hmotě. Průměrný obsah v sušině odpovídá $67,4 \pm 3,8$ % dusíkatých látek. Naměřené hodnoty se shodují s těmi, které naměřil Araújo et al. (2019), ten uvádí $65,5 \pm 1,4$ % dusíkatých látek v tělech cvrčků banánových. Obsah dusíkatých látek u cvrčků banánových se také shoduje s dospělými cvrčky domácími, kteří průměrně obsahují 64,4 % (Rumpold & Shlüter 2013). Bednářová et al. (2013) uvádějí nižší množství dusíkatých látek u cvrčků banánových, než tato práce (59,2 %) a stejně tak Mlček et al. (2018), ($55,6 \pm 1,1$ %). V porovnání s jinými živočišnými zdroji dusíkatých látek, jich hmyz obsahuje větší množství (Ghosh et al. 2017) a stejně tak ve srovnání se sojovými boby, které obsahují pouze 38 % bílkovin (Hartman et al. 2011). Z výsledků této práce vyplývá, že cvrčci *Gryllus assimilis* obsahují více dusíkatých látek než cvrčci dvojskvrnní, které ve své práci zkoumal Ghosh et al. (2017) a kde hodnoty dosahovali pouze $58,3 \pm 0,3$ %. Xiaoming et al. (2010) ve své studii uvádí, že existují významné rozdíly mezi obsahem dusíkatých látek u hmyzu i v rámci stejného řádu, u rovnokřídlých (*Orthoptera*) je uváděné rozmezí 23 – 65 % dusíkatých látek v sušině.

6.4 Popeloviny

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství popelovin v sušině a původní hmotě. Průměrný obsah popelovin v sušině byl stanovený na $6,4 \pm 1,8$ % popelovin a průměrný obsah v původní hmotě $1,9 \pm 0,5$ % popelovin. Nejvíce popelovin bylo naměřeno u skupiny P14. Naměřené hodnoty se neshodují s výsledky Bednářové et al. (2013) ani Araújo et al. (2019). Podobné výsledky, jako tato práce uvádí ve své práci Rumpold & Shlüter (2013) u dospělých cvrčků domácích a to 5,1 % popelovin v sušině. Dále také uvádí, že z řádu rovnokřídlých má podobný podíl popelovin například *Sphenarium sp.* a to 6,3 %. Mnohem větší obsah popelovin vykazuje, v rámci řádu, dle Ghosh et al. (2017) cvrček dvojskvrnný $9,7 \pm 0,1$ %. Vysoký obsah popelovin mají například larvy nosorožíka *Oryctes rhinoceros* 14,1 %.

6.5 Aminokyseliny

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství aminokyselin (kyselina asparagová, threonin, serin, kyselina glutamová, prolin, glycin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tyrosin, fenylalanin, histidin, lyzin, arginin) v sušině. Nejvyšší průměrnou hodnotu vykazovala kyselina glutamová 5,4 % v sušině. Naopak nejmenší množství bylo zjištěno u histidinu 1,7 % v sušině a podobnou hodnotu 1,32 % uvádí i Bednářová et al. (2013). Limitující aminokyselinou byl fenylalanin. Index esenciálních aminokyselin (EAAI) byl stanoven u všech vzorků a nejvyšší hodnoty vykazovala skupina P2, 75,9 %, zatímco nejnižší, skupina K3, 49,7 %.

6.6 Chitin

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství chitinu v sušině a také množství dusíku obsaženého v chitinu. Nevyšší hodnoty vykazovaly skupiny K2 a P3, 7,26 % chitinu v sušině. Nejméně chitinu bylo obsaženo v sušině skupiny P14, 6,1 %. Tyto hodnoty se shodují s obsahem chitinu v larvách akvatického hmyzu, kde je jeho obsah v rozmezí 2,9 – 10,1 % (Cauchie, 2002).

