

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Ovlivnění vývoje a nutriční hodnoty cvrčka domácího  
(*Acheta domestica*) L. zvýšením podílu bílkovin v krmivu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Rebeka Ježková**

**Obor studia: Zájmové chovy**

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

© 2020 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Ovlivnění vývoje a nutriční hodnoty cvrčka domácího (*Acheta domestica*) L. zvýšením podílu bílkovin v krmivu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.07.2020

---

**Bc. Rebeka Ježková**

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Martinu Kulmovi, Ph. D., vedoucímu mé diplomové práce, za čas, cenné rady a zájem, který mi a mé diplomové práci věnoval. Dále bych ráda poděkovala Bc. Doře Petříčkové, která mi pomáhala s analytickou částí práce, za trpělivost, čas a ochotu pomoci. Mé poděkování patří také mé rodině, která mi poskytla zázemí a podporu během studia.

# Ovlivnění vývoje a nutriční hodnoty cvrčka domácího (*Acheta domestica*) L. zvýšením podílu bílkovin v krmivu

## Souhrn

Tato diplomová práce v teoretické části vysvětluje termín entomofágie a popisuje legislativu v Evropě a České republice. Hlavní částí je biologie a popis nutriční hodnoty cvrčka domácího (*Acheta domestica*) L., konkrétně obsah bílkovin, tuku, sacharidů, vitamínů a minerálních látek. Dále se zabývá výhodami a riziky konzumace hmyzu.

Protože nutriční hodnota hmyzu je v určité míře ovlivnitelná vnějším prostředím, jsou do teoretické části práce zahrnuty i podmínky chovu, kterými jsou: teplota, délka světelného dne, vlhkost, krmivo, voda a chovná nádrž. Důležitým faktorem je i způsob usmrcení a následné skladování usmrceného hmyzu. Další skutečnost, která ovlivňuje množství živin je pohlaví a vývojové stádium ve kterém se daný hmyz nachází.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na experiment, který měl prokázat vliv různého obsahu bílkovin v krmné směsi na nutriční hodnotu cvrčka domácího. Pokus byl proveden se 4 různými krmnými substráty obsahující 18 %, 21 %, 24 % a 27 % bílkovin. Pro každý substrát byly vyhrazeny 3 chovné nádrže (pokus byl proveden ve třech opakováních). V práci je zahrnutý i postup přípravy (vážení a sušení) vzorků pro jednotlivé analýzy.

Na základě statistického vyhodnocení bylo prokázáno, že zvýšení obsahu bílkovin v krmné směsi nemělo vliv na životní cyklus ani na výslednou hmotnost cvrčka domácího. Statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ) mezi jednotlivými skupinami hmyzu sice byly nalezeny, nicméně nebyl zde jasný trend, který by potvrdil, že zvýšením bílkovin v krmivu se docílí zvýšení bílkovin a sníží tuk ve sklizené biomase. Sušina, popeloviny a chitin v biomase cvrčka nebyly ovlivněny bílkoviny v krmné směsi. Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že pro dosažení vysokého množství bílkovin u cvrčků není třeba vysoký obsah bílkovin v krmivu.

**Klíčová slova:** bílkoviny; jedlý hmyz; technologie chovu; nutriční hodnota

# **Effect of increased protein in the diet on development and nutritional value of house cricket (*Acheta domesticus*) L.**

## **Summary**

The theoretical part of diploma thesis describes entomophagy, legislation on edible insects in Europe and the Czech Republic. The main part deals with the biology and nutritional value of the house cricket (*Acheta domesticus*) L., mainly the contents of protein, fat, carbohydrates, vitamins and minerals. It also explains the benefits and risks of insect consumption. This diploma thesis in its theoretical part explains the term entomophagy and its legislation in Europe and the Czech Republic, it also explains the benefits and risks of insect consumption.

