

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv přidání řepkového oleje do krmné směsi na nutriční
hodnotu a sklizňové parametry u cvrčka domácího**

Bakalářská práce

**Michaela Šlechtová
Chov zájmových zvířat**

Ing. Martin Kulma, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv přidání řepkového oleje do krmné směsi na nutriční hodnotu a sklizňové parametry u cvrčka domácího" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. za nespočet poskytnutých rad a věnovaný čas. Dále bych také ráda poděkovala paní Ing. Renatě Kunstové za vstřícnost a provedení laboratorními postupy v laboratoři.

Vliv přidání řepkového oleje do krmné směsi na nutriční hodnotu a sklizňové parametry u cvrčka domácího

Souhrn

V teoretické části byly popsány důvody, proč je hmyz považován za nadějný alternativní zdroj živin, včetně environmentálního hlediska, nutričního složení hmyzu, jeho porovnání s dalšími zdroji bílkovin a potenciálu konzumace hmyzu do budoucna. V rámci snahy o zakomponování produktů lokální výroby do krmných směsí pro hmyz, byl dále také popsán řepkový olej jako jedna z možností náhrady sójového oleje v krmných směsích hmyzu. Dále práce obsahuje základní informace o morfologii cvrčka domácího a jeho chovu.

V rámci experimentu, jehož cílem bylo prokázat, zdali má částečné nahrazení sójového šrotu a sójového oleje za řepkové výlisky a řepkový olej příznivý vliv na sklizňové parametry a nutriční hodnotu cvrčka domácího, byly založeny tři experimentální a jedna kontrolní skupina, vždy ve třech biologických opakováních. Dále bylo také zkoumáno, jestli se ve sledovaných parametrech promítne délka suplementace. První experimentální skupina byla proto krmena směsí s přídavkem řepkového oleje po celou dobu vývoje (55 dní), zatímco druhá experimentální skupina byla touto směsí krmena po dobu 10 dní před sklizní a třetí experimentální skupina byla krmena touto směsí pouze po dobu 5 dní před sklizní. Kontrolní skupina byla po celých 55 dní krmena směsí se sójovým olejem, tedy bez přídavku oleje řepkového. Následně byly provedeny jednotlivé laboratorní analýzy pro stanovení obsahu sušiny, bílkovin, tuku, popelovin a mastných kyselin.

Výsledky byly vyhodnoceny analýzou rozptylu a Schéffeho post-hoc testem. Předkládané krmivo pozitivně ovlivnilo složení tuku. Došlo ke snížení obsahu SFA a zvýšení obsahu kyseliny linolenové a MUFA. Experimentální skupina krmena obohacenou směsí po celou dobu vývoje byla bohatší na bílkoviny a chudší na tuky oproti skupině kontrolní. Významným zjištěním byla nepatrnost rozdílů mezi skupinami kmenými obohacenou směsí po celou dobu vývoje a po dobu 10 dní před sklizní. Používání obohacených krmiv, může zvýšit cenu krmiva, proto mohou tyto data přispět k levnější produkci kvalitnější hmyzí biomasy.

Změna krmiva může zapříčinit změnu chuti, měla by proto být provedena senzorická analýza cvrčků kmených obohaceným krmivem. Další výzkum si žádá také změna složení mastných kyselin a jejich vliv na oxidační stabilitu.

Klíčová slova: chov hmyzu, cvrček domácí, mastné kyseliny, bílkoviny, tuky, konverze krmiva

Effect of addition of canola oil into feed on nutritional value and harvest parameters of house cricket

Summary

The theoretical part described the reasons why insects are considered a promising alternative source of nutrients, including the environmental aspects, nutritional composition of insects, comparison of insect with other sources of protein and the potential of insect consumption in the future. To utilize the local products in the cricket diets, the rapeseed oil and rapeseed cake were described as promising options for replacing soybean meal and soybean oil in insect feed mixtures. Furthermore, the work contains basic information on the morphology of the house cricket and its breeding.

Three experimental and one control group were established, each with three biological replicates, in an experiment to demonstrate whether substituting soybean oil for rapeseed oil has an effect on harvest parameters and nutritional value of the house cricket. It was also investigated whether the duration of supplementation would be reflected in the observed parameters. Therefore, the first experimental group was fed with a feed mixture supplemented with rapeseed oil for the whole life (55 days), while the second experimental group was fed with this mixture 10 days before harvest and the third experimental group was fed with this mixture only 5 days before harvest. The control group was fed the feed mixture with soybean oil, i.e. without the addition of rapeseed oil, for the entire 55 days. Individual laboratory analyses were carried out to determine dry matter, protein, fat, ash and fatty acid content.

The results were evaluated by analysis of variance and Schéffe's post-hoc test. The feed positively influenced the fat composition, as the SFA content was reduced and the linolenic acid and MUFA content increased. The experimental group fed the enriched diet throughout life was richer in protein and leaner in fat compared to the control group. Significant finding was the insignificance of the differences between the groups fed the enriched diet throughout life or only 10 days before harvest. Since the use of enriched diet, may increase the price of feed, these data may contribute to cheaper production of higher quality insect biomass.

Changing the feed may cause a change in taste, therefore a sensory analysis of crickets fed the enriched feed should be carried out. Further research is also needed on the change in fatty acid composition and its effect on oxidative stability.

Keywords: insect rearing, house cricket, fatty acids, protein, crude fat, feed conversion

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Alternativní zdroj bílkovin.....	11
3.2 Hmyz jako zdroj bílkovin	11
3.2.1 Legislativa.....	14
3.3 Nutriční hodnota hmyzu.....	14
3.3.1 Porovnání s tradičními zdroji bílkovin	15
3.3.2 Bílkoviny	16
3.3.3 Tuky	17
3.3.4 Ovlivnění nutriční hodnoty hmyzu	18
3.4 Řepkový olej	19
3.5 Cvrček domácí.....	20
4 Metodika	22
4.1 Chov cvrčků.....	22
4.1.1 Konverze krmiva.....	23
4.2 Laboratorní analýzy.....	24
4.2.1 Lyofilizace	24
4.2.2 Sušina.....	25
4.2.3 Popeloviny	25
4.2.4 Dusíkaté látky	26
4.2.5 Tuky	26
4.2.6 Profily mastných kyselin	27
4.2.7 Statistické vyhodnocení	27
5 Výsledky.....	28
5.1 Konverze krmiva.....	28
5.2 Nutriční parametry	29
5.2.1 Sušina.....	29
5.2.2 Bílkoviny	30
5.2.3 Tuky	30
5.2.4 Popeloviny	31
5.3 Mastné kyseliny	31
5.3.1 Kyselina palmitová	33
5.3.2 Kyselina stearová.....	33
5.3.3 Kyselina olejová	34
5.3.4 Kyselina linolová	34

5.3.5	Kyselina linolenová	35
5.3.6	SFA	35
5.3.7	MUFA	36
6	Diskuze	37
6.1	Konverze krmiva	37
6.2	Nutriční parametry	37
6.2.1	Sušina	37
6.2.2	Bílkoviny	37
6.2.3	Tuky	37
6.2.4	Popeloviny	38
6.3	Mastné kyseliny	38
7	Závěr	40
8	Literatura	41
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	50
10	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

S dynamickým nárůstem světové populace a současnými výzvami spojenými s klimatickými změnami a limitovanými zdroji jako je půda a voda, je nezbytné hledat alternativní a zároveň udržitelné zdroje potravin. V tomto kontextu se jedlému hmyzu dostává stále větší pozornosti, a to z mnoha důvodů. Hlavním potenciálem jedlého hmyzu je jeho nutriční hodnota, která je v mnoha ohledech srovnatelná s masem; efektivnější produkce, kdy je za potřebí méně omezených zdrojů, což ho mj. činí šetrnějším k životnímu prostředí; a jeho prostorová nenáročnost.

I přes tyto pozitivní atributy je však důležité si uvědomit, že nutriční hodnota hmyzu není konstantní a podléhá mnoha faktorům, které jsou aplikovány při jeho chovu. Znalost těchto faktorů je tedy jedním z klíčových předpokladů pro optimalizaci technologie chovu hmyzu za účelem následného zpracování pro potravinářský průmysl.

S nutriční hodnotou hmyzu lze cíleně manipulovat tak, aby její hodnoty vyhovovaly specifickým potřebám. Významným prostředkem pro manipulaci s nutriční hodnotou hmyzu je předkládané krmivo, kterým lze ovlivnit téměř všechny živiny u hmyzu, s výjimkou složení aminokyselin. Dále může být nutriční hodnota hmyzu ovlivněna např. pohlavím, vývojovým stádiem, abiotickými faktory (osvětlení, teplota) a v neposlední řadě vlastním zpracováním hmyzu a jeho částí. Významným souvisejícím aspektem ovlivňujícím nutriční hodnotu hmyzu je také správné načasování jeho sklizně, neboť je známo, že hmyz ve stádiu kukly nebo dospělce má vyšší obsah bílkovin a nižší obsah tuků než subadultní a předposlední instary.

Je patrné, že je hmyzu do určité míry schopen akumulovat různé živiny a změnit svůj nutriční profil. Avšak využívání obohacených krmiv obvykle vyžaduje vyšší náklady, proto je nezbytné znát časový rámeček, během kterého lze dosáhnout maximálního účinku. Cílem této bakalářské práce je tedy popsat účinek vyvolaný krmivem obohaceným o řepkový olej, a také zhodnotit efektivní dobu poskytování tohoto substrátu jedlému hmyzu. Pro demonstraci tohoto cíle byl zvolen jako modelový druh cvrček domácí (*Acheta domestica* Linnaeus, 1758). Tento druh je jedním z převládajících komerčně chovaných druhů jedlého hmyzu po celém světě a má tedy vysoký komerční potenciál pro západní trh. Hodnocení potenciálního zlepšení kvality biomasy cvrčka je proto v zájmu jak producentů, tak spotřebitelů na celém světě.

2 Cíl práce

Cílem práce je posoudit vliv přidání řepkového oleje do krmné směsi pro cvrčka domácího na jeho nutriční (bílkoviny, tuky, profil mastných kyselin) a sklizňové (konverze krmiva, hmotnost sklizené biomasy) parametry. Hlavním cílem je zlepšit kvalitu tuku hmyzu pomocí předkládaného krmiva.

3 Literární rešerše

3.1 Alternativní zdroj bílkovin

Znečištění životního prostředí, růst populace, dostupnost vody a nevhodné využívání půdy vedou lidstvo k zabývání se udržitelností (Cadinu et al. 2020). Prognózy naznačují, že do roku 2050 světová populace vzroste minimálně o 34 % a dosáhne až 10 miliard (Franklin & Andrews 2012; van Bavel 2013; Cleland 2013; Gu et al. 2021), následkem čeho se pak celosvětová poptávka po potravinách zvýší o 35 až 56 % (van Dijk et al. 2021). Odhadovaný pokles zemědělské produkce by dle Dioufa (2009) mohl do roku 2100 dosáhnout až 30 %. Vzhledem k rostoucí světové populaci a měnícím se stravovacím návykům roste poptávka po udržitelných alternativních zdrojích bílkovin, zatímco dostupná půda pro produkci rostlinných a živočišných bílkovin se zmenšuje v důsledku dezertifikace a urbanizace (Rumpold et al. 2017). Zvyšující se tlak na půdu činí produkci masa méně udržitelnou než kdy předtím (Premalatha et al. 2011).

Růst populace se v jednotlivých zemích výrazně liší. Země, kde populace značně roste jsou právě ty, které v současnosti vykazují vysokou úroveň podvýživy. Mnoho z nich se nachází v subsaharské Africe, která by měla do roku 2050 tvořit 20 % světové populace (Alexandratos & Bruinsma 2012). Aby bylo možné světovou populaci uživit, měl by se objem světové produkce potravin zvýšit až o 70 %, přičemž roční produkce obilovin by musela vzrůst téměř o jednu miliardu tun a produkce masa o více než 200 milionů tun. Vzhledem k tomu, že dnešní zemědělství je již za hranicí dlouhodobé udržitelnosti, je nutné hledat alternativní zdroje kvalitních potravin s nižší ekologickou stopou (FAO 2009).

3.2 Hmyz jako zdroj bílkovin

Jedlému hmyzu je za poslední dekádu věnována stále větší pozornost (Gravel & Doyen 2020). Využití hmyzu jako zdroje bílkovin rychle roste z různých důvodů, včetně globální potravinové bezpečnosti, udržitelnosti, dobré nutriční hodnoty (van Huis & Oonincx 2017; Raheem et al. 2019) a welfare zvířat (Udomsil et al. 2019). Kritéria welfare hmyzu se mohou lišit od welfare obratlovců. Debatuje se o tom, zda je hmyz vědomý a cítí bolest. Zvyšující se zájem spotřebitelů o welfare hospodářských zvířat vede k rostoucímu důrazu na welfare hmyzu (Delvendahl et al. 2022). Oproti chovu hospodářských zvířat je chov hmyzu šetrnější k životnímu prostředí, a to hlavně vzhledem k menší tvorbě skleníkových plynů, spotřebě půdy a vody. Hmyz vyžaduje mnohonásobně menší množství vody než masné farmy na produkci stejného množství proteinu a pro jejich chov je třeba jen zlomek plochy, který vyžaduje chov hospodářských zvířat. Na produkci 1 kg proteinu potřebuje skot 200 m², prasata 55 m² a drůbež 50 m², zatímco hmyz postačí pouze 20 m² (Beňo et al. 2022).

Odhadovaný počet druhů hmyzu konzumovaných lidmi po celém světě je dle Durst & Schono (2010) nejméně 1 400. Dle Kouřimské et al. (2022) je hmyz součástí jídelníčku přibližně 3 000 etnických skupin konzumujících více než 2 100 druhů jedlého hmyzu. Z toho 31 % jsou brouci, 18 % housenky, 15 % vosy, včely a mravenci, 13 % cvrčci, kobylky a sarančata, 11 % ploštice, mšicosavi a křišci, 12 % termiti, mouchy, vážky a další (Kouřimská & Kulma 2022). Zatímco ve více než 100 zemích Asie, Afriky a Jižní Ameriky je jedlý hmyz

považován za tradiční potravinu, v Evropě entomofágie není příliš běžná. Hmyz je obvykle pokládán za pochoutku nebo prostředek ke zpestření jídelníčku (Adámková 2016). Lze ho konzumovat v celku, ale za účelem zvýšení jeho přijatelnosti, vzhledem k nízké akceptaci hmyzu ve vyspělých zemích (Žuk-Gołaszewska et al. 2022), jej lze zpracovat do nerozpoznatelné podoby – tzv. hmyzí moučky (Melgar-Lalanne et al. 2019; Baiano 2020).

V oblastech, kde je hlavním problémem nedostatečná úroveň konzumace bílkovin, může být řešením přidání hmyzích komponentů do jídelníčku (Kuntadi et al. 2018, Skotnicka et al. 2021). Jedlý hmyz je dobrým zdrojem živin, který lze použít k boji proti podvýživě (Weru et al. 2021), protože hmyz, jakožto potenciální zdroj živočišných bílkovin, vykazuje lepší stravitelnost a využití než rostlinné bílkoviny (Hoffman & Falvo 2004).

V regionech, kde je entomofágie tradičně praktikována, je nutný vývoj bezpečných a udržitelných systémů hromadného odchovu pro produkci hmyzích potravin, protože rostoucí spotřeba hmyzu založená na sběru povede k nadměrnému využívání a ohrožení místní biodiverzity (Bednářová et al. 2010; Mariod et al. 2011; Rumpold et al. 2017). Více než 2 000 druhů jedlého hmyzu je dodnes sbíráno z volné přírody (Rumpold & Schlüter 2013). Na druhou stranu je zajímavým aspektem entomofágie pomoc při snížení používání pesticidů, v důsledku sběru jedlého hmyzu, který je považován za škůdce hospodářských plodin (Kouřimská et al. 2015).

Hmyz, kromě dobré nutriční hodnoty, vykazuje nízké emise skleníkových plynů a velmi vysokou účinnost přeměny krmiva na biomasu (Cadinu et al. 2020). Hospodářská zvířata musí být krmena v průměru asi 6 kg rostlinných bílkovin, aby vyprodukovala 1 kg vysoce kvalitních živočišných bílkovin (Pimentel & Pimentel 2003). Potřeba krmiva na 1 kg přírůstku pro kuřata je 2,5 kg, pro prasata 5 kg a pro krávy 10 kg (Smil 2002). Konverze krmiva cvrčků je vyšší, než u brojlerových kuřat a prasat a mnohem vyšší než u ovcí a skotu (Nakagaki & DeFoliart 1991). Ve srovnání s drůbeží je konverze krmiva u cvrčků dvojnásobná, přibližně čtyřikrát vyšší než u prasat a více než dvanáctkrát vyšší než u skotu (van Huis et al. 2013). Produkce potravin na bázi hmyzu tedy způsobuje mnohem menší zátěž pro ekosystém než tradiční chovy hospodářských zvířat (Premalatha 2011).

Hmyz se vyznačuje bohatou druhovou diverzitou a početnými populacemi (Xiaoming et al. 2010), má potenciál být udržitelnou a cenově dostupnou alternativou k tradičnímu chovu hospodářských zvířat pro lidskou potravu a jeho nutriční hodnota je srovnatelná s hovězím masem (Adámková et al. 2015), přičemž přijetí hmyzu do lidské stravy je z velké části negativně ovlivněno kulturními a psychologickými faktory (Kulma et al. 2020).

Konzumace hmyzu představuje i rizika. Některé druhy hmyzu produkují nebo obsahují silné farmakologické sloučeniny, které jsou toxické pro obratlovce. Mohou také obsahovat rezidua pesticidů a těžkých kovů (Kouřimská et al. 2015). Co se týče hmyzu z faremních chovů, je toto riziko ovšem minimální (Beňo et al. 2022). Bednářová et al. (2010) upozorňují na nebezpečí spojené s konzumací hmyzu krmnými otrubami, jelikož dle rozborů byla zjištěna vyšší koncentrace těžkých kovů. Bezpečnost potravin s přídavkem hmyzu může být ovlivněna toxicitou hmyzu, kontaminací patogeny, degradací při konzervaci a přítomnými alergeny (van Huis 2016). Dle Škvorové et al. (2022) se předpokládá, že pokud je hmyz usmrcen spařením, poskytuje dostatečnou mikrobiologickou kvalitu bez ohledu na další zpracování. V případě usmrcení mrazem je nutné další technologické či kulinární zpracování. Hmyz je také zdrojem některých alergenů jako např. bílkovin konjugovaných s karmínem, tropomyociny a arginin

kinázy. Některé druhy obsahují karcinogenní toluen, kyanogenní látky, benzochinony, bakterie a prvoky (Pawara et al. 2015). Ve srovnání se savci a ptáky představuje hmyz menší riziko přenosu zoonotických infekcí na člověka, hospodářská zvířata a volně žijící zvířata, nicméně celkově lze konstatovat, že je stále zapotřebí intenzivní výzkum týkající se identifikace a implementace známých (i dosud neznámých) druhů hmyzu vhodných pro příslušné procesy biokonverze a dalších aplikací, aby bylo možné maximálně využít potenciál hmyzu (van Huis et al. 2013; Rumpold et al. 2017; Berggren et al. 2018).

Konzumace hmyzu v západní společnosti často vyvolává znechucení. Dle statistiky mají vegetariáni lepší postoj k entomofágii než lidé konzumující maso a živočišné produkty, zatímco vegani považují tento způsob výživy za neetický (Delvendahl et al. 2022). Přijatelnost hmyzu konzumenty závisí na předchozí zkušenosti s konzumací hmyzu, věku, pohlaví, socioekonomickém statutu konzumenta apod., také je ale důležité, jestli je hmyz servírován v celku ve zjevné formě (Obrázek 2), anebo ve skryté formě např. ve formě hmyzí moučky (Kouřimská & Kulma 2022). Bednářová et al. (2013) analyzovali postoj respondentů k vybraným druhům hmyzu vhodných pro entomofágii v České republice. Respondenti v této studii hodnotili níže uvedené druhy dle oblíbenosti (od nejvíce po nejméně přijatelné) takto: potemník moučný (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758), zavíječ voskový (*Galleria mellonella* Linnaeus, 1758), potemník brazilský (*Zophobas morio* Fabricius, 1775), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria* Linnaeus, 1758), včela medonosná (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758), cvrček banánový (*Gryllus assimilis* Fabricius, 1775) a bourec morušový (*Bombyx mori* Linnaeus, 1758). Spotřebitelům je třeba vysvětlit, že požívání hmyzu není dobré jen pro jejich zdraví, ale je přínosné i pro planetu (van Huis et al. 2013). Jedlý hmyz je třeba zpracovat a proměnit v chutné pokrmy. Pro usnadnění konzumace existuje řada strategií. Mezi jednu z nich patří např. přidání hmyzí moučky do známých produktů, jako jsou sušenky, pečivo nebo těstoviny (van Huis 2016).



Obrázek 1: Ochutnávka cvrčků domácích pro veřejnost (autor práce).

3.2.1 Legislativa

Nařízení Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2015/2283 zařazuje celý hmyz a jeho části do kategorie „nových potravin“ (FAO 2013). Mezi nové potraviny („*novel foods*“) je zahrnut celý hmyz nebo jeho části (Kouřimská et al. 2022), a to od 1.1.2018 (SZPI 2019). Zákon č. 110/1997 Sb. definuje hmyz jako potravinu živočišného původu, což bylo promítnuto i do zákona č. 166/1999 Sb. (veterinární zákon), který stanovuje podmínky registrace, případně registrace a schválení zpracovatelů hmyzu a také podmínky zajištění zdravotní nezávadnosti potravin z hmyzu (Sedláčková & Horňáčková 2022). Hmyz je považován za hospodářské zvíře (Nařízení 1069/2009), je tedy zakázáno tento hmyz krmit bílkovinami z přežvýkavců, odpady ze stravovacích zařízení, masokostní moučkou, hnojem a výkaly (Kouřimská & Kulma 2022).

