

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Kvalita tuku cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*)
odchovaného na krmné směsi s obsahem řepkových
výlisků**

Diplomová práce

**Autor práce: Bc. Alice Hrivňáková
Obor studia: Výživa zvířat a dietetika**

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kvalita tuku cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) odchovaného na krmné směsi s obsahem řepkových výlisků" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Zde bych ráda poděkovala mnoha lidem. Předně bych poděkovala vrchnímu inspektorovi nrap. Ing. Zdeňku Halamovi za podporu a pomoc. Dále bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. za skvělý přístup a vedení. Další poděkování patří mé průvodkyni po laboratoři Ing. Petře Škvorové za obrovskou trpělivost a pohotovou pomoc. A v neposlední řadě bych ráda poděkovala celé mé rodině za její podporu po celou dobu mého studia.

Kvalita tuku cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) odchovaného na krmné směsi s obsahem řepkových výlisků

Souhrn

Tato diplomová práce je věnována možnosti ovlivnění profilu mastných kyselin předkládáním krmiva, v němž je sója nahrazena řepkovými výlisky v krmivu cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*).

Práce je rozdělena do dvou částí. V první části je ucelený souhrn vědecké a odborné literatury zaměřující se na využití hmyzu jako potravin či krmiva. Druhá část je věnována samotnému pokusu, kdy bylo chováno pět skupin cvrčků s odlišnými druhy krmiva v závislosti na obsahu řepných výlisků (0 %, 70 %, 52,5 %, 35 % a 17,5 %). Po 60 dnech byli cvrčci sklizeni a následně byla provedena analýza na zjištění profilu mastných kyselin u jednotlivých skupin. V práci je popsán i metodický postup přípravy (extrakce a esterifikace tuků) vzorků pro danou analýzu.

Tento pokus prokázal, že změna krmiva má vliv na výsledný profil mastných kyselin u chovaných cvrčků, a se zvyšujícím se obsahem řepkových výlisků v krmivu se snižuje podíl nasycených mastných kyselin a dochází ke zlepšení poměru omega-3 a omega-6 mastných kyselin. Dále lze konstatovat, že se indexy aterogenicity a trombogenicity snižují s přibývajícím obsahem řepkových výlisků v krmivu.

Využití řepkových výlisků jako náhrada sóji v krmivu je vhodnou volbou pro svou výslednou kvalitu tuku, která je významně vyšší v porovnání se sójou. K dalšímu benefitu využití řepkových výlisků je, že dochází k využití odpadu, a tedy ke snižování ekologické zátěže. V neposlední řadě je důležité také zmínit snížení ekonomické zátěže chovu, kde právě náklady na krmivo patří k těm nejvyšším.

Další výzkum by bylo vhodné zaměřit na ochotu hospodářských zvířat přijímat krmivo tvořené cvrčky krmenými řepkovými výlisky, a zjistit jeho vliv na nutriční hodnoty zvířat.

Klíčová slova: jedlý hmyz, plynová chromatografie, potraviny nového typu, udržitelné zemědělství, vedlejší produkty

Evaluation of lipid quality of Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis*) reared on the dried rapeseed protein

Summary

This thesis aims to describe the effect of feed on the fatty acid profile of Jamaican field cricket. In the feed, rapeseed expeller was replacing soymeal.

The thesis is divided into two parts. The first part reviews the scientific literature on the potential of edible insects as feed and food. The second part of this thesis is about the experiment. There were five experimental groups of Jamaican field crickets with different amounts of rapeseed expeller in their feed (0 %, 70 %, 52,5 %, 35 %, and 17,5 %). After 60 days, crickets were harvested, froze and prepared for gas chromatography.

The experiment shows that feed change has an influence on fatty acids in the cricket body. With a higher concentration of rapeseed expeller in feed was a lower ratio of saturated fatty acids. Also, a higher concentration of rapeseed expeller is a better ratio of omega 3 and omega 6 fatty acids. The indexes of atherogenicity and thrombogenicity were also influenced by the amount of rapeseed expeller in the feed.

The rapeseed expeller as a replacement for soymeal in feed is a suitable choice for its fat quality. The next advantage of rapeseed expeller is processing waste which implies a reduction of environmental impact. Last, not least benefit is a financial state, where feeding crickets with rapeseed expellers is cheaper.

Keywords: edible insect, gas chromatography, novel food, sustainable agriculture, by-products

Obsah

1	Úvod	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Hmyz ve výživě zvířat	12
3.1.1	Využití hmyzu v zájmových chovech	12
3.1.2	Využití hmyzu v chovu hospodářských zvířat	12
3.1.3	Využití hmyzu při krmení přežvýkavců	15
3.2	Hmyz ve výživě člověka	16
3.2.1	Entomofágie	16
3.2.2	Farmakologie	18
3.2.3	Alergie	19
3.3	Nutriční hodnota hmyzu	19
3.3.1	Bílkoviny	19
3.3.2	Tuky	20
3.3.3	Sacharidy	22
3.3.4	Mikronutrienty	22
3.4	Využití hmyzu jako nového udržitelného zdroje	23
3.5	Využití cvrčků (Gryllidae) v potravinářství či krmivářství	23
4	Metodika	25
4.1	Odchov cvrčků	25
4.1.1	Chovný box a mikroklima	25
4.1.2	Rozdělení boxů a krmení	25
4.1.3	Chov cvrčků	26
4.2	Stanovení tuku	27
4.2.1	Lyofilizace	27
4.2.2	Homogenizace vzorků	27
4.2.3	Extrakce	27
4.2.4	Esterifikace	28
4.2.5	Stanovení profilu mastných kyselin	29
4.3	Statistické vyhodnocení	29
5	Výsledky	30
5.1	Profil mastných kyselin	31
5.2	Indexy aterogenicity a trombogenicity	31
5.3	Statistické vyhodnocení analýzy rozptylu ANOVA	32
6	Diskuze	33
6.1	Profil mastných kyselin	33

6.2	Indexy aterogenicity a trombogenicity.....	34
7	Závěr.....	35
8	Literatura.....	36
9	Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

Hmyzu se v poslední době dostává velké pozornosti ve výživě zvířat i lidí. S rostoucí populací, dochází ke změnám stravovacích návyků, a tak hmyz přichází jako alternativní zdroj kvalitních živin. Vzhledem k tomu, že současné zdroje živin pro hospodářská zvířata i pro lidskou populaci jsou přetížené a hrozí jejich vyčerpání je nutné se poohlížet po novém zdroji. Nový zdroj, který nebude mít vyšší ekologickou stopu jako právě chovaná hospodářská zvířata, bude mít kvalitní živiny, nebude náročný na prostor a bude snadný na chov. Jeden takový zdroj lze hledat právě v podobě hmyzu (Rumpold & Schlutter 2013).

Mezi velké výhody hmyzu patří především rychlý životní cyklus, dobrá reprodukční schopnost a nenáročnost na krmivo, dokonce lze hmyz odchovávat na vedlejších produktech či zbytcích potravinářského průmyslu. V neposlední řadě má dobrou výživovou hodnotu (Halloran et al. 2016). Jedním z druhů, který splňuje předchozí výčet a je tedy vhodný k chovu jakožto alternativního zdroje živin, je cvrček banánový (*Gryllus assimilis*) Fabricius, 1775.

V České republice se za posledních 30 let zvýšilo množství vysévané řepky olejné o 283 %, kdy celková osevní plocha k roku 2020 byla 368 214 ha (ČSÚ 2020). Řepka je olejnatá plodina s mnohým využitím. V krmivářském odvětví se nejčastěji využívá v podobě řepkových výlisků, které se řadí k bílkovinnému krmivu. Jako další bílkovinné krmivo využívané pro krmení zvířat je sója. Sója nepatří k hojně pěstované plodině v České republice, podle Českého statistického úřadu za rok 2020 byla zasetá sója na rozloze 14 145 ha. Sója má mnohé pozitivní vlastnosti, je však také zdrojem antinutričních látek, jako je trypsin inhibitor, hemaglutinin nebo antivitaminy (Tacon 1993). Dalším negativem sóji je při přílišné konzumaci přítomnost fytoestrogenů, které mohou konkurovat pohlavním hormonům, a následně ovlivňovat vývoj oocytů. (Vodková et al 2008). Neméně důležitým problémem u sóji je její významný dopad na životní prostředí. Producenti jsou nuceni zakládat nová pole, a to často na úkor unikátních biotopů jihoamerického deštného pralesa (Frey et al. 2018). Poškození a vyčerpání krajiny nadměrným využitím pesticidů a hnojiv může vést k utlumení produkce a následně ke zvýšení ceny této komodity. Z mnoha výše uvedených důvodů je tedy potřeba uvažovat o náhradním zdroji bílkovinného krmiva. Vzhledem k objemu pěstované řepky olejné v České republice se nabízí jako možná alternativa. Mimo jiné z tohoto důvodu byla vybrána do mé experimentální části práce, jako náhrada sójového extrahovaného šrotu. Experimentální část práce se zabývá změnou profilu masných kyselin u cvrčka banánového při postupném nahrazování sóji řepkovými výlisky v pěti chovaných skupinách. Jednotlivé skupiny byly krmeny směsí obsahující 0 %, 70 %, 52,5 %, 35 % a 17,5 % řepkových výlisků.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zjistit, jak se změní profily mastných kyselin při nahrazení sóji v krmné směsi řepkovými výlisky.

Vědecká hypotéza: Profily mastných kyselin u cvrčků krmných směsmi obsahujících řepkové výlisky budou obsahovat více omega-3 mastných kyselin než cvrčci z kontrolní skupiny krmené sójou.

3 Literární rešerše

Hmyz usmrcený insekticidy představuje vyšší objem živin, než je získán z právě uchráněných rostlin. Proto se zdá být smysluplnější využívat hmyz jako potravinu či krmivo pro zvířata, než znečišťovat a ničit životní prostředí chemikáliemi a riskovat tak potenciální vedlejší účinky. Logickým výsledkem této úvahy je bližší výzkum ohledně využití hmyzu za tímto účelem (van Huis et al. 2013).

Přestože na Zemi existuje více než 8 milionů druhů rostlin a zvířat, více než 90 % zdrojů potravy pochází pouze z 15 druhů plodin a 8 druhů hospodářských zvířat (Díaz et al. 2019). Ve Spojených státech amerických a dalších vyspělých zemích je spotřeba masa, mléka a vajec vysoká. Pro zabezpečení dostatku těchto komodit musí farmáři obstarávat velké množství hospodářských zvířat. Pro představu lze zmínit, že množství hospodářských zvířat chovaných ve Spojených státech amerických je pětikrát vyšší než počet obyvatel tohoto státu (Paoletti 2007). Na výkrm hospodářských zvířat ve Spojených státech amerických je spotřebováno 250 milionů tun obilovin ročně, což stačí pro zajištění dostatečného množství živočišných bílkovin pro 800 milionů lidí (Paoletti 2007). Vzhledem k tomu že FAO (2013) předpokládá, že počet obyvatel na planetě se do roku 2050 zvýší na 9 miliard, což bude ruku v ruce s globální změnou stravovacích návyků znamenat extrémní zátěž na zemědělský sektor, je hledání alternativních zdrojů kvalitních živin pro lidstvo do blízké budoucnosti velkou výzvou (Rumpold & Schlutter 2013). Jednou z takových možností, které se v poslední době dostává velké pozornosti na poli vědy i průmyslu, je hmyz.

Hmyz a mnozí další bezobratlí jsou historicky součástí výživy mnoha lidí v různých koutech světa. Konkrétní typ konzumovaných živočichů záleží na dostupnosti v prostředí a také na místní kultuře. Tito drobní živočichové přispívají cenným proteínem a dalšími nezbytnými živinami jako je například vitamin B12 (Paoletti 2007). V porovnání s konvenčními zdroji bílkovin je hmyz efektivní při biokonverzi organických materiálů, dokáže produkovat farmakologicky aktivní látky (Meyer-Rochow 2017), má nízkou spotřebu vody, menší požadavky na prostor pro chov a produkuje méně emisí (Oonincx et al. 2015; Oonincx et al. 2010). Další velkou výhodou chovu hmyzu je jeho krátký generační cyklus a vysoká plodnost zajišťující rychlý nárůst biomasy. Důležitá je také možnost kultivace na různém krmivu s možností využití vedlejších produktů a odpadů z potravinářského průmyslu (Halloran et al. 2016, 2017). Na druhou stranu je důležité upozornit, že celý životní cyklus hmyzu záleží na vnějším prostředí, především na teplotě a krmivu – zajištění optimálních podmínek v chovu je tudíž klíčovým faktorem k zajištění vysoké produkce hmyzu (Kim 2007). Zařazení hmyzu do jídelníčků rostoucí lidské populace by mohlo přispět k zabezpečení přísunu kvalitních proteinů a lipidů. Nicméně akceptance a bezpečnost jsou hlavními otázkami spojenými s jejich využitím (Akhtar & Isman 2018).

V současnosti se hmyz dělí podle komerčního využití do pěti účelových skupin. V první skupině jsou druhy s dlouhou historií domestikace jako například včely (*Apis*) a bourec morušový (*Bombyx mori*). Do druhé skupiny patří druhy primárně určené k výzkumu a vzdělání, například *Drosophila melanogaster*. Dále také hmyz využívaný k medicínským účelům, například některé druhy švábů (především v Číně) či much, jejichž larvy se využívají k odstranění cizího materiálu a nekrotických nebo kontaminovaných tkání z traumatické nebo infikované léze. Ve třetí skupině je hmyz určený pro výživu domácích i hospodářských zvířat,

ryb a krevet. Typickými zástupci této skupiny mohou být larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) nebo larvy bráněnky *Hermetia ilucens*. Hmyz ve čtvrté skupině je využíván pro lidskou spotřebu jako potravinu, doplněk stravy či ingredience ve formě hmyzí moučky. Nejčastěji jsou pro tento účel využívány různé druhy cvrčků, ale opět také larvy potemníka moučného. V poslední páté skupině je zařazen hmyz, jehož hlavním využitím je degradace a recyklace organického odpadu v biokonverzních programech. Nejčastěji jsou používány larvy dvoukřídlých druhů z rodu *Musca* a *Lucilia* (Meyer-Rochow et al. 2019).

3.1 Hmyz ve výživě zvířat

Kvůli bovinní spongioformní encefalopatii, která se rozmohla začátkem tisíciletí, došlo v Evropě k zákazu zkrmování živočišných mouček s výjimkou rybí moučky pro hospodářská zvířata. Tento zákaz vedl k používání sóji jako primárního bílkovinného krmiva. V dnešní době se nejčastěji využívá sójový šrot. Hmyz je již od 70. let minulého století řazen mezi potenciální krmivo pro drůbež i ostatní hospodářská zvířata chovaná k produkci potravin (Finke 2002). Během následujících desetiletí byly pak různé druhy hmyzu experimentálně zkrmovány i dalším hospodářským zvířatům především rybám a drůbeži, ale i přežvýkavcům či prasatům (Makkar et al. 2014; Meyer-Rochow et al. 2019).

3.1.1 Využití hmyzu v zájmových chovech

Co se týče západní kultury, hmyz je stále považován hlavně za krmivo pro zvířata v zájmových chovech, nejčastěji se jedná o insektivorní či omnivorní savce, ptáky, plazy či dravý hmyz (Defoliart, 1991). Mezi nejčastěji chované druhy hmyzu za účelem hlavního či doplňkového krmiva pro zájmové chovy insektivorních či omnivorních zvířat je potemník moučný a cvrček domácí (Finke & Oonincx 2013).

Hmyz však nemusí být využíván pouze jako potravinu či krmivo, ale je možné jej chovat například jako domácího mazlíčka či z terapeutických důvodů. Park et al. (2019) zjišťovali efekt chovu cvrčků v domovech určených pro osoby starší 60 let. Výsledkem bylo, že chov cvrčků pro starší ženy má pozitivní efekt na zlepšení kognitivních funkcí a chování. K podobnému závěru došel také Ko (2016), který zjišťoval vliv chovu hmyzu na kognitivní funkce a deprese u starých lidí a který jej vyhodnotil jako malý až středně pozitivní. Hmyz je tedy také levným, efektivním a lehce dostupným terapeutickým živočichem oproti například koním.

3.1.2 Využití hmyzu v chovu hospodářských zvířat

Protein je nejdražší položkou při výživě hospodářských zvířat od doby, kdy ingredience využívané pro výživu zvířat začaly být využívány také pro lidskou spotřebu. S ubývajícími zdroji kvalitního proteinu se v budoucnu očekává, že se cena těchto komponent bude i nadále zvyšovat. V dnešní době je proto velká pozornost zaměřena na různé alternativy k běžně používaným bílkovinným krmným komponentám. Jednou z těchto alternativ může být i využití hmyzu (Makkar et al. 2014; Sanchéz-Murós et al. 2014).

Využití hmyzu při krmení drůbeže

Přírodním zdrojem potravy je pro ptáky hmyz, a to ve všech jeho formách (Biasato et al. 2018a). Ptáci mají nízký počet chuťových pohárků, které snižují jejich vnímavost chutí v porovnání se savci (Liu et al. 2014). Cullere et al. (2016) ve svém pokusu na volbu krmiva u křepelek došli k závěru, že dieta obsahující moučku z *H. illunicens* je preferovanější než dieta se sójovým šrotem. Ve většině studií se pracuje s hmyzí moučkou či hmyzím olejem, avšak Moula et al. (2018) tvrdí, že zkrmování živého hmyzu je více adekvátní než zpracovaný hmyz. Na druhou stranu některé druhy hmyzu nelze využít bez zpracování, protože mohou vylučovat toxiny (Vijver et al. 2003). Nejen z tohoto důvodu by měl být hmyz před samotným zkrmením nejprve zpracován. Dalšími důvody může být složitá manipulace s živým hmyzem, nekompatibilita s automatickými krmicími systémy, případně nebezpečí přenosu nemocí (Khusro et al. 2012). Z nutričního hlediska je hmyz prezentován jako zdroj vysoce kvalitního proteinu ve výživě kuřat (Chodová & Tůmová 2020) a selat po odstavu (Makkar et al. 2014). Z tohoto důvodu Khan et al. (2018) vytvořili krmné směsi pro kuřecí brojlery, ve kterých nahradili v různých poměrech sóju za moučku z larev mouchy domácí (*Musca domestica*). Výsledkem tohoto pokusu bylo, že skupina odchovaná na nejvyšším zastoupení hmyzí moučky měla nejen nejnižší příjem krmiva, ale zároveň také nejvyšší přírůstky ze všech, za což dle Khana může hlavně vysoký obsah tuku v hmyzí moučce. Skupina kuřat, která neměla žádné zastoupení hmyzu v krmivu měla, průměrnou konverzi krmiva za celé sledování 2,08 kg, kdežto skupina s nejvyšším zastoupením měla tuto pouze 1,74 kg. Krom toho nebyly zaznamenány významné efekty hmyzí moučky na chuť, křehkost, šťavnatost či barvu masa. Vzhledem k výsledkům práce, považuje autor využití larev mouchy domácí za vhodnou alternativu náhražek sóji v krmivu pro mladé brojlery (Khan et al. 2018). Dále Pretorius (2011) přidával larvy mouchy domácí se zastoupením až 25 % diety bez negativního efektu na růst a příjem potravy, z čehož vyplývá, že hmyzí moučka může nahradit zdroje hrubého proteinu jako je sójový extrahovaný šrot nebo rybí moučka. V konečné fázi trávení živin hraje důležitou roli morfologie střev. Výška klků a hloubka krypt jsou mikroskopické strukturní parametry, které jsou dobrými indikátory střevního vývoje, zdraví a funkčnosti, vedle toho, ovlivňují trávení a vstřebávání živin (Schiavone et al. 2017). Nicméně morfologická změna délky a váhy střev závisí na zdroji proteinu, množství náhrady hmyzí moučky a na druhu hmyzu. Bovera et al. (2010) zjistil, že chitin, obsažený v hmyzí moučce zvyšuje v dietě u brojlerových kuřat v slepém střevě produkci máselné těkavé mastné kyseliny, která je považována za hlavní zdroj energie enterocytů a může stimulovat růst kyčelníkových hlenových buněk, což může vést k nárůstu hmotnosti. Výsledky práce Bovera et al. (2016) ukazují, že délka a váha kyčelníku a slepého střeva se zvýšila u kuřat krmených larvami potěmníka moučného ve formě doplňku ke krmné dávce. Navzdory uvedeným faktům je vliv na strukturu a délku střev a na růst při krmení hmyzí moučkou stále nejasný.