Because the nutritional value of crickets is known to be influenced by many external and internal factors, the thesis also includes a description of the rearing conditions such as: temperature, photoperiod, humidity, feed, water and rearing container. Also, other important factors which are affecting the nutrient content in insects as e.g. methods of killing and storing, sex, developmental stage are mentioned in the text.

The practical part of the thesis was focused on effect of various protein levels in the feeding substrate on the nutritional value of house cricket. The crickets were reared on 4 different feeding substrates containing 18 %, 21 %, 24 % and 27 % of proteins. The trial was performed in three repetitions. The work also includes the methods of sample preparation (weighing and drying) of samples for each analysis.

Based on statistical evaluation, no effect of protein increase in feed on the nutritional value and life performance of house crickets was shown. Although certain significant differences between the experimental groups were found, no clear trend confirming the hypothesis was observed. Also, the contents of dry matter, ash and chitin in cricket's biomass were not affected by various protein levels in the experimental feed mixtures. In the light of this, it is obvious, that house crickets are able to converse the protein very effectively; and so, there is no need to use high protein feed mixtures in order to achieve high protein biomass harvest.

**Keywords:** proteins; edible insects; rearing technology; nutritional value

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Cíle práce</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2 Vědecká hypotéza</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Entomofágie</b> .....	<b>10</b>
3.1.1 Legislativa chovu a konzumace hmyzu .....	11
3.1.2 Výhody hmyzu jako potraviny .....	11
3.1.3 Nevýhody hmyzu jako potraviny.....	13
3.1.4 Ovlivnění nutriční hodnoty hmyzu.....	14
<b>3.2 Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>)</b> .....	<b>17</b>
3.2.1 Rozšíření ve volné přírodě.....	17
3.2.2 Morfologie cvrčka domácího.....	17
3.2.3 Reprodukční cyklus .....	18
<b>3.3 Podmínky chovu</b> .....	<b>19</b>
3.3.1 Chovná nádrž a substrát.....	19
3.3.2 Krmivo a voda .....	20
3.3.3 Mikroklima vhodné pro chov .....	20
<b>3.4 Nutriční hodnota hmyzu</b> .....	<b>21</b>
3.4.1 Bílkoviny .....	22
3.4.2 Tuk.....	23
3.4.3 Sacharidy .....	24
3.4.4 Minerální látky .....	24
3.4.5 Vitamíny .....	24
<b>4 Metodika</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 Chov cvrčka domácího</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 Chovná nádrž a mikroklima.....	26
4.1.2 Krmení.....	26
4.1.3 Chov cvrčků.....	28
<b>4.2 Analýza nutričních hodnot</b> .....	<b>29</b>
4.2.1 Hmotnost samic a samců <i>Acheta domestica</i> .....	29
4.2.2 Lyofilizace .....	29
4.2.3 Stanovení sušiny.....	29
4.2.4 Stanovení popela.....	29
4.2.5 Extrakce tuku.....	29
4.2.6 Obsah bílkovin.....	31
4.2.7 Hydrolýza aminokyselin.....	32
4.2.8 Stanovení chitinu .....	34
4.2.9 Statistická analýza .....	35

<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>36</b>
5.1	Životní cyklus .....	36
5.2	Hmotnost cvrčků .....	37
5.3	Sušina .....	38
5.4	Popeloviny.....	40
5.5	Tuk.....	41
5.6	Bílkoviny .....	42
5.7	Chitin.....	44
<b>6</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>46</b>
6.1	Rychlost vývoje a hmotnost.....	46
6.2	Nutriční hodnota .....	47
6.2.1	Sušina .....	47
6.2.2	Popeloviny .....	47
6.2.3	Bílkoviny.....	47
6.2.4	Tuk .....	48
6.2.5	Chitin.....	48
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>50</b>

# 1 Úvod

Vzhledem ke stále narůstající poptávce živočišné bílkoviny a rostoucí lidskou populaci je snaha o nalezení alternativních udržitelných zdrojů potravy světovou prioritou. Jako jednou z alternativ se uvádí konzumace hmyzu neboli entomofágie. V minulosti byl hmyz používán především jako krmivo pro domácí a exotická zvířata, dnes se na něj pohlíží jako na udržitelný alternativní zdroj bílkovin a jiných nutričních látek pro hospodářská zvířata a člověka. Přestože povědomí o entomofágii se v rozvinutých zemích (včetně České republiky) zvyšuje, je stále považována za pouhý kulinářský zážitek, nebo odpudivou praxi.