V Evropské unii byly dosud schváleny celkem čtyři druhy hmyzu pro použití v potravinářském průmyslu. Prvním schváleným druhem hmyzu byl potměšník moučný dne 1. června 2021 ve formě sušených larev (Evropská komise 2021), a následně dne 8. února 2022 ve formě zmrazených, sušených a drcených larev (Evropská komise 2022). Dále byli postupně schváleni saranče stěhovavá dne 12. listopadu 2021 (Evropská komise 2021), cvrček domácí dne 3. ledna 2023 (Evropská komise 2023) a potměšník stájový (*Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797) dne 5. ledna 2023 (Evropská komise 2023).

Všechny potravinové výrobky obsahující hmyz musí být označeny v souladu s příslušnou legislativou a musí zahrnovat varování, že mohou způsobovat alergické reakce u osob alergických na korýše a výrobky z nich, a prachové roztoče (WormUP 2021).

3.3 Nutriční hodnota hmyzu

Je obtížné zobecnit nutriční hodnotu hmyzu, protože ta se liší podle druhu, pohlaví, vývojového stádia, stravy a prostředí (teplota, vlhkost, fotoperioda) a vyjádření obsahu živin je také ovlivněno použitými analytickými metodami (van Huis 2016). Pochopení rozdílů v nutričním složení hmyzu je nezbytné pro optimalizaci procesu chovu (Kulma et al. 2020). Dle dosavadních znalostí se jedlý hmyz může stát cenným potravinářským produktem (Orkus 2021). Hmyz poskytuje vysoký obsah energie (Rumpold & Schlüter 2013) a kvalitní bílkoviny, minerální látky a vitaminy (Banjo et al. 2006). Obsahuje i další látky, které jsou prospěšné lidskému zdraví, např. antibakteriální bílkoviny a peptidy, enzymy a hormony (Xiaoming et al. 2010). Kromě toho vykazuje i vysoký obsah mikroprvků jako je měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen a zinek, obsahuje i riboflavin, kyselinu pantothenovou, biotin a v některých případech i kyselinu listovou (Rumpold & Schlüter 2013).

Sacharidy jsou u hmyzu reprezentovány hlavně chitinem (polymer N-acetyl-D-glukosamin) zajišťujícím tuhost exoskeletu. Dle Kouřimské et al. (2019) se předpokládá, že chitin je pro člověka nestravitelný. Mnoho živočišných druhů vč. člověka má enzym chitinázu, který chitin může trávit. Do jaké míry je tento enzym účinný, není v současnosti známo. Obsah chitinu je vyšší u dospělého hmyzu než u jejich larev (Oonincx & Finke 2020). Stull et al. (2018) zkoumali vliv chitinu a vlákniny získané konzumací hmyzu na složení střevní mikroflóry, když hodnotili účinky denní konzumace 25 g cvrččí moučky podávané 20 zdravým jedincům ve věku 18-65 let. Tato studie ukázala, že konzumace ve výše uvedené dávce je tolerovatelná a netoxická, podpořila růst probiotické bakterie *Bifidobacterium animalis* a snížila

plazmatický TNF-alfa. Tyto údaje naznačují, že konzumace cvrčků může zlepšit zdraví střev a snížit výskyt systémových onemocnění.

Vzhledem k obsahu živin by hmyz mohl být použit nejen k boji proti podvýživě, ale také ke snížení výskytu obezity (Conway et al. 2024) a s ní spojených neinfekčních onemocnění, které jsou spojeny s nadměrnou spotřebou kalorií v energeticky bohatých potravinách (Weru 2021). Jedlý hmyz může být např. zdrojem železa, jehož vysokou koncentraci má např. saranče stěhovavá (Kouřimská & Kulma 2022), a jeho zařazení do každodenní stravy by mohlo pomoci předcházet anémii v rozvojových zemích (Kouřimská & Benešová 2023). Jedlý hmyz a potraviny obohacené hmyzem mohou potenciálně předcházet i dalším zdravotním problémům, jako je cukrovka, hypertenze a srdeční choroby (da Silva Lucas et al. 2019).

3.3.1 Porovnání s tradičními zdroji bílkovin

Jedlý hmyz poskytuje množství bílkovin, tuků (Rumpold & Schlüter 2013; Sánchez-Muros et al. 2014; de Castro et al. 2018), vitaminů a minerálních látek (Carvalho et al. 2019) srovnatelné s masem (Bukkens 1997; Baiano 2020). Složení omega-3 a omega-6 mastných kyselin u moučných červů je srovnatelné s rybami (a příznivější než u hovězího a vepřového masa) a obsah bílkovin, vitaminů a minerálních látek u moučných červů je podobný jako u konvenčních zdrojů potravy živočišného původu (van Huis et al. 2013). Z hlediska nutričního složení se uvádí, že hmyz obsahuje přibližně 50 % bílkovin, 35 % tuků a 6 % vlákniny v sušině (Kopecká et al. 2023).

Běžně konzumované maso (kuřecí, hovězí, vepřové) má nižší obsah vápníku ve srovnání s druhy jedlého hmyzu jako je včela medonosná, bourec morušový, cvrček banánový, saranče stěhovavá, potemník moučný a potemník brazilský. Obsah vápníku potemníka moučného dosahuje až 76 % (Ravzanaadii et al. 2012). Hmyz lze považovat za možný zdroj vápníku pro osoby s intolerancí na laktózu (Adámková et al. 2014). Dle výsledků Udomsil et al. (2021) byla koncentrace vápníku cvrčků dokonce vyšší než v mléce, což naznačuje, že cvrčky lze použít i jako alternativní zdroj vápníku.

Orkusz (2021) porovnávala nutriční hodnotu 100 g tradičně konzumovaných druhů jedlého hmyzu a 100 g masa (Tabulka 1). Nelze jednoznačně dospět k závěru, že hmyz má lepší nutriční hodnotu, protože obsah jednotlivých živin se u masa i hmyzu výrazně liší. Larvy měly obecně vyšší obsah kalorií než dospělý hmyz. Maso mělo nižší obsah bílkovin než jedlý hmyz. Obsah tuku se značně lišil dle druhu jak u masa, tak u hmyzu. Některé z analyzovaných druhů hmyzu měly vyšší energetickou hodnotu, vyšší obsah bílkovin, tuků, polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a cholesterolu, který byl nejvyšší u cvrčka domácího, než maso. Naopak nižší byl však obsah nasycených mastných kyselin (SFA), mononenasycených mastných kyselin (MUFA), thiaminu, niacinu, kobalaminu a železa. Hmyz, bez ohledu na druh a formu vývoje, se vyznačuje vyšším obsahem tokoferolu, riboflavinu, vápníku, zinku, mědi a manganu než maso. Na rozdíl od masa jsou také zdrojem vitamínu C a vlákniny.

Tabulka 1: Obsah základních živin jedlého hmyzu a masa (Orkusz 2021).

Druh	Energie [kcal/100 g]	Bílkoviny [g/100 g]	Tuk [g/100 g]	Vláknina [g/100 g]	Cholesterol [mg/100 g]
<i>Acheta domestica</i>	153	20,5	5,06	4,6	98,5
<i>Tenebrio molitor</i>	247	25	12,91	3,52	51,3
Vepřová krkovice	13,2	16,89	7,05	-	50,2
Hovězí svíčková	112	20,1	3,5	-	59
Kuřecí prso	98	21,5	1,3	-	58

3.3.2 Bílkoviny

Hmyz má vysoký obsah bílkovin a jeho aminokyselinové profily jsou vhodné jak pro hospodářská zvířata, tak pro člověka (Gravel & Doyen 2020). Obsah bílkovin se u jednotlivých druhů liší a pohybuje se v rozmezí 13-77 % sušiny (Suchý et al. 2017). Mnoho druhů obsahuje přibližně 60 % bílkovin (van Huis 2016). Aminokyseliny hmyzu tvoří okolo 40-95 % všech dusíkatých látek (Mlček et al. 2014). Dle Rumpolda & Schlütera (2013) může 100 g jedlých housenek z řádu Lepidoptera poskytnout 76 % denního požadovaného množství bílkovin pro člověka.

Ve většině případů je methionin první limitující aminokyselinou, pokud je hmyz používán jako potrava nebo krmivo (Oonincx & Finke 2021). Dalšími častými limitujícími aminokyselinami jsou histidin, lysin a tryptofan (Sánchez-Muros et al. 2014). Obecně mají hmyzí bílkoviny nízký obsah methioninu a cysteinu, ale vysoký obsah lysinu a threoninu (DeFoliart 1992).

Udomsil et al. (2019) mezi sebou porovnávali nutriční složení cvrčka domácího a cvrčka dvouskvrnného (*Gryllus bimaculatus* de Geer, 1773). Obsah esenciálních aminokyselin u obou cvrčků byl srovnatelný s obsahem esenciálních aminokyselin ve vejcích, kuřecím, vepřovém a hovězím masu, které jsou považovány za hlavní zdroj bílkovin lidské stravy. Nejhojnějšími aminokyselinami byly kyselina glutamová a glutamin.

Dalším ukazatelem kvality bílkovin je jejich stravitelnost. Protože některé bílkoviny hmyzu jsou vázány na mineralizovaný exoskelet, může zvýšený obsah minerálních látek snížit jejich stravitelnost (Kouřimská & Benešová 2023). Stravitelnost bílkovin získaných z hmyzu se udává okolo 77-98 %, tj. o něco menší hodnota, než u tradičních zdrojů živočišných bílkovin (vejce 95 %, hovězí maso 98 %, kasein 99 %). Stravitelnost je dokonce vyšší než u mnoha rostlinných bílkovin (Mlček et al. 2014).

Při hodnocení kvality bílkovin různých hmyzích mouček podávaným potkanům bylo zjištěno, že bílkoviny z obou testovaných druhů, a to cvrčka domácího a cvrčka mormonského (*Anabrus simplex* Haldeman, 1852), byly jako zdroj aminokyselin stejné nebo lepší než sójové bílkoviny (Finke et al. 1989).

3.3.3 Tuky

Další významnou živinou hmyzu je tuk. Velké rozdíly v obsahu tuků a složení mastných kyselin jsou způsobeny mnoha faktory jako je druh, životní stádium, krmivo, podmínky chovu (Kouřimská & Benešová 2023) a pohlaví (Oonincx & Finke 2021). Obsah tuku v sušině se pohybuje mezi 10-60 %, z toho nejvíce zastoupeny jsou triacylglyceroly (asi 80 %), dále fosfolipidy (obvykle méně než 20 %), které mají úlohu ve struktuře buněčných membrán (Kouřimská et al. 2015). Tuk hmyzu je významným zdrojem nenasycených mastných kyselin, obsahuje velké množství kyseliny olejové (MUFA) a linolenové (PUFA), z nasycených mastných kyselin pak kyselinu palmitovou (Suchý et al. 2017). Obecně platí, že hmyz má více nenasycených mastných kyselin (UFA) ve srovnání s nasycenými mastnými kyselinami (SFA) (Beňo et al. 2022). Obsah nenasycených mastných kyselin je u hmyzu dokonce i vyšší ve srovnání s živočišnými tuky (Mlček et al. 2014). Řepkový olej, uznávaný jako jeden z nejbohatších zdrojů MUFA, má ve srovnání s některými hmyzími oleji nižší nebo srovnatelný obsah MUFA, přičemž některé odrůdy dosahují přibližně 60 % (dos Santos Aguilar 2021).

Mezi druhy hmyzu s nejvyšším množstvím tuku patří larva *Phassus triangularis* (Edwards, 1885) (77-73,13 %), larva nosatce palmového (*Rhynchophorus phoenicis* Fabricius, 1801) (69,78 %) a vosy *Polistes instabilis* (de Saussure, 1853) (62 %) (Rumpold & Schlüter 2013). Adámková et al. (2016) stanovovali nutriční hodnotu 3 druhů jedlého hmyzu chovaných v České republice. Nejvyšší obsah tuku byl zjištěn u larev potemníka brazilského a nejnižší obsah tuku byl zjištěn u larev potemníka moučného. Potemník moučný měl ze všech měřených vzorků nejvyšší obsah kyseliny linolové a kyseliny α -linolenové, které patří mezi základní složky lidské výživy.

Hmyz obsahuje esenciální kyseliny alfa-linolenovou (omega-3) a linolovou (omega-6). Esenciální mastné kyseliny jsou důležité u dětí a kojenců pro jejich vývoj (van Huis et al. 2013). Komerčně chovaný hmyz má často nízký obsah omega-3 mastných kyselin a neoptimální poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin (Oonincx et al. 2020). Potemník moučný může mít lepší hodnoty poměru omega-6/omega-3 než tradiční živočišné tuky a podobnou jako např. u kukuřičného oleje (dos Santos Aguilar 2021).

Hlavními nasycenými kyselinami u cvrčka domácího jsou kyselina palmitová (C16:0) a kyselina stearová (C18:0), naproti tomu dominantní nenasycená mastná kyselina je kyselina palmitová (C18:1) (Udomsil et al. 2019).

Profily mastných kyselin s největší pravděpodobností odrážejí složení mastných kyselin v krmivu (Collavo et al. 2005). Významného obohacení tuku a omega-3 mastných kyselin bylo dosaženo u předkukel bráněnky (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) zkrmováním rybího oleje. Výsledky ukazují zvýšení obsahu tuku (z 21 % na 31 %) u předkukel krmených rybím odpadem a podstatné obohacení (2,5-3,8 % celkového tuku) o omega-3 mastné kyseliny. Předkukly krmené pouze 10 % rybího tuku měly přibližně o 43 % více tuku a přešly ze zanedbatelného množství omega-3 mastných kyselin na přibližně 3 % těchto nenasycených mastných kyselin (St-Hilaire et al. 2007). Oonincx et al. (2020) zjistili, že s každým procentem lněného oleje přidaným do krmiva se obsah kyseliny alfa-linolenové v hmyzu zvýšil o 2,3-2,7 %. Optimální poměr pro lidské zdraví byl dosažen po přidání 2 % lněného oleje.

3.3.4 Ovlivnění nutriční hodnoty hmyzu

Obohacování krmiva je užitečným nástrojem pro manipulaci s nutriční hodnotou (Kulma et al. 2022). Zřejmě nejvýznamnějším faktorem je z tohoto pohledu výživa. Krmivo předkládané hmyzu může významně ovlivnit obsah většiny živin, i když některé, zejména aminokyseliny a minerální látky s výživovým významem, lze manipulovat velmi omezeně (Oonincx & Finke 2021). Velmi dobře lze naopak měnit skladbu mastných kyselin v tuku. Starčekovič et al (2017) provedli studii s obohacením krmiva pro hmyz o lněný, rybí, dýňový a slunečnicový olej u cvrčka banánového. Nejperspektivnějšími komponenty obohacující krmnou dávku pro manipulaci s profilem mastných kyselin cvrčků, aby byly zajímavější nutriční hlediska, se jeví lněný a rybí olej. Dále Kulma et al. (2022) pozorovali vliv přidání mrkve do krmné dávky cvrčka banánového. Bylo zjištěno, že pro dosažení maximálního obsahu karotenoidů není nutná trvalá suplementace mrkvi po celou dobu života, postačuje krmít mrkvi dva týdny před sklizní. I krátkodobé přidání mrkve může významně zvýšit obsah provitaminu A. Zařazení mrkve do stravy cvrčků také ovlivnilo profil mastných kyselin, přičemž doplněk mrkve byl prospěšný i pro kvalitu tuku.

Nutriční hodnota dospělého hmyzu je také ovlivněna pohlavím. Kulma et al. (2019) zkoumali vliv pohlaví na nutriční hodnotu cvrčka domácího. Samice obsahovaly významně vyšší množství tuku a méně bílkovin než samci. Samci obsahovali více chitinu než samice. Popeloviny, bezdusíkaté látky výtažkové, esenciální aminokyseliny a kvalita tuku vyjádřená indexy trombogenicity a indexy aterogenicity se mezi pohlavími nelišily.

Dále nutriční hodnota souvisí i s abiotickými faktory jako osvětlením, fotoperiodou či teplotou v chovném zařízení. Například obsah vitamínu D je velmi proměnlivý a do značné míry závisí na dostupnosti UV-B záření během vývoje hmyzu (Oonincx & Finke 2021). Saranče stěhovavá, cvrček domácí a potemník moučný mohou syntetizovat vitamín D₃ *de novo*, ale dosahují různých koncentrací v závislosti na druhu (Oonincx et al. 2018). V závislosti na teplotě byly zjištěny významné rozdíly v tělesné hmotnosti a délce larev, obsahu sušiny, popelovin a tuku a obsahu bílkovin v sušině. S rostoucí teplotou chovu byla pozorována rostoucí tendence hmotnosti larev, obsahu sušiny a obsahu tuku v sušině. Naopak zřetelná klesající tendence v závislosti na teplotě byla zaznamenána v případě obsahu hrubého proteinu v sušině (Kopecká et al. 2023). Larvy chované při teplotě 28 °C byly těžší a delší, měly nižší obsah bílkovin, ale vyšší obsah tuku, sušiny a popelovin, než larvy chované při teplotě 22 °C a 25 °C (Kouřimská & Kulma 2022).

Obsah živin v hmyzu ovlivňuje i vývojové stádium hmyzu. Larvální stádia nebo kukly bývají obvykle bohatší na energii ve srovnání s dospělci (Kouřimská & Kulma 2022). Nejvhodnější doba pro sklizeň cvrčků domácích je ve věku 9 až 11 týdnů, kdy je obsah tuku, bílkovin a minerálních látek v optimálním množství (Kipkoech et al. 2017). Nejprobádanějším druhem z tohoto pohledu je potemník moučný, u něhož nejvyšší obsah bílkovin obsahují dospělí brouci, nicméně nejsou pro lidskou stravu příliš vhodné vzhledem k vysokému obsahu antinutričních látek (křídla, exoskelet, nohy) a repelentních látek ze skupiny chinonů, zatímco larvy a kukly jsou z nutričního hlediska mnohem zajímavější (Adámková et al. 2016). Kulma et al. (2020) zjistili, že larvy potemníka brazilského ve věku 60, 90 a 120 dní nevykazovaly žádné výrazné rozdíly v obsahu základních živin a kvalitě bílkovin, naproti tomu dospělí jedinci švába smrtihlava (*Blaberus craniifer* Burmeister, 1838) obsahovali podstatně více bílkovin

a méně tuku než malé nebo velké nymfy. V jiném výzkumu Kulma et al. (2016) porovnávali obsah živin subadultních a adultních švábů u švába argentinského (*Blaptica dubia* Serville, 1839), švába *Blaberus discoidalis* (Serville, 1839) a švába turkistánského (*Blatta lateralis* Serville, 1839). Dospělci vždy obsahovali více hrubých bílkovin, ale méně tuku než subadulti stejného druhu. Profily mastných kyselin byly závislé na druhu.

Nutriční hodnotu jedlého hmyzu může ovlivnit i zpracování hmyzu a jeho částí. Nejčastěji dochází ke ztrátě vitaminů a denaturaci bílkovin vlivem tepelných úprav (Oonincx & Finke 2021). Obsah bílkovin a stravitelnost hmyzu mohou být ovlivněny různými způsoby přípravy, jako jsou úpravy před zpracováním, vaření, pečení, smažení, sušení a fermentace. Úpravy před zpracováním, které se provádí u některých druhů hmyzu, zahrnují odstranění odpadních látek, trávicích reziduí a také odstranění křídel, nohou a hlav, což může ovlivnit obsah živin (Ruzengwe et al. 2022). Minerální látky jsou méně citlivé na podmínky zpracování, ale mohou být ovlivněny způsobem vaření, protože se mohou během varu uvolňovat do vody. Podmínky zpracování mohou také negativně ovlivnit biologickou aktivitu živin hmyzu (Ojha et al. 2021). Zpracování ovlivňuje také barvu hmyzu, a to na načervenalou vařením a zlatou, hnědou, černou sušením. Chuť hmyzu je ovlivněna mj. např. feromony, díky kterým hmyz ztrácí chuť vařením. Při této kulinářské úpravě, ale naopak přijímá chuť ostatních ingrediencí, koření a dochucovadel (Baiano 2020). Bawa et al. (2019) zkoumali účinky sušení v mikrovlnné troubě a horkovzdušné troubě. Sušení v horkovzdušné troubě si ve srovnání se sušením v mikrovlnné troubě vedlo podstatně hůře. U mikrovlnného sušení se zvýšil obsah B2, minerálních látek a došlo tak i ke zlepšení mikrobiologické kontaminace a barvy.

3.4 Řepkový olej

Řepkový olej se lisuje ze semen brukve řepky (*Brassica napus* L.). Tato plodina je dnes hlavní pěstovanou olejninou v Evropské unii (Evropská komise 2023), kde Česká republika zaujímá nejvyšší podíl ku celkové osevní ploše, a to přes 400 000 ha (Mikulášová 2018). Využívá se k výrobě potravinářského rostlinného oleje, ale také jako substrát pro výrobu bionafty (Ginni et al. 2020).

Původní odrůdy řepky obsahovaly vysoké množství kyseliny erukové, která má škodlivý vliv na srdce. Proto byly v 60. letech 20. století vyšlechtěny nízkoerukové odrůdy (Hrnčířová et al. 2012). Dnes lze řepkový olej považovat za jeden z nejzdravějších rostlinných olejů, pokud jde o jeho biologické funkce a schopnost snižovat rizikové faktory související s nemocemi a zlepšování zdraví (Lin et al. 2013).

Z rostlinných olejů má nejnižší obsah nasycených mastných kyselin (SFA) a je dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin (SPZO 2019). Obsahuje 60 % kyseliny olejové (C18:1), 20 % kyseliny linolové (C18:2) a 10 % kyseliny alfa-linolenové (C18:3). Má ideální poměr omega-6 k omega-3 a to 2:1 (Barther 2016).

Dle Strickera et al. (2008) může suplementace řepkovým olejem snížit hladinu cholesterolu v krvi a tím snížit riziko kardiovaskulárních onemocnění.