U většiny studií nebyl zjištěn významný rozdíl vlastností skeletu při záměně sójového šrotu za larvy nebo kukly mouchy domácí. Žádný významný rozdíl nebyl zaznamenán ani při zařazení muší moučky, či moučky z potěmníka moučného (Hwangbo et al. 2009, Bovera et al. 2016) do diety brojlerovým kuřatům. Nicméně byla zjištěna vysoká stravitelnost hrubého proteinu pro muší moučku oproti sójovému šrotu a také při částečném nahrazení sóji hmyzí moučkou byla výsledkem vyšší váha prsního a stehenního svalu (Hwangbo et al. 2009).

Drůbež patří mezi monogastrická zvířata a jakákoli variace chemické skladby krmiva může potenciálně ovlivnit (pozitivně nebo negativně) sensorický profil masa (Pieterse et al. 2019). S odkazem na studii Hwangbo et al. (2009) nebyly organoleptické vlastnosti masa postiženy zkrmovanou hmyzí moučkou v dietě. Rovněž sensorický test provedený Onsongo et al. (2018) tvrdí že přítomnost moučky z bráněnky v dietě neovlivňuje preference konzumentů u kuřecích prsou, protože hmyzí moučka nemění chuť ani aroma masa stejně tak jako ve studii Pieterse et al. (2019).

Hmyz má dostatečný obsah mědi, železa, hořčíku, fosforu a zinku pro potřeby domestikovaných ptáků (Barker et al. 1998). Nicméně většina hmyzu má nízkou koncentraci vápníku pro potřeby kuřat, a především pro nosnice (Khurso et al. 2012). Každopádně poměr vápníku a fosforu u hmyzu není vhodný, a proto by se na něj měl brát zřetel u vytváření krmných směsí pro drůbež.

Využití hmyzu při krmení prasat

Miech (2018) zkoumal stravitelnost dvou typů cvrččí moučky z cvrčků *Teleogryllus testaceus*, které nahrazovaly rybí moučku, u prasat. Jeden typ moučky byl vyroben z celých těl cvrčků a druhý typ byla pouze těla bez končetin. V porovnání s rybí moučkou použitou v kontrolní směsi byla stravitelnost obou cvrččích mouček vyšší. Navíc byl od desátého dne výkrmu zjištěn nárůst hmotnosti u zvířat, kterým bylo předkládáno krmivo s hmyzí moučkou. Krom prasat Miech (2018) zkoumal také růst kuřat, kterým opět předkládal dva druhy cvrččí moučky, první z celých těl a druhá moučka byla pouze z cvrččích končetin. Kontrolní krmivo obsahovalo rybí moučku. Výsledky této studie ukazují, že sledované parametry se u kuřat mezi cvrččí moučkou a kontrolním krmivem významně nelišily. Z článku výše zmíněných autorů vyplývá, že odstranění končetin v krmivu nezlepší jeho stravitelnost.

Využití hmyzu v akvakultuře

Hmyz je součástí přirozeného potravy ryb a v posledních letech byl proto zahájen intenzivní výzkum o využití hmyzu v krmných směsích pro různé druhy ryb v akvakultuře. Evropská komise v roce 2017 vydala nařízení EU 2017/893, které dalo souhlas s využitím hmyzu jako bílkovinného komponentu pro toto odvětví. Od jeho vydání dochází k testování nahrazování rybí moučky hmyzí moučkou. Hmyz je přírodním zdrojem potravy pro mnohé mořské i sladkovodní druhy ryb, jako je například tilápie nilská (*Oreochromis niloticus*). Tilápie nilská je čtvrtou nejčastěji chovanou rybou na světě, představuje 8 % z celosvětové vnitrozemské produkce. Využití hmyzí moučky u tilápie nilské je výhodné vzhledem k tomu, že je schopna trávit chitin, protože polysacharidy jsou součástí zooplanktonu, který je přirozeným zdrojem potravy (Spataru, 1978). Dietz (2018) nahrazoval moučku z bráněnky až do 50 % při krmení tilápií nilských, kdy nedošlo k žádným negativním efektům na růst a zlepšila se kvalita proteinu tilápií. Hmyzí protein z bráněnek může být slibnou možností v tvorbě krmiv, která by byly dlouhodobě udržitelná. K závěru, že je možné nahradit až 25 % rybí moučky moučkou hmyzí z poterníka brazilského bez negativního efektu, došel Jabir et al. (2012), který ji zkrmoval v rozpětí od 0 do 100 % záměny také tilápiím nilským. Jabir et al. (2012) konstatuje, že nahrazením veškeré rybí moučky za hmyzí dochází ke snižování přírůstku a optimální poměr pro růst tilápií je 75 % rybí moučky a 25 % hmyzí moučky. S tímto poměrem dosahoval nejlepších výsledků.

Mezi další ryby zkoumané z tohoto pohledu patří například keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*), který byl krmen sarančaty *Zonocerus variegatus* (Alegebeleye, 2012) či cvrčky *Gryllus bimaculatus*, a to až s náhradou 100 % bez negativních efektů na skladbu těla (Taufek, 2016). U krmiva, které bylo nahrazeno cvrčky *Gryllus bimaculatus* byla dokonce mortalita ryb nižší oproti kontrolní skupině. Další zkoumání využití cvrčků v akvakultuře provedl Taufek et al. (2016), který nahradil rybí moučku za cvrččí ve 100 % a 75 %, přičemž v kontrolním krmivu byla pouze rybí moučka. Výsledky této studie odhalily rychlejší růst a tělesnou hmotnost u ryb krmených cvrččí moučkou. Dále se v závislosti na množství cvrččí moučky v potravě zvyšoval obsah hemoglobinu a hematokritu u ryb.

Při krmení pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) nebyl zjištěn žádný statisticky prokazatelný negativní efekt při nahrazení rybí moučky moučkou z larev potemníka moučného, a to až do 50 % (Gasco et al. 2014). Naopak Belforti (2015) dosáhl při krmení moučných červů lepší konverze než u krmiva, které neobsahovalo larvy tohoto hmyzu. Úmrtnost byla dle této studie dokonce nejnižší u pstruhů, kterým bylo předkládáno krmivo s 50 % moučky *T. molitor*. Podobný pokus s postupným nahrazením rybí moučky za *T. molitor* provedl Iaconisi (2017) na ružíchách šedých (*Pagellus bogaraveo*), jímž bylo zjištěno, že krmiva obsahující vysoké hodnoty zastoupení potemníka zvyšují hodnoty n-6 polynenasycených mastných kyselin na úkor n-3 polynenasyceným mastných kyselin.

Na druhou stranu je třeba z tohoto pohledu zmínit i některé studie upozorňující na možné nedostatky využití hmyzí moučky jako krmiva. Například Sen (2019), který krmil latese stříbřité (*Lates calcarifer*) moučkou z cvrčků a bráněnek uvádí, že potrava, která obsahovala hmyzí moučku neplavala, ale potápěla se, na což ryby nebyly zvyklé. Docházelo tak k nižšímu příjmu potravy, a tedy i přírůstkům. Stejní autoři však ve své publikaci konstatují, že pokud by došlo k vylepšení receptury předkládaného krmiva, nebo postupného přivykání ryb na potápějící se krmivo, výsledek by byl příznivý a hmyzí moučku by bylo možné považovat za potenciální náhražku rybí moučky i v tomto případě.

3.1.3 Využití hmyzu při krmení přežvýkavců

Výzkum využití hmyzu v chovech přežvýkavců je v porovnání s monogastry výrazně méně intenzivní a zatím se omezuje hlavně na pokusy v in-vitro podmínkách. Na jedny z prvních pokusů s hmyzem v in-vitro podmínkách byl použit bourec morušový. Ve výzkumu Ioselevich et al. (2004) byly využity sušené larvy bourců ve výživě přežvýkavců, testovány byly na merino landrace a skotské černohlavé ovce, a sice s pozitivním výsledkem na sledované jatečné parametry, avšak s upozorněním, že vysoká hladina tuku je limitující. Jayanegara (2017) testoval využití moučky ze cvrčků banánových, potemníků moučných a bráněnek, a to nejen z nutričního hlediska, ale také z hlediska možnosti snižování emisí metanu. Došel k závěru, že využití jednotlivých mouček je vhodnou náhradou za běžně používané proteinové komponenty i dobrým zdrojem esenciálních mastných kyselin, které zvířata potřebují. Dále došel k závěru, že při zkrmování hmyzí moučky dochází ke snižování znečištění metanem, nicméně na základě výsledků testu in-vitro bacherové fermentace je stravitelnost poměrně nízká a může tak limitovat celkové využití bílkovin.

3.2 Hmyz ve výživě člověka

Potrava zajišťuje nutnou energii nezbytnou pro fungování všech biologických procesů člověka. V ideálně fungujícím ekosystému neexistují žádné ztráty, proto jsou veškeré organismy, mrtvé či živé, potenciální potravou pro ostatní (Ramos-Elorduy 2008). Člověk je všežravec, nicméně z biologického hlediska lidé využívají pouze zlomek potenciálních zdrojů. Tyto zdroje se globálně významně liší v závislosti na kultuře, historii, tradici a dostupnosti. Zatímco pro společnost v určitých částech světa je některé jídlo ceněno, v jiných částech je stejná potravinu odmítána či je jí dokonce opovrhováno. Jako příklad lze uvést kachní vejce, které jsou inkubována po dobu 17 dní, aby se embryo dostatečně vyvinulo. Tato embrya jsou na Filipínách nejen pojídána ale také považována za delikatesu. Dalším obdobným příkladem může být konzumace žížal jiamerickým kmenem Yequana, jež jsou zde taktéž ceněnou delikatesou (Paoletti et al 2000). Jiné kmeny v Jižní Americe konzumují pavouky jako například *Tarantula sp.* (Menzel & D'Alusio, 1998). Stejně tak je v mnoha kulturách po celém světě běžná konzumace hmyzu (entomofágie), ať už jako občasná delikatesa, regulární potravinu či jako nouzové řešení nedostatku potravy v době strádání, přírodních katastrofách či během válek (Temitope et al. 2014). Po celém světě je nyní známo přes 2000 druhů jedlého hmyzu z více než 100 světových zemí (Durst 2010). Všechny výše uvedené příklady pokrmů v západní kultuře naopak běžné nejsou.

Nemělo by se také zapomínat na to, že jídlo není pouze zdrojem živin, ale také se jedná o zdroj bohatství pro minority. Může tak poskytovat fyzickou a psychickou výhodu nad ostatními, protože ve většině rozvinutých zemí je heslem „co je dobré k jídlu, je dobré také k prodeji“ (Ramos-Elorduy, 2008). V zemích, kde je entomofágie běžná, je hmyz důležitým zdrojem výtěžku pro chudé obyvatelstvo, přičemž je sbírán především ženami a dětmi (FAO 1995),

3.2.1 Entomofágie

Entomofágie byla popsána jako možné řešení nedostatku potravin, s nízkou ekologickou stopou a potenciální zlepšení života chudých. Hmyz je konzumován mnoha etnickými skupinami v Africe, Asii a Jižní Americe, kde hmyz zastává důležitou roli v běžném stravování jakožto významný zdroj bílkovin. Většina jedlého hmyzu je v současnosti získávána sběrem, což ovšem z hlediska navyšování jeho podílu v globálním měřítku spotřeby potravin není dlouhodobě udržitelné (Temitope et al. 2014). Proto jsou zde snahy k vytváření chovů hmyzu pro potravinářský průmysl viz obrázek 1. Například v Thajsku je již nyní okolo 20 000 cvrčích farem, které reprezentují důležitý sektor živočišné produkce a tvoří tak zároveň zdroj obživy pro tisíce místních farmářů. Dalším hmyzem, jehož technologie chovu je velmi dobře známa je bourec morušový, který je využíván v Asii již po staletí nejen jako potravinu, ale hlavně pro výrobu hedvábí (FAO 2013).



Obrázek 1: Cvrččí farma (Halloran)

Světová historie entomofágie je zdokumentována v mnoha zemích. Například kresby nalezené v jeskyni Artamila v jižním Španělsku (3000 – 9000 let před naším letopočtem) vyobrazují sklizeň včelích knízd za účelem zpracování medu nebo dokonce za účelem sklizně larev. Koproality naleznuté v mexických jeskyních obsahují mravence, larvy brouků, vši, roztoče a klíšťata. Koproality z oblasti Plošiny Ozark (východní Spojené státy americké) obsahovaly taktéž zbytky mravenců, larev brouků, klíšťat a roztočů, tak jako v mexických jeskyních (Capinera, 2008). Dále jsou známé i důkazy o konzumaci hmyzu u Římanů, Řeků, Francouzů, mnoha indiánských kmenů, Číňanů a australských Aboriginců. Římané měli v oblibě pojídání larev brouků. Aristoteles psal o získávání nejchutnějších cikádích nymf. Kukly bource byly konzumované v částech Číny již od dob kolem roku 2000 před naším letopočtem. Zároveň v knize „Cape Cod“ od Frederica Freedmena (Freedmen, 1862) se dozvíme, že francouzští vojáci na misiích běžně lovili kobylky, které následně grilovali. Analýzy stabilních izotopů uhlíku ukázaly že kosti a zubní sklovina australopitéků byla obohacena isotopem ^{13}C , což poukazuje na to, že dieta těchto humanoidů byla především postavena na organismech živících se trávou, tak jako hmyz (Akhtar & Isman 2018).

Hmyz je tradiční, nutričně kvalitní a dostupná potravina pro mnoho obyvatel žijících hlavně na venkově na území Afriky, Asie a Jižní Ameriky (Dürr et al. 2020), přičemž k nejčastěji konzumovanému hmyzu patří hlavně lehce dostupné druhy jako jsou brouci (Coleoptera: 31 %), housenky (Lepidoptera: 18 %), včely, vosy a mravenci (Hymenoptera: 14 %), sarančata, kobylky a cvrčci (Orthoptera: 13 %), cikády, červci (Hemiptera: 10 %), termity (Isoptera: 3 %), vážky (Odonata: 3 %), mouchy (Diptera: 2 %) a ostatní (5 %) (van Huis et al. 2013).

Množství konzumovaného hmyzu závisí na vývojovém stádiu, na daném regionu, i například na konkrétní etnické skupině, nezáleží tedy pouze na lokalitě, ale také na zvycích a tradicích místních obyvatel. V některých regionech se odchyt a příjem jako potrava počítá v tunách, kdy záleží na druhu hmyzu, v jiných regionech v kilogramech (Ramos-elorduy, 2008). Kitsa (1989) ve své studii ve které zkoumal entomofágii v malé vesnici v dnešní Demokratické republice Kongu o 2006 obyvatelích, zjistil, že se zde zkonzumuje ročně 120 tun hmyzu. To v přepočtu na obyvatele znamená, že každý obywatel sní 59,82 kg hmyzu za rok respektive 163 g za den. Vzhledem k narůstající popularitě konzumace hmyzu je proto v dnešních dnech lokální entomologický výzkum nejvíce zaměřen právě na chov druhů vhodných k entomofágii (Temitope et al. 2014).

Co se týče cvrčků, ve velkém množství je napříč jižní Asií konzumován *Brachytrupes portentosus* a napříč východní Afrikou *Brachytrupes membranaceus* (DeFoliart, 1989). Chovu pro lidskou konzumaci dominuje především cvrček domácí (*Acheta domestica*) a cvrčci rodu *Gryllus* (Van Huis & Tomberlin 2017).

Naopak u západní civilizace se konzumace hmyzu neseťkává s nadšením. Chut' začít konzumovat hmyz je u obyvatel těchto států stále velice nízká, což se ale může do budoucna změnit, tak jako se stalo v případě sushi (van Huis 2013). Hmyz lze navíc začlenit na jídelníček i ve skryté formě, tzn. využití hmyzí moučky v populárních komoditách. Jednat se tak může o těstoviny, párky či pečivo (Barton et al. 2020). Zvyšující se zájem o entomofágii byl reflektován i Evropskou unií, která jej v roce 2018 zařadila mezi potraviny nového typu (EU Regulation No. 2015/2283).

3.2.2 Farmakologie

Během výzkumu hmyzu dochází také k objevům nových vlastností jednotlivých druhů. U larev bource morušového bylo například zjištěno, že může mít medicínský účinek, a to především ve snižování krevní glukosy v krvi člověka (Ryu et al. 2013). Dále mrazem sušené rozemleté larvy bourců mohou snižovat nekrotické a histopatologické změny způsobené diethylinitosaminem v játrech experimentálních myší (Cho et al. 2016). Dále bylo diskutováno farmakologické využití samců bource, neboť mají podobný efekt jako viagra na muže. Ve vědeckých studiích byla prokázána efektivita rozemletých samců bource morušového na erektilní disfunkci a hodnoty testosteronu u potkanů (Oh et al. 2012; Ryu et al. 2002). Další hmyz využívaný v tradiční čínské medicíně je *Periplaneta americana*. Tento šváb je využíván již po dobu tisíce let v léčbě nemocí pro své antibakteriální, antivirotické či antitumorové účinky a pro posilování imunity. V dnešní době je na trhu dostupná Xinmailong injekce obsahující extrakt z *Periplaneta americana*, která je využívána na léčbu gastrointestinálních vředů a chronických srdečních selhání s příznivými výsledky v klinických studiích (Zeng et al. 2019).

3.2.3 Alergie

Hmyz může být zdrojem alergické reakce, a to jak kvůli kontaktu s ním, inhalaci nebo samotné konzumaci. Nejčastější alergická reakce je však po bodnutí hmyzu z řádu Hymenoptera, po kousnutí či bodnutí krev sajícím hmyzem a při kontaktu s ostny, chlupy či obranými sekrety. K tomu hmyz nebo těkavé substance z něj mohou působit jako areolergeny. Byly zaznamenány případy, kdy častá manipulace s hmyzem, který je využíván ke konzumaci (jako je potměnák moučný, cvrčci, švábi nebo sarančata), vedl k druhově specifické senzibilizaci a vytvořil tak inhalační alergii. Švábi jsou jedni z hlavních zdrojů těchto alergií (Ribeiro 2017). Alergické reakce po kontaktu byly zaznamenány u potměníka moučného (*T. molitor*) a potměníka stájového (*A. diaperinus*). Nejběžnějšími reakcemi na pozření hmyzu je svědění a otoky, které ovšem mohou při horším průběhu vést až k astmatu a v ojedinělých případech i k anafylaktickému šoku (van Huis et al. 2013). Nejvíce ohroženi jsou lidé, kteří jsou alergičtí na mořské plody a korýše, a to díky zastopení stejných alergenů látek (Mlcek et al. 2014; Verhoeckx et al. 2016). K hlavním alergenům patří tropomyosin a arginin kynáza. Imunologický vztah mezi korýši, švábi, a domácími roztoči byl prokázán a lze předpokládat, že tropomyosin je důležitým panalergenem (Reese 1999). Nicméně je důležité v individuálních případech zjistit, zdali daný efekt je opravdu alergie na hmyz nebo zdali nejde o chemickou kontaminaci hmyzu (Pener 2014).

3.3 Nutriční hodnota hmyzu

Chemické analýzy jedlého hmyzu ukazují velkou různorodost v nutričních hodnotách vzhledem k druhu, potravě, stádiu vývoje a místě výskytu (Oonincx & Finke 2020). Nutriční skladba bývá také ovlivněna metodou přípravy pro následnou konzumaci (vaření, smažení, sušení, pečení apod.) (Akhtar & Isman 2018). Hmyz může být dobrým zdrojem nejen proteinu, ale také vitamínů, minerálů a tuků. Mnoho hmyzu obsahuje také velké množství lysinu, jenž bývá často limitující aminokyselinou (Temitope et al. 2014). Práce Ayieka et al. (2016) ukazuje, že sušina cvrčka domácího obsahuje 47 % proteinu, 10 % sacharidů a 25 % tuku. Mezi minerály, které byly naměřeny, patří sodík, měď, vápník, draslík, železo, fosfor, hořčík a zinek. Z vitamínů obsahují například vitamíny A, B1, B2 a E.