Experimentálním organismem v této diplomové práci je druh *Acheta domestica* L., který se řadí k jednomu z nejhojněji chovaných a konzumovaných druhů hmyzu ve světě. V teoretické části je kladen důraz především na problematiku chovu cvrčka domácího a jeho výživu tak, aby byl vhodný a bezpečný pro konzumaci jiným zvířetem či člověkem. Také se zmiňuje o legislativě v Evropě a České republice ohledně hmyzu jako nové potraviny, o jeho výhodách a nevýhodách a o biologii cvrčka domácího. V praktické části se práce především zabývá chovem a tím, jakým způsobem ovlivní nutriční hodnotu cvrčka změna v množství bílkovin v jeho krmné směsi.

Vzhledem ke svým vlastnostem jako rychlý reprodukční cyklus, dobrý přírůstek, vysoká konverze krmiv atd. je hmyz za optimálních podmínek do budoucna velice nadějným zdrojem. Aby bylo možné naplno využít tohoto potenciálu, je ovšem nutné zapracovat na technologii chovu. Výživa a krmění je jedním z nejdůležitějších prvků ovlivňujících životní cyklus hmyzu. Proto je cílem diplomové práce shrnout přínosy i rizika chovu a konzumace hmyzu pro člověka v rámci podmínek chovu hmyzu, ale také experimentálně vyzkoušet a vyhodnotit vliv změny množství bílkovin v krmné směsi na životní cyklus a nutriční hodnotu cvrčka domácího. Nové poznatky mohou být do budoucna využity jako základ při návrhu krmných směsí pro cvrčka domácího a přispět tak k optimalizaci technologie chovu hmyzu.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **2.1 Cíle práce**

Cílem práce je definovat, jak se promítne zvýšení množství proteinu v krmné směsi pro cvrčka domácího na jeho životní charakteristiky a základní nutriční parametry.

### **2.2 Vědecká hypotéza**

Zvýšením obsahu bílkovin v krmné směsi bude dosaženo zkrácení životního cyklu cvrčka domácího a zvýšení obsahu bílkovin ve sklizené biomase.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Entomofágie

Zajištění dostatečného množství potravy pro lidstvo se aktuálně stává celosvětovým problémem spojeným s nárůstem populace a s tím spojeným zvyšování nároků na zemědělskou produkci a výrobu potravin. Odhaduje se, že v roce 2030 bude lidská populace narůstat o 6 milionů měsíčně (Gahukar 2011). Smarzyński et al. (2019) uvádějí, že počet obyvatel v roce 2050 naroste až na 9 miliard. Navíc se globálně mění i stravovací návyky a živočišná produkce v současné podobě nebude schopná na takovou poptávku reagovat (van Huis & Tomberlin 2017).

Živočišná produkce představuje jeden z hlavních faktorů ovlivňujících celosvětové klima. Je jedním z největších producentů skleníkových plynů, hlavních spotřebitelů a znečišťovatelů sladkých vod a přispívá i ke ztrátě přírodní biodiverzity. S ohledem na omezené a nadměrně využívané přírodních zdrojů, musí být živočišná produkce optimalizovaná na udržitelnější míru (Kulma et al. 2019). Produkce zemědělských plodin v mnoha rozvojových zemích stagnuje a často je také spojena s nevratnou likvidací unikátních biotopů za cílem získání nové půdy (Laurance et al. 2014; Verburg et al. 2014). Příčinou nedostatku potravy mohou být přírodní faktory jako je změna klimatu, energetická krize, úbytek orné půdy, výskytu škůdců a chorob rostlin. Další atributy ovlivňující tento jev jsou pak dílem člověka. Mezi tyto faktory patří například vysoké ceny potravin, nerovnost v jejich distribuci a s tím související nedostupnosti kvalitních zdrojů živin (Gakuhar 2011). Řešením krize nedostatku potravin živočišného původu dle van Huisse & Tomberlina (2017) je (1) přeměna intenzivního zemědělství na dlouhodobě udržitelné hospodaření; (2) omezení spotřeby produktů živočišné produkce; (3) vývoj alternativní technologie kultivace masa; (4) vývoj ekologické a ekonomické alternativy. Jednou z alternativ, které jsou dlouhodobě uvažované pro tento účel, je považován hmyz (Govorushko 2019).