Vzhledem k těmto vlastnostem a možnosti ovlivnit výživovou hodnotu hmyzu obohacením krmiva se tak použití tohoto oleje do krmné směsi pro hmyz zdá být dobrou možností směřující k lepší kvalitě tuku. Chang et al. (2011) zkoumali vliv přidání čtyř druhů oleje (kukuřičný, rostlinný, řepkový s 10 % vitamínu E a řepkový s 20 % vitamínu E) do krmiva

octomilek. Výsledky ukázaly, že mezi oleji nebyl žádný významný rozdíl, kromě nižšího počtu páření, produkce vajíček a líhnutí larev u *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett, 1899) a *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) chovaných na řepkovém oleji. Ke zlepšení profilu mastných kyselin vlivem přidání řepkového oleje do krmné směsi došlo i u cvrčků banánových (Škvorová et al. 2024).

Řepkový olej obsahuje antinutriční hořce působící látky, jako glukosinoláty (Zehnálek 2008) a sinapsin, které spolu mohou potenciálně ovlivnit chuť produktů na bázi hmyzu (Škvorová et al. 2024).

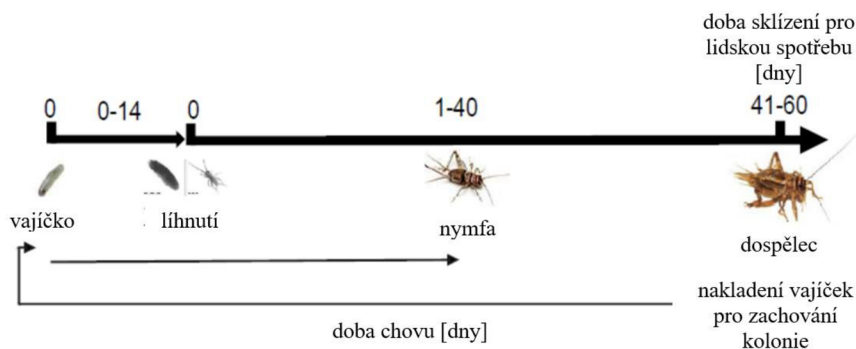
3.5 Cvrček domácí

Tabulka 2: Taxonomické zařazení cvrčka domácího.

Říše	živočichové	Animalia (Linnaeus, 1758)
Kmen	členovci	Arthropoda (Latreille, 1829)
Třída	hmyz	Insecta (Linnaeus, 1758)
Řád	rovnokřídlí	Orthoptera (Latreille, 1793)
Čeleď	cvrčkovití	Gryllidae (Laicharding, 1781)
Rod	cvrček	<i>Acheta</i> (Fabricius, 1775)
Druh	domácí	<i>domesticus</i> (Linnaeus, 1758)

Cvrček domácí je synantropní druh rozšířený po celém světě (Rietschel 2004). Patří mezi hmyz s proměnou nedokonalou. Nymfy se líhnou z vajíček kladených do vlhkého substrátu, oproti dospělcům se vyznačují menší velikostí, absencí křídel a pohlavních orgánů. Dospělosti nymfa dosáhne po šesti svlecích. Celý tento vývoj trvá při teplotě 30 °C šest týdnů (Obrázek 3), s klesající teplotou se prodlužuje (Fokt 2008). Imago dorůstá délky 16-21 mm. Samice mají na konci zadečku kladélko dlouhé asi 12 mm (Mariod et al. 2017) (Obrázek 4). Samci se vyznačují výraznou stridulací třením křídel o sebe (Kovařík et al. 2000).

Plodnost cvrčků výrazně roste s tělesnou hmotností samic (Sturm 2017). Samice přijímají spermie od samce prostřednictvím spermatoforu a uchovávají je ve spermatece, dokud nejsou připraveny na uložení vajíček. Samice nenaklade vajíčka, pokud není k dispozici vhodné stanoviště. Substrát v kladišti musí být neustále mírně vlhký (Clifford & Woodring 1990). Teplota vhodná k chovu je v rozmezí 28-30 °C (Takacs et al. 2023). Při optimální teplotě se vajíčka vylíhnou po 11-15 dnech (von Hackewitz 2018).



Obrázek 2: Životní cyklus cvrčka domácího (Fernandez-Cassi et al. 2019).

Cvrčci jsou konzumováni odedávna, zejména v Africe, Latinské Americe a Asii (Montowska et al. 2019). Celí cvrčci jsou pojídáni např. v Thajsku (Hanboonsong et al. 2016), většinou je ale lidé požívají ve formě moučky nebo proteinového extraktu (Gałęcki & Sokół 2019). Cvrček domácí je považován za jeden z nejperspektivnějších chovaných druhů hmyzu, díky svému atraktivnímu nutričnímu profilu a nižšímu poměru konverze krmiva ve srovnání s jinými zvířaty (Fernandez-Cassi et al. 2019).

Tento druh je odolný vůči podmínkám prostředí a dobře snáší vysokou populační hustotu. Obsah bílkovin se pohybuje mezi 60-70 % a obsah tuku je přibližně 20-25 % (IPIFF 2022). Rozbory nutričního složení odhalily, že cvrččí moučka je bohatá na bílkoviny (42-45,8 % sušiny) a tuky (23,6-29,1 % sušiny). Moučka získaná z dospělých cvrčků domácích obsahovala vysoké množství bílkovin (55-60 %), tuku (24-29 %), vlákniny (3,5-7 %) a minerálních látek (Montowska et al. 2019). Dle Kouřimské & Benešové (2023) jsou cvrčci vynikajícím zdrojem riboflavinu, niacinu, kyseliny pantothenové, pyridoxinu, biotinu, kyseliny listové a kobalaminu. Nutriční analýza mletých cvrčků odhalila, že 100 g sušiny cvrčků obsahuje 2,88 mg vitamínu B12, což odpovídá doporučenému dennímu příjmu pro dospělé.

Dle studie Escobar-Ortiz (2022) může mít suplementace cvrččí moučkou preventivní účinky při rozvoji obezity vč. zlepšení inzulínové rezistence. Rizikem při tepelných úpravách, např. při pečení chleba, je zvýšená koncentrace akrylamidu, proto se dle Bartkiene et al. (2013) doporučuje předúprava cvrččí moučky fermentací. Avšak zahrnutí cvrččí moučky do receptury pšeničného chleba vede ke zlepšení nejen jeho nutričních, ale i sensorických vlastností.

S vyšší než optimální hustotou chovu, nevyváženou krmnou dávkou a výskytem symptomatických patogenů napadených cvrčků se zvyšuje riziko projevu kanibalismu (Takacs et al. 2023), jež se vyskytuje zejména mezi nymfami (Jucker et al. 2022). Tento hmyz je nejčastěji napaden parazity *Nosema* spp., *Gregarine* spp. a *Steinernema* spp. (Gałęcki & Sokół 2019). Kromě toho je velmi citlivý na virus paralýzy cvrčků („*Cricket paralysis virus*, CrPV“) (IPIFF 2022).

Přestože hmyz má dobrou nutriční hodnotu a potenciál stát se udržitelným zdrojem potravy, maloobchodní cena cvrčka domácího je 6x vyšší než cena v Thajsku a 11× vyšší než cena v Keni. Ke snížení ceny je za potřebí zvýšení znalostí a optimalizace výrobního procesu, čímž by se stal hmyz konkurenceschopnější vůči tradičním zdrojům bílkovin (von Hackewitz 2018).



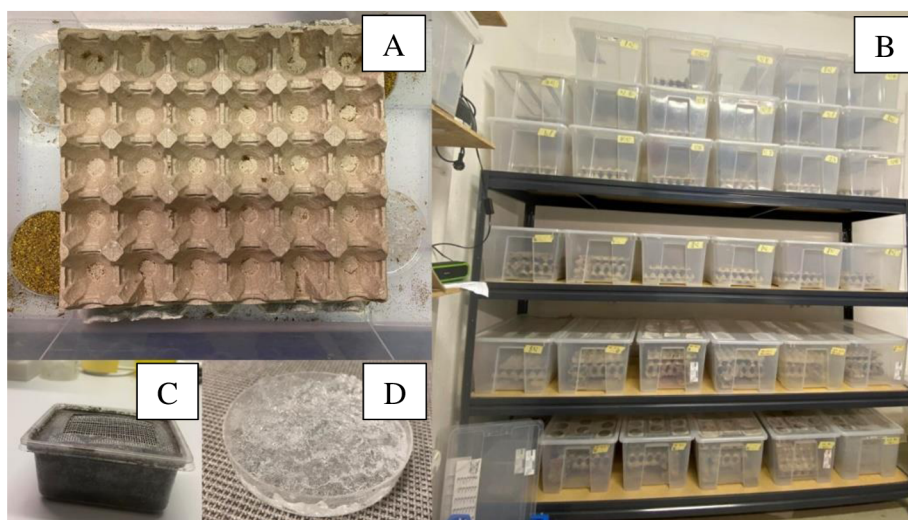
Obrázek 3: Cvrčci domácí v chovném boxu (autor práce).

4 Metodika

Cvrčkům domácím bylo po předem definovanou dobu (5, 10 a 55 dní) podáváno krmivo obohacené řepkovým olejem. Hodnocen byl jeho vliv na množství zkonsumovaného krmiva a hmotnost sklizené biomasy. Hmyz byl dále zlyofilizován, homogenizován a podroben laboratorním analýzám za účelem zjištění obsahu dusíkatých látek, tuků, popelovin a profilů mastných kyselin. Výsledky byly porovnány s cvrčky, kteří byli krmeni kontrolní směsí bez obsahu řepkového oleje.

4.1 Chov cvrčků

Chov cvrčků domácích probíhal v insektáriu (Obrázek 4) na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze. Teplota v místnosti byla 27 ± 1 °C a relativní vlhkost byla 30-35 %. Délka fotoperiody byla 12:12 hodin. Pro chov bylo použito 12 boxů (45 l) o rozměrech $56 \times 39 \times 28$ cm s hliníkovým pletivem zamezující úniku hmyzu a umožňující cirkulaci vzduchu. Chovné boxy byly vybaveny platy od vajec poskytující cvrčkům úkryt a zvětšující životní prostor. Vzhledem k tomu, že se mikroklima v jednotlivých patrech regálu liší, byly pozice boxů každý den náhodně prohazovány tak, aby byl tento faktor eliminován. Pro pokus bylo využito $0,75 \pm 0,1$ g čerstvě vylihnutých nymf (stáří max. 24 hodin). Zdrojem vody byl hydrogel (Oslavan a.s., Náměšť nad Oslavou, Česká republika) v Petriho miskách. Pro každou testovací skupinu byly použity tři chovné boxy (biologická opakování). Jednotlivé trojice byly krmeny krmnou směsí s přídavkem řepkového oleje 55 (RC), 10 (R10) a 5 (R5) dní, a poslední trojice byla kontrolní, krmena směsí bez přídavku řepkového oleje. Krmení bylo vyměňováno případně doplňováno nejdéle za pět dní po dobu prvních 20 dní vývoje a nejdéle za tři dny po dobu od 20. dne do sklizně. Podáváno bylo nejprve v Petriho miskách a od 20. dne v 250 ml plastových krabičkách tak, aby cvrčci nemohli krmivo vyhrabat a bylo tak možné znát celkové množství zkonsumovaného substrátu. Cvrčci ve všech skupinách byli usmrceni po 24 hodinách hladovění (pouze na hydrogelu) zmrazením při -80 °C ve věku 55 ± 1 dní. Sklizení cvrčci byli v mrazicím boxu uskladnění až do začátku nutričních analýz.



Obrázek 4: A – chovný box, B – chov v insektáriu, C – kladiště, D – hydrogel (autor práce).

4.1.1 Konverze krmiva

Tabulka 3: Složení krmných směsí [%].

Kontrolní krmná směs (K)		Experimentální krmná směs (R)	
Kukuřice	43,32	Kukuřice	32,21
Pšenice	10,00	Pšenice	10,00
Sójové výlisky	38,96	Sójové výlisky	20,00
Sójový olej rafinovaný	4,14	Řepkové výlisky	28,03
Vápenec	1,19	Řepkový olej	6,79
Dihydrogen fosforečnan vápenatý	1,11	Vápenec	0,98
Mořská sůl	0,22	Dihydrogen fosforečnan vápenatý	0,75
Hydrogen uhličitan sodný	0,17	Mořská sůl	0,22
Premix	0,50	Hydrogenuhličitan sodný	0,17
Methionin	0,19	Premix	0,50
Lysin (78,8% prášek)	0,09	Methionin	0,12
Žluté barvivo	0,06	Lysin (78,8% prášek)	0,12
Fytáza	0,02	Žluté barvivo	0,06
Probiotika	0,06	Fytáza	0,02
-	-	Probiotika	0,04

Pro pokus byly použity dvě krmné směsi (Jata Emona, Lublaň, Slovinsko): obohacená experimentální a neobohacená kontrolní (Tabulka 3). Cvrčci byli krmeni *ad libitum*. Hmotnost podaného substrátu se zvyšovala s jejich růstem a zvyšujícím se příjmem krmiva dle potřeby. Prvních 10 dnů věku byly misky doplňovány každých pět dní, poté každé tři dny, v případě nedostatku častěji. Při každé obměně substrátu došlo k vážení na stolní váze JW-3 (T-Scale, Kchun-šan, Čína) pro zjištění množství příjmu krmné směsi (Obrázek 5 A).

Ze získaných dat byl dle níže uvedeného vzorce následně vypočten poměr konverze krmiva pro každou zkoumanou skupinu, vč. biologického opakování (FCR – „*Feed Conversation Ratio*“).

$$FCR = \frac{\text{krmivo celkem} - [\text{zbylé krmivo} + (\text{exkrementy, uhynulí jedinci, svlečky})]}{\text{sklizená biomasa}}$$



Obrázek 5: A – navážený substrát, B – experimentální směs (R), C – kontrolní směs (K).

4.2 Laboratorní analýzy

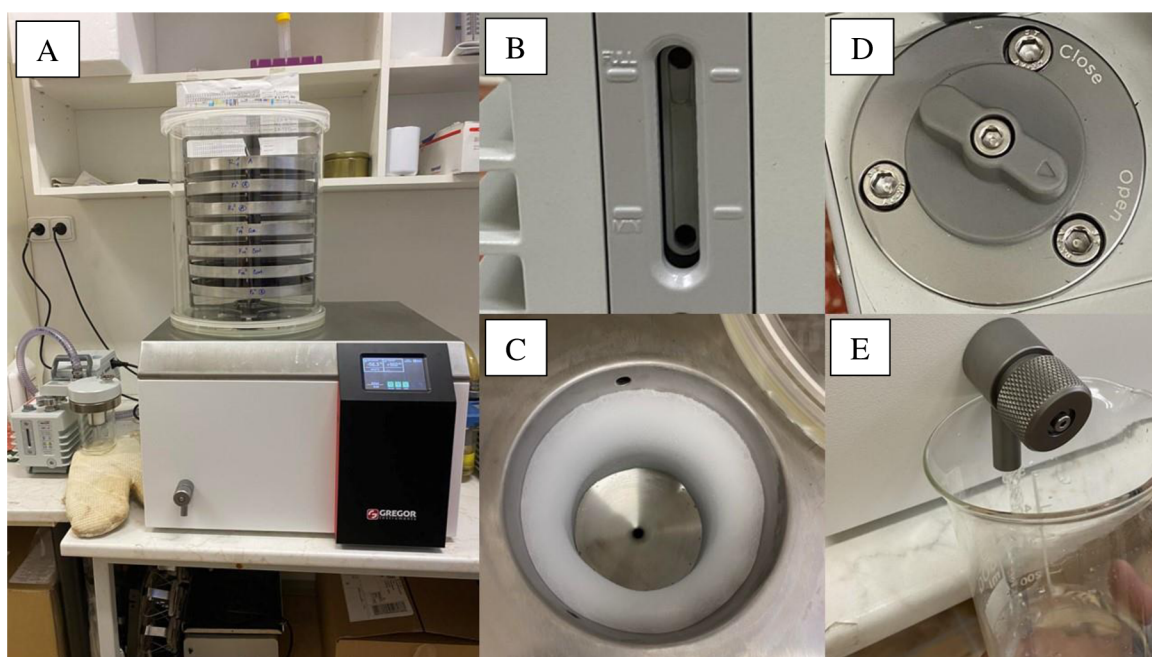
4.2.1 Lyofilizace

Lyofilizace (neboli vakuové vymrazování, sušení mrazem, sublimační sušení) je metoda založena na principu změny stavu látky (rozpouštědla, v tomto případě vody) z pevného do plynného stavu (sublimace) za snížené teploty a tlaku. Teplota klesá, vytvoří se námraza a uvolňuje se nejvíce vody. Lyofilizace probíhá, když se tlak dostane pod 6,1 hPa. Cvrčci byli lyofilizováni po dobu 72 hodin.

K lyofilizaci byl použit laboratorní lyofilizátor L4-55 PRO (Gregor Instruments, Sázava, Česká republika) s kapacitou cca 1,5 kg vzorku. Před každou lyofilizací bylo nutno zkontrolovat olej v rotační vakuové vývěvě CRV Pro 2 (Welch, Ilmenau, Německo), který by měl optimálně být v horní polovině a mít světle žlutou barvu, otevřít a zavřít vypouštěcí ventil (vypuštění případného zbytku vody) a zásobník na led (musí být suchý). Nejprve bylo zapnuto chlazení a vývěva (teplota minimálně $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ideálně $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) po dobu 20-30 minut. Při poklesu atmosférického tlaku pod 100 hPa následovala zvuková signalizace. Vzorky navážené v miskách byly co nejrychleji přesunuty z mrazáku ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) do lyofilizátoru, na nějž bylo nasazeno víko.

Po skončení lyofilizace bylo vypnuto sušení, vývěva, chlazení a vyčkáno na zavzdušnění komory. Dále následovalo sejmutí víka, válce, misky se vzorkem a zapnuto odlednění a na vývěvě otevřen ventil do polohy „open“ na cca 20 minut, poté uzavřen do polohy „close“. Zásobník byl umístěn mimo základu, aby mohl vyschnout.

Vzorek hmyzu byl zvážen před i po lyofilizaci, a to včetně lyofilizačních nádob. Po odečtení hmotnosti cvrčků po lyofilizaci od hodnoty hmotnosti cvrčků před lyofilizací bylo vypočteno množství odpařené vody lyofilizací. Proces lyofilizace vzorků je zobrazen na Obrázcích 6 A-E.



Obrázek 6: A – lyofilizátor, B – hladina oleje ve vývěvě, C – zásobník na led po lyofilizaci, D – „open/close“ pozice vypouštěcího ventilu, E – vypouštění ventilu (autor práce).

4.2.2 Sušina

Vzorky byly sušeny v sušárně (Mettler, Büchenbach, Německo) viz Obrázek 7. Tři gramy lyofilizovaného vzorku navážený do porcelánového kelímku byly sušeny při teplotě 103,5 °C. Vysušené kelímky se vzorkem byly přesunuty do exsikátoru, aby zchladly. Následně došlo opět ke zvážení a výpočtu rozdílu mezi vzorky před a po sušení.



Obrázek 7: Sušárna Memmert (autor práce).

4.2.3 Popeloviny

Pro stanovení popelovin byla využita muflová pec (LAC, Židlochovice, Česká republika). Nejprve byl zvážen porcelánový kelímek s naváženým hmyzem. Poté došlo ke spálení vzorku v muflové peci při teplotě 550 °C (Obrázek 8). Po spálení byly kelímky s popelem přemístěny do exsikátoru, aby zchladly. Následně došlo ke zvážení kelímku se vzorkem po spálení a výpočtu rozdílu mezi vzorky před a po spalování.



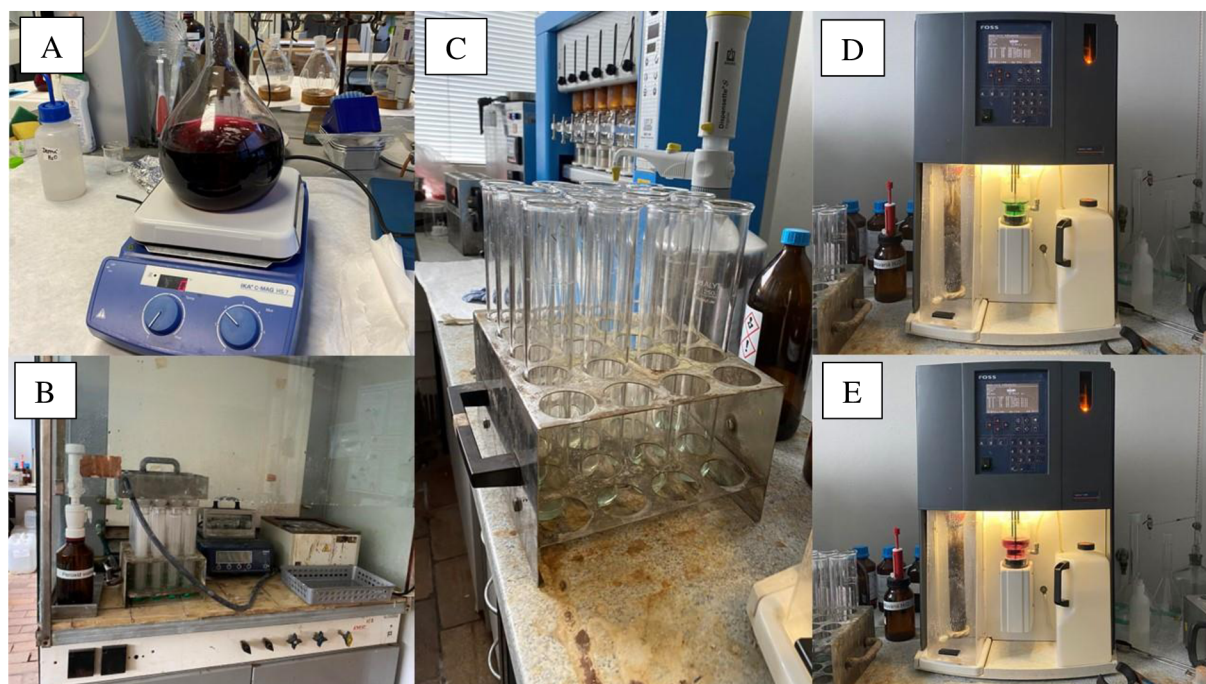
Obrázek 8: Muflová pec (autor práce).