Při analýzách zaměřených na vliv vývojového stádia na nutriční hodnotu cvrčků, došel Kipkoech et al. (2017) k závěru, že nejlepší dobou pro sklizeň cvrčků domácích (*A. domesticus*) je věk mezi 9 a 11 týdnů, kdy jsou obsahy proteinů a minerálů v optimu. Kulma et al. (2019) zjišťoval nutriční rozdíly mezi pohlavím cvrčků *Acheta domestica* a došel k závěru, že rozdíly mezi samci a samicemi existují, a že samice oproti samcům obsahují významně vyšší množství lipidů, ale zároveň méně bílkovin a chitinu.

3.3.1 Bílkoviny

Obsah bílkovin v těle hmyzu je velice důležitý při hodnocení hmyzu pro účely entomofágie. Obecně hmyz obsahuje 40–70 % bílkovin v sušině. Až 77 % bílkovin v sušině bylo zjištěno u některých druhů kobylek a některých druhů hmyzu z řádu Hymenoptera (Xiaoming et al. 2010). Stravitelnost bílkoviny hmyzu se pohybuje v rozmezí 76–90 %, nicméně stravitelnost byla nižší v porovnání s vaječnou bílkovinou (95 %) nebo hovězím

masem (98 %). Na druhou stranu, stravitelnost hmyzu byla vyšší než u většiny rostlinného proteinu (Finke 2004). Finke (1989) ve své další studii uvádí, že stravitelnost lze zlepšit odstraněním chitinu.

Většina zkoumaného jedlého hmyzu má množství bílkovin srovnatelný s hovězím masem, rybami nebo krevetami, avšak může mít i vyšší hodnoty, jako je tomu v případě chapulines, druhu sarančete (*Sphenarium*), pojídaného na různé způsoby v Mexiku, (viz Obrázek 2), nebo *Rhynchophorus ferrugineus*, dospělých termitů, dospělých sarančat a kobylek (FAO 2012).



Obrázek 2: Chapulines taco (Murphy)

Jedlý hmyz je zdrojem mnoha esenciálních aminokyselin jako například lysinu, tryptofanu či threoninu. Z tohoto pohledu je mnoho druhů hmyzu dobrým zdrojem lysinu, aminokyseliny, jejíž deficit je znám především u lidí závislých na příjmu obilí (Kouřimská & Adámková, 2016). Nejčastější limitující aminokyselinou pro hmyz se zdá být methionin nebo tryptofan (Kulma et al. 2019). Pro využití hmyzí bílkoviny jako alternativního potravinového zdroje je třeba dalšího zkoumání její kvality (Akhtar & Isman 2018).

3.3.2 Tuky

Tuky jsou po bílkovinách druhou majoritní složkou hmyzu. V lidské výživě tak mohou přispívat poskytováním energie a esenciálních mastných kyselin (Ramos-Elorduy 2008). Mastné kyseliny se dělí na nasycené a nenasycené, a to podle počtu dvojiných vazeb v řetězci, případně na esenciální a neesenciální podle schopnosti organismu si je vytvořit. Nasycené mastné kyseliny (SFA) neobsahují násobné vazby a často se vyskytují v živočišných produktech a tropických olejích jako je například palmový nebo kokosový (van Huis 2013). Mezi nasycené mastné kyseliny patří kyselina máselná (C4:0), kapronová (C6:0), kaprylová (C8:0), kaprinová (C10:0), laurová (C12:0), myristová (C14:0), palmitová (C16:0), stearová (C18:0), arachová (C20:0) behenová (C22:0), lignocerová (C24:0) a cerotová (C26:0). Nejrozšířenější SFA ve

všech organismech je kyselina palmitová. Tato kyselina zvyšuje koncentraci cholesterolu, urychluje vznik LDL lipoproteinových částic a zároveň snižuje aktivitu receptorů pro LDL (Fernandez & West 2005). Další významnou nasycenou mastnou kyselinou je kyselina stearová. Oproti ostatním nasyceným mastným kyselinám má pozitivní vliv na koncentraci HDL cholesterolu (Tvrzická et al. 2009a; Tvrzická et al. 2009b).

Nenasycené mastné kyseliny dělíme na mononenasycené (MUFA), které mají pouze jednu dvojnou vazbu a polynenasycené (PUFA), které mají dvě a více dvojných vazeb. S přítomností dvojných vazeb je důležitá izomerie, tedy konkrétně cis a trans uspořádání. Trans mastné kyseliny jsou škodlivé pro organismus, působí totiž prozánětlivě a zvyšují riziko ischemické choroby srdeční (Dostálová 2011). Mezi nenasycené mastné kyseliny patří například myristolejová (C14:1 cis-9), palmitolejová (C16:1 cis-9), olejová (C18:1 cis-9), linolová (C18:2 cis-9, 12), γ -linolenová (C18:3 cis-6, 9, 12), α -linolenová (C18:3 cis-9, 12, 15) eruková (C22:1 cis-9). Mezi nejdůležitější MUFA patří kyselina olejová, která snižuje koncentraci LDL cholesterolu a působí i proti vzniku trombů (Maedler et al. 2003). PUFA jsou ve výživě velmi důležité. Rozdělují se na omega-3 (ω -3) a omega-6 (ω -6), tak jako MUFA podle poslední dvojně vazby v řetězci. Nedostatek ω -3 mastných kyselin vede k různým chorobám. Lze vyjmenovat lupénku, revmatoidní artritidu, chronické střevní záněty, rakovinu, diabetes, srdeční onemocnění či astma (Simopoulos 2011). Důležitý je vhodný poměr mezi ω -3 a ω -6 mastnými kyselinami. Vhodný poměr je uváděn jako prevence před civilizačními nemocemi, do kterých patří obezita, autoimunitní nemoci, diabetes, artritida, různé druhy rakoviny, ateroskleróza a duševní onemocnění (Simopoulos 2008).

K vyhodnocení vhodnosti skladby tuků na lidské zdraví se využívají indexy aterogenicity a trombogenicity. Indexem aterogenicity (IA) se vyjadřuje tendence k vzniku a rozvoji aterosklerózy. Označuje se vztahem mezi součtem hlavních nasycených mastných kyselin, které jsou obecně považovány za nejvíce aterogenní, a součtem tří hlavních nenasycených mastných kyselin, které naopak mají schopnost snižovat hladinu esterifikovaných mastných kyselin, cholesterolu a fosfolipidů, čímž zabraňují vzniku koronárních chorob. Index trombogenicity (IT) se udává jako vztah mezi pro-trombogenními nasycenými mastnými kyselinami a anti-trombogenními mastnými kyselinami (MUFA, PUFA n-3, PUFA n-6). Využitím tohoto indexu lze vyjádřit tendenci k vytváření sraženin v cévách. Čím vyšší vyjdou hodnoty indexů, tím vyšší je riziko tvorby daného onemocnění. Nejzdravější oleje a tuky jsou takové, které mají nízkou hodnotu výsledného indexu (Žák et al. 2011).

Vzhledem k profilu lipidů jsou larvy hmyzu charakteristické nízkým obsahem polynenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem, jako v případě kyseliny eikosapentaenové nebo kyseliny dokosaheptaenové (Sogari 2019). Kulma et al. (2016) zjistil u různých druhů švábů největší zastoupení mezi mastnými kyselinami u kyseliny olejové (C18:1 cis-9), která měla zastoupení od 38 do 44,2 % ze všech mastných kyselin. Dále podle Kulma et al. (2019) je nejvyšší zastoupení mastných kyselin u cvrčků domácích v podobě kyseliny linoleové, olejové, palmitové a stearové.

Přírodní tuky jsou hlavními zdroji energie v buňkách, zbytek jsou proteiny a sacharidy. Vlastnoti tuků závisí na profilu mastných kyselin. Bukkens (1997) tvrdí že skladba mastných kyselin hmyzu sesbíraného ze stejných lokací je podobná. To svědčí o tom, že skladba mastných kyselin je ovlivňována krmivem (Barroso et al. 2014). Tuk je důležitý také z důvodů, že je nositelem chuti. Dále mají tuky důležitou funkci při vytváření esenciálních sloučenin s různými

funkcemi jako je transport a absorpce vitamínů, distribuce steroidů apod., také jsou prekurzory pro prostaglandiny, tromboxiny či tvorbu cholesterolu (Mahan & Escott-Stump 2003; Ramos-Elorduy 2008).

Výživová energie kolísá s obsahem tuku. Obecně jedlý hmyz obsahuje od 10 % a v extrémních případech až 60 % tuků v sušině (Bednářová 2013). Obsah hmyzího tuku je závislý na druhu hmyzu a jeho výživě, obsah tuku je vyšší u larválních stádií hmyzu než u dospělých jedinců. (Bukkens & Paoletti 2005). Nejvyšší množství tuku v hmyzu bylo nalezeno u termitů a larev nosatců *Rhynchophorus ferrugineus* (Bukkens 1997).

Nevyspělá stadia holometabolického hmyzu mají vysoké množství polynenasycených tuků. Z pohledu obsahu energie je hmyz srovnatelný s konvenčními zdroji. Obsah energie u hospodářských zvířat je 165 - 705 kcal/100g, zelenina má 308 - 352 kcal/100g, zatímco jedlý hmyz obsahuje 217 - 777 kcal/100g a hmyz vyrůstající na organických zbytcích obsahuje 288 - 575 kcal/100g (Ramos-Elorduy 2008). Při srovnání hmyzu s dalšími zdroji odpovídají energetické hodnoty obilovin například energii druhů z řádů Megaloptera a Hemiptera. Energetická hodnota zeleniny koresponduje s nižšími hodnotami larev řádu Lepidoptera, zatímco luštěniny mají obsah energie podobný hmyzu z řádu Homoptera. V případě různých druhů masa (drůbež, hovězí, vepřové, ryby a prasata) je energetická hodnota srovnatelná pro nižší hodnoty s řádem Diptera a pro vyšší hodnoty s řádem Lepidoptera v larválním stádiu (Ramos-Elorduy 2008).

3.3.3 Sacharidy

Hmyz nemá vysoký obsah sacharidů. Víceméně jediným zástupcem této skupiny je chitin, jehož obsah se v sušině hmyzu pohybuje okolo 5–20 % hmotnosti (Govorushko 2019). Chitin je dusíkatý polysacharid, slouží jako strukturální komponent kutikulárního exoskeletu členovců a je důležitou součástí růstu a vývoje (Huet et al. 2020). Svou chemickou strukturou se chitin podobá celulóze a je stejně tak nerozpustný a nestravitelný pro většinu monogastrů. Přesto mají některá zvířata i lidé enzym chitinázu, která je schopná ho štěpit (Paoletti et al. 2007). S chitinem se lze kromě hmyzu setkat i ve schránkách korýšů a hub (van Huis 2013). Výzkum cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) a cvrčka dvouskvrnného (*Gryllus bimaculatus*) keňskými entomology ukázal, že nutriční a chitinová skladba chovaných cvrčků je závislá na jejich věku (Kipkoech et al 2017).

3.3.4 Mikronutrienty

Co se týče obsahu minerálních látek, Finke (2002) uvádí, že veškerý hmyz je nedostatečným zdrojem vápníku, neboť všechny druhy hmyzu, které zkoumal mají méně než jednu třetinu doporučené dávky vápníku dle National Research Council (NRC) normy. Z toho důvodu je důležité při zkrmování doplňovat obratlovcům vápník. Naopak fosforu bylo naměřeno dostatek, u potměníka moučného byly hodnoty nejvyšší. Co se týče obsahu hořčíku, sodíku, draslíku a chloru, tak veškerý zkoumaný hmyz naplňoval dietetické požadavky NRC normy.

Ohledně vitamínů, jediný hmyz, u kterého Finke (2002) detekoval vitamin A byl bourec morušový, Penino et al. (1991) uvádí, že extrémně nízké hodnoty vitamínu A (161–972 IU vitamínu A/kg sušiny) obsahují i potměník moučný, motýli z čeledi zavíječovitých, potměník

brazilský a cvrčci, dále Finke (2002) analyzoval různé druhy hmyzu a z jeho závěru vyplývá že veškerý testovaný hmyz obsahoval měnící se množství různých vitamínů. Nejvíce byl zastoupen vitamin B a cholin. Na druhou stranu, potěmnik brazílský (*Zophobas morio*), dospělci potěmnikova moučného (*Tenebrio molitor*) a nymfy i dospělci cvrčků (*Acheta domestica*) neobsahovali dostatečné množství thiaminu, tak aby splňovali doporučení NRC norem. Naopak stejný autor uvádí, že nymfy i dospělci cvrčků obsahují dostatečné množství vitamínu B₁₂. Schmidt et al. (2019) ale upozorňují na možné přecenění obsahu, jelikož při precizaci analytických metod byly odhalny vysoké podíly nestravitelného pseudovitamínu B₁₂.

3.4 Využití hmyzu jako nového udržitelného zdroje

Znečištění ovzduší skleníkovými plyny a využití vody a půdy jsou parametry, které se nejvíce využívají ke kvantifikaci ekologické stopy produkce. Oxid uhličitý, metan a oxid dusný jsou hlavními skleníkovými plyny, které přispívají ke globálnímu oteplování a jsou součástí globální klimatické změny. Produkce amoniaku z chlévské mrvy, výkalů a moči hospodářských zvířat vede k nitrifikaci a acidifikaci půdy. To, že hospodářská zvířata přispívají ke zvyšování obsahu skleníkových plynů je známým faktem. Steinfeld (2006) uvádí, že hospodářská zvířata jsou zodpovědná za 9 % CO₂, 35-40 % CH₄, 65 % N₂O a 64 % NH₃ produkce vytvořené lidskou činností. Oonix et al. (2010) provedl studii, kde byla kvantifikována produkce skleníkových plynů, metanu a oxidu dusného pro pět druhů hmyzu, konkrétně *T. molitor*, *Acheta domestica*, *Locusta migratoria*, *Pachnoda marginata* a *Blaptica dubia*. Tato práce uvádí, že testovaný hmyz produkuje ve srovnání s hospodářskými zvířaty srovnatelné, případně nižší množství skleníkových plynů a že i produkce NH₃ je u všech pěti druhů hmyzu nižší. Tudíž z této studie vyplývá, že produkce kilogramu hmyzího proteinu vyprodukuje v porovnání s kilogramem vepřového i hovězího masa méně skleníkových plynů.

Abychom při porovnávání efektivity konverze krmiva u cvrčků a obratlovců dosáhli relevantních výsledků, je nutné počítat také s nepoživatelnými částmi (kosti, šlachy apod.), které snižují množství jedlých částí, a to až o 50 % hmotnosti. Teoreticky se do nepoživatelných částí mohou u hmyzu počítat jejich končetiny a exoskelet kvůli chitinu. Tyto části mohou být pro některé živočichy s jednoduchým žaludkem stále nestravitelné (Defoliart 1991). Hmyz je navíc poikilotermní a nepotřebuje tudíž energii na výrobu tepla. V porovnání s hospodářskými zvířaty je proto konverze krmiva u hmyzu buď srovnatelná (drůbež, brojleři) nebo nižší (skot, prasata) (Defoliart 1991). Cvrčci potřebují zhruba 2 kilogramy krmiva k tomu, aby přírůstek biomasy dosáhl 1 kilogramu hmotnosti (van Huis 2013). K vyprodukování 1 kilogramu masa je potřeba 7,7 kg krmiva u skotu, 6,3 kg krmiva u ovce, 3,6 kg krmiva u praseta a 2,2 kg krmiva pro kuřata (van Huis 2010).

3.5 Využití cvrčků (Gryllidae) v potravinářství či krmivářství

Cvrčci jsou celosvětově jedním z nejčastěji chovaných druhů hmyzu. Zatímco v Asii jsou konzumováni přímo lidmi, v západní kultuře se jedná hlavně o využití jako krmivo pro hmyzožravé živočichy žijící v zajetí.

Výhodou v chovu cvrčků je také možnost kultivace na vedlejších produktech potravinářského průmyslu a zemědělství. Téměř jedna třetina produkce potravy pro lidskou

spotřebu, tedy 1,3 miliard tun za rok, je nevyužita. Z tohoto pohledu je využití některých takových produktů ke krmení velice výhodné, jelikož dochází k biodegradaci za vzniku kvalitního zdroje živin. Jako ilustraci potenciálu využili Lundy & Parrella (2015) stát Kalifornie ve Spojených státech amerických. Pokud by se vzaly 2 miliony tun zbytků (suchých) potravy, které vznikají každým rokem, a tyto byly využity pro chov hmyzu, bylo by zajištěno 210 tisíc tun proteinu. Zároveň by se díky snížení potřeby kompostace odpadu a následného využití na poli drasticky snížila produkce skleníkových plynů (Lundy & Parrella 2015). Při využití chovu cvrčků na vedlejších produktech potravinářského průmyslu a zemědělství, je vhodné vzít v úvahu, že chuťové vlastnosti cvrčků se mění závislosti na předkládaném krmivu (Ayieko et al. 2016)

Chov cvrčků je ve světě na vzestupu, o čemž svědčí vzrůstající počet farem v Thajsku. Jenom v této zemi, je jich přes 20 tisíc a patří ke světové špičce. Mezi nejčastěji chované druhy cvrčků patří cvrček dvojskvrnný (*Gryllus bimaculatus*) a cvrček domácí (*Acheta domestica*) (Halloran et al. 2017). I přesto že nejvíce rozšířeným druhům využívány pro chov jsou již zmínění cvrčci, byl pro tuto práci vybrán cvrček banánový (*G. assimilis*) především z důvodů lepší manipulace. Tento druh cvrčka téměř necvrká a při úniku z chovného boxu zanedlouho uhynie (Bruins 1999). Dále oproti cvrčku domácímu (*A. domestica*) dorůstají do větších rozměrů, nejsou tak náchylní na změny, a tudíž dochází i k menším ztrátám z důvodu stresu.

Gryllus assimilis byl popsán v roce 1775 na Jamajce, proto se v anglickém jazyce můžeme setkat s jeho obecným názvem Jamaican field cricket. Přirozeně se vyskytuje na území Jižní Ameriky přes Střední Ameriku včetně karibských ostrovů až po Severní Ameriku. Cvrček banánový je červenavě hnědé barvy, s hnědými skvrnami. Tělo je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček. Dospělci mají dva páry křídel, první pár je více sklerotizovaný a kryje druhý pár blanitých křídel. Cvrčci mají tři páry končetin, třetí pár s dlouhými stehny a holeněmi je uzpůsoben ke skákání. Na zadečku dospělých samic je výrazné kladélko. Pro odchov je nutná minimální teplota 25 °C, přičemž při vyšší teplotě do 30 °C se životní cyklus urychlí a zrychlí se tak i líhnutí. Nymfy dospívají okolo 6 až 7 týdnů, avšak při vyšší teplotě se tento čas může zkrátit. V přírodě samice kladou vejce do půdy. V chovu lze půdu nahradit substrátem, který se vhodně zabezpečí proti konzumaci a vyhrabání vajec. K samotnému kladení dochází obvykle do dvou týdnů po posledním svlékání. Doba kladení trvá zhruba dva měsíce, kdy následně samice umírá, aniž by zpravidla došlo k úplnému vykladení (Bruins 1999).

4 Metodika

4.1 Odchov cvrčků

4.1.1 Chovný box a mikroklima

Pro chov cvrčků byly použity plastové boxy 57 × 39 × 28 cm o objemu 45 litrů. Chovné nádoby byly uzavřeny víkem s hliníkovým pletivem s jemnými oky zajišťujícím ventilaci a současně zabraňujícím úniku hmyzu. Pro zvětšení užité plochy, byl box vyložen proložkami od vajec, které zároveň poskytovaly úkryt pro hmyz. Boxy byly umístěny v insektáriu v budově Fakulty agrobiologie potravinových a přírodní zdrojů na České zemědělské univerzitě v Praze při konstantní teplotě 27 ± 1 °C s fotoperiodou 12:12. V každém chovném boxu byla alespoň jedna Petriho miska s hydrogelem (AG servis s.r.o., Česká republika), který dovoval vytvářet zásoby vody bez rizika utopení cvrčků. Dále byly v boxu uloženy Petriho misky, na které bylo předkládáno krmivo dané skupiny cvrčků. Celé uspořádání boxu je vidět na Obrázku 3.