Pojídání hmyzu, tzv. entomofágie, je běžná praktika v zemích Jižní Ameriky, Mexika, Afriky a Asie, kde je jedlý hmyz snadno dostupný, upravovaný na mnoho způsobů od syrového po tepelně zpracovaný, používaný jako ingredience v receptech, nebo doplněk stravy. Uvádí se, že počet druhů hmyzu bezpečných pro konzumaci je přes 2000 (van Huis et al. 2013).

Hmyz může sloužit jako potrava v různých vývojových stádiích od vajíček přes larvy, kukly až dospělé. Nejvíce jsou konzumovány larvy a kukly. Hlavními konzumovanými druhy hmyzu jsou brouci (Coleoptera), housenky motýlů (Lepidoptera), mravenci, vosy a včely (Hymenoptera), rovnokřídlí (Orthoptera), mšice (Hemiptera), termiti (Isoptera) a mouchy (Diptera) (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

### 3.1.1 Legislativa chovu a konzumace hmyzu

Za „novou potravinu“ nebo potravinu nového typu je považována ta, která v Evropě nebyla ve velké míře konzumována před rokem 1997. Pro nové potraviny, zahrnující hmyz a jejich části, bylo představeno nařízení (EU) 2015/2283 Evropským parlamentem a Radou 25. listopadu 2015 o nových potravinách, které nabylo platnosti 1. ledna 2018. Nařízení jasně definuje hmyz a jeho části či výrobky jako potravinu nového typu. Před uvedením na trh musí být každý druh hmyzu podroben schvalovacím procesem EFSA v souladu s národními předpisy (Gałęckil & Sokoł 2019).

V České republice byla Ministerstvem zemědělství vytvořena příručka „Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu“. Poukazuje na to, že na český trh je možné uvést pouze druhy schválené nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283, kterými jsou potměnák moučný, potměnák stájový, cvrček domácí, cvrček krátkokřídlý a cvrček banánový. Upozorňuje i na zákaz uvádění na trh pro takový hmyz, který byl chovaný pro krmení zvířat. Pokud je chovný hmyz kontaminován, nebo je detekován patogen v chovu, je nutné jej odstranit a nesmí se používat k lidské spotřebě, nebo jako krmivo pro zvířata v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě. Každý chovatel musí dodržovat hygienické zásady pro chovy, výrobu, výrobní prostory a hygienu osob. Farmové chovy také podléhají veterinárnímu dozoru. Novela veterinárního zákona č. 368/2019 která se staví k hmyzu jako hospodářskému zvířeti, stanovuje pravidla chovu, jeho zpracování a uvádění hmyzích produktů určených k lidské spotřebě (Ministerstvo zemědělství 2018).