4.2.4 Dusíkaté látky

Dusík byl stanoven Kjeldahlovou metodou přístojem Kjeltec 2400 (Foss Tecator, Höganäs, Švédsko). Dva dny předem byl připraven roztok kyseliny borité. Do 2 litrové baňky cca do poloviny byla nalita destilovaná voda, přidáno 20 g kyseliny borité (H_3BO_3), přidáno magnetické míchadlo, poté byla baňka vložena na magnetickou míchačku nastavenou na míchání mezi stupněm 3-4 při teplotě 50 °C. Následně byl přidán indikátor 20 ml bromkresolové zeleně ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$) a 14 ml methylčerveně ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$). Magnetem bylo vyjmuto míchadlo a baňka byla doplněna po risku destilovanou vodou.

K 0,2 g vzorku naváženého do vysoké tuby byly přidány oxidační tablety (K_2SO_4 , CuSO_4) a 10 ml 96% kyseliny sírové (H_2SO_4). Po přemístění do digestoře s topným tělesem bylo přidáno 2x 5 ml peroxidu vodíku (H_2O_2). Tuby byly přemístěny v železném stojanu na topné hnízdo. Mineralizace probíhala 45 minut při teplotě 420 °C. Po ukončení mineralizace byly tuby se zelenou kapalinou vyjmuty a nechány odstát, dokud obsah nezmodral.

Před vložením mineralizovaného vzorku do přístroje bylo do tuby napipetováno 10 ml destilované vody. Amoniak (NH_3) uvolněný ze síranu amonného [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] byl vodní párou predestilován do baňky s roztokem kyseliny borité, čímž se změnila fialová barva na barvu zelenou. Finálním krokem byla titrace kyselinou chlorovodíkovou (HCl), jež byla dokončena přechodem zelené barvy na růžovou barvu. Konverzní faktor využitý pro kvantifikaci bílkovin byl 6,25.

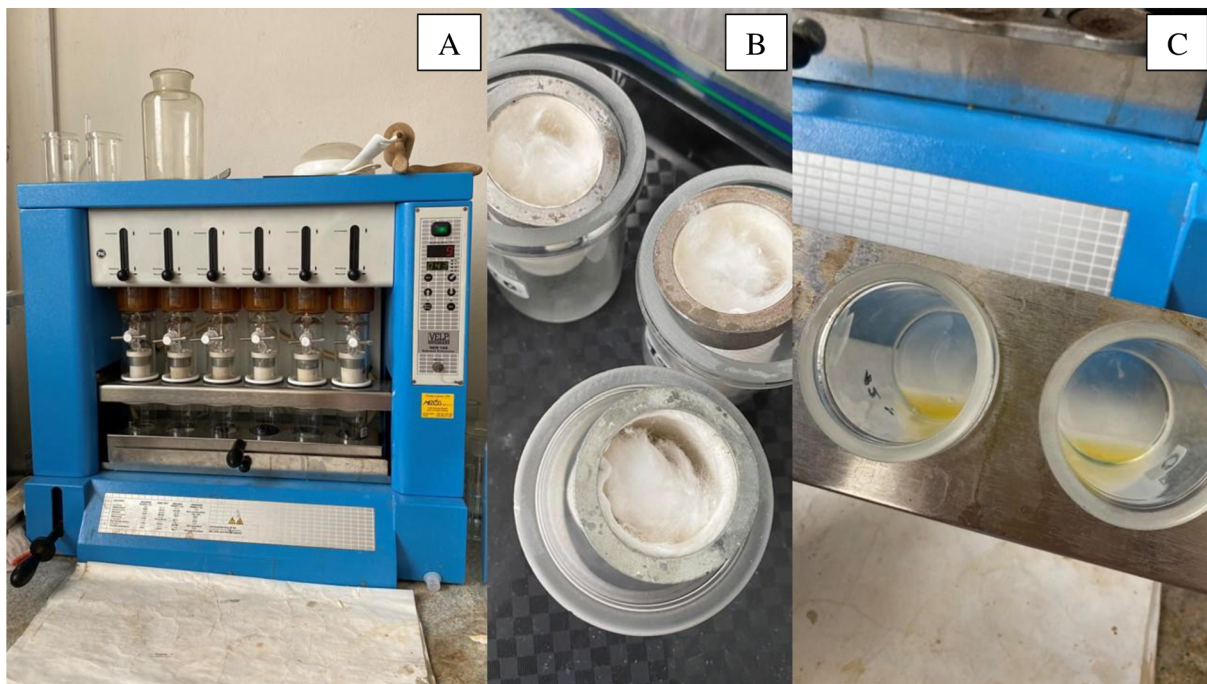


Obrázek 9: A – příprava roztoku kyseliny borité, B – digestoř s topným tělesem, C – tuby v železném stojanu, D – destilace amoniaku, E – titrace chlorovodíku (autor práce).

4.2.5 Tuky

Tuk byl stanoven extrakční metodou dle Soxhleta. Skleněné kelímky byly den předem vysušeny při teplotě 103 °C a poté zváženy. Po vysušení byly přemístěny do exsikátoru, kde se vychladily, aby nedošlo k navlhnutí. Následně se do kelímku vložila patrona a 3 g

vzorku, který se přikryl vatou. Dále se do skleněných kelímků přidalo 50 ml petroletheru. Skleněné kelímky v kovovém držáku byly vloženy do přístroje SER 148 Solvent Extraction Unit (Velp Scientifica, Via Stazione, Itálie). Extrakce tuku probíhala ve třech fázích („*immersion, washing, recover*“). Po skončení procesu byly vyjmuty skleněné kelímky s extraktem a přemístěny do sušárny na 12 hodin při teplotě 103 °C a poté zchlazeny v exsikátoru a následně zváženy.



Obrázek 10: A – extrakční přístroj, B – patроны s vatou, C – vyextrahovaný tuk (autor práce).

4.2.6 Profily mastných kyselin

Pro stanovení profilu mastných kyselin byl použit plynový chromatograf GC-MS s hmotnostním detektorem (Agilent Technologies, Santa Clara, CA USA). K separaci byla použita chromatografická kolona Restek Rt®-2560 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA USA) o rozměrech 100 m × 0,25 mm × 0,2 μm. Teplota nástřiku byla 250 °C, objem nástřiku byl 1 μl, splitovací poměr byl 1:100, kdy byl jako nosný plyn využit 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, Bellefonte, PA USA), který obsahoval 37 methylesterů mastných kyselin. Identifikovány byly pouze mastné kyseliny, jež byly obsaženy ve standardu. Jejich obsah byl vyjádřen na celkový procentuální obsah tuku.

4.2.7 Statistické vyhodnocení

Data jsou v tabulkách uvedena ve formě aritmetických průměrů se směrodatnou odchylkou. K popisu rozdílů mezi jednotlivými skupinami byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a následně post-hoc Schéffeho testy (Statistica, StatSoft Inc, Tulsa USA). Statisticky porovnány byly pouze obsahy mastných kyselin, které byly zastoupeny ve více než 1 %. Výstupy ze statistického softwaru jsou k práci přiloženy v Přílohách I-XXVI.

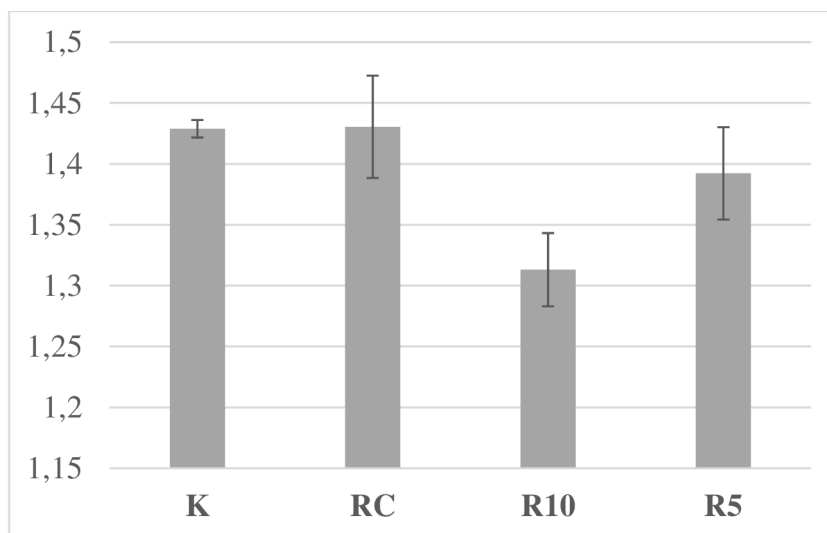
5 Výsledky

5.1 Konverze krmiva

Tabulka 4: Konverze krmiva (FCR) vyjádřená aritmetickými průměry \pm směrodatnou odchylkou. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní, dolní index – biologické opakování.

Opakování			\bar{x}
K ₁	K ₂	K ₃	K
1,43	1,44	1,42	1,43 \pm 0,01
RC ₁	RC ₂	RC ₃	RC
1,49	1,41	1,39	1,43 \pm 0,04
R10 ₁	R10 ₂	R10 ₃	R10
1,28	1,35	1,31	1,35 \pm 0,03
R5 ₁	R5 ₂	R5 ₃	R5
1,44	1,35	1,38	1,39 \pm 0,04

Výsledek FCR u cvrčků 1,31-1,43 (Tabulka 4) ukázal trend související s dobou suplementace (Graf 1). Statisticky významné rozdíly byly nalezeny pouze mezi cvrčky krmenými substrátem R po dobu 10 dní (R10 – 1,35) a cvrčky krmenými K a R po dobu 55 dní (K, RC – 1,43).



Graf 1: Konverze krmiva (FCR). K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.2 Nutriční parametry

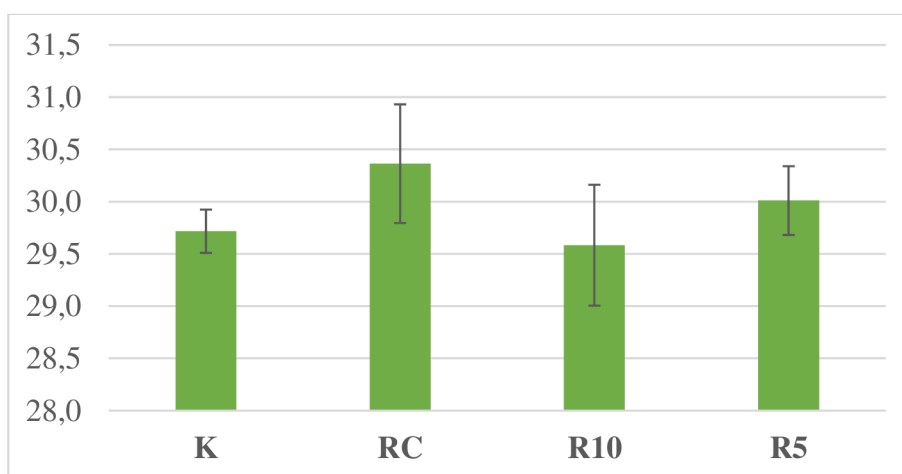
Výsledky základních nutričních analýz potvrdily, že cvrčci bez ohledu na použité krmné směsi jsou dobrým zdrojem bílkovin a tuků (Tabulka 5). Statistické porovnání jejich obsahu je uvedeno v grafech níže.

Tabulka 5: Nutriční parametry vyjádřené aritmetickými průměry \pm směrodatnou odchylkou. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

	K	RC	R10	R5
Sušina [g/100 g čerstvé hmoty]	29,7 \pm 0,2	30,4 \pm 0,6	29,6 \pm 0,6	30,0 \pm 0,3
Bílkoviny [g/100 g sušiny]	59,8 \pm 0,9	63,6 \pm 0,8	59,5 \pm 0,7	59,9 \pm 0,8
Tuky [g/100 g sušiny]	26,4 \pm 0,5	22,1 \pm 1,4	27,2 \pm 0,2	26,2 \pm 0,9
Popeloviny [g/100 g sušiny]	5,2 \pm 1,5	4,3 \pm 0,1	6,3 \pm 0,3	6,0 \pm 0,3

5.2.1 Sušina

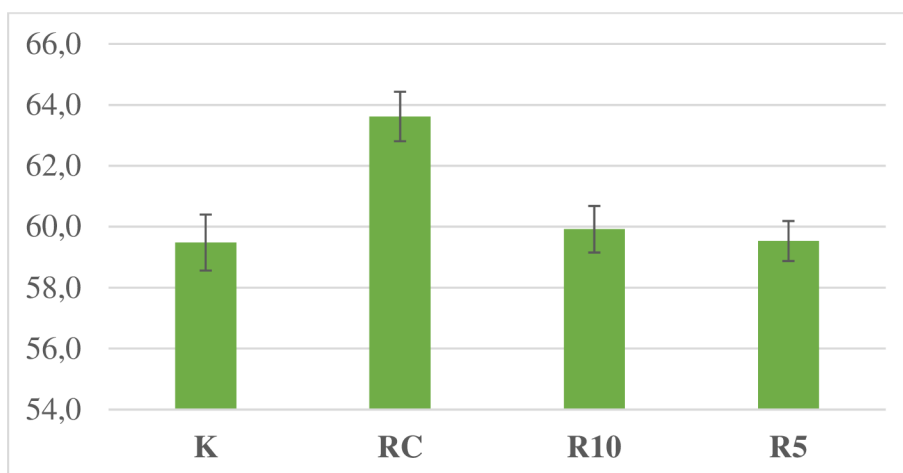
V obsahu sušiny nebyl mezi analyzovanými vzorky nalezen statisticky významný rozdíl, přičemž hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 29,6-30,4 g/100 g čerstvé hmoty.



Graf 2: Sušina v čerstvé hmotě analyzovaných vzorcích cvrčků [g/100 g čerstvé hmoty]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.2.2 Bílkoviny

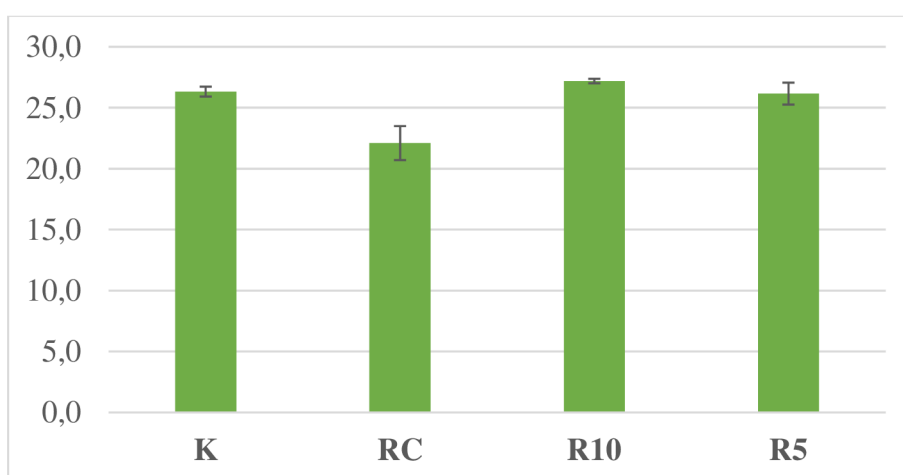
Cvrčci krmeni experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje (RC – 63,6 g/100 g sušiny) byli bohatší na bílkoviny ($p < 0,05$), než ostatní skupiny (K – 59,8 g/g sušiny, R10 – 59,5 g/g sušiny, R5 – 59,9 g/g sušiny). U těchto skupin byl obsah bílkovin statisticky totožný (Graf 3).



Graf 3: Bílkoviny v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.2.3 Tuky

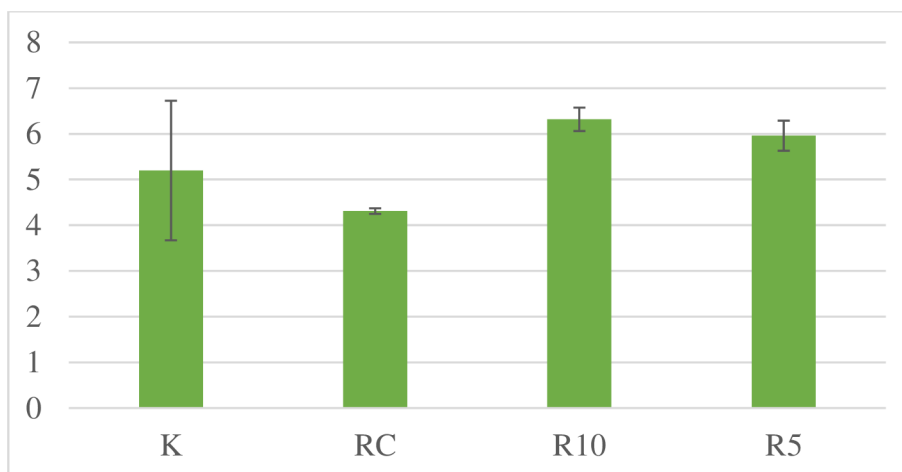
Statisticky významný rozdíl byl mezi cvrčky krmnými experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje (RC – 22,1 g/100 g sušiny), u kterých byl obsah tuku nejnižší (Graf 4), a ostatními skupinami (K, R10, R5). Nejvyšší obsah tuku byl u skupiny krmné experimentální krmnou směsí po dobu 10 dní před sklizní (R10 – 27,2 g/100 g sušiny).



Graf 4: Tuky v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.2.4 Popeloviny

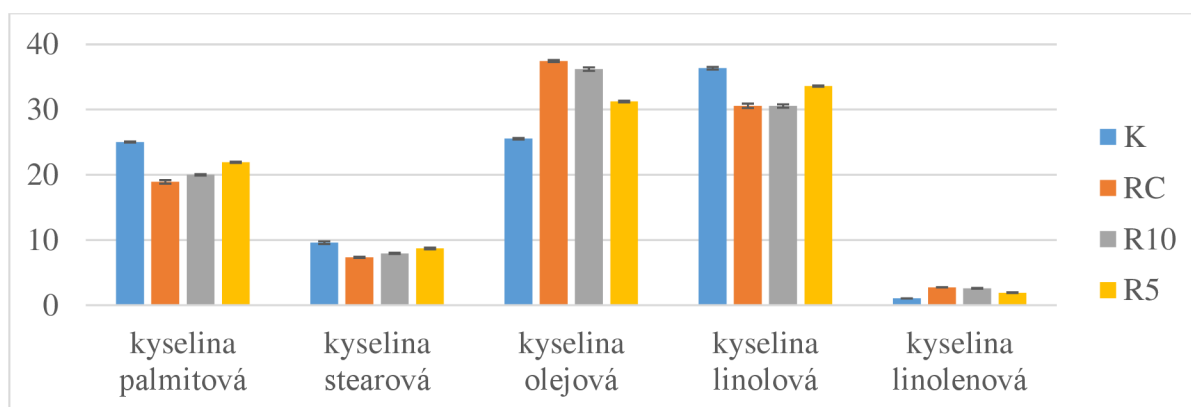
Cvrčci krmeni experimentální krmnou směsí po dobu 10 a 5 dní před sklizní vykazovaly vyšší obsah popelovin (R10 – 6,3 g/100 g sušiny, R5 – 6,0 g/100 g sušiny), než cvrčci krmeni po celou dobu vývoje kontrolní a experimentální krmnou směsí (K – 5,2 g/100 g sušiny, RC – 4,3 g/100 g sušiny). Rozdíly mezi skupinami ovšem nebyly statisticky významné.



Graf 5: Popeloviny v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3 Mastné kyseliny

Při použití experimentální krmné směsi došlo ke snížení nasycených mastných kyselin (SFA) a zvýšení obsahu kyseliny linolenové a mononenasycených mastných kyselin (MUFA) (Tabulka 6). U cvrčků, kterým byla experimentální krmná směs předkládána po dobu nejméně 10 dní před sklizní, byla dominantní mastnou kyselinou kyselina olejová (RC – 37,44 %, R10 – 36,20 %). V ostatních vzorcích převažovala kyselina linolová (K – 36,33 %, R5 – 33,59 %). Celkem pět kyselin mělo vyšší zastoupení než 1 % (Graf 6).



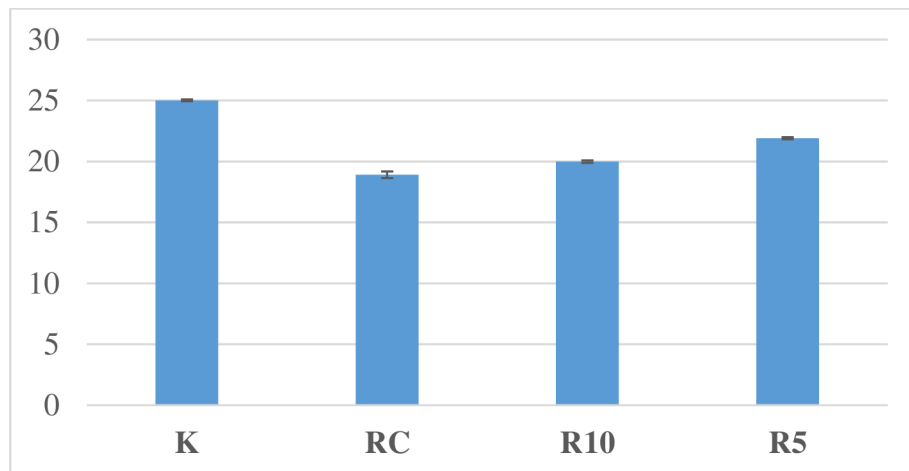
Graf 6: Mastné kyseliny zastoupené ve více než 1 % [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

Tabulka 6: Profily mastných kyselin ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky hodnoceny byly pouze mastné kyseliny s obsahem vyšším než 1 % (v tabulce vyznačeny tučně).