Obrázek 3: Uspořádání chovného boxu (autorka práce)

4.1.2 Rozdělení boxů a krmení

Pro pokus bylo použito pět druhů krmných směsí označené BK, RV 70, RV 52,5, RV 35, RV 17,5. Jednotlivá složení krmiv jsou umístěna v příloze. BK je označení pro kontrolní skupinu

cvrčků, její konkrétní složení viz Příloha I. Další krmnou směsí byla RV 70 je směs s obsahem 70 % řepkových výlisků (100 % sóji nahrazeno řepkovými výlisky) viz Příloha II. RV 52,5 s obsahem 52,5 % řepkových výlisků, kdy byla sója nahrazena ze 75 %, viz Příloha III 3. RV 35 s obsahem řepkových výlisků 35 %, přičemž bylo ve směsi nahrazeno 50 % sójového šrotu viz Příloha IV. Poslední experimentální krmná směs obsahovala o 25 % méně sóji než kontrolní skupina, a byla označena RV 17,5 obsahovala 17,5 % řepkových výlisků viz Příloha V. Chovné boxy byly rozděleny do pěti skupin A-E, přičemž byl prokus proveden ve třech opakováních pro každý z výše uvedených krmných substrátů. Skupina A byla krmena kontrolním krmivem BK, skupina B krmivem RV 70, skupina C dostávala krmivo RV 52,5, cvrčci ze skupiny D dostávali krmnou směs s označením RV 35 a poslední skupina E dostávala krmivo s označením RV 17,5. Cvrčci v kontrolní i pokusné skupině byli krmeni ad libitum, kontrola a případné doplňování zdrojů potravy i vody probíhalo po celou dobu pokusu 1-krát denně.

4.1.3 Chov cvrčků

Do chovných boxů dospělých cvrčků byla uložena kladiště vyrobena z plastových krabiček o objemu 250 ml, naplněna substrátem pro pěstování palem, který byl udržován stále vlhký díky každodennímu vlhčení pomocí rozprašovače. Na kladištích byla víka, které byly po téměř celé ploše nahrazeny pletivem, které zabraňovalo nežádoucímu vyhrabávání a konzumaci vajíček, zároveň však umožňoval samicím do substrátu klást. Kladiště byla následně inkubována v samostatném boxu a každodenně rosená.

Pro samotný pokus byly použity čerstvě nalíhlé cvrčci (1 ± 1 den), když do každého boxu bylo přemístěno 2 g nymf, Petriho miska s hydrogelem a podle skupiny i odpovídající krmivo. Plata od vajíček byla uložena tak, aby cvrčci měli zajištěn přístup ke krmivu i hydrogelu, jak je patrné z Obrázku 4.

Cvrčci byli sklizeni po 60 ± 1 dnech od líhnutí. Aby byly cvrčci zbaveni obsahu trávícího traktu, byl jim 24 hodin před sklizní odebrán substrát. V době lačnění měli k dispozici pouze Petriho misku s hydrogelem a proložky poskytující úkryt. Pro následující analýzy byli cvrčci usmrceni mrazem při -80 °C.



Obrázek 4: Česrtvě nalíhlé nymfy v chovném boxu (Autorka práce)

4.2 Stanovení tuku

4.2.1 Lyofilizace

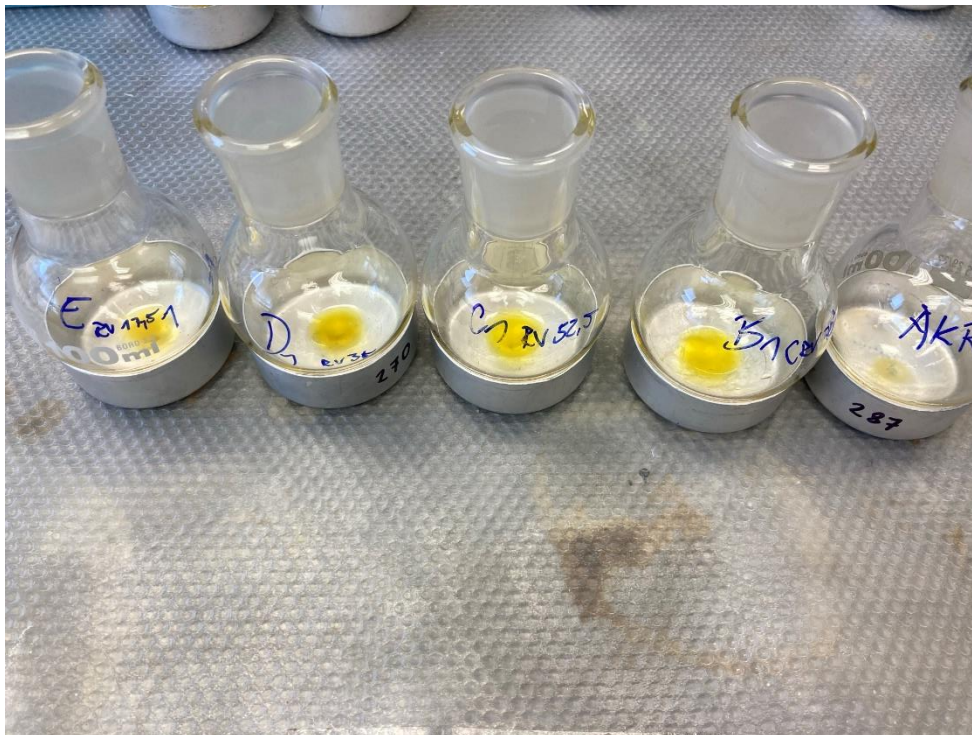
Před lyofilizací byly vzorky zmrazeny na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do lyofilizátoru ScanSpeed MaxiVac (LaboGene, Dánsko) byly vloženy vzorkovnice se vzorky bez víček při podmínkách $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, tlaku 4 mbar , 200 rpm na dobu 72 h . Lyofilizované vzorky byly následně homogenizovány.

4.2.2 Homogenizace vzorků

Homogenizace vzorků byla provedena na homogenizátoru Grandprix 2008 (Retsch, Německo). Nejprve byly vzorky mēlněny 20 vteřin při 4000 otáčkách za minutu, a nakonec byl vzorek homogenizován 20 vteřiny při 10000 otáčkách za minutu.

4.2.3 Extrakce

Pro extrakci tuku bylo naváženo $1,5\text{ g}$ homogenizovaného vzorku cvrččí moučky do Erlenmeyerovy baňky. Do stejné baňky bylo přidáno 30 ml petroletheru. Baňka se vzorkem a petroletherem byla promíchána a ponechána cca 10 minut extrakce, poté byla na 3 minuty vložena do ultrazvukové třepačky (Tesla, Československo). Následně byla baňka ponechána dalších 10 minut v klidu. Po extrakci byl vzorek přefiltrován (s přídatkem $1,25\text{ g}$ bezvodého síranu sodného) a odpařen na rotační vakuové odparce ($120\text{ otáček}\cdot\text{min}^{-1}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5 minut; Laborota 4000, Německo). Baňky se vzorky jsou na Obrázku 5. Po jeho odpaření byl povrch baňky důkladně osušen, vzorek byl zavíčkován a uskladněn v mrazáku k následné esterifikaci. Cílem této metody extrakce nebyla kvantitativní extrakce veškerého tuku ze vzorku, ale získání dostatečného množství pro následující esterifikaci.



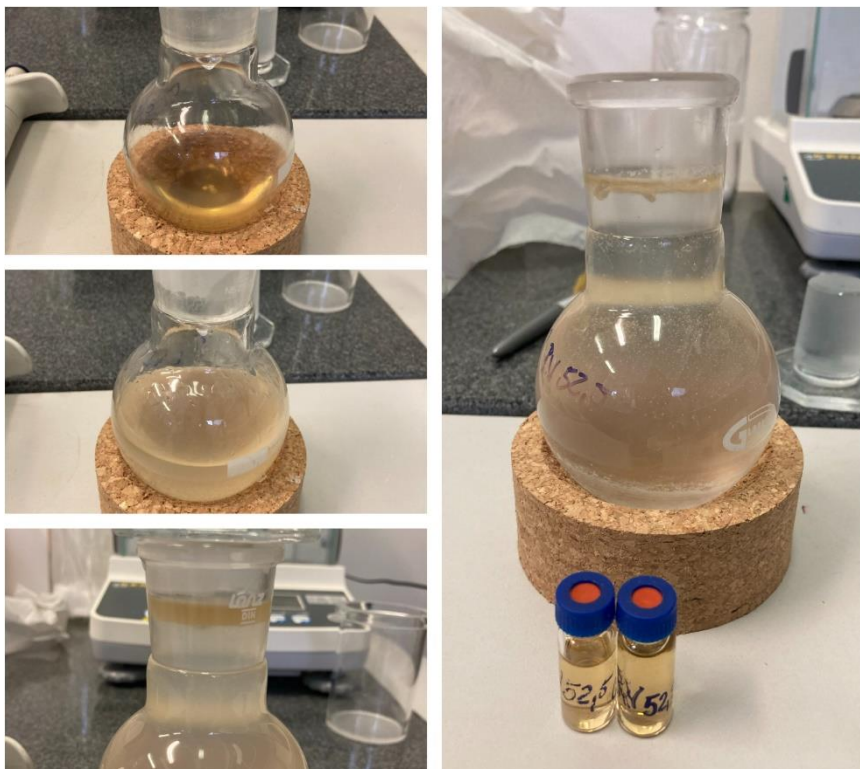
Obrázek 5: Baňky s vyextrahovaným tukem (autorka práce)

4.2.4 Esterifikace

Pro esterifikaci pomocí BF_3 byly využity baňky z předchozí extrakce. Po rozmražení vzorku bylo pipetou přidáno 5 ml methanolu, 1 ml 0,5M methanolického roztoku KOH, 1,5 ml BF_3 a varný kamínek. Tato směs byla následně uložena do topného hnízda (THS 250, Československo) s nasazeným skleněným chladičem, jak je vidět na Obrázku 6 a vařena cca 2 hodiny. Po skončení varu byla baňka vychlazena na laboratorní teplotu, a přes zpětný chladič přidáno 5 ml hexanu. Po odkapání se baňka vyjmula z chladiče, do poloviny baňky byl přidán nasycený roztok NaCl a krouživým pohybem promíchán. Poté byl roztok dolit až do hrdla baňky a následně byla baňka přiklopena, než se oddělila horní vrstva. Ta byla následně opatrně převedena pipetou do vialky s bezvodným síranem sodným. Celý postup podlévání je zaznamenaný na Obrázku 7. Poté byl vzorek skladován v mrazícím boxu až do následující analýzy na plynovém chromatografu.



Obrázek 6: Topná hnízda s chladiči (autorka práce)



Obrázek 7: Podlévání nasyceným roztokem NaCl a odebrání horní vrstvy do vialek (autorka práce)

4.2.5 Stanovení profilu mastných kyselin

Pro stanovení profilu mastných kyselin byl použit plynový chromatograf GC-MS s hmotnostním detektorem (Agilent Technologies, USA). K separaci byla použita chromatografická kolona Restek Rt®-2560 o rozměrech 100 m × 0,25 mm × 0,2 μm (Agilent Technologies, USA). Teplota nástřiku byla 250 °C, objem nástřiku byl 1 μl, splitovací poměr byl 1:100, jako nosný plyn byl použit dusík, teplotní program 80 °C/ 5 min, 200 °C / 30 min, 250 °C/ 15 min. Analýza jednoho vzorku probíhala po dobu 60 minut. K identifikaci mastných kyselin byl použit standard FAME Mix (Restek, USA), který obsahuje 37 methylesterů mastných kyselin. Identifikovány byly pouze mastné kyseliny, jež byly obsaženy ve standardu. Jejich obsah byl vyjádřen na celkový procentuální obsah.

4.3 Statistické vyhodnocení

Pro sjednocení a zpracování naměřených dat byl použit software Microsoft Excel. Ze získaných dat byly vypočteny aritmetické průměry a směrodatné odchylky. Analýza rozptylu a následné post-hoc Schéffho testy byly vypočítány pomocí softwaru STATISTICA (StatSoft Inc, USA). Statisticky porovnány byly pouze obsahy mastných kyselin, které byly zastoupeny ve více než 1 %.

5 Výsledky

Celkové výsledky pokusu jsou uvedeny v Tabulce 1. Výstupy ze softwaru Statistica jsou přiloženy v samostatných přílohách VI-XXXI.

Tabulka 1: Profil mastných kyselin cvrčka banánového

	% zastoupení mastných kyselin				
	A (BK)	B (RV 70)	C (RV52,5)	D (RV35)	E (RV17,5)
C12:0	-	0,01 ± 0,02	-	0,02 ± 0,02	0,09 ± 0,08
C14:0	0,63 ± 0,04	0,43 ± 0,01	0,5 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,68 ± 0,09
C15:0	-	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,05
C16:0	23,62 ± 0,65 ^a	17,11 ± 0,39 ^b	18,92 ± 0,33 ^c	20,66 ± 0,23 ^d	21,91 ± 0,35 ^e
C16:1 (cis-9)	0,95 ± 0,03	0,78 ± 0,05	0,83 ± 0,06	0,81 ± 0,05	1,14 ± 0,07
C17:0	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,2 ± 0,04	0,2 ± 0,01	0,18 ± 0,03
C18:0	8,11 ± 0,16 ^a	6,87 ± 0,24 ^b	7,79 ± 0,68 ^{abc}	8,05 ± 0,44 ^{acd}	8,84 ± 0,91 ^{ad}
C18:1 (trans-9)	0,64 ± 0,05	0,16 ± 0,01	0,37 ± 0,11	0,48 ± 0,13	0,35 ± 0,06
C18:1 (cis-9)	29 ± 0,35 ^a	41,42 ± 0,98 ^b	40,03 ± 0,92 ^b	37,83 ± 1,09 ^c	34,63 ± 1,68 ^d
C18:2 (trans-9, 12)	1,73 ± 0,20	0,88 ± 0,10	0,65 ± 0,38	0,87 ± 0,5	0,54 ± 0,07
C18:2 (cis-9, 12)	28,45 ± 0,53 ^a	26,02 ± 0,90 ^b	24,93 ± 0,91 ^b	25,03 ± 0,49 ^b	25,99 ± 1,2 ^b
C20:0	0,34 ± 0,03	0,45 ± 0,06	0,39 ± 0,08	0,41 ± 0,07	0,45 ± 0,07
C18:3 (cis-6, 9, 12)	0,29 ± 0,03	0,08 ± 0,01	0,1 ± 0,05	0,13 ± 0,02	0,15 ± 0,03
C20:1 (cis-11)	0,31 ± 0,03	0,12 ± 0,02	-	-	-
C18:3 (cis-9, 12, 15)	1,21 ± 0,06 ^a	3,65 ± 0,35 ^{bc}	3,88 ± 0,68 ^c	3,19 ± 0,46 ^b	2,91 ± 0,41 ^{bc}
C20:2 (cis-11, 14)	4,63 ± 0,31 ^a	1,64 ± 0,22 ^b	1,27 ± 0,32 ^b	1,68 ± 0,74 ^b	2,01 ± 1,52 ^b
ΣSFA	32,95 ± 0,23 ^a	25,25 ± 0,14 ^b	27,94 ± 0,24 ^c	29,98 ± 0,15 ^d	32,28 ± 0,29 ^a
ΣMUFA	30,9 ± 0,14 ^a	42,48 ± 0,41 ^b	41,23 ± 0,38 ^b	39,12 ± 0,38 ^c	36,12 ± 0,71 ^d
ΣPUFA	36,31 ± 0,18 ^a	32,27 ± 0,31 ^b	30,83 ± 0,31 ^b	30,9 ± 0,30 ^b	31,6 ± 0,61 ^b
n-3	1,21 ± 0,06 ^a	3,65 ± 0,35 ^{bc}	3,88 ± 0,68 ^c	3,19 ± 0,46 ^b	2,91 ± 0,41 ^{bc}
n-6	28,74 ± 0,53 ^a	26,1 ± 0,90 ^b	25,03 ± 0,91 ^b	25,16 ± 0,49 ^b	26,14 ± 1,2 ^b

IA	0,43 ± 1,08 ^a	0,26 ± 0,28 ^b	0,3 ± 0,23 ^c	0,34 ± 0,23 ^d	0,38 ± 0,33 ^e
IT	0,97 ± 1,3 ^a	0,54 ± 0,31 ^b	0,61 ± 0,3 ^c	0,7 ± 0,25 ^d	0,79 ± 0,53 ^e

5.1 Profil mastných kyselin

Nejvíce zastoupená je kyselina olejová (C18:1 cis-9), druhá nejvíce zastoupená je kyselina linolová (C18:2) a třetí kyselina palmitová (C16:0) dále pak kyselina stearová (C18:0), kyselina eikosadienová (C20:2 cis-11, 14) a kyselina α -linolenová (C18:3 cis -9, 12, 15).

Zastoupení kyseliny olejové stoupalo se zastoupením řepkových výlisků v krmivu pro cvrčky. Nejvyšší hodnoty kyseliny olejové dosáhla chovná skupina B (RV 70) s 41,42 % a nejnižší měli cvrčci z kontrolní skupiny A (BK) s 29 % zastoupení. Opačný trend byl zaznamenán u kyseliny palmitové, již bylo naměřeno nejvíce ve vzorku skupiny A, kde byl průměrný obsah byl stanoven na 23,62 %, následně s klesajícím obsahem sóji v potravě klesalo procentuální zastoupení této kyseliny až na 17,11 % u skupiny B. Stejná tendence je vidět i u kyseliny stearové, která měla nejvyšší zastoupení ve vzorcích kontrolní skupiny A s 8,11 % a nejnižší hodnotu opět skupina B s 6,87 %. Kyselina α -linolenová, byla nejméně zastoupena ve skupině s kontrolním krmivem A 1,21 %, a nejvyšších hodnot dosáhla ve skupině C (RV 52,5) s 3,88 %.

5.2 Indexy aterogenicity a trombogenicity

Z profilů mastných kyselin u jednotlivých vzorků byl stanoven index aterogenicity (IA) a trombogenicity (IT), podle následujícího vzorce.

$$IA = \frac{C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0}{\Sigma MUFA + \Sigma PUFA_{n-6} + \Sigma PUFA_{n-3}}$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5 \Sigma MUFA + 0,5 \Sigma PUFA_{n-6} + 3 \Sigma PUFA_{n-3} + \Sigma \left(\frac{n-3}{n-6} \right)}$$

Výsledky indexů jsou uvedeny v Tabulce 1. Z výsledků vyplývá, že nejmenší hodnoty, jak pro index aterogenicity, tak i pro index trombogenicity mají cvrčci ze skupiny B, kteří byli krmení směsí s nejvyšším množstvím řepkových výlisků, bez zastoupení sóji. Indexy aterogenicity a trombogenicity se zvyšují v závislosti na snižujícím se obsahu řepkových výlisků. Výsledky AI jsou 0,26 < 0,3 < 0,34 < 0,38 < 0,43 přičemž B (RV 70) < C (RV52,5) < D (35) < E (17,5) < A (BK). Výsledky pro IT jsou 0,54 < 0,61 < 0,7 < 0,79 < 0,97 pro B (RV 70) < C (RV52,5) < D (35) < E (17,5) < A (BK).

5.3 Statistické vyhodnocení analýzy rozptylu ANOVA

Více než 1% zastoupení měly ve všech vzorcích kyselina palmitová, stearová, olejová, linolová, α -linolenová a eikosadienová.