6.7 Karoteny

Ve sledovaných vzorcích bylo stanoveno množství luteinu, α – karotenů a β – karotenů. Všechny pokusné skupiny vykazovaly značně vyšší obsah karotenů i luteinu v porovnání s kontrolními. Přidání mrkve do krmné dávky tedy výrazně zvýší obsah těchto látek v těle cvrčků. Největší nárůst karotenů byl pozorován při příkrmování mrkví celý život cvrčků, ale je možné zvýšit jejich obsah i když se mrkev zkrmuje 14 dní před sklizní. Oonincx & Van Der Poel (2011) ve svém pokusu pozorovali stejný efekt nárůstu β – karotenů, v tělech sarančat (*Locusta migratoria*), které byly krmeny mrkví.

6.8 Délka vývoje

U sledovaných vzorků byla stanovena délka vývoje od vajíčka do dospělce. Skupiny K1, K2 a P14 se statisticky významně lišily od pokusných skupin P1, P2 a P3. Přidání mrkve do krmné dávky urychlí vývoj cvrčků díky obsahu vitamínu A, který podporuje růst (Voet et al. 2016). Mrkev ovšem musí být krmena celou dobu vývoje. Urychlení vývoje také může souviset s tím, že mrkve je pro cvrčky chutnější a zkonsumují ji více než jablek.

7 Závěr

V rámci této práce byly stanoveny hodnoty obsahu živin u 7 skupin cvrčků banánových (*Gryllus assimilis*), z čehož 3 kontrolní skupiny byly přikrmovány jablky, 3 pokusné skupiny mrkví a 1 skupina mrkví pouze 2 týdny před usmrcením. Množství živin nabývalo hodnot v rozmezí 26,3 – 31,7 % pro sušinu v původním vzorku, 3,9 – 8,1 % pro obsah popelovin v sušině, 15,8 – 26,2 % pro obsah tuku v sušině, 63,5 – 74,3 % pro obsah hrubého proteinu v sušině, 6 – 7,3 % pro obsah chitinu v sušině a 0,3 – 58,7 % pro obsah karotenů v sušině.

Statisticky významné rozdíly nebyly nalezeny na hladině významnosti 0,05 u žádné ze skupin v obsahu popelovin a chitinu. Statisticky významně se však od sebe testované skupiny lišily co do obsahu tuku, dusíkatých látek, α – karotenu a β – karotenu. Nicméně, vzhledem k tomu, že se v obsahu tuku a dusíkatých látek mezi sebou významně lišily i experimentální skupiny cvrčků, nebyl potvrzen jasný trend, který by souvisel s přidáním mrkve do výživy cvrčka banánového. Naopak u karotenů je zcela zřetelné, že zvýšené množství s přidáním mrkve souvisí.

Vědecká hypotéza „Přidání mrkve ke krmné směsi ovlivní nutriční složení a životní cyklus cvrčka banánového“ byla potvrzena. Přídavek mrkve ovlivnil nutriční složení cvrčka banánového i jeho vývojový cyklus. Po přidavku mrkve začali objevovat dospělci dříve a tím byl vývoj urychlen.

Byla tedy potvrzena možnost transferu karotenů do těl cvrčků při obohacení krmiva mrkví, a to jak při příkrmu po celý vývojový cyklus, tak pouze 14 dní před sklizní. Při variantě příkrmu po dobu posledních 14 dní nebyl ovšem nárůst karotenů v biomase tak vysoký.

Z výsledků vyplývá, že je možné manipulovat s nutriční hodnotou i životním cyklem cvrčka banánového pomocí použitého krmiva a obohatit tak jeho nutriční složení, o tělu prospěšné látky například β – karoten, provitamin vitamínu A, který bývá v nedostatku zejména u terarijních zvířat krmených hmyzem a musí se doplňovat v podobě sypkých směsí. Vhodné by bylo provést další výzkumy, které by objasnily, čím se dá nutriční hodnota hmyzu obohacovat a jaké další faktory ji ovlivňují.