Kyselina	K	RC	R10	R5
Laurová	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00
Myristová	0,49 ± 0,00	0,36 ± 0,00	0,41 ± 0,00	0,43 ± 0,00
Myristolejová	0,02 ± 0,00	-	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Pentadekanová	0,07 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,00
Cis-10-pentadecenová	-	-	-	-
Palmitová (16:0)	25,02 ± 0,08	18,91 ± 0,27	19,99 ± 0,10	21,91 ± 0,09
Palmitolejová	0,56 ± 0,01	0,55 ± 0,55	0,56 ± 0,021	0,54 ± 0,00
Heptadekanová	0,15 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,15 ± 0,00	0,15 ± 0,01
Cis-10-heptadecenová	0,04 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Stearová (18:0)	9,58 ± 0,21	7,33 ± 0,09	7,95 ± 0,09	8,70 ± 0,13
Elaidová	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,00
Olejová (18:1)	25,53 ± 0,12	37,44 ± 0,16	36,20 ± 0,27	31,23 ± 0,12
Linolová (18:2)	36,33 ± 0,20	30,57 ± 0,34	30,54 ± 0,26	33,59 ± 0,09
Arachová	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,01
Gama-linolenová	0,21 ± 0,01	0,39 ± 0,03	0,30 ± 0,01	0,28 ± 0,02
Cis-11-ikosenová	0,05 ± 0,00	0,23 ± 0,00	0,21 ± 0,01	0,14 ± 0,00
Linolenová (18:3)	1,05 ± 0,01	2,75 ± 0,02	2,59 ± 0,05	1,92 ± 0,05
Henikosanová	-	-	-	-
Cis-11,14-ikosadienová	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,01
Behenová	-	0,02 ± 0,00	-	0,01 ± 0,00
Cis-8,11,14-ikosatrienová	0,30 ± 0,02	0,41 ± 0,03	0,31 ± 0,00	0,32 ± 0,03
Eruková	-	-	-	-
Cis-11,14,17-ikosatrienová	-	-	-	-
Trikosanová	-	-	-	-
Arachidonová	0,21 ± 0,01	0,26 ± 0,02	0,22 ± 0,00	0,26 ± 0,04
Cis-13,16-dokosadienová	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01
Lignocerová	-	-	-	-
Ikosapentaenová	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,00
Nervonová	-	-	0,13 ± 0,04	-
Dokosahexaenová	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,07 ± 0,06	0,02 ± 0,00
SFA	35,51 ± 0,27	27,05 ± 0,35	28,73 ± 0,19	31,46 ± 0,22
MUFA	26,30 ± 0,12	38,20 ± 0,13	36,99 ± 0,21	31,94 ± 0,09
PUFA	38,14 ± 0,17	34,52 ± 0,42	34,10 ± 0,27	36,45 ± 0,13

5.3.1 Kyselina palmitová

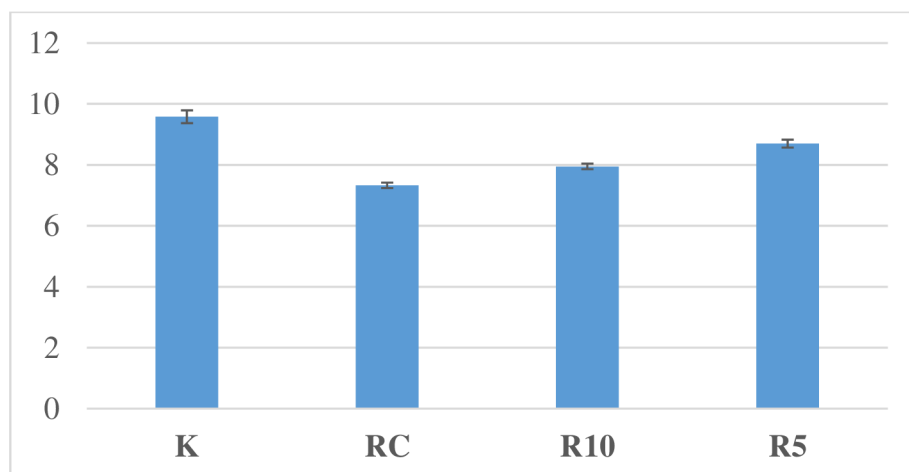
Obsah kyseliny palmitové (Graf 6) byl nejvyšší ($p < 0,05$) u skupiny cvrčků krmené kontrolní krmnou směsí (K – 25,02 %). Při použití experimentální krmné směsi (RC – 18,91 %, R10 – 19,99 %, R5 – 21,91 %) se obsah kyseliny palmitové snížil.



Graf 7: Kyselina palmitová ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.2 Kyselina stearová

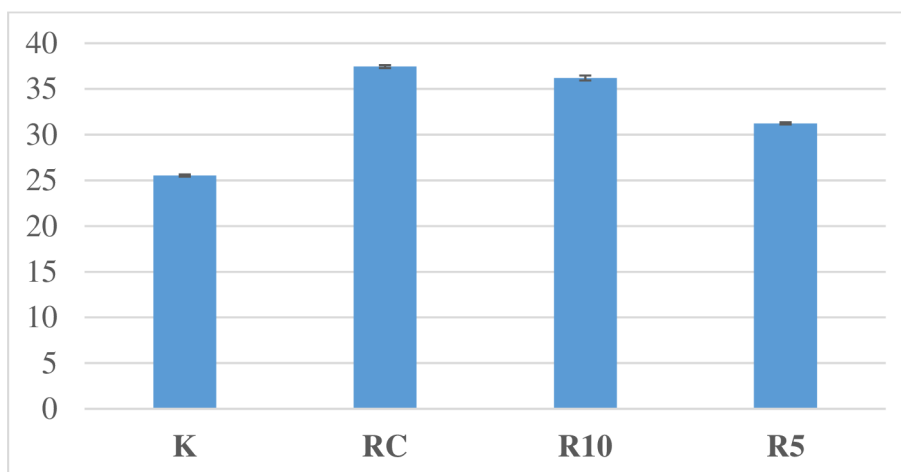
Statisticky vyšší obsah kyseliny stearové (Graf 7) byl nalezen, ve srovnání s cvrčky krmnými experimentální krmnou směsí (RC – 7,33 %, R10 – 7,95 %, R5 – 8,70 %) u cvrčků krmných kontrolní krmnou směsí (K – 9,58 %). Koncentrace kyseliny stearové se při použití experimentální krmné směsi snížila.



Graf 8: Kyselina stearová ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.3 Kyselina olejová

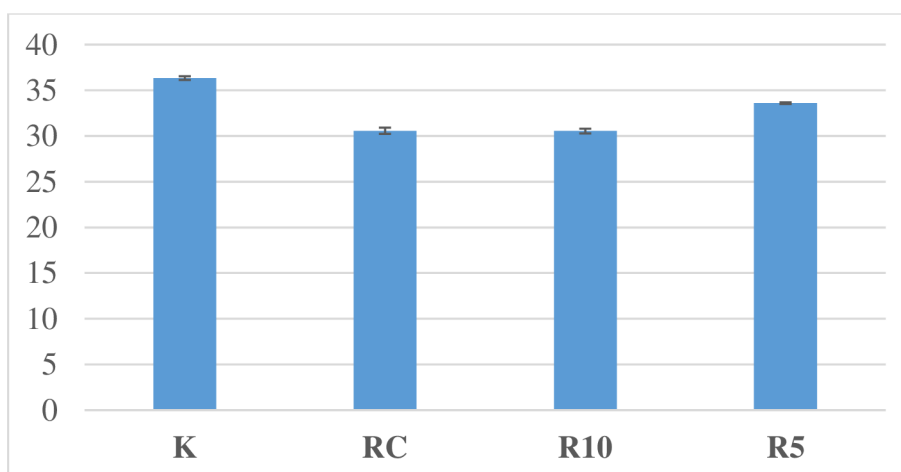
Kyselina olejová (Graf 8) byla zjištěna ve vyšší koncentraci u cvrčků krmených experimentální krmnou směsí (RC – 37,44 %, R10 – 36,20 %, R5 – 31,23 %) ve srovnání s cvrčky krmenými kontrolní krmnou směsí (K – 25,53 %). Mezi skupinami krmenými experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje (RC) a po dobu 10 dní před sklizní (R10) nebyly v obsahu kyseliny olejové žádné významné rozdíly.



Graf 9: Kyselina olejová ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.4 Kyselina linolová

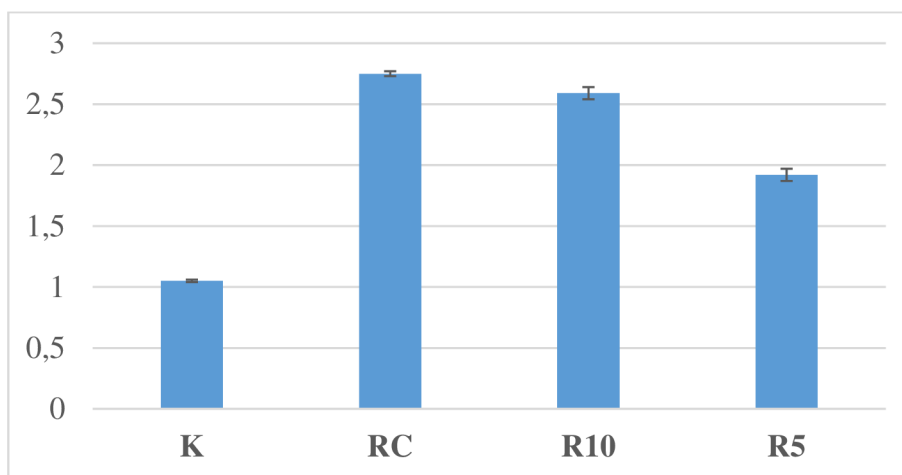
Obsah kyseliny linolové (Graf 9) byl nejvyšší u skupiny cvrčků krmených kontrolní krmnou směsí (K – 36,33 %).



Graf 10: Kyselina linolová ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.5 Kyselina linolenová

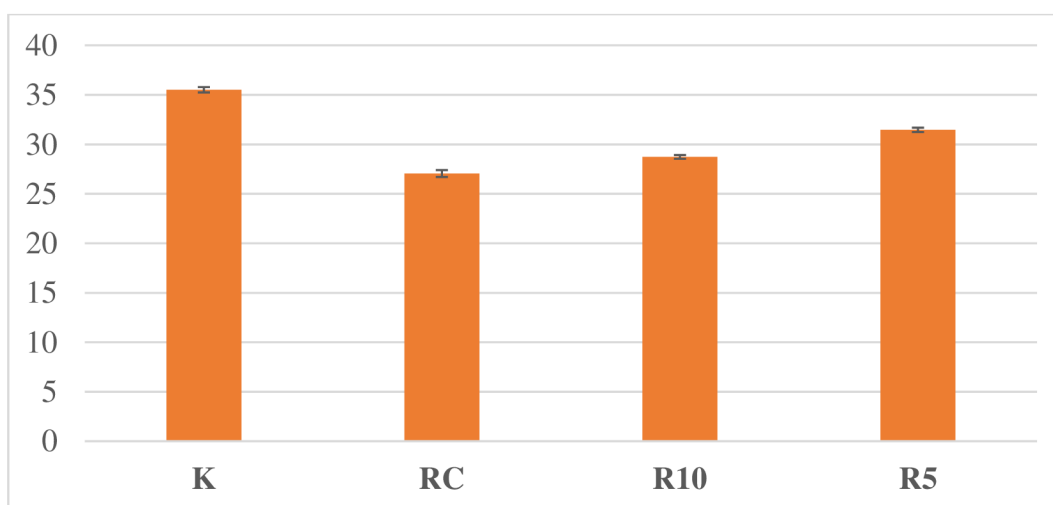
Oproti cvrčkům, kteří byli krmeni kontrolní krmnou směsí (K – 1,05 %) byl vyšší obsah kyseliny linolenové (Graf 10) zjištěn u skupin cvrčků krmených experimentální krmnou směsí (RC – 2,75 %, R10 – 2,59 %, R5 – 1,92 %). Mezi skupinami krmenými experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje (RC) a po dobu 10 dní před sklizní (R10) nebyly v obsahu kyseliny olejové žádné významné rozdíly.



Graf 11: Kyselina linolenová ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.6 SFA

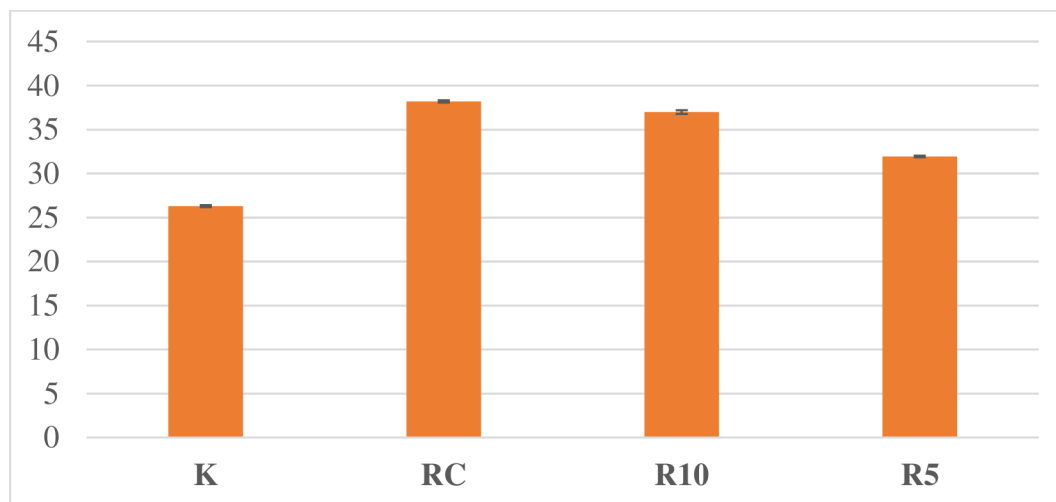
Cvrčci krmeni kontrolní krmnou směsí (K – 35,51 %) obsahovali více SFA (Graf 11) než cvrčci krmeni experimentální krmnou směsí (RC – 27,05 %, R10 – 28,73 %, R5 – 31,46 %). Obsah SFA výrazně ovlivnila délka podávání experimentální krmné směsi.



Graf 12: SFA ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

5.3.7 MUFA

Skupiny cvrčků krmené experimentální krmnou směsí (RC – 38,20 %, R10 – 36,99 %, R5 – 31,94 %) obsahovali významně více MUFA (Graf 12) než cvrčci krmeni kontrolní krmnou směsí (K – 26,30 %).



Graf 13: MUFA ve vzorcích cvrčků [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

6 Diskuze

6.1 Konverze krmiva

Vzhledem ke složení sestavených krmných směsí nebylo překvapivé, že se konverze krmiva mezi dietami příliš nelišila. Bylo potvrzeno, že sójový šrot lze částečně nahradit řepkovými pokrutinami bez nepříznivého vlivu na užitkovost cvrčků. Pro výpočet konverze krmiva byla použita hmotnost celé sklizené biomasy. Ačkoliv všechny části hmyzu nejsou jedlé, tento postup je v souladu s většinou ostatních studií. Ve srovnání s nimi jsou získané hodnoty nižší (1,43-1,35). Fernandez-Cassi et al. (2019) uvádí hodnotu FCR 2,1. Nižší hodnotu konverze krmiva (1,34) získali Lundy & Parrela (2015).

Rozdíly lze vysvětlit odlišným složením krmiv, technologií chovu, a také způsobem oddělení zbytků krmiva od ostatních zbytků (např. exkrementy).

6.2 Nutriční parametry

6.2.1 Sušina

Obsah sušiny u analyzovaných skupin byl 29,6-30,0 g/100 g čerstvé hmoty. Podobný obsah sušiny u cvrčka banánového deklarovali Bawa et al. (2020), a to hodnotou 29,25-31,65 g/100 g čerstvé hmoty. Bednářová et al. (2013) uvádí obsah sušiny vyšší (33,28 g/100 g čerstvé hmoty), zatímco údaje naměřené Mlčkem et al. (2018) ukazují nižší hodnotu (22,6 g/100 g čerstvé hmoty).

6.2.2 Bílkoviny

Cvrčci obsahovali 59,5-63,6 g/100 g sušiny bílkovin, kdy hodnoty 63,6 g/100 g sušiny dosáhla skupina cvrčků krmena experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje. Tato hodnota překračuje hodnotu uvedenou Bednářovou et al. (2013) u cvrčka banánového, která činila 59,23 g/100 g sušiny. Araújo et al. (2019) uvádějí u stejného druhu cvrčka obsah bílkovin ještě vyšší, a to 65,52 g/100 g sušiny. Rumpold & Schlüter (2013) u dospělého cvrčka domácího udávají rozmezí hodnot vyšší, než jsme získali v experimentu, a to 64,38-70,75 g/100 g sušiny.

6.2.3 Tuky

Hodnota obsahu tuku se pohybovala v rozmezí 22,1-27,2 g/100 g sušiny, což je významně méně, než hodnota uvedená ve studii Bednářové et al. (2013), kde byla zaznamenána hodnota 34,34 g/100 g sušiny. Takto vysoká hladina hodnot mohla být zapříčiněna přítomností nedospělých stádií ve sklizené biomase, protože dle Finke (2002) obsahují larvy a kukly více tuků než dospělci. V porovnání s daty získanými Rumpold & Schlüter (2013) byly hodnoty naměřené v rámci naší studie vyšší. V tomto případě byla u dospělců cvrčka domácího naměřena hodnota 22,80 g/100 g sušiny, kdežto u nymf pouze 18,55 g/100 g sušiny. Onincx et al. (2020) potvrdili, že obsah tuku lze navýšit obohacením krmiva lněným olejem. Toho se

nám při obohacení řepkovým olejem, v porovnání s hodnotami při použití oleje sójového, povedlo docílit pouze nevýznamně, a to při krátkodobé suplementaci.

6.2.4 Popeloviny

Obsah popelovin se pohyboval v rozmezí 4,3-6,3 g/100 g sušiny. Dle Rumpolda & Schlütera (2013) obsahuje cvrček domácí cca 5,1 g/100 g sušiny popelovin. Mnohem větší obsah popelovin než u námi hodnocených experimentálních skupin, kterým byla experimentální krmná směs podávána po dobu 10 a 5 dní před sklizní, uvádí Ghost et al. (2017) u cvrčka dvouskvrnného, a to 9,69 g/100 g sušiny.

6.3 Mastné kyseliny

Výsledky naší studie potvrdily, že složení mastných kyselin hmyzu částečně odráží složení mastných kyselin v krmivu, jak již dříve naznačili např. Barroso et al. (2014) nebo Finke (2002). Řepkový olej obsahuje v porovnání se sójovým olejem méně nasycených mastných kyselin (SFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a více mononenasycených mastných kyselin (MUFA), což bylo prokazatelné i v rámci získaného profilu mastných kyselin (Alexander & Mattson 1966). Dle získaných údajů je zřejmé, že i krátkodobé používání krmné směsi s přísadkou řepkového oleje (5 dní před sklizní) může profil mastných kyselin výrazně ovlivnit.

U cvrčků, kterým byla experimentální krmná směs předkládána po dobu nejméně 10 dní před sklizní, byla dominantní mastnou kyselinou kyselina olejová (RC – 37,44 %, R10 – 36,20 %). V ostatních vzorcích převažovala kyselina linolová (K – 36,33 %, R5 – 33,59 %). Nejvíce kyseliny palmitové bylo detekováno u skupiny krmené kontrolní krmnou směsí (25,02 %). Tato hodnota je v souladu s údaji Mlčka et al. (2018), kteří ve své studii uvádějí 25,85 %. Studie Bednářové et al. (2013) uvádí nižší hodnotu (20,55 %), ale Araújo et al. (2019) zaznamenali vyšší hodnotu, než námi získanou (33,10 %). Snížení koncentrace kyseliny stearové při použití experimentální krmné směsi potvrzuje, že délka suplementace je významný faktor. Ve srovnání s údaji Araújo et al. (2019), kteří uvádějí obsah kyseliny stearové u cvrčka banánového 9,03 % je tato hodnota u námi naměřených vzorků nejbližší k nejvyšší hodnotě zjištěné u skupiny cvrčků krmených kontrolní směsí (9,58 %). Variabilita kvality tuku se potvrdila i pro kyselinu linolovou. Výsledkem použití obou zvolených směsí (K a R) ve všech čtyřech variantách provedení vykazovali cvrčci analyzováni v této studii vyšší obsah kyseliny linolové (30,64-36,33 %), než ve svých studiích uvádí Araújo et al. (2019), Mlček et al. (2018) a Bednářová et al. (2013). Nejvyšší hodnoty kyseliny linolenové byly naměřeny u skupiny krmené experimentální krmnou směsí po celou dobu vývoje (2,75 %), to je více, než uvádí Mlček et al. (2018) s hodnotou 1,60 %. V porovnání s obohacením krmiva řepkovým olejem jsou zajímavé výsledky studie Oonincx et al. (2020), ve které je znázorněno porovnání čtyř krmiv s přísadkou lněného oleje (0 %, 1 %, 2 %, 4 %) a jejich vliv na nutriční profil několika druhů jedlého hmyzu. U cvrčka domácího se z obsahu kyseliny linolenové pouhých 2,5 % se díky přísadkou lněného oleje povedlo dostat až na hodnotu 30,3 %.

Obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA) byl vyšší u všech třech experimentálních skupin (RC – 38,20 %, R10 – 36,99 %, R5 – 31,94 %) ve srovnání se skupinou kontrolní (K – 26,30 %). Všechny čtyři pokusné skupiny vykazovaly vyšší obsah MUFA (26,30-38,20 %), než hodnoty zaznamenané ve studii Kulmy et al. (2019) v rozmezí 23,51-26,34 % a ve studii Araúj et al. (2019) s hodnotou 35,05 %. Dokonce i v porovnání s experimentálními skupinami (31,94-38,20 %), zaznamenali nižší hodnotu i Pastell et al. (2021), konkrétně 31,13 %. Významným zjištěním byl nižší obsah nasycených mastných kyselin (SFA) u experimentálních skupin (RC – 27,05 %, R10 – 28,73 %, R5 – 31,46 %) oproti skupině kontrolní (K – 35,51 %). Tento rozdíl lze interpretovat jako pozitivní efekt přidavku řepkového oleje do krmné směsi pro cvrčka domácího, neboť nadbytečný příjem těchto mastných kyselin má negativní vliv na lidské zdraví (Hammad et al. 2016). Obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) byl vyšší u kontrolní skupiny (K – 38,14 %) než u skupiny experimentální (RC – 34,52 %, R10 – 34,10 %, R5 – 36,45 %). Tyto rozdíly lze částečně vysvětlit přítomností sójového oleje v kontrolní směsi. Je známo, že sójový olej je mj. bohatý na kyselinu linolovou (Dostálová 2017).

7 Závěr

V této bakalářské práci bylo prokázáno, že sójové bílkoviny lze nahradit řepkovými výlisky, aniž by to mělo nepříznivý vliv na nutriční hodnotu a sklizňové parametry cvrčků domácích. Nahrazení sójového oleje řepkovým olejem pozitivně ovlivnilo složení tuku, neboť se snížil obsah SFA a zvýšil se obsah kyseliny linolenové a MUFA. Zlepšená kvalita hmyzu může být pro potenciálního spotřebitele přínosem.

Cvrčci krmeni krmnou směsí s přísávkem řepkového oleje po celou dobu vývoje byli bohatší na bílkoviny a chudší na tuky oproti skupinám krmným tímto krmivem po omezenou dobu a skupině kontrolní. Rozdíly mezi skupinami krmnými experimentální krmnou směsí po dobu 10 dní před sklizní (R10) a po celou dobu vývoje (RC) jsou v některých případech nevýznamné. To může naznačovat, že obohacování krmiva může být omezeno pouze na několik dní před sklizní, aby se dosáhlo požadovaného účinku. Vzhledem k tomu, že používání obohacených krmiv může zvýšit cenu krmiva, mohou tyto data přispět k levnější produkci hmyzí biomasy s vyšší kvalitou tuků a zabránit nadměrnému používání drahých olejů ze semen pro tento účel.

Je však také známo, že změna krmiva může zapříčinit změnu chuti. Proto by měla být provedena sensorická analýza cvrčků chovaných pomocí experimentálních diet, aby se vyloučil negativní vliv na jejich přijímání. Také změny složení mastných kyselin mohou ovlivnit oxidační stabilitu hmyzího produktu, výzkum jejich chutnosti je tedy také velmi důležitý.

8 Literatura

- Adámková A, Kouřimská L, Borkovcová M, Kulma M, Mlček J. 2016. Nutritional values of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinářství* **10**:663-671.
- Adámková A, Kouřimská L, Borkovcová M, Mlček J, Bednářová M. 2014. Calcium in edible insects and its use in human nutrition. *Potravinářství* **8**:233-238.
- Adámková A, Kouřimská L, Borkovcová M. 2015. Porovnání složení a nutriční kvality hmyzu ze Sumatry a chovaného v ČR. 190-193 in Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Alexander JC, Mattson FH. 1966. A nutritional comparison of rapeseed oil and soybean oil. *Canadian Journal of Biochemistry* **44**:35-43.
- Alexandratos N, Bruinsma J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. in Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.
- Araújo RRS, dos Santos Benfica TAR, Ferraz VP, Santos EM. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis* **76**:22-26.
- Baiano A. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science & Technology* **100**:35-50.
- Banjo AD, Lawal OA, Songonuga EA. 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **5**:298-301.
- Barroso FG, de Haro C, Sánchez-Muros MJ, 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.
- Barther VJ. 2016. Canola: Overview. *Encyclopedia of Food Grains* **1**:237-241.
- Bartkiene E, Zokaityte E, Starkute V, Zokaityte G, Kaminskaite A, Mockus E, Klupsaite D, Cernauskas D, Rocha JM, Özogul F, Guiné RPF. 2023. Crickets (*Acheta domesticus*) as Wheat Bread Ingredient: Influence on Bread Quality and Safety Characteristics. *Foods* **12**:325.
- Bawa M, Songsermpong S, Kaewtapee C, Chanput W. 2019. Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (*Acheta domesticus*). *Journal of Food Processing and Preservation* **44**:14407.
- Bawa M, Songsermpong S, Kaewtapee C, Chanput W. 2020. Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the House cricket. *Journal of Insect Science* **20**:1-10.
- 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.

- Bednářová M, Borkovcová M, Zorníková G, Zeman L. 2010. Insect as Food in Czech Republic. *MendelNet* **24**:674-682.
- Beňo F, Bauer J, Hájek F, Pohůnek V, Ševčík R. 2022. Alternativní zdroje potravin jako náhražky masa. 90-93 in 50. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Berggren Å, Jansson A, Low M. 2018. Using current systems to inform rearing facility design in the insect-as-food industry. *Journal of Insects as Food and Feed* **4**:167-170.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* **36**:287-319.
- Cadinu LA, Barra P, Torre F, Delogu F, Madau FA. 2020. Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability* **12**:4567.
- Cleland J. 2013. World Population Growth; Past, Present and Future. *Environmental and Resource Economics* **55**:543-554.
- Clifford CW, Woodring JP. 1990. Methods for rearing the house cricket, *Acheta domesticus* (L.), along with baseline values for feeding rates, growth rates, development times, and blood composition. *Journal of Applied Entomology* **109**:1-14.
- Collavo A, Glew RH, Huang YS, Chuang LT. 2005. House cricket small-scale farming. Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails **27**:515-540.
- Conway A, Jaiswal S, Jaiswal AK. 2024. The Potential of Edible Insects as a Safe, Palatable, and Sustainable Food Source in the European Union. *Foods* **13**:387.
- da Silva Lucas AJ, de Oliveira LM, da Rocha M, Prentice C. 2019. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry* **311**:126022.
- de Carvalho NM, Madureira AR, Pintado ME. 2019. The potential of insects as food sources - a review. *Critical reviews in food science and nutrition* **60**:3642-3652.
- de Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Domingues MAF. 2018. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology* **76**:82-89.
- DeFoliart GR. 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection* **11**:395-399.
- Delvendahl N, Rumpold BA, Langen N. 2022. Edible Insects as Food - Insect Welfare and Ethical Aspects from a Consumer Perspective. *Insects* **13**:121.
- Diouf J. 2009. FAO's Director-General on How to Feed the World in 2050. *Population and Development Review* **35**:837-839.
- dos Santos Aguilar JG. 2021. An overview of lipids from insects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **33**:101967.
- Dostálová R. 2017. Sója a výrobky ze sóji. Sdružení českých spotřebitelů, z. ú, Praha.

- Durst PB, Shono K. 2010. Edible forest insects: exploring new horizons and traditional practices. 1-4 in *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Bangkok.
- Escobar-Ortiz A, Hernández-Saavedra D, Lizardi-Mendoza J, Pérez-Ramírez IF, Mora-Izaguirre O, Ramos-Gómez M, Reynoso-Camacho R. 2022. Consumption of cricket (*Acheta domesticus*) flour decreases insulin resistance and fat accumulation in rats fed with high-fat and -fructose diet. *Food Biochemistry* **49**:14269.
- Evropská komise. 2021. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1975 ze dne 12. listopadu 2021, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem *Locusta migratoria* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470. EUR-Lex No. 32021R1975.
- Evropská komise. 2021. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/882 ze dne 1. června 2021, kterým se povoluje uvedení sušených larev potemníka moučného *Tenebrio molitor* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470. EUR-Lex No. 32021R0882.
- Evropská komise. 2022. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2022/169 ze dne 8. února 2022, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem moučných červů (larev potemníka moučného *Tenebrio molitor*) na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470. EUR-Lex No. 32022R0169.
- Evropská komise. 2023. Cereals, oilseeds, protein crops and rice. Available at https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/cereals_en (accessed February 28, 2024).
- Evropská komise. 2023. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2023/5 ze dne 3. ledna 2023, kterým se povoluje uvedení částečně odtučněného prášku z *Acheta domesticus* (cvrčka domácího) na trh jako nové potraviny a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2017/2470. EUR-Lex No. 32023R0005.
- Evropská komise. 2023. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2023/58 ze dne 5. ledna 2023, kterým se povoluje uvedení zmrazených, kašovitých, sušených a práškových forem larev *Alphitobius diaperinus* (potemníka stájového) na trh jako nové potraviny a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2017/2470. EUR-Lex No. 32023R0058.
- FAO. 2013. FAOSTAT: Production - Live animals. FAO, Rome. Available from <http://faostat.fao.org/> (accessed October 2013).
- Fernandez-Cassi X, Supeanu A, Vaga M, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. 2019. The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, **5**:137-157.
- 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 Rat. *The Journal of Nutrition* **119**:864-871.

- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **31**:269-285.
- Fokt M. 2008. *Chováme obojživelníky*. Grada, Praha.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Economic and Social Development, Rome.
- Franklin D, Andrews J. 2012. *Megachange: The World in 2050*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Gałęcki R, Sokół R. 2019. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PLOS ONE* **14**:e0219303.
- Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow VB. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**:686-694.
- Ginni G, Adish Kumar S, Mohamed Usman TM, Pakonyi P, Rajesh Banu J. 2020. Integrated biorefineries of food waste. 275-298 in *Food Waste to Valuable Resources*. Academic Press, USA.
- Gravel A, Doyen A. 2020. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **59**:102272.
- Gu D, Andreev K, Dupre ME. 2021. Major Trends in Population Growth Around the World. *China CDC Weekly* **3**:604-613.
- Hammad S, Pu S, Jones PJ. 2016. Current Evidence Supporting the Link Between Dietary Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *Lipids* **51**:507-517.
- Hanboonsong Y, Jamjanya T, Durst PB. 2013. Six-legged livestock: edible insect farming, collection on and marketing in Thailand. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok.
- Hoffman JR, Falvo MJ. 2004. Protein - Which is Best? *Journal of Sports Science and Medicine* **3**:118-130.
- Hrnčířová D, Rambousková J, Blahová A, Dlouhý P, Floriánková M. 2012. *Výživa a zdraví*. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Chang CL, Afuola F, Li QX. 2011. Canola, corn, and vegetable oils as alternatives for wheat germ oil in fruit fly larval diets. *Journal of Applied Entomology* **135**:161-167.
- IPIFF. 2022. Guide on Good Hygiene Practices for European Union producers of insects as food and feed. Available at <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf> (accessed December 24, 2023).
- Jucker C, Belluco S, Bellazza Oddon S, Riccu A, Bonizzi L, Lupi D, Savoldelli S, Biasato I, Caimi C, Mascaretti A, Gasco L. 2022. Impact of some local organic by-products on *Acheta domesticus* growth and meal production. *Journal of Insects as Food and Feed* **8**:631-640.

- Kipkoech C, Kinyuru JN, Imathiu S, Roos N. 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.
- Kopecká A, Kouřimská L, Škvorová P, Kulma M. 2023. Vliv teploty na nutriční hodnotu potměníka moučného (*Tenebrio molitor* L.). 18-24 in 51. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, Praha.
- Kouřimská L, Adámková A, Borkovcová M. 2015. Konzumace jedlého hmyzu z hlediska nutriční a hygienické jakosti. 7-15 in Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Kouřimská L, Benešová M. 2023. Pozitivní a negativní aspekty entomofágie. 15-18 in 51. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha, Praha.
- Kouřimská L, Kulma M, Homolková D, Plachý V. 2019. Nutriční kvalita a bezpečnost jedlého hmyzu. 45-52 in Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Kouřimská L, Kulma M. 2022. Nutriční hodnota hmyzu a jeho přijímání konzumenty. 38-42 in Lenfeldovy a Höklovy dny. Veterinární univerzita Brno, Brno.
- Kouřimská L, Sabolová M, Kulma M, Škvorová P, Veselá K, Kurečka M. 2022. Puriny a jejich metabolity v jedlém hmyzu. 13-17 in 50. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Kovařík F, Bečvář S, Buchar J, Burda A, Čuřík P, Divoký M, Hanel L, Hromádka J, Jakoubek V, Kabátek P, Kocina R, Machytka M, Pecina P, Vaňura K, Vilímová J. 2000. Hmyz - chov, morfologie: Cvrčci. Madagaskar, Jihlava.
- Kulma M, Kouřimská L, Homolková D, Božik M, Plachý V, Vrabec V. 2020. Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. *Journal of Food Composition and Analysis* **92**:103570.
- 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.
- Kulma M, Petříčková D, Kurečka M, Kotíková Z, Táborský J, Michlová T, Kouřimská L. 2022. Effect of carrot supplementation on nutritional value of insects. *Journal of Insects as Food and Feed* **8**:621-629.
- 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.
- Kuntadi K, Adalina Y, Maharani KE. 2018. Nutritional Compositions of Six Edible Insects in Java. *Indonesian Journal of Forestry Research* **5**:57-68.
- Lin L, Allemekinders H, Dansby A, Campbell L, Durance-Tod S, Berger A, JH Jones P. 2013. Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews* **71**:370-385.

- 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*. *PLOS ONE* **10**:e0118785.
- Mariod AA, Abdel-Wahab SI, Ain NM. 2011. Proximate amino acid, fatty acid and mineral composition of two Sudanese edible pentatomid insects. *International Journal of Tropical Insect Science* **31**:145-153.
- Mariod AA, Saeed Mirghani ME, Hussein I. 2017. *Unconventional Oilseeds and Oil Sources: Acheta domesticus House Cricket*. Academic Press, Cambridge.
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez AJ, Salinas-Castro A. 2019. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**:1166-1191.
- Mikulášová J. 2018. Czech Crop 2018 - Grains Below Average, Rapeseed Up. USDA Foreign Agricultural Service, Praha.
- Mlček J, Adámková A, Adámek M, Borkovcová M, Bednářová M, Kouřimská & L. 2018. Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. *Indian Journal of Traditional Knowledge* **17**: 518-524.
- Mlček J, Rop O, Borkovcová M, Bednářová 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.
- Montowska M, Kowalczewski PŁ, Rybicka I, Fornal E. 2019. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chemistry* **289**:130-138.
- Nakagaki BJ, DeFoliart AR. 1991. Comparison of Diets for Mass-Rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a Novelty Food, and Comparison of Food Conversion Efficiency with Values Reported for Livestock. *Journal of Economic Entomology* **84**:891-896.
- Ojha S, Bekhit AED, Grune T, Schlüter OK. 2021. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science* **41**:240-248.
- Oonincx DGAB, Finke MD. 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed* **7**:639-659.
- Oonincx DGAB, Laurent S, Veenenbos ME, van Loon JJA. 2020. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect Science* **27**:500-509.
- Orkusz A. 2021. Edible Insects versus Meat - Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients* **13**:1207.
- Pastell H, Mellberg S, Ritvanen T, Raatikainen M, Mykkänen S, Niemi J, Latomäki I, Wirtanen G. 2021. How Does Locally Produced Feed Affect the Chemical Composition of Reared House Crickets (*Acheta domesticus*)? *ACS Food Science & Technology* **1**:625-635.

- Pawara L, Polesný Z, Havlík J, Kučerová I, Banout J, Mazancová J, Destrée A. 2015. Potravinová bezpečnost v rozvojových projektech. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Pimentel D, Pimentel M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition* **78**:660S-663S.
- Premalatha M, Abbasi T, Abbasi T, Abbasi SA. 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15**:4357-4360.
- Raheem D, Raposo A, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Carrascosa C. 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International* **126**:108672.
- Ravzanaadii N, Kim S, Choi W, Hong SJ, Kim N. 2012. Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *International Journal of Industrial Entomology* **25**:93-98.
- Rietschel S. 2004. Hmyz: Cvrčci a švábi - cvrček domácí. Rebo, Dobřejuvice.
- Rumpold BA, Klocke M, Schlüter O. 2017. Insect biodiversity: Underutilized bioresource for sustainable applications in life sciences. *Regional Environmental Change* **17**:1445-1454.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* **57**:802-823.
- Ruzengwe FM, Nyarugwe SP, Manditsera FA, Mubaiwa J, Cottin S, Matsungu TM, Chopera P, Ranawana V, Fiore A, Macheke L. 2022. Contribution of edible insects to improved food and nutrition security: A review. *International Journal of Food Science and Technology* **57**:6257-6269.
- Sánchez-Muros MJ, 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.
- Sedláčková L, Hornáčková J. 2022. Dozor nad chovem hmyzu a nad potravinami s přídavkem hmyzu. 37 in Lenfeldovy a Höklovy dny. Veterinární univerzita Brno, Brno.
- Skotnicka M, Karwowska K, Kłobukowski F, Borkowska A, Pieszko M. 2021. Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods* **10**:766.
- Smil V. 2002. Eating Meat: Evolution, Patterns, and Consequences. *Population and Development Review* **28**:599-639.
- SPZO. 2019. Řepkový olej - olej nad zlato. Available at <https://www.olejnadzlato.cz/?p=121> (accessed December 25, 2023).
- Starčević K, Gavrilović A, Gottstein Ž, Mašek T. 2017. Influence of substitution of sunflower oil by different oils on the growth, survival rate and fatty acid composition of Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). *Animal Feed Science and Technology* **228**:66-71.

- St-Hilaire S, Cranfill K, McGuire MA, Mosley EE, Tomberlin JK, Newton L, Sealey W, Sheppard C, Irving S. 2007. Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids. *Journal of the World Aquaculture Society* **38**:309-313.
- Stricker H, Duchini F, Facchini M, Mombelli G. Canola oil decreases cholesterol and improves endothelial function in patients with peripheral arterial occlusive disease - a pilot study. *Artery Research* **2**:67-73.
- Stull VJ, Finer E, Bergmans RS, Febvre HP, Longhurst C, Manter DK, Patz JA, Weir TL. 2018. Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific reports* **8**:10762.
- Sturm R. 2017. Dependence of daily oviposition activity and total fecundity on body mass in the house cricket *Acheta domesticus* (L.) (Insecta: Orthoptera). *Linzer biologische Beiträge* **49**:961-969.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2017. Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy). Výzkumný ústav živočišně výroby, Praha.
- SZPI. 2019. Nové potraviny. Available at <https://www.szpi.gov.cz/clanek/vybrane-komodity-nove-potraviny-potraviny-noveho-typu.aspx> (accessed December 25, 2023).
- Škvorová P, Kouřimská L, Švejtil R. 2022. Vliv kulturního zpravování na mikrobiologickou kvalitu potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). 105-107 in 50. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Škvorová P, Kulma M, Božik M, Kurečka M, Plachý V, Slavíkova D, Šebelová K, Kouřimská L. 2024. Evaluation of rapeseed cake as a protein substitute in the feed of edible crickets: A case study using *Gryllus assimilis*. *Food Chemistry* **441**:138254.
- Takacs J, Bryon A, Jensen AB, van Loon JJA, Ros VID. 2023. Effects of Temperature and Density on House Cricket Survival and Growth and on the Prevalence of *Acheta Domesticus* Densovirus. *Insects* **14**:588.
- Udomsil N, Imsoonthornruksa S, Gosalawit C, Ketudat-Cairns M. 2019. Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research* **25**:597-605.
- van Bavel J. 2013. The world population explosion: causes, backgrounds and projections for the future. *Facts, Views & Vision in ObGyn* **5**:281-291.
- van Dijk M, Morley T, Rau ML, Saghai Y. 2021. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010-2050. *Nature Food* **2**:494-501.
- van Huis A, Oonincx DGAB. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **37**:1-14.