Na základě statistického hodnocení bylo zjištěno, že na hladině významnosti ($p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi všemi skupinami u kyseliny palmitové (C16:0). Statisticky významné rozdíly u kyseliny stearové (C18:0) byly potvrzeny mezi skupinami A a B ($p = 0,022427$); B a D ($p = 0,02$); B a E ($p < 0,01$) a mezi C a E ($p = 0,04$). Pro kyselinu olejovou (C18:1 cis-9) byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi všemi skupinami krom skupiny B a C ($p = 0,29$). U kyseliny linolové (C18:2 cis-9,12) byly zjištěny statisticky významné rozdíly pouze mezi kontrolní skupinou A a všemi experimentálními skupinami ($p < 0,01$), které se mezi sebou významně nelišily. Stejně tak byly statisticky významné rozdíly ($p < 0,01$) mezi kontrolou a pokusnými skupinami zjištěny u kyseliny eikosadienové ($p < 0,01$) a kyseliny α -linolenové (C18:3 cis -9, 12, 15), kde se ovšem lišily i cvrčci ve skupinách C a E ($p=0,015603$).

U statistického hodnocení sumy nasycených mastných kyselin byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi všemi skupinami krom skupiny A a E ($p = 0,63$). Při hodnocení mononenasycených mastných kyselin, byl zjištěn statisticky významný rozdíl u všech skupin vyjma skupiny B a C ($p = 0,41$). Kdežto u součtu polynenasycených mastných kyselin byl statisticky významný rozdíl pouze mezi skupinou A a všemi experimentálními skupinami ($p < 0,01$), stejně tak jako u omega-6 mastných kyselin. Podobný výsledek byl zjištěn u omega-3 mastných kyselin, kde však ještě přibyla skupina C a E ($p = 0,02$). Co se týče indexů aterogenicity a trombogenicity, byl zjištěn statisticky významný rozdíl u všech sledovaných skupin ($p < 0,01$).

6 Diskuze

6.1 Profil mastných kyselin

Na základě dosažených výsledků a jejich statistického vyhodnocení je zřejmé, že předkládané krmivo má významný vliv na výsledné složení tuku cvrčka banánového, což potvrzují i mnozí autoři zkoumající jedlý hmyz (Bukkens 1997; Finke 2002; Tzompa-Sosa et al. 2014). Ostatně vliv přijímané potravy na skladbu mastných kyselin přijímaným krmivem je běžným jevem i u většiny monogastrických zvířat, a tak je nutné vyvarovat se podávání nevhodného, kontaminovaného či jinak znehodnoceného krmiva.

Ve všech sledovaných skupinách bylo nejvyšší zastoupení kyseliny olejové (C18:1 cis-9) následováno kyselinou linolovou (C18:2 cis-9,12) a kyseliny palmitovou (C16:0). Tyto tři kyseliny ve svém součtu tvoří 81 až 84 % ze všech naměřených mastných kyselin. K podobným výsledkům došla i Tzompa-Sosa (2014), která měřila profily mastných kyselin u cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a naměřila podobné zastoupení kyselin, jejichž součet se pohyboval v rozmezí 84,7 až 89,8 %. Taktéž u Finkeho (2002) byly mezi nejvíce zastoupenými kyselinami u různých druhů jedlého hmyzu kyselina olejová, palmitová a linolová. K nejvíce zastoupeným nasyceným mastným kyselinám v této práci patří kyselina palmitová (C16:0) v rozmezí od 17,11 do 23,62 % a kyselina stearová (C18:0) v zastoupení 6,78 až 8,11 %. Podobné zastoupení uvedla ve své práci také Zielińska et al. (2015) u cvrčků krátkokřídlých (*Grylloides sigillatus*), kde kyselina palmitová byla obsažena v množství 23 % a kyselina stearová v 7,35 %. Celkový obsah PUFA v této práci se pohyboval mezi 30,83 % až 36,31 % což odpovídá hodnotám uváděným jinými autory (Zielińska et al. 2015, Yang et al. 2006). Vyšší obsah nenasycených mastných kyselin je žádoucí, avšak je třeba mít na zřeteli, že tyto mastné kyseliny mají zvýšenou tendenci k oxidaci a mohou tak zapříčinit nechut' zvířat konzumovat krmivo obsahující hmyz. Je tedy nutné je ošetřit antioxidanty (Finke 2002).

Mezi hlavní PUFA vyskytující se v profilu mastných kyselin měřených vzorků, patří kyselina linolová a kyselina α -linolenová (C18:3 cis-9,12,15). Tyto dvě esenciální mastné kyseliny jsou známé svým vlivem na zdraví a vývoj dětí a mládeže (Michaelsen et al. 2009). Lidské tělo si tyto kyseliny neumí samo vytvořit, a proto je nutné je přijímat v dietě.

Cvrčci s nejvyšším obsahem nenasycených mastných kyselin byli ti, již byli krmeni krmivem s nejvyšším zastoupením řepkových výlisků. Obsah klesal s narůstajícím obsahem sóji a klesajícím zastoupením řepkových výlisků. Tento trend měl vliv na následný poměr mezi ω -3 a ω -6 mastnými kyselinami. Nejvyšší poměr ω -3: ω -6 byl zaznamenán u cvrčků žijících na kontrolním substrátu bez řepkových výlisků, a to v poměru 23,5:1. Nejnižší poměr byl zjištěn u cvrčků žijících na substrátu tvořeného z 52,5 % řepných výlisků, a to v poměru 6,4:1 Tento výsledek se neshoduje s prací Tzompa-Sosa et al. (2014), kde byl poměr 13,28:1 naměřený pro *Acheta domestica*, stejně tak jako s prací Zielińskiej et al. (2015), kde byl stanoven poměr 14:1 pro *Grylloides sigillatus*. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobeny využitím rozdílných krmiv. Nízký poměr mezi ω -3 a ω -6 mastnými kyselinami je žádoucí vzhledem k jeho příznivým efektům na lidské tělo v podobě protizánětlivých, protinádorových a protisrážlivých účinků.

Z práce Blažkové (2019), která srovnávala hodnoty mastných kyselin různých druhů olejů vyplývá, že v řepkovém oleji je v porovnání se sójovým méně SFA a PUFA a zároveň

více MUFA, ω -3 a ω -6 mastných kyselin. Ke stejnému výsledku bylo dosaženo v této práci při srovnání kontrolní skupiny chované na sójovém extrahovaném šrotu s ostatními skupinami, které měly nižší nebo žádné zastoupení sóji, a tedy částečné nebo úplné nahrazení za řepkové výlisky. Využití těchto vlastností lze při chovu nosnic. Pozitivní vliv zkrmování řepky na skladbu mastných kyselin snesených vajec potvrdila studie Brettschneidera et al. (1997), do krmné směsi byla přidávána řepková semena pro hnědovaječné hybridy nosnic a byl zaznamenáno průkazné zvýšení obsahu ω -3 mastných kyselin ve žloutku vejce.

Z tohoto pohledu může být nahrazení sóji řepkovými výlisky nejen výhodné z hlediska využití zbytkového produktu z výroby řepkového oleje, ale také benefiční z hlediska nutriční jakosti hmyzu.

6.2 Indexy aterogenicity a trombogenicity

Výsledky indexu aterogenicity a trombogenicity lze porovnat s výsledky které zjistil Kulma et al. (2019) na *Acheta domestica*. V porovnání s jeho výsledky, které u indexu aterogenicity dosahovaly hodnot 0,51 - 0,60, mají výsledky této práce lepší hodnoty (0,26 - 0,43). Lze je srovnat s tukem makrely či s margarínou s polynenasycenými mastnými kyselinami. Index trombogenicity, který ukazuje tendenci vzniku sraženiny v krevním řečišti, byl vypočten v rozmezí 0,54 - 0,97, což opět v porovnání s Kulmou et al. (2019), který naměřil hodnoty 1,17 - 2,66 ukazuje na lepší kvalitu tuku cvrčků. Hodnoty naměřeny v této práci lze opět přirovnat k hodnotám margarínu s PUFA či ke kuřecímu tuku, podle Svačiny (2011). Vzhledem k chybějící informaci o krmné dietě u Kulmy et al. (2019), se lze domnívat, že rozdílné výsledky jsou především důsledkem předkládáním odlišného krmiva

Aterogenní a trombogenní indexy v této práci lze také porovnávat s prací Blažkové (2019). Hodnoty indexů aterogenicity, prezentovány v této práci (0,26 - 0,43) lze porovnat například s avokádem, para ořechy či s masem ondatry (0,26), dále pak s potměnkem moučným (0,28), chobotnicí (0,32) nebo cvrčkem *Brachytrupes portentosus* (0,39). Naměřené trombogenní indexy této práce (0,54 - 0,97), lze přirovnat k hodnotám masa husy (0,55), para ořechům (0,68), tilápii (0,77) či štice (0,78). Nejbližší hodnoty pro oba indexy byly zaznamenány u kukuřičného oleje a aterogenním indexem 0,27 a indexem trombogenicity 0,53.

7 Závěr

Tato studie popisuje experiment, jehož cílem bylo zjistit vliv předkládaného krmiva na výslednou skladbu mastných kyselin u cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*), jednoho z dominantních druhů hmyzu na evropském trhu, který je často spojován s možným využitím ve výživě lidí i hospodářských zvířat. Během pokusu bylo prokázáno, že se v krmivu při náhradení sóji řepkovými výlisky významně mění profil mastných kyselin. Dochází ke zvýšení obsahu mononenasycených mastných kyselin na úkor nasycených mastných kyselin.

Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti 0,05 byly nalezeny u všech mastných kyselin, jejichž procentuální zastoupení bylo vyšší než 1 %, a to u většiny skupin porovnávaných s kontrolní skupinou.

Vědecká hypotéza, že „Profily mastných kyselin u cvrčků krmených směsmi obsahujícími řepkové výlisky budou obsahovat více omega-3 mastných kyselin než cvrčci z kontrolní skupiny krmené sójou.“ byla potvrzena. U kontrolní skupiny bylo naměřeno zastoupení ω -3 mastných kyselin ve výši 1,21 %, kdežto u ostatních skupin bylo rozpětí zastoupení od 2,91 % až po 3,88 %.

Z výsledků vyplývá, že pomocí krmiva lze upravovat profily mastných kyselin u cvrčka banánového. Závěrem lze řepkové výlisky doporučit jako součást krmiva pro cvrčky banánové. Využití řepkových výlisků jako náhrada sóji v krmivu je vhodnou volbou pro svou výslednou kvalitu tuku, která je významně vyšší v porovnání se sójou. Dalším benefitem využití řepkových výlisků je že dochází k využití odpadu, a tedy ke snížení ekologické zátěže. V neposlední řadě je důležité také zmínit snížení ekonomické zátěže chovu, kde právě náklady na krmivo patří k těm nejvyšším.

Další výzkum by bylo vhodné zaměřit na ochotu hospodářských zvířat přijímat krmivo tvořené cvrčky krmenými řepkovými výlisky, a zjistit jeho vliv na výsledné nutriční hodnoty zvířat.

8 Literatura

- Alegbeleye, W.O.; Obasa, S.O.; Olude, O.O.; Otubu, K.; Jimoh, W. 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegates* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Aquac. Res.* **43**:412–420.
- Akhtar Y, Isman MB. 2018. Insects as an Alternative Protein Source. Page Proteins in Food Processing: Second Edition. Second Edition. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5>.
- Ayieko MA, Ogola HJ, Ayieko IA. 2016. Introducing rearing crickets (gryllids) at household levels: adoption, processing and nutritional values. *Journal of Insects as Food and Feed* **2**:203-211.
- 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. *Aquaculture* **422-423**:193-201.
- Barton A, Richardson CD, McSweeney MB. 2020. Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. *Journal of Food Science* **85**:781-788.
- Bednářová M, Borkovcová M, Mlček J, Rop O, Zeman L. 2013. Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **61**:587-593.
- Belforti M, Gai F, Lussiana C, Renna M, Malfatto V, Rotolo L, De Marco M, Dabbou S, Schiavone A, Zoccarato I, & Gasco L. 2015. *Tenebrio Molitor* Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Diets: Effects on Animal Performance, Nutrient Digestibility and Chemical Composition of Fillets, *Italian Journal of Animal Science*, 14:4, DOI: 10.4081/ijas.2015.4170
- Biasato I et al. 2018. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science* **97**:540-548.
- Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat trait. *Journal of Animal Science* **94**:639-647.
- Bovera, F., Marono S., Di Meo C., Piccolo G., Iannaccone F., and Nizza A. . 2010. Effect of mannanoligosaccharides supplementation on caecal microbial activity of rabbits. *Animal* **4**:1522–1527. doi:10.1017/S1751731110000558.
- Blažková M. 2019. Posouzení nutriční kvality rostlinných a živočišných lipidů pomocí indexů atherogenicity a trombogenicity [bakalářská práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

- Brettschneider J.G., Jeroch H., Dänicke S., Pikul, J. 1997. Influence of a modified fatty acid profile of egg yolk fat on technological properties of hen's eggs. *Fett-Lipid*, **99**: 362-364.
- Bruins E. 1999. Encyklopedie teraristika. Rebo International, Nizozemsko.
- Bukkens SGF, Paoletti M. 2005. Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects. Ecological Implications of Minilivestock:559-592. CRC Press. Barcelona.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* **36**:287-319.
- Capinera J. L. 2008. Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht 252 New Delhi
- ČSÚ: Soupis ploch osevů k 31. 5. 2020. Available at <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2020>.
- Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, Dalle Zotte A. 2016. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal* **10**:1923-1930.
- DeFoliart GR. 1989. The Human Use of Insects as Food and as Animal Feed. *Bulletin of the Entomological Society of America* **35**:22-36.
- Defoliart JNAR. 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.
- Díaz S, Settele J, Brondízio ES, Ngo HT. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services:56. IPBES, Bonn, Germany.
- Dietz C, Liebert F. 2018. Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)? *Aquaculture Reports* **12**:43-48.
- Dostálová J. 2011. Tučky v potravinách a jejich nutriční hodnocení. *Interní medicína pro praxi* **13**:347-349.
- Durst P, Johnson D. 2010. Forest insects as food: humans bite back. Food and agriculture organization of the united nations regional office for asia and the pacific, Thailand.
- Dürr J, Andriamazaoro H, Nischalke S, Preteseille N, Rabenjanahary A, Randrianarison N, Ratompoarison C, Razafindrakotomamonjy A, Straub P, Wagler I. 2020. "It is edible, so we eat it": Insect supply and consumption in the central highlands of Madagascar. *International Journal of Tropical Insect Science* **40**:167–179. *International Journal of Tropical Insect Science*.
- Fernandez ML, West KL. 2005. Mechanisms by which Dietary Fatty Acids Modulate Plasma Lipids. *The Journal of Nutrition* **135**:2075-2078.
- Finke MD, DeFoliart GR, Benevenga NJ. 1989. Use of a Four-Parameter Logistic Model to Evaluate the Quality of the Protein from Three Insect Species when Fed to Rats. *The Journal of Nutrition* **119**:864-871.

- Finke MD, Oonincx D. 2013. Insects as food for insectivores. *Zoo biology* **19**: 583-616
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269-285.
- Finke MD. 2004. Nutrient Content of Insects. *Encyclopedia of Entomology*:1563-1575. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Frey G et al. 2018. Simulated Impacts of Soy and Infrastructure Expansion in the Brazilian Amazon: A Maximum Entropy Approach. *Forests* **9**:600.
- Gasco L, Belforti M, Rotolo L, Lussiana C, Parisi G, Terova G, Roncarati A, Gai F. 2014. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Pages 14–17 Abstract book Conference “Insects to Feed The World” The Netherlands.
- Govorushko S. 2019. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science and Technology* **91**:436–445.
- 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.
- Halloran A, Roos N, Eilenberg J, Cerutti A, Bruun S. 2016. Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **36**.
- Huet G, Hadad C, Husson E, Laclef S, Lambertyn V, Farias MA, Jamali A, Courty M, Alayoubi R, Gosselin I, Sarazin C, Nhien ANV. 2020. Straightforward extraction and selective bioconversion of high purity chitin from *Bombyx eri* larva: Toward an integrated insect biorefinery. *Carbohydrate Polymers* **228**: 1-12
- Hwangbo J, Hong, E, Jang A, Kang H, Oh J, Kim B, Park B. 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of environmental biology, India*. **30**: 609-614.
- Cho J-M, Kim K-Y, Ji S-D, Kim E-H. 2016. Protective Effect of Boiled and Freeze-dried Mature Silkworm Larval Powder Against Diethylnitrosamine-induced Hepatotoxicity in Mice. *Journal of Cancer Prevention* **21**:173-181.
- Chodová D, Tůmová E. 2020. Insect in chicken nutrition. A review. *Agronomy research* **18**:376-392.
- Iaconisi V, Marono S, Parisi G, Gasco L, Genovese L, Maricchiolo G, Bovera F, Piccolo G. 2017. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture* **476**:49-58.
- Ioselevich M, Steingäß H, Rajamurodov Z, Drochner W. 2004. Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. Page VDLUFA Kongress, Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen, vol. 116.

- Jabir M. D. Abd Rahman. 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**: 24
- Jayanegara A, Yantina N, Novandri B, Laconi EB, Nahrowi N, Ridla M. 2017. Evaluation of some insects as potential feed ingredients for ruminants: chemical composition, in vitro rumen fermentation and methane emissions. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* **42**:247-254.
- Khan M, Chand N, Khan S, Khan RU, Sultan A. 2018. Utilizing the House Fly (*Musca Domestica*) Larva as an Alternative to Soybean Meal in Broiler Ration During the Starter Phase. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* **20**:9-14.
- Khusro M, Andrew NR, Nicholas A. 2012. Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal* **68**:435-446.
- Kim, N.J., S.J. Hong, K.Y. Seol, S.H. Kim, N.H. Ahn and M.A. Kim. 2007. Effect of temperature on development and reproduction of the emma field cricket, *Teleogryllus emma* (Orthoptera: Gryllidae). *International Journal of Industrial. Entomology*. **15**: 69-73
- Kipkoech C, John NK, Samuel I, Nanna R. 2017. Use of house cricket to address food security in Kenya: Nutrient and chitin composition of farmed crickets as influenced by age. *African Journal of Agricultural Research* **12**:3189-3197.
- Kitsa, K. 1989. Contribution des insectes comestibles á l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai occidentale a Zaire. *Afrique*, **239**: 511–519.
- Ko H-J, Youn C-H, Kim S-H, Kim S-Y. 2016. Effect of Pet Insects on the Psychological Health of Community-Dwelling Elderly People: A Single-Blinded, Randomized, Controlled Trial. *Gerontology* **62**:200-209.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* **4**:22-26.
- Kulma M, Plachý V, Kouřimská L, Vrabec V, Bubová T, Adámková A, Hučko B. 2016. Nutritional value of three Blattodea species used as feed for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences* **25**:354–360.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:267-272.
- Liu M, Naqvi A, Hendriks G-J, Feltzin V, Zhu Y, Grigoriev A, Bonini NM. 2014. Impact of age-associated increase in 2'-O-methylation of miRNAs on aging and neurodegeneration in *Drosophila* **28**:44-57.
- Lundy ME, Parrella MP. 2015. Crickets Are Not a Free Lunch : Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*:1–12.