8 Literatura

- Agbidye FS, Ofuya TI, Akindele SO. 2009. Some edible insect species consumed by the people of Benue State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* **8**:946-950.
- Akhtar Y, Isman MB. 2018. Insects as an Alternative Protein Source. Pages 263–288 *Proteins in Food Processing: Second Edition*. Elsevier Inc. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081007228000115> (accessed February 13, 2020).
- Alegbeleye WO, Obasa SO, Olude OO, Otubu K, Jimoh W. 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research* **43**:412–420.
- Ali M, Ewiess MA. 1977. Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **84**:256–264.
- Allen ME, Oftedal OT. 1989. Dietary manipulation of the calcium content of feed crickets. *Zoo Wildlife Medicine* **20**:26–33.
- Aniebo AO, Erondy ES, Owen OJ. 2009. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. *Revista Científica UDO Agrícola* **9**:666-671.
- Araújo RRS, dos Santos Benfica TAR, Ferraz VP, Santos EM. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis* **76**:22-26.
- Awoniyi TAM, Aletor VA, Aina JM. 2003. Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. *International Journal of Poultry Science* **2**:271-274.
- Ayoola AA. 2010. Replacement of fishmeal with alternative protein Source in aquaculture diets [MSc. Thesis]. Faculty of North Carolina State University, North Carolina.
- Barennes H, Phimmasane M, Rajaonarivo C. 2015. Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. *PLoS ONE* **10**. Public Library of Science.
- Barker D, Fitzpatrick MP, Dierenfeld ES. 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology* **17**:123–134. Wiley-Liss Inc.
- Barroso FG, 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. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024> (accessed January 13, 2020).
- Barroso FG, Sánchez-Muros MJ, Segura M, Morote E, Torres A, Ramos R, Guil JL. 2017. Insects as food: Enrichment of larvae of *Hermetia illucens* with omega 3 fatty acids by means of dietary modifications. *Journal of Food Composition and Analysis* **62**:8–13. Academic Press Inc.
- Barrows FT, Bellis D, Krogdahl Å, Silverstein JT, Herman EM, Sealey WM, Rust MB, Gatlin DM. 2008. Report of the Plant Products in Aquafeed Strategic Planning Workshop: An Integrated, Interdisciplinary Research Roadmap for Increasing Utilization of Plant Feedstuffs in Diets for Carnivorous Fish. *Reviews in Fisheries Science* **16**:449–455. Informa UK Limited.
- Bednářová M. 2013. Possibilities of using insects as food in the Czech Republic [PhD. Thesis]. Mendel University, Brno.
- 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 Mendeliana Brunensis **61**:587-594.
- Bernard JB, Allen ME. 1997. Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food. *Animal Science* **25**:1–7.
- Bombelli P, Howe CJ, Bertocchini F. 2017, April 24. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. Cell Press. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982217302312> (accessed February 16, 2020).
- Bruins E. 1999. Encyklopedie teraristika. Rebo International, Nizozemsko.
- Calvez B. 1975. Effect of nutritional quality of diet on chemical composition of organs and their interrelations in *Bombyx mori* L. *Annales de la nutrition et de l'alimentation* **29**:259-269.
- Capinera JL. 2008. Encyclopedia of entomology. Kluwer academic publishers, Netherlands.
- Cerritos R. 2009. Insects as food: An ecological, social and economical approach. Available from <http://www.cababstractsplus.org/cabreviews> (accessed January 14, 2020).
- Cerritos R, Cano-Santana Z. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* **27**:473–480. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026121940700186X> (accessed February 16, 2020).
- Chen X, Feng Y, Chen Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological research* **39**:299-303.
- Cho JH, Kim IH. 2011. Fish meal - nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **95**:685–692. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-0396.2010.01109.x> (accessed February 19, 2020).
- Choo J. 2010. Potential ecological implications of human entomophagy by subsistence groups of the Neotropics. *Terrestrial Arthropod Reviews* **1**:81–93. Brill.
- Čičková H, Newton GL, Lacy RC, Kozánek M. 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026> (accessed January 13, 2020).
- Collavo A. 2016. Housecricket smallscale farming in Ecological implications of minilivestock : potential of insects , rodents , frogs and snails:5019–544. Available from <https://www.researchgate.net/publication/288624354> (accessed January 30, 2020).
- Costello MJ, May RM, Stork NE. 2013. Can we name Earth's species before they go extinct?. *Science* **339**:413-416.
- Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Acuti G, Marangon A, Dalle Zotte A. 2018. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal* **12**:640–647. Cambridge University Press. Available from https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1751731117001860/type/journal_article (accessed February 10, 2020).
- de Oliveira LM, da Silva Lucas AJ, Cadaval CL, Mellado MS. 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **44**:30–35. Elsevier Ltd.
- DeFoliart GR. 1992. Insects as human food. Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection* **11**:395–399.
- Despins JL, Axtell RC. 1995. Feeding behavior and growth of broiler chicks fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry science* **74**:331–336.
- Dordević M, Brana RD, Marijana V, Baltić M, Radislava T, Ljiljana J, Marija V, Rajković M. 2008. Effects of substitution of fish meal with fresh and dehydrated larvae of the house fly (*Musca domestica* L) on productive performance and health of broilers. *Acta*