- van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. in Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.
- van Huis A. 2016. Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society* **75**:1-12.
- von Hackewitz L. 2018. The house cricket *Acheta domesticus*, a potential source of protein for human consumption. [BSc. Thesis]. Swedish.
- Weru J, Chege P, Kinyuru J. 2021. Nutritional potential of edible insects: a systematic review of published data. *International Journal of Tropical Insect Science* **41**:2015-2037.
- WormUP. 2021. Jaké druhy hmyzu jsou už v EU schváleny k lidské konzumaci? Available at <https://www.wormup.com/clanek/jake-druhy-hmyzu-jsou-uz-v-eu-schvaleny-k-lidske-konzumaci> (accessed October 2023).
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. 85-92 in *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Bangkok.
- Zehnálek P. 2008. Seznam doporučených odrůd - řepka olejka. ÚKZÚZ, Brno.
- Żuk-Gołaszewska K, Gałęcki R, Obremski K, Smetana S, Figiel S, Gołaszewski J. 2022. Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing - An Overview. *Insects* **13**:446.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

K – kontrolní krmná směs bez přídavku řepkového oleje

R – experimentální krmná směs s přídavkem řepkového oleje

RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje (55 dní)

R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní

R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní

FCR (*Feed Conversion Ration*) – konverze krmiva

CrPV (*Cricket paralysis virus*) – virus paralýzy cvrčků

SFA – nasycené mastné kyseliny

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny

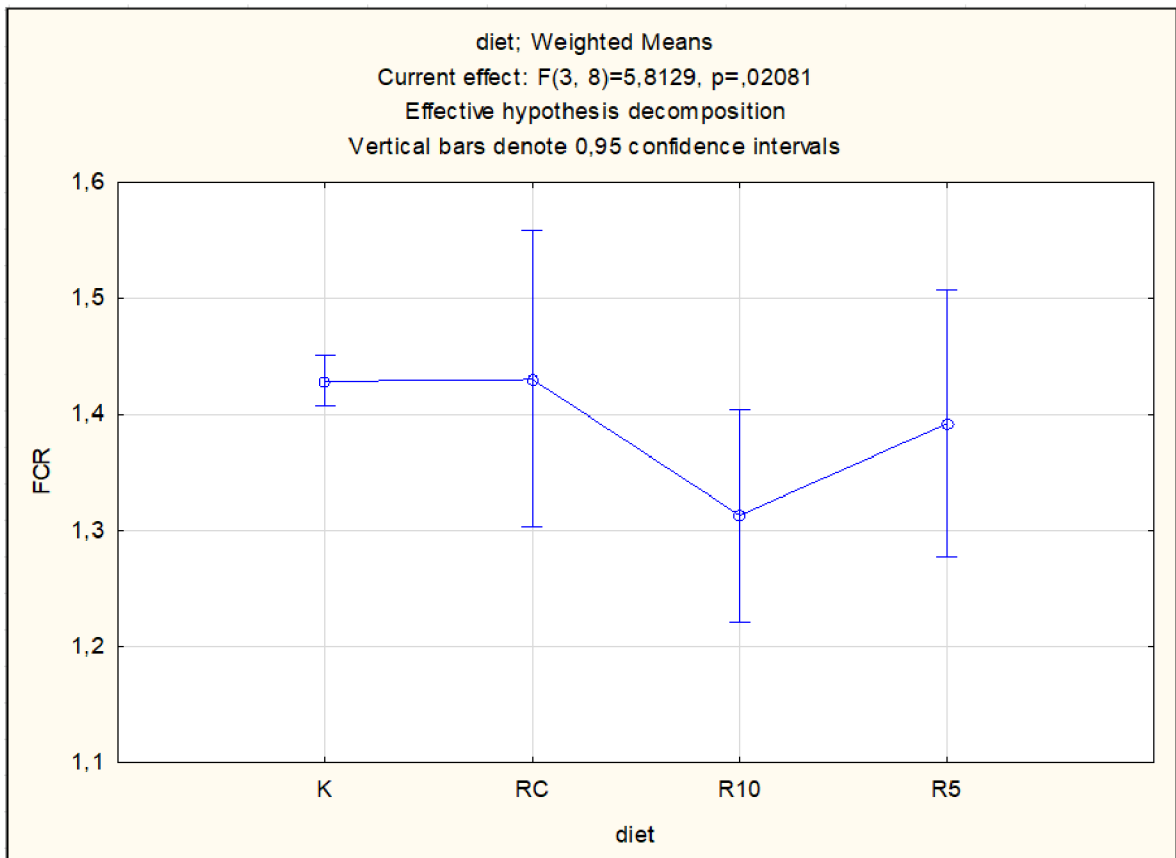
PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

10 Samostatné přílohy

Příloha I: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na konverzi krmiva cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

		Scheffe test; variable FCR (Statistica)			
		Probabilities for Post Hoc Tests			
		Error: Between MS = ,00156, df = 8,0000			
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
1	K	1,4288	0,999964	0,043996	0,736466
2	RC	0,999964	1,4304	0,041243	0,711644
3	R10	0,043996	0,041243	1,3131	0,191626
4	R5	0,736466	0,711644	0,191626	1,3922

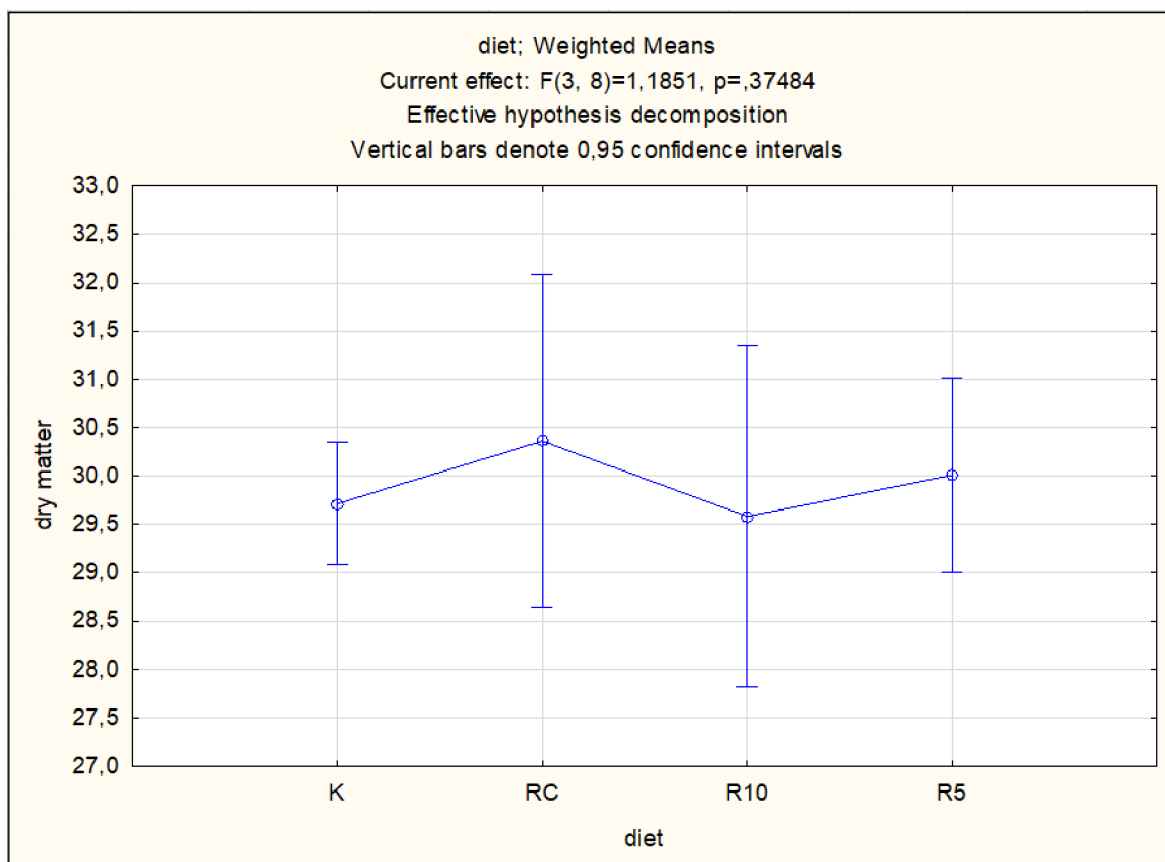
Příloha II: Porovnání konverze krmiva mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha III: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah sušiny v čerstvé hmotě analyzovaných vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [g/100 g čerstvé hmoty]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Mezi jednotlivými skupinami nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

Scheffe test; variable dry matter (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,30320, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		29,717	30,363	29,583	30,010
1	K		0,583437	0,992703	0,932013
2	RC	0,583437		0,439808	0,889511
3	R10	0,992703	0,439808		0,824537
4	R5	0,932013	0,889511	0,824537	

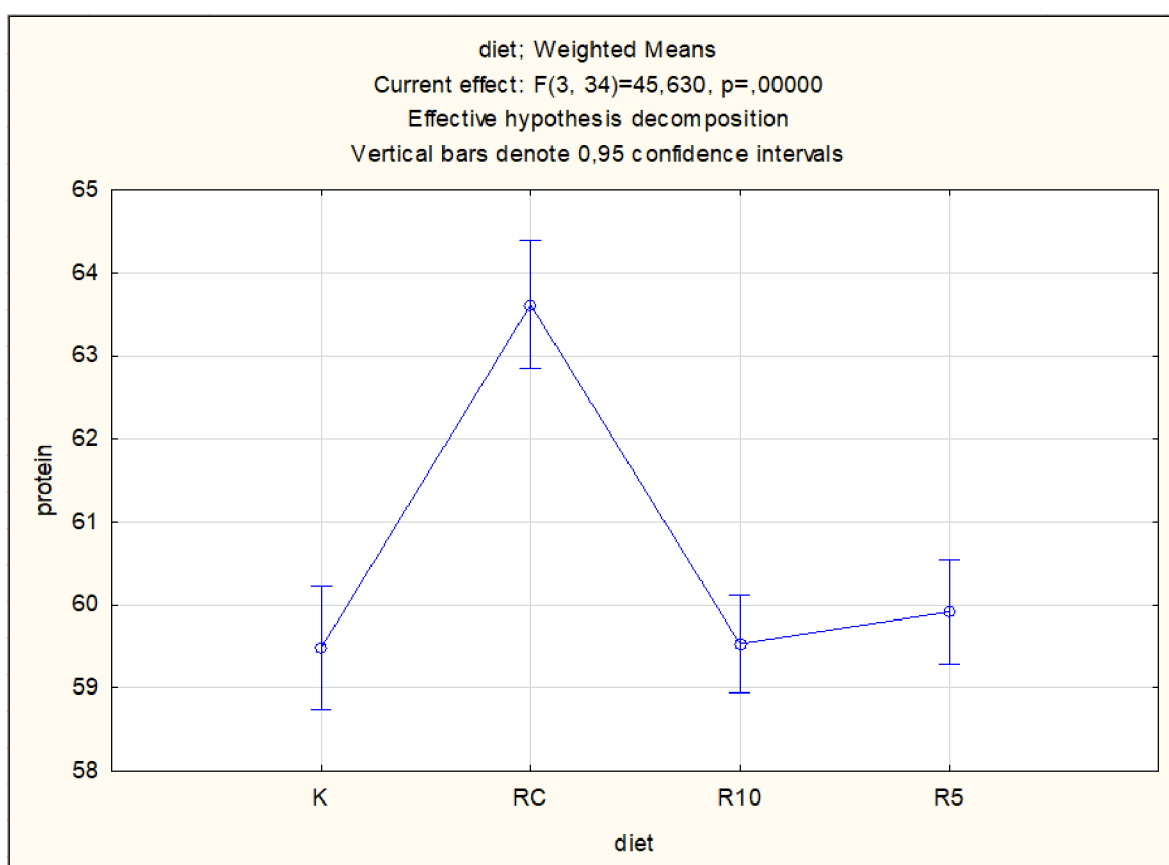
Příloha IV: Porovnání obsahu sušiny v čerstvé hmotě analyzovaných vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [g/100 g čerstvé hmoty]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha V: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah bílkovin v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků pomocí Scheffeho post-hoc testu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

		Scheffe test; variable protein (Statistica)			
		Probabilities for Post Hoc Tests			
		Error: Between MS = ,85971, df = 34,000			
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		59,482	63,618	59,531	59,917
1	K		0,000000	0,999584	0,803391
2	RC	0,000000		0,000000	0,000000
3	R10	0,999584	0,000000		0,843983
4	R5	0,803391	0,000000	0,843983	

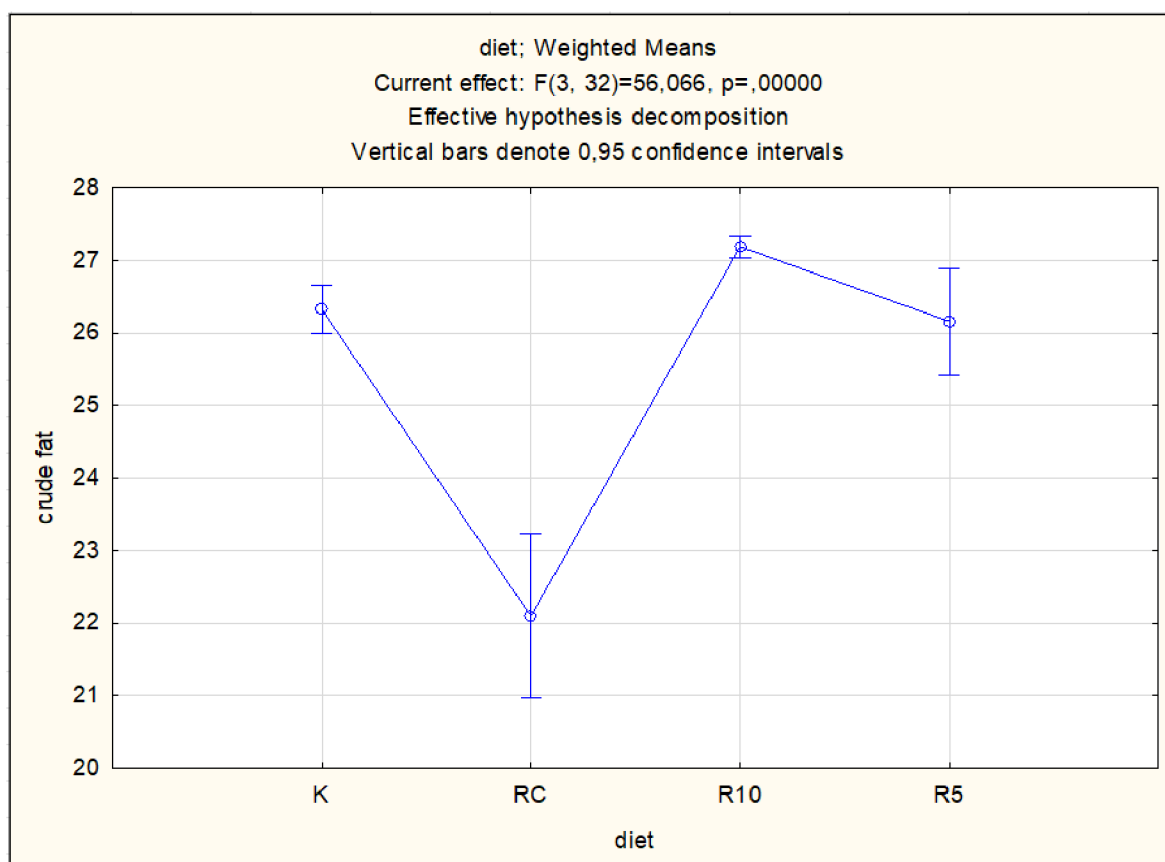
Příloha VI: Porovnání obsahu bílkovin v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha VII: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah tuku v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable crude fat (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,83129, df = 32,000					
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		26,325	22,098	27,190	26,162
1	K		0,000000	0,275134	0,985870
2	RC	0,000000		0,000000	0,000000
3	R10	0,275134	0,000000		0,148097
4	R5	0,985870	0,000000	0,148097	

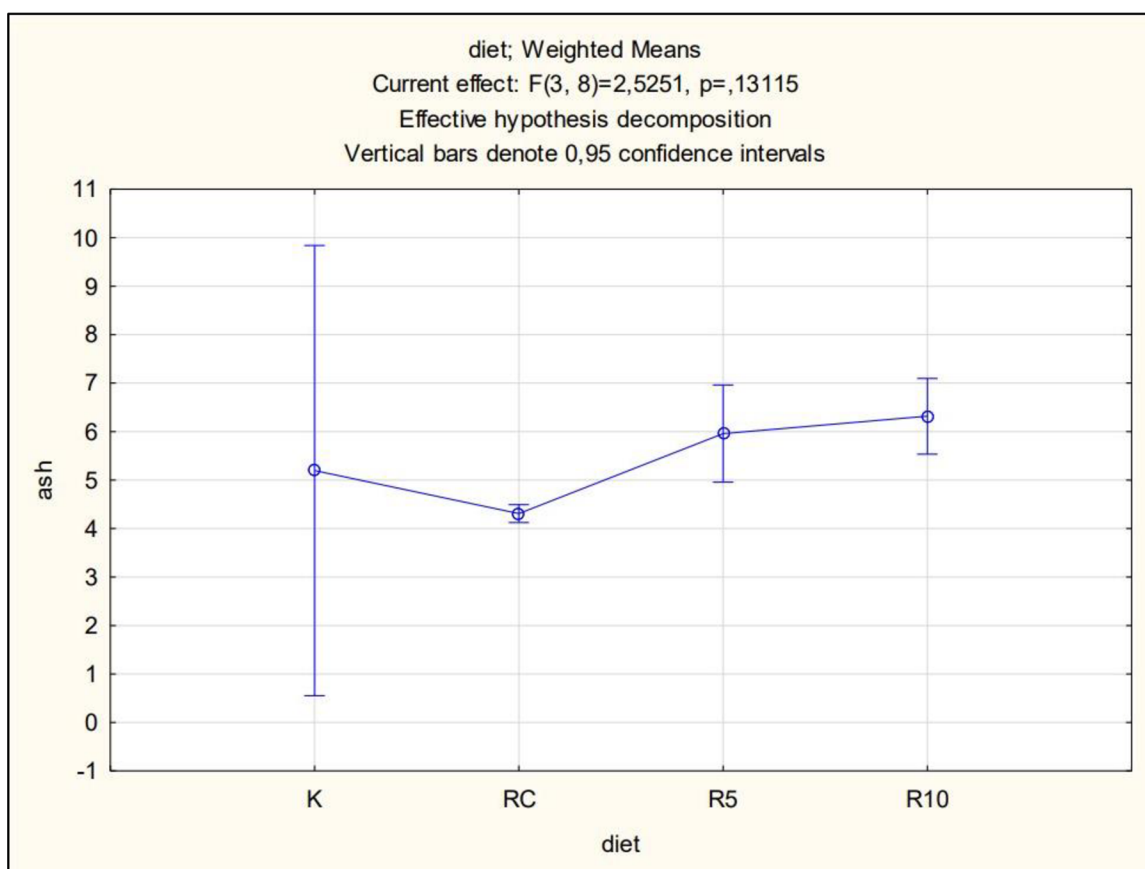
Příloha VIII: Porovnání obsahu tuku v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha IX: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah popelovin v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Mezi jednotlivými skupinami nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

		Scheffe test; variable ash ((nové) popeloviny) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,94040, df = 8,0000			
Cell No.	diet	{1} 5,1963	{2} 4,3091	{3} 5,9584	{4} 6,3162
1	K		0,744738	0,818608	0,595616
2	RC	0,744738		0,300021	0,173087
3	R5	0,818608	0,300021		0,975365
4	R10	0,595616	0,173087	0,975365	

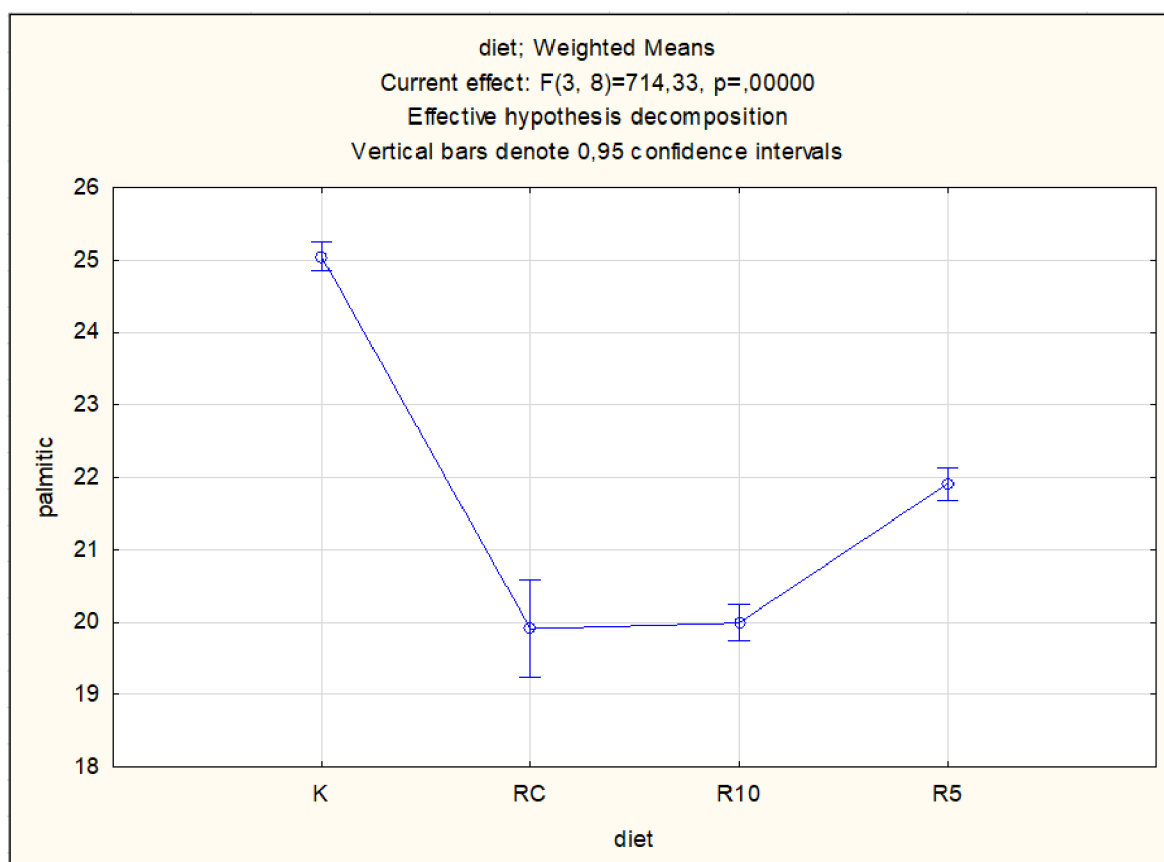
Příloha X: Porovnání obsahu popelovin v sušině analyzovaných vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [g/100 g sušiny]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XI: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah kyseliny palmitové ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable palmitic (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,02435, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1} 25,050	{2} 19,910	{3} 19,990	{4} 21,910
1	K		0,000000	0,000000	0,000000
2	RC	0,000000		0,938663	0,000002
3	R10	0,000000	0,938663		0,000003
4	R5	0,000000	0,000002	0,000003	