### 3.1.2 Výhody hmyzu jako potraviny

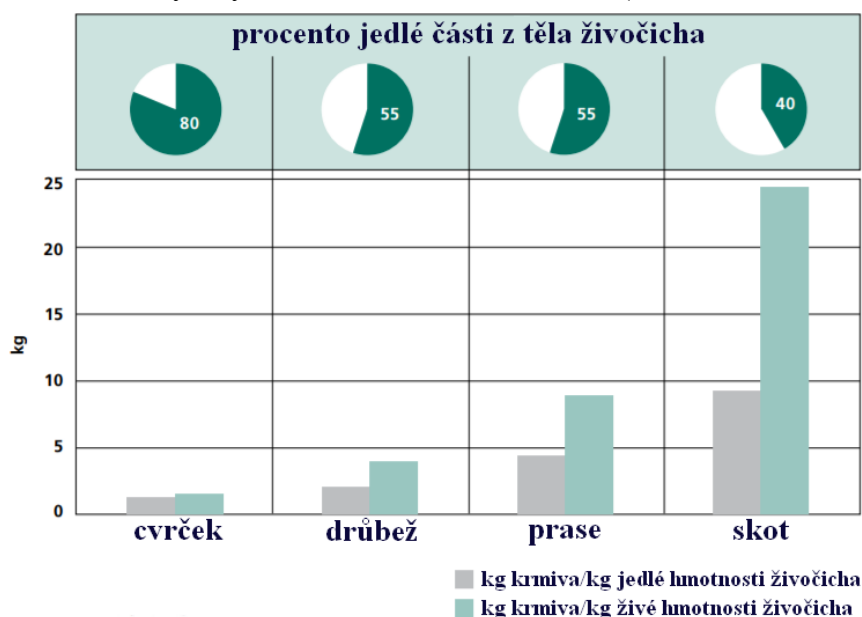
Hmyz jako zdroj potravy je nadějná alternativa ke konvenčním zdrojům především díky jeho dobré nutriční hodnotě. Hmyz obsahuje v sušině přibližně 50 - 70 % bílkovin a 10 - 50 % tuků, a proto je prezentován jako jedním ze slibných možných zdrojů bílkovin k řešení globálního problému produkce bílkovin (Raheem et al. 2019).

Další z výhod je snížení znečištění životního prostředí. Produkce skleníkových plynů (GHG) je jednou z nejdůležitějších příčin klimatických změn. Nejdůležitějšími plyny jsou z tohoto pohledu oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), methan (CH<sub>4</sub>) a oxid dusný (N<sub>2</sub>O). Ke konci 18. století se koncentrace atmosferického CO<sub>2</sub> zvýšila o 30 % a methanu až 50 %. Methan a oxid dusný mají mnohem větší dopad na globální klimatické změny než oxid uhličitý (Oonincx et al. 2010). Skleníkové plyny z živočišné produkce představují přibližně 18 % všech antropogenních emisí (Raheem et al. 2019). Na základě metody „Posuzování životního cyklu (LCA)“ z hlediska dopadu a působení na životní prostředí hospodářských zvířat je 9 % CO<sub>2</sub> (zahrnující výrobu hnojiv pro krmné plodiny, energetické výdaje farem, dopravu krmiv, zpracování živočišných produktů, dopravu zvířat a změny půd při jejich využití), 35 - 40 % CH<sub>4</sub> (zahrnující střevní fermentace přežvýkavců a hnůj hospodářských zvířat) a 65 % N<sub>2</sub>O (zemědělský hnůj a moč) (Oonincx et al. 2010). Z hmyzích zástupců mohou produkovat skleníkové plyny a amoniak termity, švábi čeledi Blaberidae a podčeledi Blattinae a brouci čeledi vrubounovití. Tito zástupci

mají v zaživacím traktu bakterie nazývané se metanogeny, které produkují methan. Většina komerčně chovaného hmyzu, kterými jsou cvrček domácí, potěmnik moučný či saranče stěhovavé, produkuje v porovnání s hospodářskými zvířaty méně skleníkových plynů a amoniaku (van Huis 2013).