- Maedler K, Oberholzer J, Bucher P, Spinas GA, Donath MY. 2003. Monounsaturated Fatty Acids Prevent the Deleterious Effects of Palmitate and High Glucose on Human Pancreatic-Cell Turnover and Function. *Diabetes* **52**:726-733.
- Mahan LK, Escott-Stump S. 2003. *Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy*. 11 edition. Saunders.
- 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
- Menzel, P. and F. D'Alusio. 1998. *Man Eating Bugs: The Art and Science of Eating Insects* Ed. Ten Speed Press, Berkeley Ca. USA.
- Meyer-Rochow VB. 2017. Therapeutic arthropods and other, largely terrestrial, folk-medicinally important invertebrates: a comparative survey and review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **13**.
- Meyer-Rochow VB, Ghosh S, Jung C. 2019. Farming of insects for food and feed in South Korea: Tradition and innovation. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* **132**:236–244.
- Miech, P. 2018. Cricket farming. Diss. (sammanfattning/summary) Uppsala, Sweden : Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 1652-6880; 2018:24 ISBN 978-91-7760-188-3
- Michaelsen KF, Hoppe C, Roos N, Kaestel P, Stougaard M, Lauritzen L, Mølgaard C, Girma T, Friis H. 2009. Choice of Foods and Ingredients for Moderately Malnourished Children 6 Months to 5 Years of Age. *Food and Nutrition Bulletin* **30**:S343-S404.
- Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **64**:147-157.
- Moula N et al. 2018. Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. *Animal Nutrition* **4**:73-78.
- Murphy P. 2018. Chapulines Taco. Available at <https://ediblehouston.ediblecommunities.com/recipes/chapulines-tacos> (accessed January 26, 2021).
- Nakagaki Bj, Sunde MI, Defoliart Gr. 1987. Protein Quality of the House Cricket, *Acheta domesticus*, When Fed to Broiler Chicks. *Poultry Science* **66**:1367-1371.
- Oh H-G et al. 2012. Effects of male silkworm pupa powder on the erectile dysfunction by chronic ethanol consumption in rats. *Laboratory Animal Research* **28**.
- Onsongo V, Osuga I, Gachuri Ch, Wachira A, Miano D, Tanga, Chrysantus E, Sunday B, Nakimbugwe D, Fiaboe K. 2018. Insects for Income Generation Through Animal Feed: Effect of Dietary Replacement of Soybean and Fish Meal With Black Soldier Fly Meal on Broiler Growth and Economic Performance. *Journal of Economic Entomology*. **111**: 1-8
- Oonincx DGAB, Finke MD. J. 2020. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed* **62**:1-22.

- Oonincx DGAB, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:131-139.
- Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA, van Huis A, Hansen IA. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* **5**.
- 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.
- Paoletti, M. G., D. L. Dufour, H. Cerda, F. Torres, L. Pizzoferrato, and D. Pimentel. 2000. The importance of leaf and litter feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 2247–2252.
- Park J-Y, Ko H-J, Kim A-S, Moon H-N, Choi H-I, Kim J-H, Chang Y, Kim S-H. 2019. Effects of Pet Insects on Cognitive Function among the Elderly: An fMRI Study. *Journal of Clinical Medicine* **8**.
- Pener, M. P. 2014. Allergy to locusts and acridid grasshoppers: A review. *Journal of Orthoptera Research*, **23**: 59–67.
- Pennino M, Dierenfeld ES, Behler JL. 1991. Retinol, alpha-tocopherol and proximate nutrient composition of invertebrates used as feed. *Int ZooYearb* **30**:143–149.
- Pieterse E, Erasmus SW, Uushona T, Hoffman LC. 2019. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**:893-903.
- Pretorius, Q., 2011. The evaluation of larvae of *Musca Domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. Thesis (MScAgric) - University of Stellenbosch, Stellenbosch.
- Ramos-Elorduy J. 2008. Ecology of Food and Nutrition Energy Supplied by Edible Insects from Mexico and their Nutritional and Ecological Importance:37–41.
- Reese G, Ayuso R, Lehrer SB. 1999. Tropomyosin: An Invertebrate Pan-Allergen. *International Archives of Allergy and Immunology* **119**:247-258.
- Ribeiro JC, Cunha LM, Sousa-Pinto B, Fonseca J. 2018. Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *International Archives of Allergy and Immunology* **62**:247-258.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research* **57**:802-823.
- Ryu K-S, Lee H-S, Kim K-Y, Kim M-J, Sung G-B, Ji S-D, Kang P-D. 2013. 1-Deoxynojirimycin Content and Blood Glucose-Lowering Effect of Silkworm (*Bombyx mori*) Extract Powder. *International Journal of Industrial Entomology* **27**:237-242
- Sánchez-Muros M-J, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* **65**:16-27.

- Sen, Sorphea. 2019. Evaluation on brewery yeast and insect meal (black soldier fly and cricket meal) to replace trash fish in the diet for Asian seabass (*Lates calcarifer*) in Cambodia. Diss. (sammanfattning/summary) Uppsala: Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 1652-6880; 2019:49 ISBN 978-91-7760-416-7
- 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.
- Schmidt A, Call L-M, Macheiner L, Mayer HK. 2019. Determination of vitamin B12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. Food Chemistry **281**:124-129. Simopoulos AP. 2002. Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. Journal of the American College of Nutrition **21**:495-505.
- Simopoulos AP. 2008. The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. Experimental Biology and Medicine **233**:674-688.
- Simopoulos AP. 2011. Evolutionary Aspects of Diet: The Omega-6/Omega-3 Ratio and the Brain. Molecular Neurobiology **44**:203-215.
- Sogari, G., Mora, C., & Menozzi, D. (Eds.). 2019. Edible Insects in the Food Sector: Methods, Current Applications and Perspectives. Springer Nature.
- Spataru, P. 1978. Food and feeding habits of *Tilapia zillii* (Gervais) (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). Aquaculture **14**: 327–338.
- Steinfeld H. 2006. LIVESTOCK'S LONG SHADOW. Rome.
- Svačina Š. 2011. Metabolický syndrom: nové postupy. Grada, Praha.
- Tacon AGJ. 1993. Feed ingredients for warmwater fish fish meal and other processed feedstuffs. FAO, Roma.
- Taufek, N. M., Aspani, F., Muin, H., Raji, A. A., Razak, S. A., & Alias, Z. 2016. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). Fish physiology and biochemistry, **42**: 1143–1155.
- Temitope AO, Job OO, Abiodun A-FT, Dare AO. 2014. Eco-Diversity of Edible Insects of Nigeria and Its Impact on Food Security. Journal of Biology and Life Science **5**:175.
- Tvrzická E, Staňková B, Vecka M, Žák A. 2009a. Mastné kyseliny 1. Výskyt a biologický význam. Časopis lékařů českých **148**.
- Tvrzická E, Staňková B, Vecka M, Žák A. 2009b. Mastné kyseliny 2. Výskyt a biologický význam. Časopis lékařů českých **148**.

- Tzompa-Sosa DA, Yi L, van Valenberg HJF, van Boekel MAJS, Lakemond CMM. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International* **62**:1087-1094
- van Huis A, Tomberlin J. 2017. *Insects as food and feed: from production to consumption*:448. ISBN 978-90-8686-296-2.
- 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, Iterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. *Edible insects Future prospects for food and feed security*. FAO, Rome
- Verhoeckx, K., Broekman, H., Knulst, A., & Houben, G. 2016. Allergenicity assessment strategy for novel food proteins and protein sources. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **79**: 118–124.
- Vijver M, Jager T, Posthuma L, Peijnenburg W. 2003. Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety* **54**:277-289.
- Vodková Z, Rajmon R, Petr J, Klabanová P, Jílek F. 2008. Effects of genistein and genistin on in vitro maturation of pig oocytes. *Czech Journal of Animal Science* **53**:1.
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C . 2010. . Review of the nutritive value of edible insects . In: Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K, Editors . *Proceeding of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19–21 February 2008, Chiang Mai, Thailand*. pp. 85 – 92. Food and Agricultural Organisation of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific.
- Yang Li-Feng, Siriamornpun Sirithon, Li Duo. 2006. Polyunsaturated Fatty Acid Content Of Edible Insects In Thailand. *Journal of Food Lipids* **13**:277-285.
- Zeng C, Liao Q, Hu Y, Shen Y, Geng F, Chen L, Florin D. 2019. The Role of *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattidae) in Modern Versus Traditional Chinese Medicine. *Journal of Medical Entomology* **56**:1522-1526.
- 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.
- Žák A, Macásek J. 2011. *Ateroskleróza: Nové pohledy*. Grada, Praha.

9 Samostatné přílohy

Příloha I: Krmná směs BK

Složení krmné směsi

Suroviny	%	Min	Max	Kč/t	Kč
97 Pšenice Van. 2018 13,3	77.970	0.000	100.000	0.00	0.00
20093 Ex. sojový 48	17.600	0.000	100.000	99000.00	17424.00
60100 Olej řepkový	1.800	0.000	100.000	23000.00	414.00
80230 Vápenec	1.000	0.000	100.000	530.00	5.30
80240 Sůl	0.130	0.000	100.000	2900.00	3.77
80250 MCP	0.650	0.000	100.000	11000.00	71.50
80310 Uhličitan sodný	0.350	0.000	100.000	9500.00	33.25
938604 Amv SK-PLUS-E	0.500	0.500	0.500	0.00	0.00
Celkem	100.000	Cena surovin			17951.82
		Velkoobchodní cena			19131.34
		Prodejní cena			19131.34

Obsah živin v 1 kg

	Výpočet	Min	Max		Výpočet	Min	Max
*MED MJ	12.609	12.70		*ARGININ g	10.723	13.36	
*NL g	186.252	200.52	219.62	*K.linolová g	9.686	11.45	
*LYSIN g	8.387	12.41		*Vápník g	6.395	8.59	
*METHIONIN g	3.180	4.96		*P nefyt. g	2.664	4.29	
*MET+CYS g	8.468	8.97		Sodík g	1.721	1.52	1.91
*THREONIN g	7.783	8.30		*Chlor g	1.244	1.43	2.10
TRYPTOFAN g	2.322	2.00					

Příloha II: Krmná směs RV 70

Složení krmné směsi

Suroviny	%	Min	Max	Kč/t	Kč
97 Pšenice Van. 2018 13,3	21.570	0.000	100.000	0.00	0.00
20171 Řepk. výlisky Farmet	70.000	0.000	100.000	0.00	0.00
60100 Olej řepkový	5.300	0.000	100.000	23000.00	1219.00
80230 Vápenec	1.000	0.000	100.000	530.00	5.30
80240 Sůl	0.130	0.000	100.000	2900.00	3.77
80250 MCP	0.650	0.000	100.000	11000.00	71.50
80310 Uhličitan sodný	0.350	0.000	100.000	9500.00	33.25
938603 BR výkrm	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00
Celkem	100.000	Cena surovin			1332.82
		Velkoobchodní cena			2346.15
		Prodejní cena			2346.15

Obsah živin v 1 kg

	Výpočet	Min	Max		Výpočet	Min	Max
*MED MJ	12.618	12.70		*ARGININ g	10.532	13.36	
*NL g	186.806	200.52	219.62	K.linolová g	39.714	11.45	
*LYSIN g	9.065	12.41		Vápník g	8.828	8.59	
*METHIONIN g	4.576	4.96		P nefyt. g	4.551	4.29	
*MET+CYS g	8.275	8.97		Sodík g	1.560	1.52	1.91
*THREONIN g	8.278	8.30		Chlor g	1.797	1.43	2.10
TRYPTOFAN g	2.341	2.00					

Příloha III: Krmná směs RV 52,5

Složení krmné směsi

Suroviny	%	Min	Max	Kč/t	Kč
97 Pšenice Van. 2018 13,3	36.970	0.000	100.000	0.00	0.00
20093 Ex. sojový 48	4.100	0.000	100.000	99000.00	4059.00
20171 Řepk. výlisky Farmet	52.500	0.000	100.000	0.00	0.00
60100 Olej řepkový	3.800	0.000	100.000	23000.00	874.00
80230 Vápenec	1.000	0.000	100.000	530.00	5.30
80240 Sůl	0.130	0.000	100.000	2900.00	3.77
80250 MCP	0.650	0.000	100.000	11000.00	71.50
80310 Uhličitan sodný	0.350	0.000	100.000	9500.00	33.25
938604 Amv SK-PLUS-E	0.500	0.500	0.500	0.00	0.00
Celkem	100.000	Cena surovin			5046.82
		Velkoobchodní cena			6097.29
		Prodejní cena			6097.29

Obsah živin v 1 kg

	Výpočet	Min	Max		Výpočet	Min	Max
*Med MJ	12.548	12.70		*ARGININ g	10.551	13.36	
*NL g	186.984	200.52	219.62	K.linolová g	31.502	11.45	
*LYSIN g	7.884	12.41		*Vápník g	8.050	8.59	
*METHIONIN g	3.703	4.96		*P nefyt. g	3.490	4.29	
*MET+CYS g	8.894	8.97		Sodík g	1.596	1.52	1.91
*THREONIN g	8.166	8.30		Chlor g	1.658	1.43	2.10
TRYPTOFAN g	2.336	2.00					

Příloha IV: Krmná směs RV 35

Složení krmné směsi

Suroviny	%	Min	Max	Kč/t	Kč
97 Pšenice Van. 2018 13,3	50.370	0.000	100.000	0.00	0.00
20093 Ex. sojový 48	8.600	0.000	100.000	99000.00	8514.00
20171 Řepk. výlisky Farmet	35.000	0.000	100.000	0.00	0.00
60100 Olej řepkový	3.400	0.000	100.000	23000.00	782.00
80230 Vápenec	1.000	0.000	100.000	530.00	5.30
80240 Sůl	0.130	0.000	100.000	2900.00	3.77
80250 MCP	0.650	0.000	100.000	11000.00	71.50
80310 Uhličitan sodný	0.350	0.000	100.000	9500.00	33.25
938604 Amv SK-PLUS-E	0.500	0.500	0.500	0.00	0.00
Celkem	100.000	Cena surovin			9409.82
		Velkoobchodní cena			10503.92
		Prodejní cena			10503.92

Obsah živin v 1 kg

	Výpočet	Min	Max		Výpočet	Min	Max
*Med MJ	12.625	12.70		*ARGININ g	10.592	13.36	
*NL g	186.387	200.52	219.62	K.linolová g	24.550	11.45	
*LYSIN g	8.040	12.41		*Vápník g	7.496	8.59	
*METHIONIN g	3.523	4.96		*P nefyt. g	3.213	4.29	
*MET+CYS g	8.734	8.97		Sodík g	1.637	1.52	1.91
*THREONIN g	8.023	8.30		Chlor g	1.520	1.43	2.10
TRYPTOFAN g	2.326	2.00					

Příloha V: Krmná směs RV 17,5

Složení krmné směsi

Suroviny	%	Min	Max	Kč/t	Kč
97 Pšenice Van. 2018 13,3	63.970	0.000	100.000	0.00	0.00
20093 Ex. sojový 48	13.200	0.000	100.000	99000.00	13068.00
20171 Řepk. výlisky Farmet	17.500	0.000	100.000	0.00	0.00
60100 Olej řepkový	2.700	0.000	100.000	23000.00	621.00
80230 Vápenec	1.000	0.000	100.000	530.00	5.30
80240 Sůl	0.130	0.000	100.000	2900.00	3.77
80250 MCP	0.650	0.000	100.000	11000.00	71.50
80310 Uhličitan sodný	0.350	0.000	100.000	9500.00	33.25
938604 Amv SK-PLUS-E	0.500	0.500	0.500	0.00	0.00
Celkem	100.000	Cena surovin		13802.82	
		Velkoobchodní cena		14940.85	
		Prodejní cena		14940.85	

Obsah živin v 1 kg

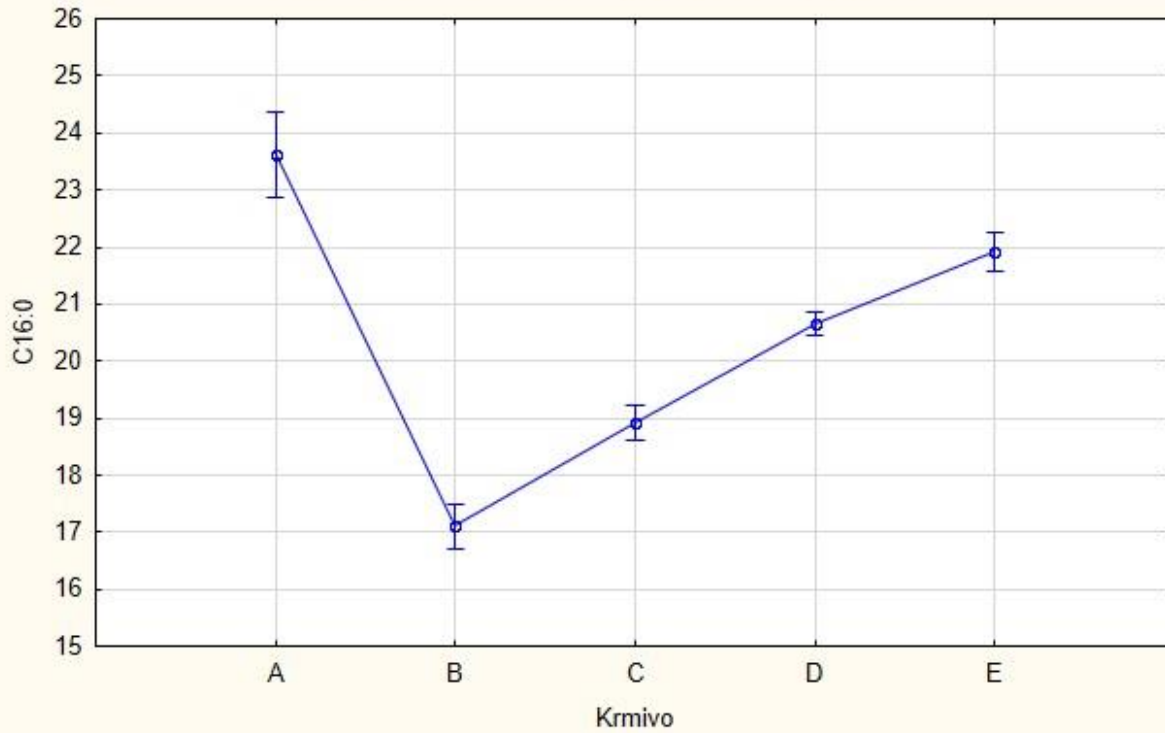
	Výpočet	Min	Max		Výpočet	Min	Max
*MED MJ	12.635	12.70		*ARGININ g	10.680	13.36	
*NL g	186.525	200.52	219.62	*K.linolová g	17.233	11.45	
*LYSIN g	8.234	12.41		*Vápník g	6.946	8.59	
*METHIONIN g	3.355	4.96		*P nefyt. g	2.937	4.29	
*MET+CYS g	8.601	8.97		Sodík g	1.679	1.52	1.91
*THREONIN g	7.910	8.30		*Chlor g	1.382	1.43	2.10
TRYPTOFAN g	2.327	2.00					

Příloha VI: ANOVA C16:0

Scheffeho test; proměnná C16:0 (Průmery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,18461, sv = 31,000						
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		23,620	17,112	18,922	20,659	21,909
1	A		0,00000	0,00000	0,00000	0,00003
2	B	0,00000		0,00000	0,00000	0,00000
3	C	0,00000	0,00000		0,00000	0,00000
4	D	0,00000	0,00000	0,00000		0,000166
5	E	0,00003	0,00000	0,00000	0,000166	