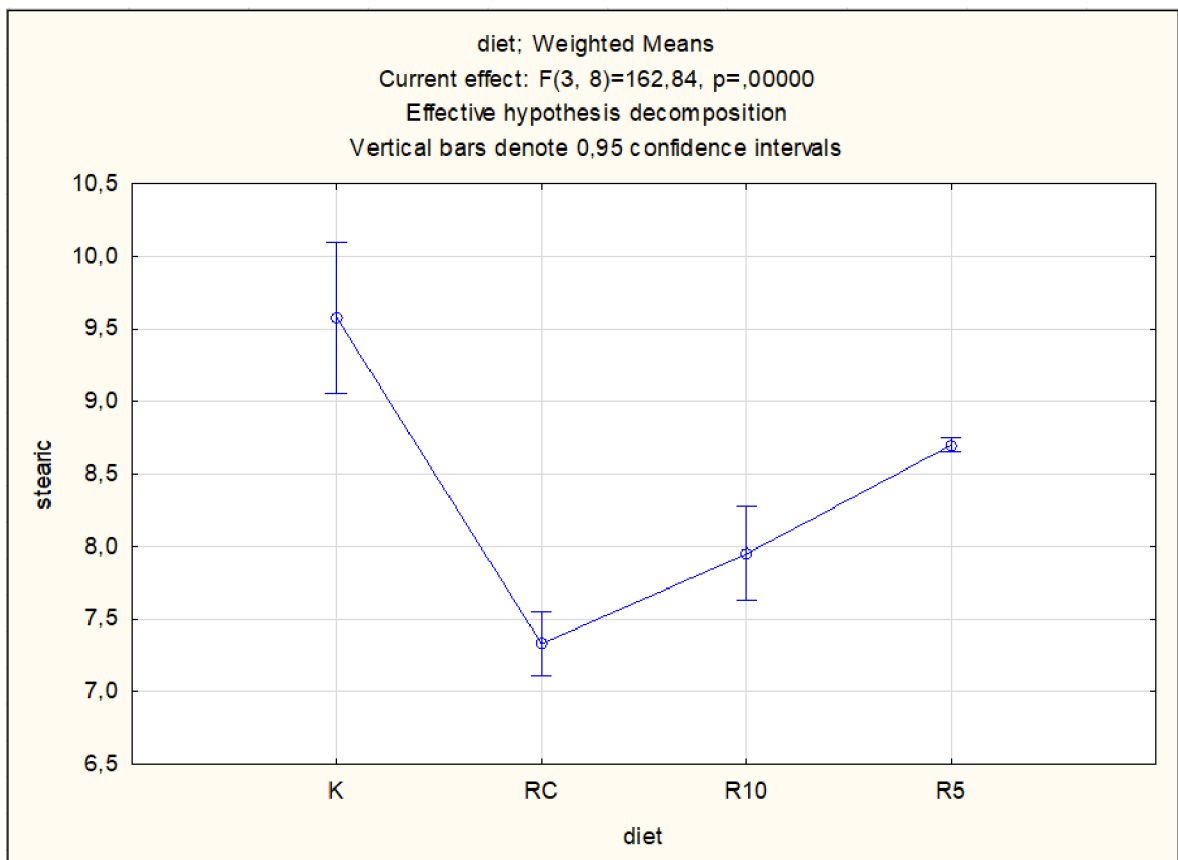
Příloha XII: Porovnání obsahu kyseliny palmitové ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XIII: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah kyseliny stearové ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable stearic (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,01738, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		9,5800	7,3300	7,9500	8,7000
1	K		0,000000	0,000003	0,000307
2	RC	0,000000		0,003219	0,000012
3	R10	0,000003	0,003219		0,000927
4	R5	0,000307	0,000012	0,000927	

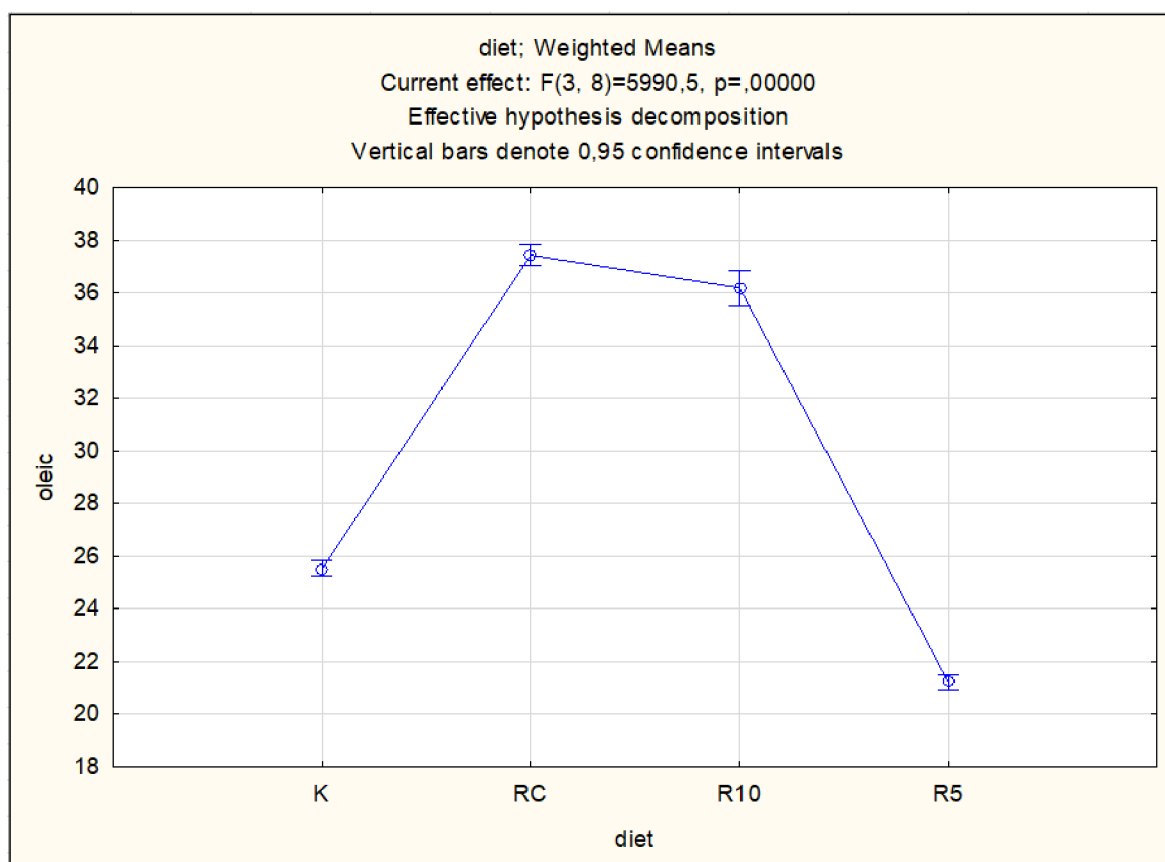
Příloha XIV: Porovnání obsahu kyseliny stearové ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XV: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah kyseliny olejové ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable oleic (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,03182, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1} 25,530	{2} 37,440	{3} 36,200	{4} 21,230
1	K		0,000000	0,000000	0,000000
2	RC	0,000000		0,000231	0,000000
3	R10	0,000000	0,000231		0,000000
4	R5	0,000000	0,000000	0,000000	

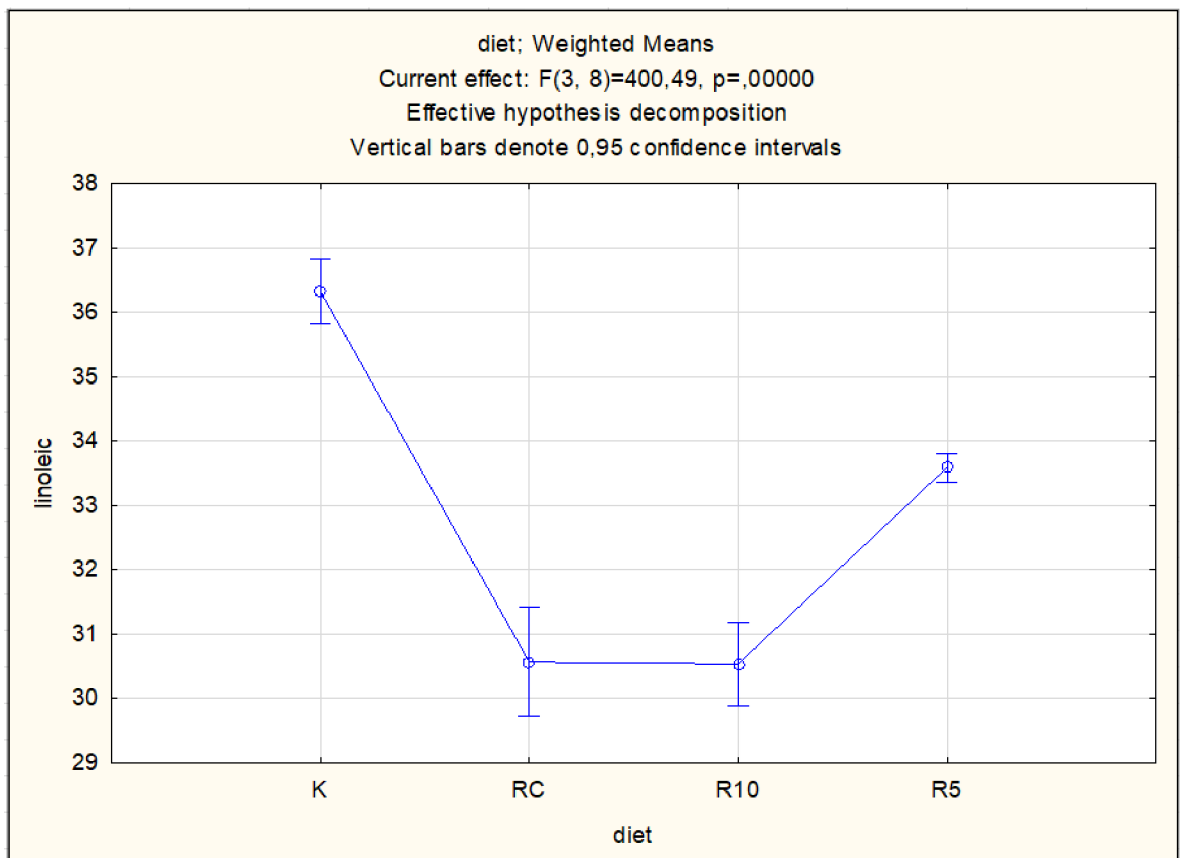
Příloha XVI: Porovnání obsahu kyseliny olejové ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XVII: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah kyseliny linolové ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable linoleic (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,05782, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		36,330	30,570	30,540	33,590
1	K		0,000000	0,000000	0,000006
2	RC	0,000000		0,998975	0,000003
3	R10	0,000000	0,998975		0,000003
4	R5	0,000006	0,000003	0,000003	

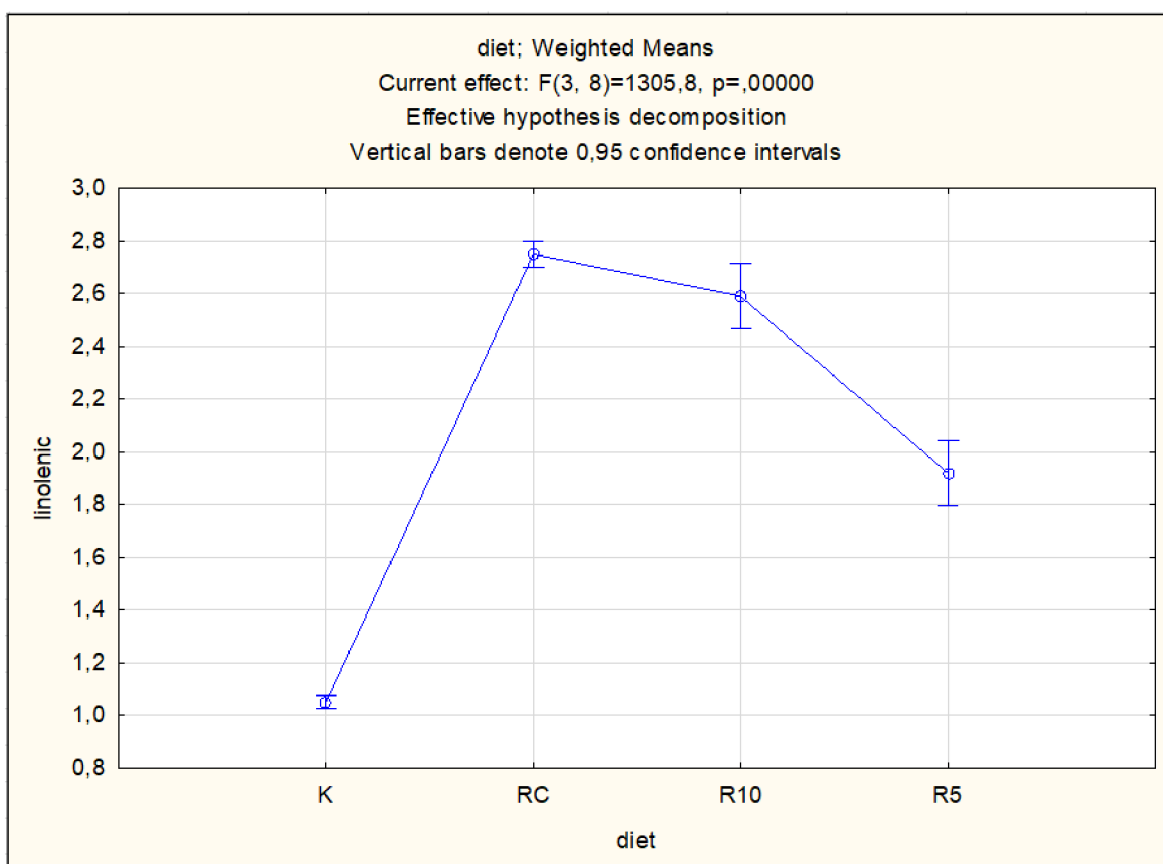
Příloha XVIII: Porovnání obsahu kyseliny linolové ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XIX: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah kyseliny linolenové ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable linolenic (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00137, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		1,0500	2,7500	2,5900	1,9200
1	K		0,000000	0,000000	0,000000
2	RC	0,000000		0,005484	0,000000
3	R10	0,000000	0,005484		0,000000
4	R5	0,000000	0,000000	0,000000	

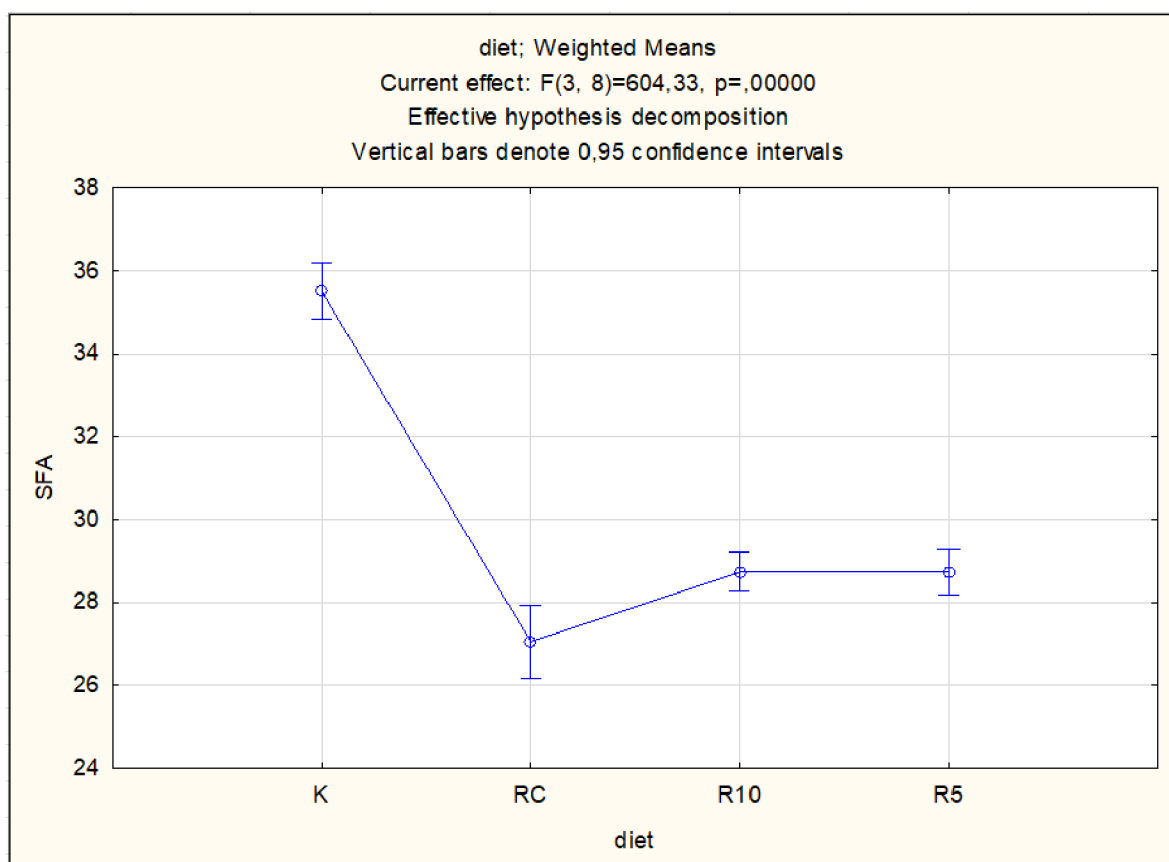
Příloha XX: Porovnání obsahu kyseliny linolenové ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XXI: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah SFA ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

		Scheffe test; variable SFA (Statistica)			
		Probabilities for Post Hoc Tests			
		Error: Between MS = ,06997, df = 8,0000			
Cell No.	diet	{1} 35,510	{2} 27,050	{3} 28,730	{4} 28,730
1	K		0,000000	0,000000	0,000000
2	RC	0,000000		0,000436	0,000436
3	R10	0,000000	0,000436		1,000000
4	R5	0,000000	0,000436	1,000000	

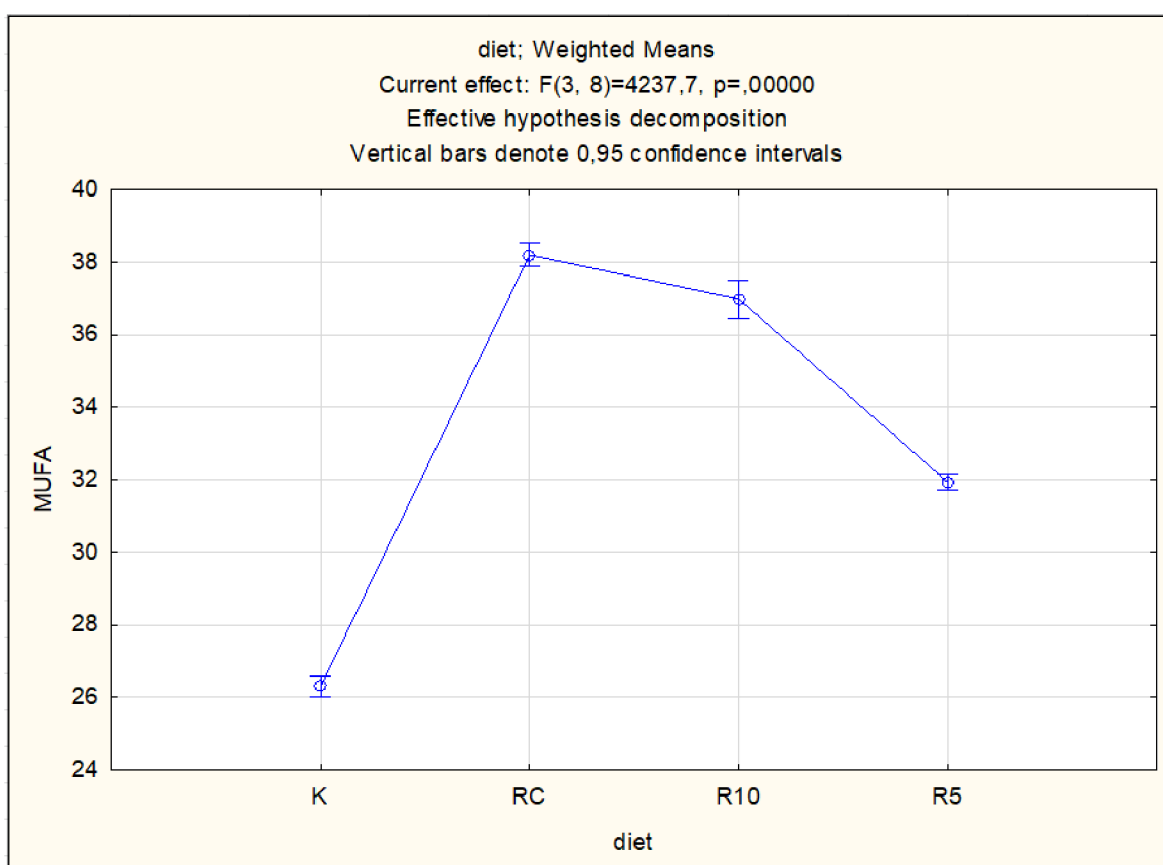
Příloha XXII: Porovnání obsahu SFA ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XXIII: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah MUFA ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Scheffe test; variable MUFA (Statistica)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,02087, df = 8,0000					
Cell No.	diet	{1} 26,300	{2} 38,200	{3} 36,990	{4} 31,940
1	K		0,000000	0,000000	0,000000
2	RC	0,000000		0,000060	0,000000
3	R10	0,000000	0,000060		0,000000
4	R5	0,000000	0,000000	0,000000	

Příloha XXIV: Porovnání obsahu MUFA ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.



Příloha XXV: Vliv použití jednotlivých krmných směsí na obsah PUFA ve vzorcích cvrčků pomocí Schéffeho post-hoc testu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní. Statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

		Scheffe test; variable PUFA (Statistica)			
		Probabilities for Post Hoc Tests			
		Error: Between MS = ,07378, df = 8,0000			
Cell No.	diet	{1}	{2}	{3}	{4}
		38,140	34,520	34,100	36,450
1	K		0,000002	0,000001	0,000503
2	RC	0,000002		0,371464	0,000197
3	R10	0,000001	0,371464		0,000047
4	R5	0,000503	0,000197	0,000047	

Příloha XXVI: Porovnání obsahu PUFA ve vzorcích cvrčků mezi všemi skupinami pomocí analýzy rozptylu [% z celkového množství mastných kyselin]. K – cvrčci krmeni kontrolní směsí, RC – cvrčci krmeni experimentální směsí po celou dobu vývoje, R10 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 10 dní před sklizní, R5 – cvrčci krmeni experimentální směsí po dobu 5 dní před sklizní.