- Veterinaria **58**:357–368.
- El Boushy AR. 1991. House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: A review. *Bioresource Technology* **38**:45–49.
- FAO. 2010. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Food and agriculture organization of the united Nations, Rome.
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269–285.
- Finke MD. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* **26**:105–115. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/zoo.20123> (accessed February 16, 2020).
- Finke MD, Oonincx D. 2013. Insects as Food for Insectivores. Pages 583–616 *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Elsevier Inc.
- Finke MD, Sunde ML, Defoliart GR. (n.d.). An Evaluation of the Protein Quality of Mormon Crickets (*Anabrus simplex* Haldeman) When Used as a High Protein Feedstuff for Poultry 1.
- Frye FL, Calvert CC. 1989. Preliminary Information on the Nutritional Content of Mulberry Silk Moth (*Bombyx mori*). Source: *Journal of Zoo and Wildlife Medicine Nutrition Issue Journal of Zoo and Wildlife Medicine* **201737287**:73–75. American Association of Zoo Veterinarians.
- Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow V B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**:686-694.
- Goldsmith PD. 2008. Economics of Soybean Production, Marketing, and Utilization. Pages 117–150 *Soybeans: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. Available from <https://www.researchgate.net/publication/267220413> (accessed February 13, 2020).
- Hackstein JH, Stumm CK. 1994. Methane production in terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **91**:5441–5445.
- Hall FG, Jones OG, O’Haire ME, Liceaga AM. 2017. Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry* **224**:414–422. Elsevier Ltd.
- Halloran A, Flore R, Vantomme P, Roos N. 2018. Edible Insects in Sustainable Food Systems. Page Edible Insects in Sustainable Food Systems. Springer International Publishing.
- Halloran A, Hanboonsong Y, Roos N, Bruun S. 2017. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production* **156**:83–94. Elsevier Ltd.
- Hardy RW. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. Available from <http://faostat.fao.org/site/526/> (accessed February 13, 2020).
- Hartman GL, West ED, Herman TK. 2011. Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security* **3**:5–17. Available from www.soyinfocenter.com (accessed February 13, 2020).
- Havlík P et al. 2014. Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **111**:3709–3714. National Academy of Sciences.
- Herrero M et al. 2011. Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology* **166–167**:779–782.
- House J. 2016. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite* **107**:47–58. Academic Press.
- Huis A Van. 2016. Edible insects are the future? Deliciousness of Insects View project Anthropocene 3) The Responsibility Metalevel View project. Available from