Příloha VII: Vážené průměry C16:0

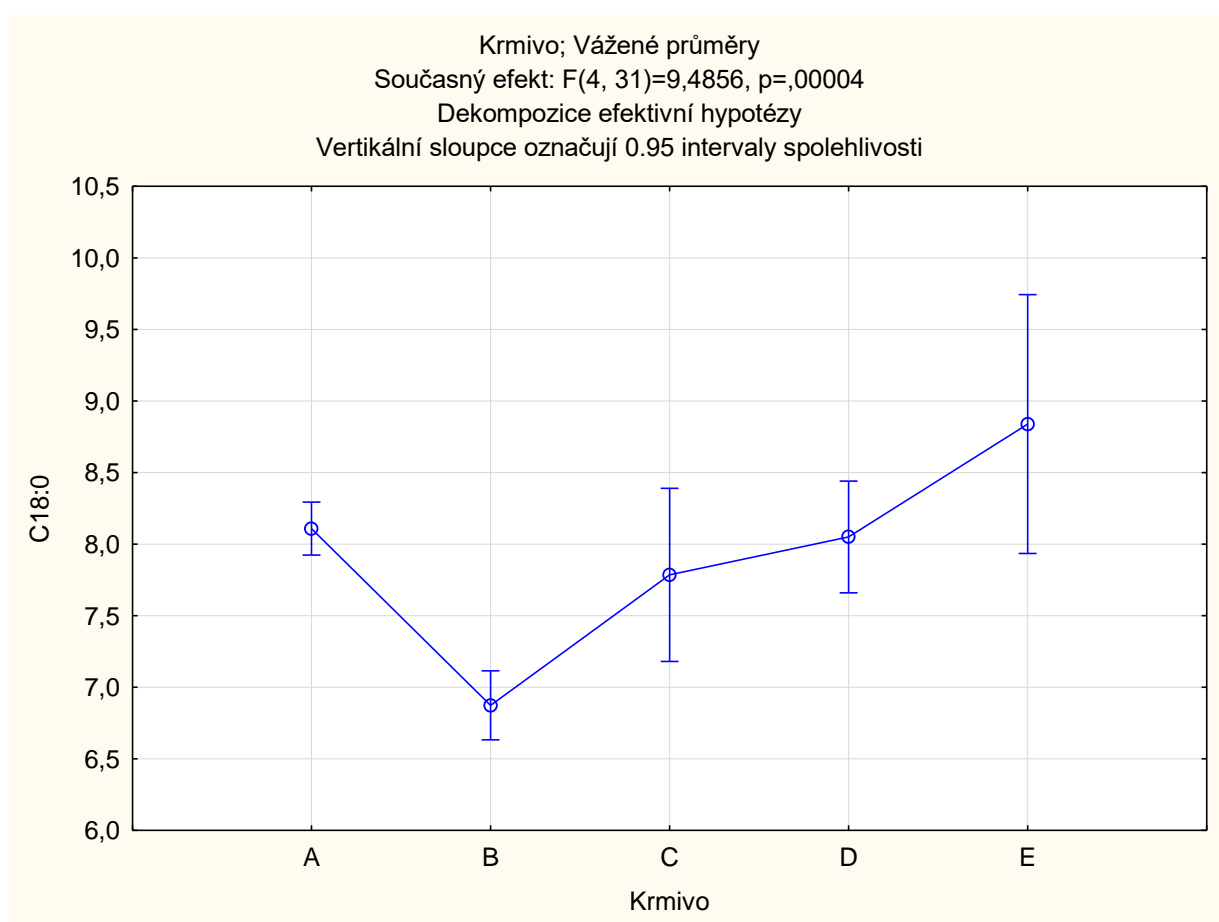
Krmivo; Vážené průměry
Současný efekt: $F(4, 31)=232,40$, $p=0,0000$
Dekompozice efektivní hypotézy
Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti



Příloha VIII: ANOVA C18:0

Scheffeho test; proměnná C18:0 Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,37060, sv = 31,000						
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,1083	6,8737	7,7852	8,0501	8,8385
1	A		0,022427	0,912638	0,999871	0,346448
2	B	0,022427		0,105699	0,018376	0,000055
3	C	0,912638	0,105699		0,942191	0,043219
4	D	0,999871	0,018376	0,942191		0,208103
5	E	0,346448	0,000055	0,043219	0,208103	

Příloha IX: Vážené průměry C18:0

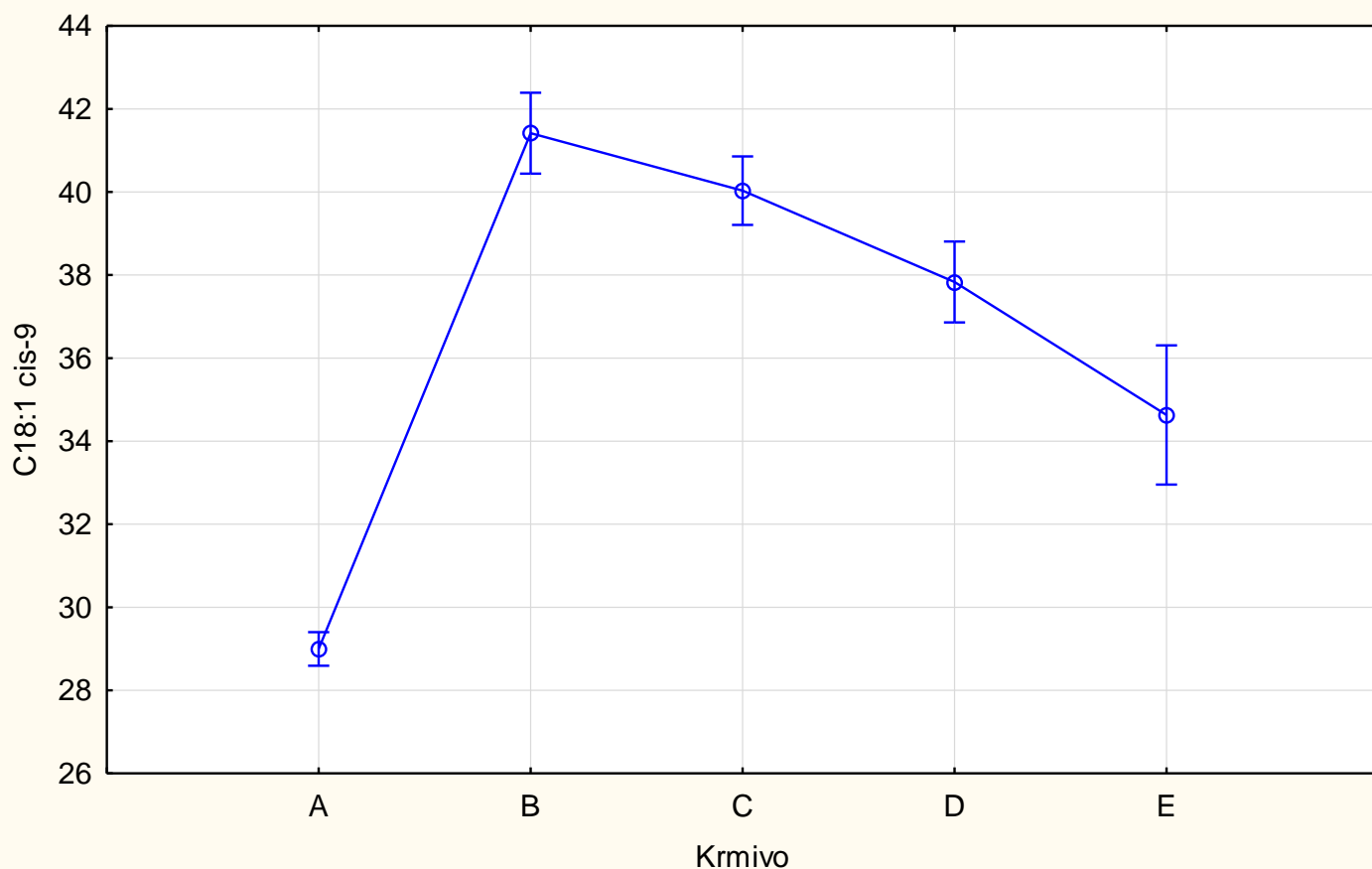


Příloha X:ANOVA C18:1 cis-9

		Scheffeho test; proměnná C18:1 cis-9 Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,4004, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		28,997	41,417	40,032	37,833	34,631
1	A		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	B	0,000000		0,299704	0,000089	0,000000
3	C	0,000000	0,299704		0,019103	0,000000
4	D	0,000000	0,000089	0,019103		0,000459
5	E	0,000000	0,000000	0,000000	0,000459	

Příloha XI:Vážené průměry C18:1 cis-9

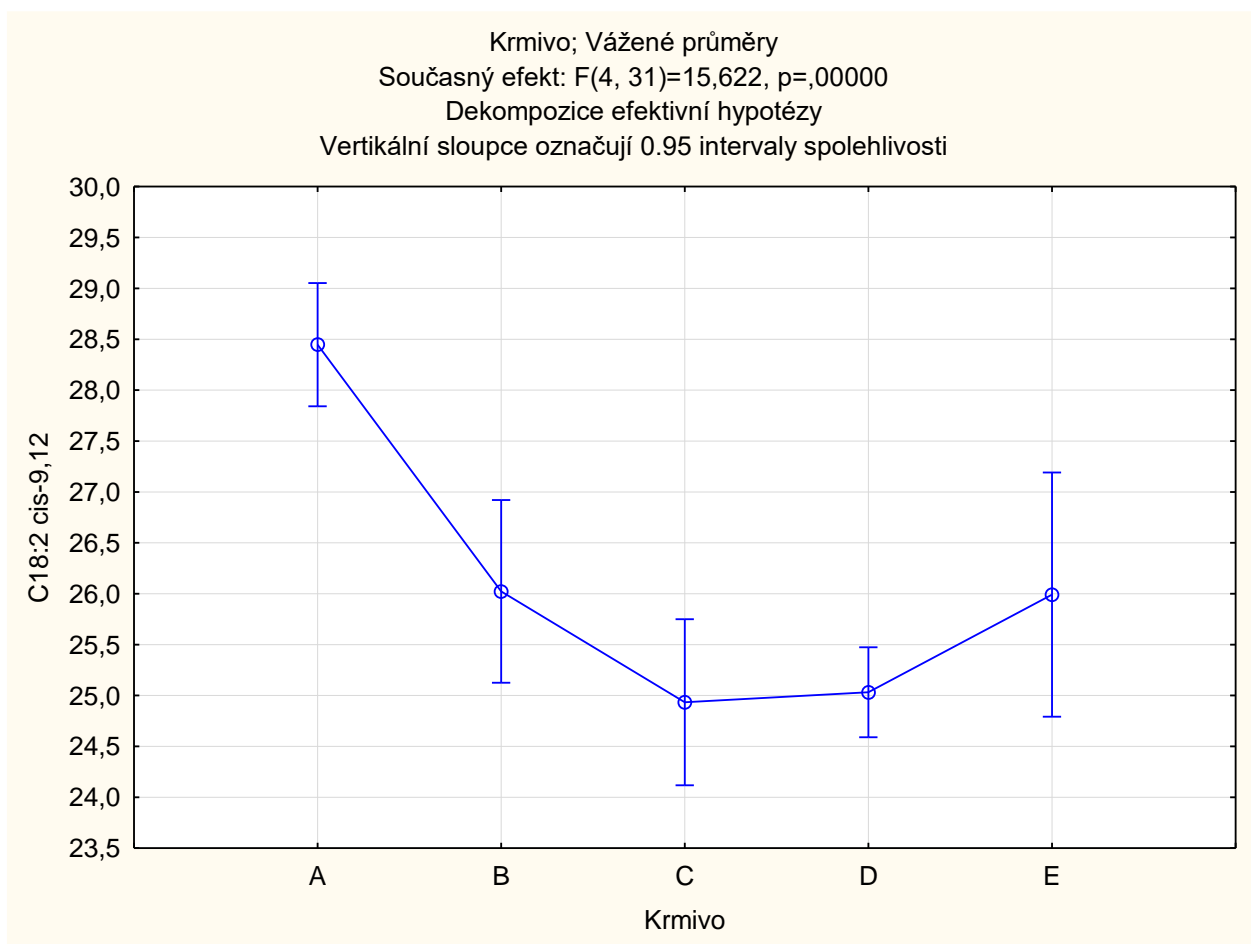
Krmivo; Vážené průměry
 Současný efekt: $F(4, 31)=114,08, p=0,0000$
 Dekompozice efektivní hypotézy
 Vertikální sloupce označují 0.95 intervaly spolehlivosti



Příloha XII: ANOVA C18:2 cis 9,12

		Scheffeho test; proměnná C18:2 cis-9,12 (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,83993, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1} 28,447	{2} 26,023	{3} 24,933	{4} 25,032	{5} 25,992
1	A		0,001550	0,000003	0,000006	0,001325
2	B	0,001550		0,284529	0,377677	0,999998
3	C	0,000003	0,284529		0,999722	0,312597
4	D	0,000006	0,377677	0,999722		0,410331
5	E	0,001325	0,999998	0,312597	0,410331	

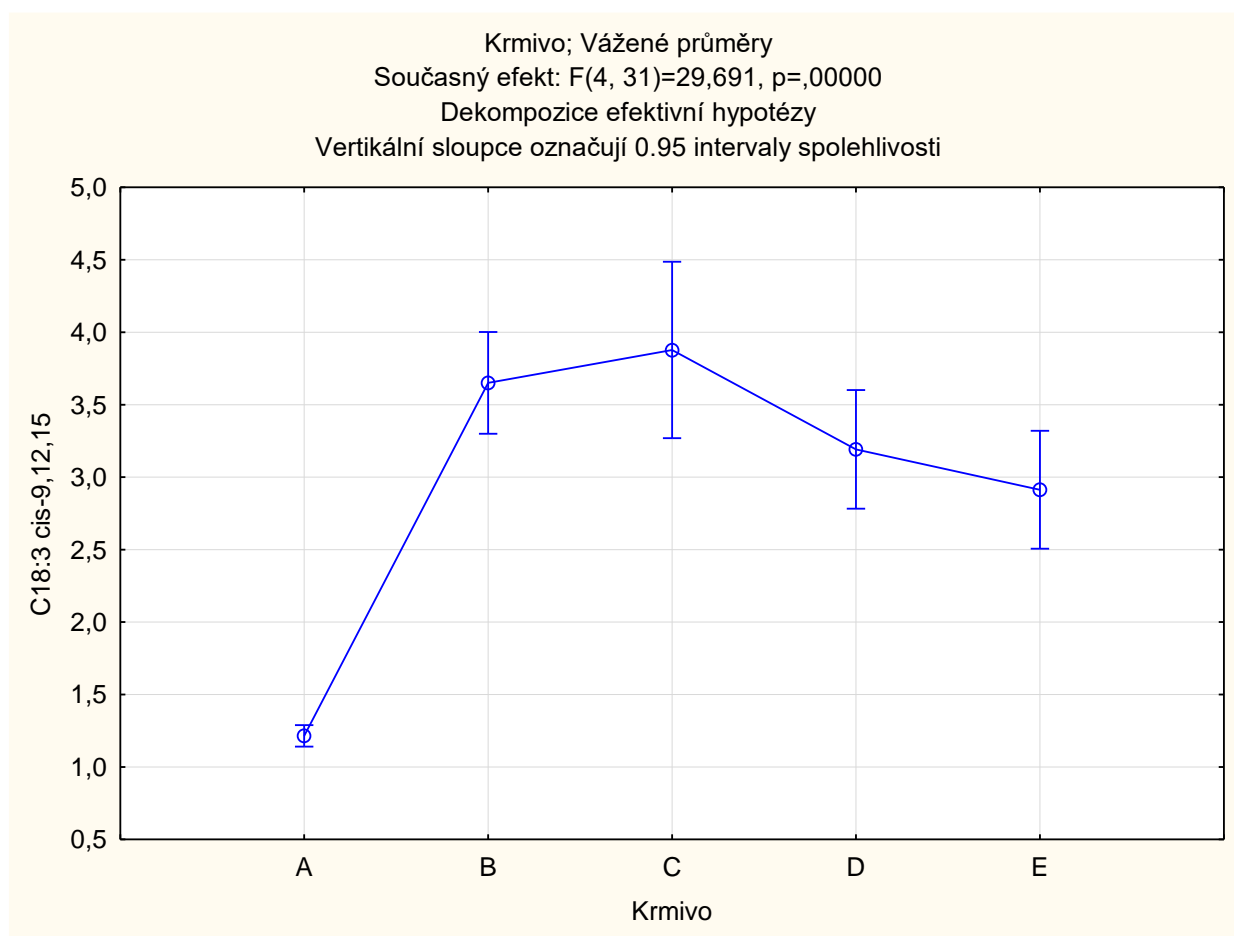
Příloha XIII: Vážené průměry C18:2 cis-9,12



Příloha XIV: ANOVA C18:3 cis-9,12,15

		Scheffeho test; proměnná C18:3 cis-9,12,15 (Průmery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,24002, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,2149	3,6507	3,8778	3,1920	2,9129
1	A		0,000000	0,000000	0,000001	0,000033
2	B	0,000000		0,936223	0,523266	0,121410
3	C	0,000000	0,936223		0,125419	0,015603
4	D	0,000001	0,523266	0,125419		0,873813
5	E	0,000033	0,121410	0,015603	0,873813	

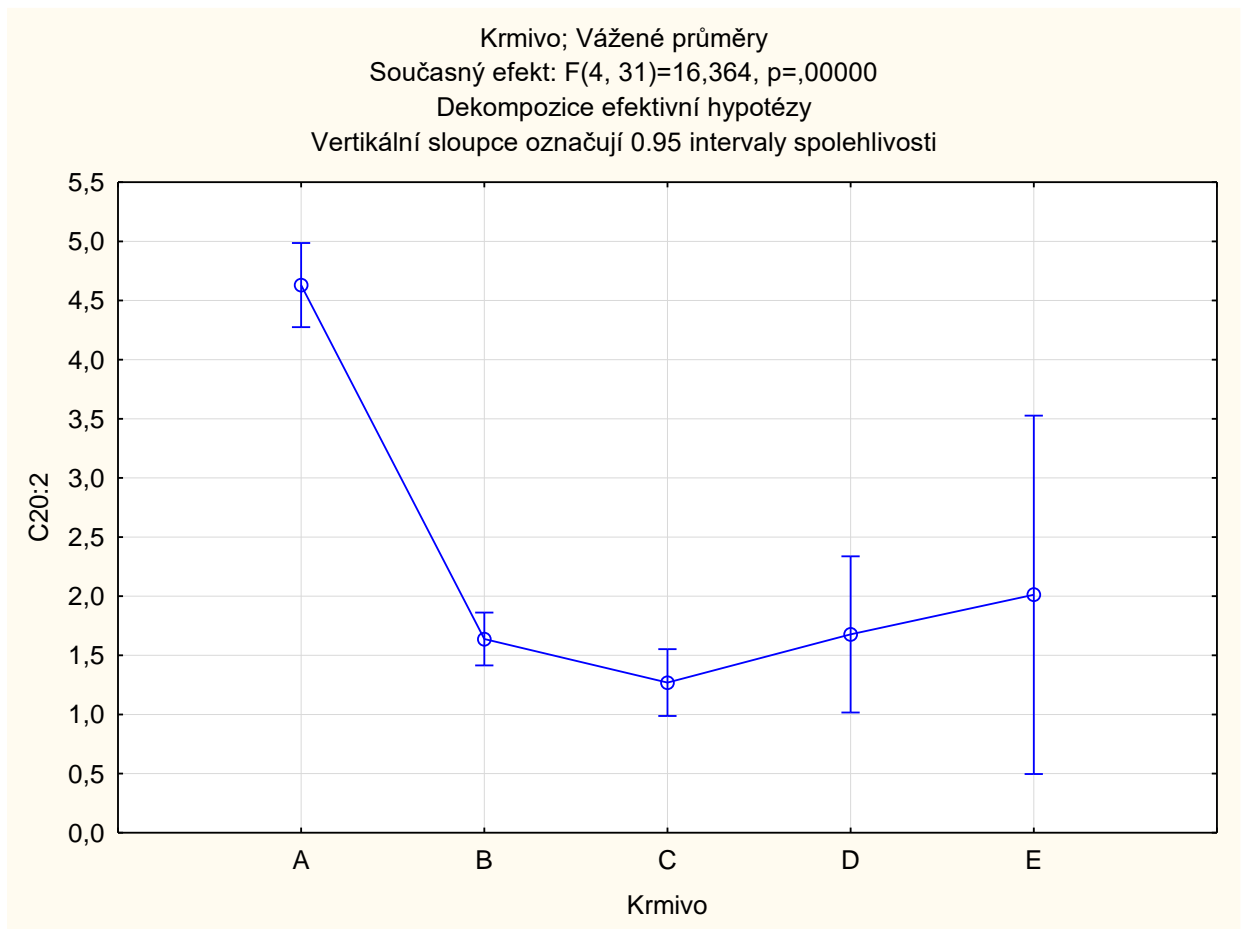
Příloha XV: Vážené průměry C18:3 cis-9,12,15



Příloha XVI: ANOVA C20:2 cis-11,14

Scheffeho test; proměnná C20:2 (Prumery a odchylky)						
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,71594, sv = 31,000						
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		4,6304	1,6380	1,2698	1,6770	2,0119
1	A		0,000024	0,000002	0,000018	0,000192
2	B	0,000024		0,948678	0,999992	0,951650
3	C	0,000002	0,948678		0,918497	0,586132
4	D	0,000018	0,999992	0,918497		0,963303
5	E	0,000192	0,951650	0,586132	0,963303	