Mezi další příznivé aspekty využití hmyzu jako zdroje živin je potenciálně vysoká konverze krmiva. Na produkci 1 kg hovězího masa je zapotřebí 10 kg krmiva, na 1 kg vepřového masa 5 kg krmiva a na 1 kg kuřecího masa 2,5 kg krmiva (Smil 2002). Naproti tomu k produkci 1 kg cvrčků je zapotřebí 1,7 kg krmiva (Collavo et al. 2005). Stravitelnost hraje v produkci také důležitou roli. Uvádí se, že až 80 % z těla cvrčka je jedlé a stravitelné, kdežto u drůbeže a prasat 55 % a u dobytka pak jen 40 % viz Graf 1. To znamená, že cvrčci jsou dvakrát tak efektivnější při konverzi krmiva než drůbež, čtyřikrát účinnější než prasata a až dvanáctkrát efektivnější než skot. Tento jev z velké části souvisí se studenokrevností hmyzu, který v porovnání s tradičními teplokrevnými hospodářskými zvířaty nespotřebovává energii ke tvorbě tělesného tepla (van Huis 2013).

Graf 1: Efektivita výroby konvenčního masa a cvrčků (van Huis 2013).



Voda je klíčovým faktorem pro produktivitu půdy. Roste množství důkazů, že nedostatek vody značně omezuje zemědělskou produkci v mnoha částech světa. Celosvětové rostoucí nároky na vodu ohrožují biodiverzitu, produkci potravin a jiné pro člověka vitální potřeby. Zemědělství spotřebuje kolem 70 % sladkovodních zdrojů po celém světě (Pimentel et al. 2004). Odhaduje se, že na produkci 1 kg živočišné bílkoviny je potřeba 5 - 20 × více vody, než na 1 kg rostlinného proteinu. Spotřeba vody na produkci 1 kg bílkoviny u hovězího masa je 22000 litrů, vepřového 3500 litrů a kuřecího 2300 litrů. Na produkci 1 kg bílkoviny ze cvrčků je zapotřebí 1 l vody (van Huis 2013).

Celosvětově je zhruba jedna třetina veškerých vyprodukovaných potravin (~ 1,3 miliard tun potravin ročně) vyhozena (Veldkamp et al. 2012). V rozvojových zemích je rostoucím

problémem nevhodné nakládání s odpady, kdy často zůstává jedna až dvě třetiny odpadu neodklizeného. Jedna z možností redukce odpadu lidské společnosti je omezit organický odpad na kompost za pomoci saprofytních organismů, kterými jsou žížaly a mikroorganismy, ale i mnoho druhů hmyzu. Z tohoto pohledu jsou zajímavé například larvy mouchy domácí *Musca domestica*, nebo některé druhy potemníků. Bráněnka *Hermetia illucens* je druh schopen konvertovat kvasící ovoce, mléčné produkty a hnůj na biomasu vlastního těla a tím zredukovat hmotnost sušiny odpadu až o 58 % (van Huis 2013).

### 3.1.3 Nevýhody hmyzu jako potravin

Jednou z hlavních nevýhod konzumace hmyzu je psychologický odpor obyvatel rozvinutých zemí (například státy Evropy, USA), kteří si na hmyz jako potravinu z minulosti odvykli. Strávníci mají problém především s tvrdým exoskeletem, tykadly, křídly, končetinami a obecně cítí k hmyzu odpor jakožto ke škůdcům. Mezikrokem k odstranění těchto předsudků by mohla být varianta drceného nebo mletého hmyzu, u které strávník fyzicky neuvidí tělo hmyzu. Hmyzí moučka se dá využít v potravinách, které jsou lidem v západní společnosti dobře známy (těstoviny, párky atd.), ale dá se využít i jako bílkovinná složka krmiv pro zvířata (Makkar et al. 2014; Mancini et al. 2019; Raheem et al. 2019).