- <https://www.researchgate.net/publication/295899741> (accessed January 15, 2020).
- Ingram M, Nabhan G, Buchmann SL. 1996. Our forgotten pollinators: Protecting the birds and bees. *Global Pesticide Campaigner* **6**:1-12.
- Jabir MAR, Jabir SAR, Vikineswary S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology* **11**:6592-6598.
- Jamali H, Livesley SJ, Dawes TZ, Cook GD, Hutley LB, Arndt SK. 2011. Diurnal and seasonal variations in CH₄ flux from termite mounds in tropical savannas of the Northern Territory, Australia. *Agricultural and Forest Meteorology* **151**:1471–1479.
- Jayanegara A, Sholikin MM, Sabila DAN, Suharti S, Astuti DA. 2017. Lowering chitin content of cricket (*Gryllus assimilis*) through exoskeleton removal and chemical extraction and its utilization as a ruminant feed in vitro. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **20**:523–529. Asian Network for Scientific Information.
- Jin XH, Heo PS, Hong JS, Kim NJ, Kim YY. 2016. Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **29**:979–986. Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- Karlsen Ø, Amlund H, Berg A, Olsen RE. 2017. The effect of dietary chitin on growth and nutrient digestibility in farmed Atlantic cod, Atlantic salmon and Atlantic halibut. *Aquaculture Research* **48**:123–133. Blackwell Publishing Ltd. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/are.12867> (accessed February 16, 2020).
- Khan SA, Zubairy AW. 1971. Chemical composition and nutritive value of Tusser silk worm pupae. *Indian Journal of Animal Sciences* **41**:1070-1072.
- Khatun R, Azmal SA, Sarker MSK, Rashid MA, Hussain MA, Miah MY. 2005. Effect of silkworm pupae on the growth and egg production performance of Rhode Island Red (RIR) pure line. *International Journal of Poultry Science* **4**:718–720.
- Khempaka S, Khempaka S, Mochizuki M, Koh K, Karasawa Y. 2006. Effect of Chitin in Shrimp Meal on Growth Performance and Digestibility in Growing Broilers. *Journal of Poultry Science* **43**:339–343.
- Koç Y, Gülel A. (2008). Age and sex related variations in protein and carbohydrate levels of *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (*Lepidoptera: Pyralidae*) in constant lightness and darkness. *Pakistan journal of biological sciences* **11**:733-739.
- Kosewska O, Kosewska A, Przemieniecki S, Sienkiewicz S. 2019. Alternative ways of foamed polystyrene recycling using insects as an element of sustainable development. Pages 45–52 20th International Scientific Conference “Economic Science for Rural Development 2019”. New Dimensions in the Development of Society. Home Economics. Finance and Taxes. Bioeconomy.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016, October 1. Nutritional and sensory quality of edible insects. Elsevier GmbH.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabc V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:262-272.
- Kulma M, Plachý V, Kouřimská L, Vrabc 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**:354–360.
- Langer S, Bakhtiyar Y, Lakhnotra R. 2011. Replacement of fishmeal with locally available ingredients in diet composition of *Macrobrachium dayanum*. *African Journal of Agricultural Research* **6**:1080-1084.
- Newton L, Sheppard C, Wes D, Watson G, Burtle RD. 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Journal*

- Korean Entomology and Applied Science **36**:17.
- Looy H, Dunkel FV, Wood JR. 2014. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agriculture and human values* **31**:131-141.
- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* **197**:1–33.
- Miles RD and Chapman F. 2015. The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. University of Florida IFAS extension:1–6.
- Mitsuhashi J. 2010. The future use of insects as human food. Pages 115-122 in Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: Humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, Chiang Mai, Thailand.
- Mlček J, Adámková A, Adámek M, Borkovcová M, Bednářová M, Kouřimská & L. 2018. Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. *Indian Journal of Traditional Knowledge* **17**: 518-524.
- Nakagaki BJ, Defoliart GR. 1991. Comparison of Diets for Mass-Rearing *Acheta domestica* (Orthoptera: Gryllidae) as a Novelty Food, and Comparison of Food Conversion Efficiency with Values Reported for Livestock. *Journal of Economic Entomology* **84**:891–896.
- Nandeesh MC, Gangadhara B, Varghese TJ, Keshavanath P. 2000. Growth Response and Flesh Quality of Common Carp, *Cyprinus carpio* Fed with High Levels of Nondefatted Silkworm Pupae. *Asian Fisheries society* **13**: 235-242.
- Narang MP, Lal R. 1985. Evaluation of some agro-industrial wastes in the feed of Jersey calves. *Agricultural Wastes* **13**:15–21.
- Nestel D, Papadopoulos NT, Liedo P, Gonzales-Ceron L, Carey JR. (2005). Trends in lipid and protein contents during medfly aging: an harmonic path to death. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America* **60**:130-139.
- Ocio E, Viñaras R, Rey JM. 1979. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Animal Feed Science and Technology* **4**:227–231.
- Offenberg J. 2011. *Oecophylla smaragdina* food conversion efficiency: Prospects for ant farming. *Journal of Applied Entomology* **135**:575–581.
- Okah U, Onwujariri EB. 2012. Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *Page Journal of Agricultural Technology* **8**:471-477.
- Omotoso OT, Adedire CO. 2007. Nutrient composition, mineral content and the solubility of the proteins of palm weevil, *Rhynchophorus phoenicis* f. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Zhejiang University. Science. B.* **8**:318–322. Zhejiang University Press.
- Omoyinmi GAK, Olaoye OJ. 2012. Growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing different sources of animal protein. *Libyan Agriculture Research Center Journal International* **3**:18–23.
- Ooninx DGAB, Dierenfeld ES. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology* **31**:40-54.
- Ooninx DGAB, Van Der Poel AFB. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology* **30**:9–16.
- Ooninx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA, 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Oyegoke OO, Akintola AJ, Fasoranti JO. 2006. Dietary potentials of the edible larvae of *Cirina forda* (westwood) as a poultry feed. *African Journal of Biotechnology* **5**:1799–1802.