Příloha XVII: Vážené průměry C20:2 cis-11,14

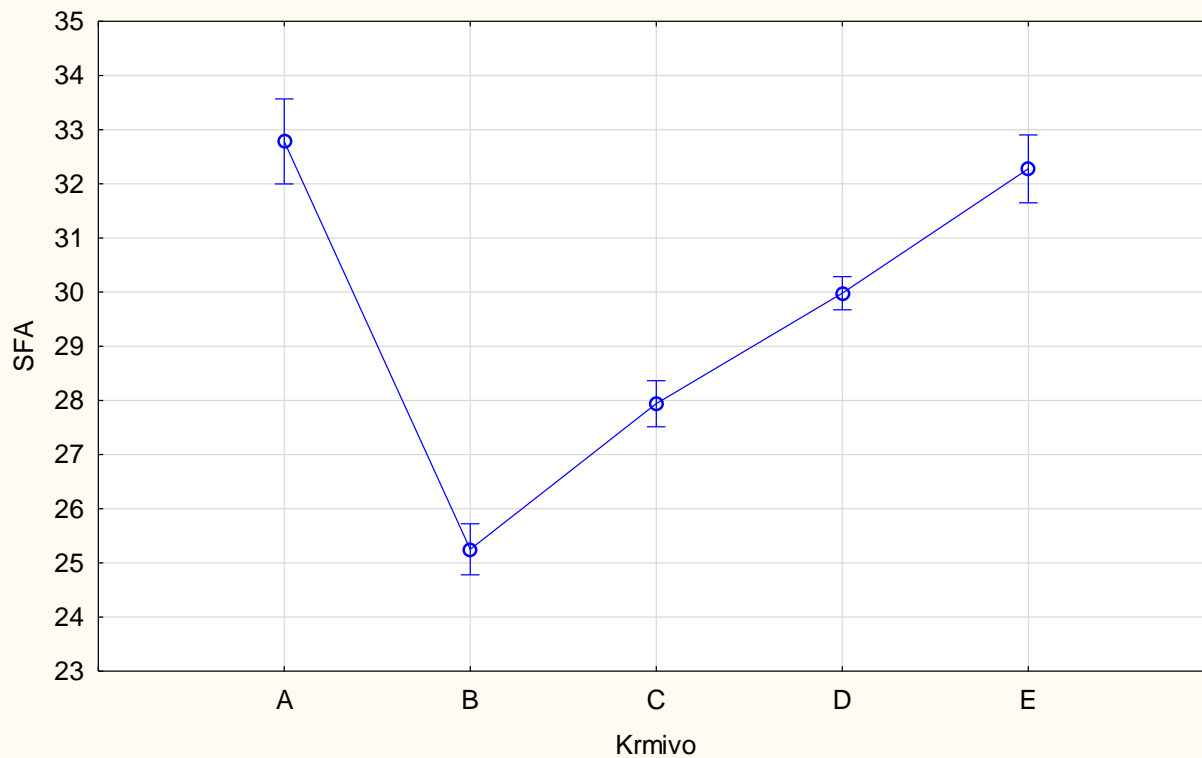


Příloha XVIII: ANOVA SFA

Scheffeho test; proměnná SFA (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,31785, sv = 31,000						
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		32,784	25,251	27,939	29,980	32,277
1	A		0,000000	0,000000	0,000000	0,629383
2	B	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000
3	C	0,000000	0,000000		0,000002	0,000000
4	D	0,000000	0,000000	0,000002		0,000000
5	E	0,629383	0,000000	0,000000	0,000000	

Příloha XIX: Vážené průměry SFA

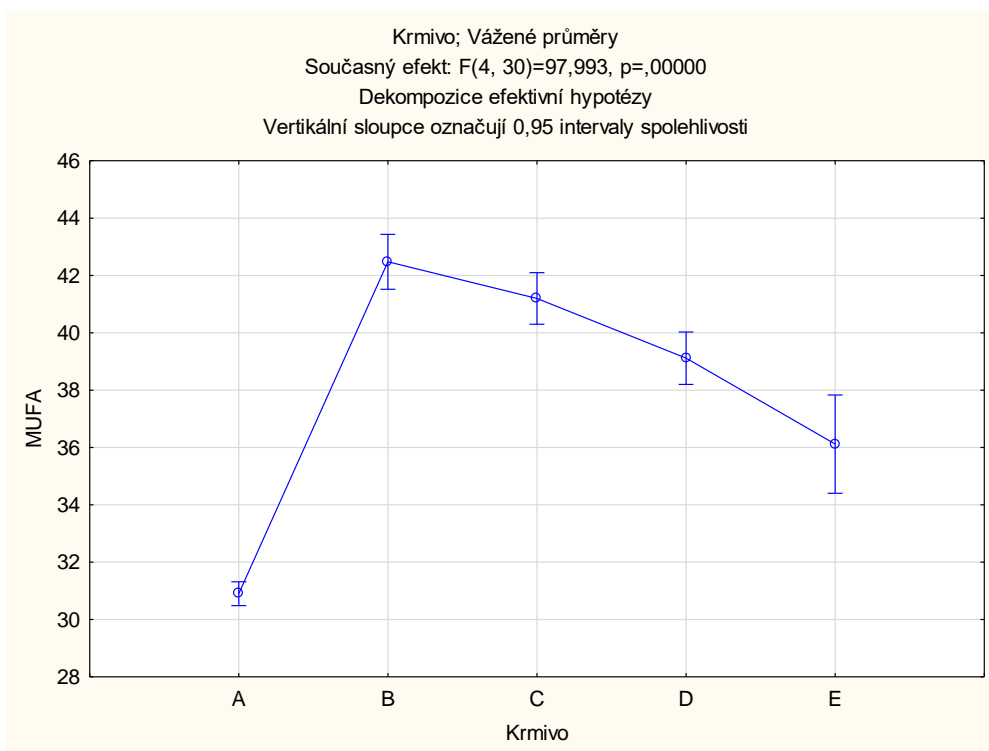
Krmivo; Vážené průměry
 Současný efekt: $F(4, 31)=209,50$, $p=0,0000$
 Dekompozice efektivní hypotézy
 Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti



Příloha XX: ANOVA MUFA

Scheffeho test; proměnná MUFA (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,3970, sv = 30,000						
Č. buňky	Krmivo	{1} 30,901	{2} 42,477	{3} 41,197	{4} 39,116	{5} 36,119
1	A		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	B	0,000000		0,409447	0,000248	0,000000
3	C	0,000000	0,409447		0,038774	0,000000
4	D	0,000000	0,000248	0,038774		0,001134
5	E	0,000000	0,000000	0,000000	0,001134	

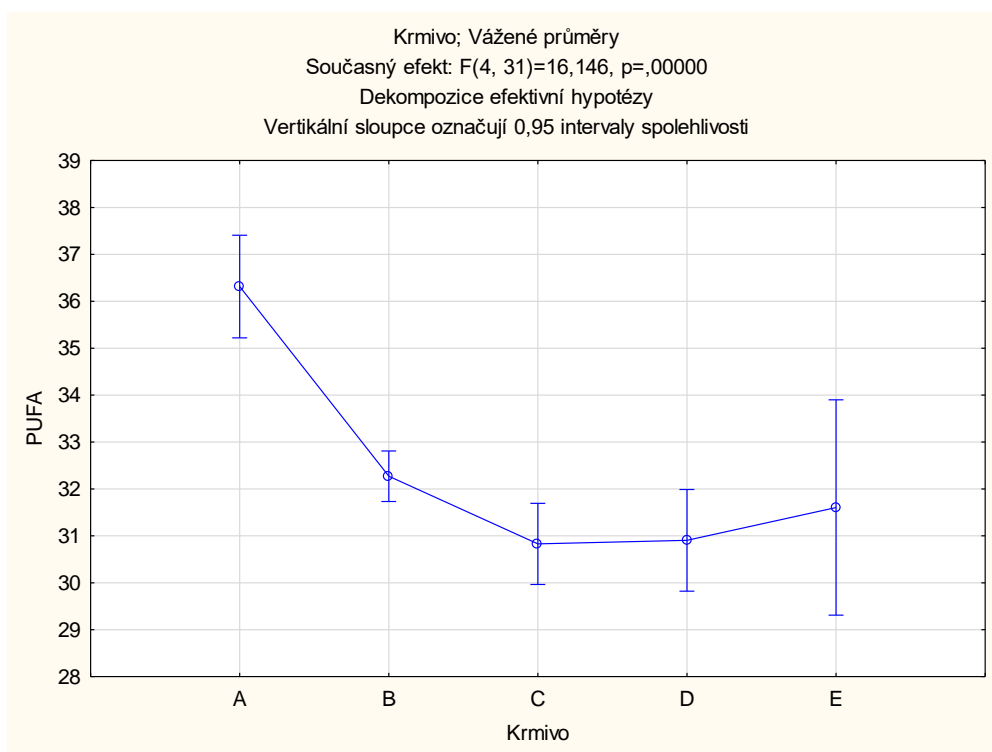
Příloha XXI: Vážené průměry MUFA



Příloha XXII: ANOVA PUFA

Scheffeho test; proměnná PUFA (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,0528, sv = 31,000						
Č. buňky	Krmivo	{1} 36,315	{2} 32,271	{3} 30,829	{4} 30,904	{5} 31,605
1	A		0,000687	0,000003	0,000004	0,000077
2	B	0,000687		0,450753	0,504438	0,942041
3	C	0,000003	0,450753		0,999984	0,892887
4	D	0,000004	0,504438	0,999984		0,923434
5	E	0,000077	0,942041	0,892887	0,923434	

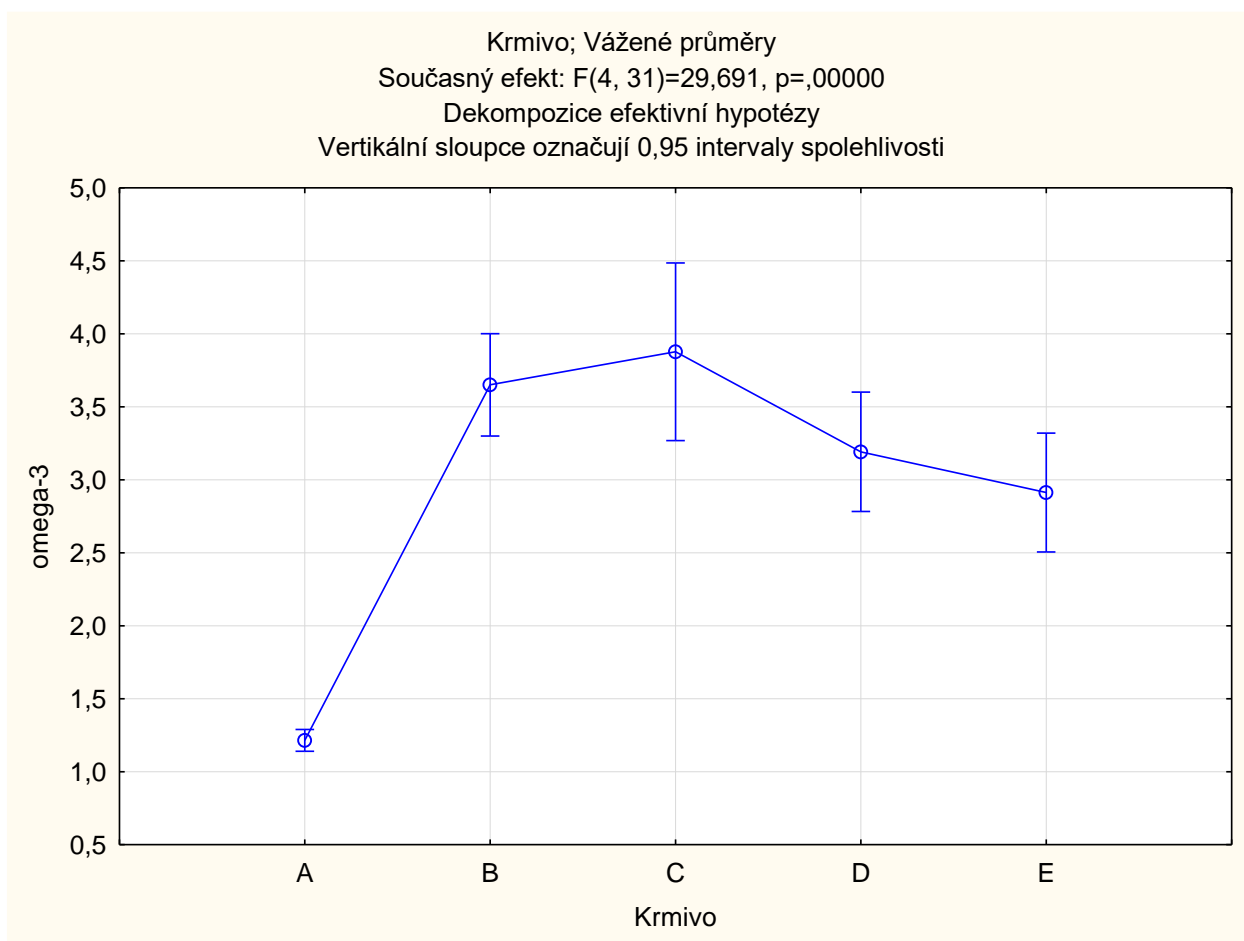
Příloha XXIII: Vážené průměry PUFA



Příloha XXIV: ANOVA omega-3

Scheffeho test; proměnná omega-3 (Průmery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. $P\check{C} = ,24002$, $sv = 31,000$						
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,2149	3,6507	3,8778	3,1920	2,9129
1	A		0,000000	0,000000	0,000001	0,000033
2	B	0,000000		0,936223	0,523266	0,121410
3	C	0,000000	0,936223		0,125419	0,015603
4	D	0,000001	0,523266	0,125419		0,873813
5	E	0,000033	0,121410	0,015603	0,873813	

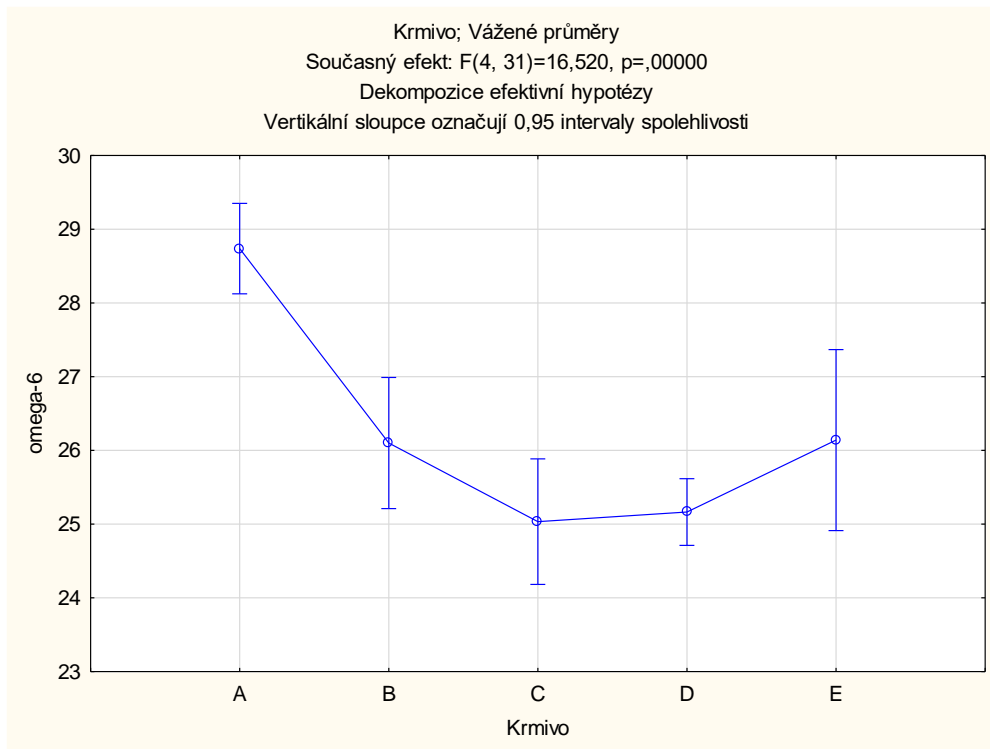
Príloha XXV: Vážené priemery omega-3



Príloha XXVI: ANOVA omega-6

		Scheffeho test; proměnná omega-6 (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,87536, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1} 28,738	{2} 26,100	{3} 25,034	{4} 25,165	{5} 26,140
1	A		0,000697	0,000002	0,000004	0,000849
2	B	0,000697		0,325519	0,457514	0,999995
3	C	0,000002	0,325519		0,999213	0,289923
4	D	0,000004	0,457514	0,999213		0,415031
5	E	0,000849	0,999995	0,289923	0,415031	

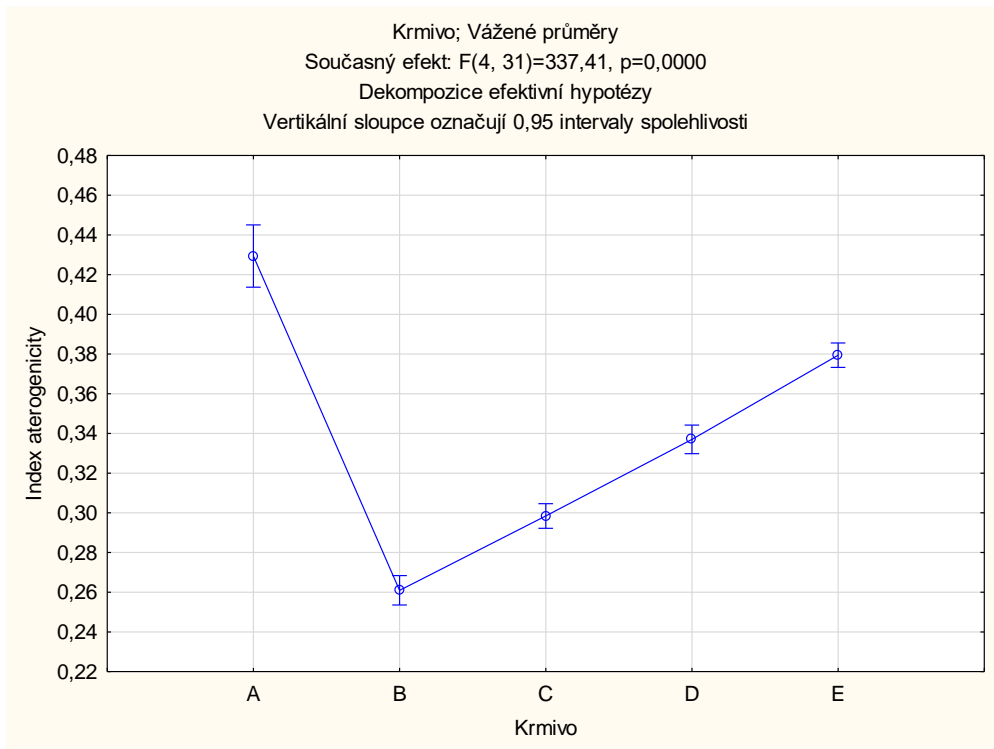
Příloha XXVII: Vážené průměry omega-6



Příloha XXVIII: ANOVA indexu aterogenicity

		Scheffeho test; proměnná Index aterogenicity (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00009, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,42935	,26097	,29841	,33700	,37943
1	A		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	B	0,000000		0,000001	0,000000	0,000000
3	C	0,000000	0,000001		0,000000	0,000000
4	D	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000
5	E	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	

Příloha XXIX: Vážené průměry indexu aterogenicity



Příloha XXVIII: ANOVA indexu trombogenicity

		Scheffeho test; proměnná Index trombogenicity (Prumery a odchylky) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00060, sv = 31,000				
Č. buňky	Krmivo	{1} ,96581	{2} ,53856	{3} ,60653	{4} ,69943	{5} ,78653
1	A		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	B	0,00000		0,000331	0,00000	0,00000
3	C	0,00000	0,000331		0,000001	0,00000
4	D	0,00000	0,00000	0,000001		0,000006
5	E	0,00000	0,00000	0,00000	0,000006	

Krmivo; Vážené průměry
Současný efekt: $F(4, 31)=301,47$, $p=0,0000$
Dekompozice efektivní hypotézy
Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