- Paoletti MG, Norberto L, Damini R, Musumeci S. (2007). Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism* **51**:244-251.
- Payne CLR, 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.
- Punzo F. 2003. Nutrient composition of some insects and arachnids. *Florida Scientist* **66**:84–98.
- Ramos-Elorduy J, González EA, Hernández AR, Pino JM. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology* **95**:214–220.
- Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, De Guevara OL. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis* **10**:142–157.
- Ramos-Elorduy J, Pino-M JM, Correa SC. 1998. Edible insects of the state of Mexico and determination of their nutritive values. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* **69**:65-104.
- Raubenheimer D, Rothman JM. 2013. Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology* **58**:141–160. Available from www.annualreviews.org (accessed January 28, 2020).
- Raubenheimer D, Simpson SJ. 2001. The Geometric Analysis of Nutrient-Allelochemical Interactions: A Case Study Using Locusts. *Ecology* **82**:422–439. Available from <https://www.researchgate.net/publication/228559283> (accessed January 28, 2020).
- Reese G, Ayuso R, Lehrer SB. 1999. Tropomyosin: An invertebrate pan-allergen.
- Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. 2015. *EFSA Journal* **13**:4257.
- Rosegrant MW, Tokgoz S, Bhandary P. 2013. The new normal? A tighter global agricultural supply and demand relation and its implications for food security. *American Journal of Agricultural Economics* **39**:303-309.
- Rumpold BA, Fröhling A, Reineke K, Knorr D, Boguslawski S, Ehlbeck J, Schlüter O. 2014. Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **26**:232–241. Elsevier Ltd. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466856414001398> (accessed February 16, 2020).
- Rumpold BA, Schlüter O. 2015. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers* **5**:20–24.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research* **57**:802-823.
- Salomone R, Saija G, Mondello G, Giannetto A, Fasulo S, Savastano D. 2017. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production* **140**:890–905.
- Schiavone A et al. 2017. Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science* **16**:93–100.
- Severin HC. 1926. The Common Black Field Cricket, *Gryllus Assimilis* (FAB.) and Its Control. *Journal of Economic Entomology* **19**:218–227.
- Sharma S, Pradhan K, Satya S, Vasudevan P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *The American Journal of Science* **1**:4–16.
- Smil V. 2002. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and

- opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology* **30**:305–311.
- Smith P, Gregory PJ. 2013. Climate change and sustainable food production. *Proceedings of the Nutrition Society* **72**:21–28.
- Sönmez E, Gülel A. 2008. Effects of different temperatures on the total carbohydrate, lipid and protein amounts of the bean beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: *Bruchidae*). *Pakistan journal of biological sciences* **11**:1803-1808.
- St-Hilaire S, Cranfill K, McGuire MA, Mosley EE, Tomberlin JK, Newton L, Sealey W, Sheppard C, Irving S. 2007a. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society* **38**:309–313.
- St-Hilaire S, Sheppard C, Tomberlin JK, Irving S, Newton L, McGuire MA, Mosley EE, Hardy RW, Sealey W. 2007b. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society* **38**:59–67.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar TD, Castel V, Rosales M, Rosales M, de Haan C. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Studier EH, Keeler JO, Sevick SH. 1991. Nutrient composition of caterpillars, pupae, cocoons and adults of the eastern tent moth, *Malacosoma americanum* (Lepidoptera: *Lasiocampidae*). *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology* **100**:1041–1043.
- Studier EH, Sevick SH. 1992. Live mass, water content, nitrogen and mineral levels in some insects from south-central lower Michigan. *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology* **103**:579–595.
- Tacon AGJ, Metian M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* **285**:146–158.
- Tégua A, Mpoame M, Mba JO. 2002. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicicultura* **20**:187-192.
- Teotia JS, Miller BF. 1974. Nutritive content of house fly pupae and manure residue. *British Poultry Science* **15**:177–182.
- Tiffin H. 2016. Do Insects Feel Pain? *Animal Studies Journal* **5**:80–96.
- Tilman D, Clark M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* **515**.
- Van Huis A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology* **58**:563–583.
- Van Huis A. 2016. Edible insects are the future? Pages 294–305 *Proceedings of the Nutrition Society*. Cambridge University Press.
- 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*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Van Lenteren JC, Bale J, Bigler F, Hokkanen HMT, Loomans AJM. 2006. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. *Annual Review of Entomology* **51**:609-634.
- Verburg R, Rodrigues Filho S, Debortoli N, Lindoso D, Nesheim I, Bursztyn M. (2014). Evaluating sustainability options in an agricultural frontier of the Amazon using multi-criteria analysis. *Land Use Policy* **37**:27-39.
- Viroje W, Malin S. (1989). Effects of fly larval meal grown on pig manure as a source of protein in early weaned pig diets. *Thurakit Ahan Sat* **6**: 25-31.
- Voet D, Voet JG, Pratt CW. (2016). *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular*

- level. John Wiley & Sons, New York.
- Waltner-Toews D. 2017. *Eat the Beetles!: An Exploration Into Our Conflicted Relationship with Insects*. ECW Press, Canada.
- Wang D, Zhai SW, Zhang CX, Bai YY, An SH, Xu YN. (2005). Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-australasian journal of animal sciences* **18**:667-670.
- Weissman DB, Gray D, Tijssen P. 2012. Billions and billions sold: Pet-feeder crickets (Orthoptera: Gryllidae), commercial cricket farms, an epizootic densovirus, and government regulations make for a potential disaster. *Zootaxa* **3504**: 67-88.
- Weissman DB, Walker TJ, Gray DA. 2009. The Field Cricket *Gryllus assimilis* and Two New Sister Species (Orthoptera: Gryllidae). *Annals of the Entomological Society of America* **102**: 367-380.
- World bank. 2019. World's population will continue to grow and will reach nearly 10 billion by 2050. World bank. Available from <https://blogs.worldbank.org/opendata/worlds-population-will-continue-grow-and-will-reach-nearly-10-billion-2050> (accessed February, 2020).
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. Pages 85 – 92 in Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: humans bite back*. Food and agriculture of the United nations, Bangkok.
- Yi C, He Q, Wang L, Kuang R. 2010. The Utilization of Insect-resources in Chinese Rural Area. *Journal of Agricultural Science* **2**:146.
- Yong S, Perez-Gelabert DE. 2014. Grasshoppers, Crickets and Katydid (Insecta: Orthoptera) of Cuba: An annotated checklist. *Zootaxa* **3827**:401–438.
- Zachariassen KE. (1996). The water conserving physiological compromise of desert insects. *European Journal of Entomology* **93**:359-368.
- Zeman L, Doležal P, Kopřiva A, Mrkvicová E, Procházková J, Ryant P, Skládanka J, Straková E, Suchý P, Veselý P, Zelenka J. 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi press, Praha.
- Zhao E, Mu Q. (2011). Phytoestrogen biological actions on mammalian reproductive system and cancer growth. *Scientia pharmaceutica*, **79**:1-20.
- 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**:460–466.
- Zuidhof MJ, Molnar CL, Morley FM, Wray TL, Robinson FE, Khan BA, Al-Ani L, Goonewardene LA. 2003. Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. *Animal Feed Science and Technology* **105**:225–230.