Dalším problémem je alergie, kterou může hmyz vyvolat. U členovců je podle podvýboru Světové zdravotnické organizace (WHO) pro Nomenklaturu alergenů a Mezinárodní imunologické unie společností (IUIS) registrováno kolem 239 jednotlivých alergenů. Jsou to převážně všudypřítomné nebo panalergenní proteiny, které lze jednoduše klasifikovat jako svalové proteiny (tropomyosin, myosin, aktin, troponin C), buněčné proteiny (tubulin), cirkulující proteiny (hemocyanin, defensin) a enzymy (arginin, kináza, triosafosfát izomeráza,  $\alpha$ -amyláza, trypsin, fosfolipáza A, hyaluronidáza). Dále byly zdokumentovány případy anafylaktického šoku po konzumaci hmyzu (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020). Fernandez-Cassi et al. (2019) ale uvádí, že v Evropě prozatím nebyly hlášeny žádné alergické reakce po konzumaci cvrčků, a že alergické reakce jsou běžnější a závažnější po požití kobylek než cvrčků. Alergickou reakci u citlivých jedinců s nedostatkem enzymu chitinázy může vyvolat i polysacharid chitin. Nedostatek chitinázy se vyskytuje především u obyvatel těch zemí, ve kterých se historicky odstoupilo od konzumace hmyzu. Podobný problém vyvolávají u alergiků i mořské plody. V současnosti se zdokonaluje technologie, která pomáhá vyselektovat chitin z hmyzí moučky.

Stejně jako jiná zvířata i hmyz může sloužit jako vektor pro přenos některých zoonotických agens, které ohrožují chovný hmyz, zvířata hospodářská a domácí i člověka. Cvrček domácí může být přenašečem bakterií *Nosema* spp., *Gregarine* spp., a *Steinernema* spp., které mohou ovlivnit chovy hmyzu. Zoonotické patogeny jsou přítomny také v substrátech, nebo gastrointestinálním traktu hmyzu (Gałęcki & Sokoł 2019). Syroví cvrčci obsahují vyšší mikrobiální zatížení než potraviny vyráběné z masa hospodářských zvířat. Důvodem je pravděpodobně konzumace celého hmyzího těla spolu s trávicím traktem, který se neodstraňuje. Jednou ze strategií, jak snížit množství bakterií v gastrointestinálním traktu je 24 až 48 hodinové lačnění hmyzu před sklizní (Fernandez-Cassi et al. 2019). Bakterie patogenní

pro člověka, které byly zaznamenány u cvrčků jsou například *Yersinia* spp., *Citrobacter* spp., *Fusobacterium* spp. a *Bacillus* spp. (Schlüter et al. 2017).

Těžké kovy v potravinách a krmivech mohou způsobovat různá onemocnění, jako například kadmium a onemocnění Itai-itai, otrava olovem nazývaná saturnismus nebo otrava rtutí. Cvrčci by teoreticky mohli obsahovat nebezpečné sloučeniny, kterými jsou kadmium, arsen, olovo a cín. V současné době není ale mnoho studií, které by se touto problematikou zabývaly. Nejběžnější cestou, při které se těžké kovy dostanou do těl hmyzu, je prostřednictvím krmiva. Jedním z hlavních problémů je pravděpodobnost bioakumulace nebo biokonjugace těžkých kovů u hmyzu (Fernandez-Cassi et al. 2019). V případě použití certifikované krmné směsi by se tomuto problému mělo předejít.

#### **3.1.4 Ovlivnění nutriční hodnoty hmyzu**

Obecně se hmyz velmi liší obsahem nutričních hodnot, například obsah bílkovin v sušině se může pohybovat v rozmezí 7 - 91 %, proto je nutné k výživě hmyzu přistupovat individuálně a přizpůsobit krmivo podávané hmyzu tak, aby vyhovovalo nutričním požadavkům konzumentů (Oonincx & van der Poel 2011).

Oonincx & van der Poel (2011) uvádí, že nutriční hodnota úzce souvisí s druhem krmiva u hmyzu, kdy testovali přidání kombinace jílku vytrvalého, mrkve a pšeničných otrub do krmné dávky sarančete stěhovavého. Výsledky experimentu poukazují na to, že rozdíly v obsahu bílkovin lze vysvětlit změnou obsahu tuku v krmivu (obsahu dusíku se snižuje s rostoucím obsahem tuku). Pšeničné otruby obsahují sacharidy, které zvyšovaly tukové zásoby sarančat a tím tak i jejich energetickou hodnotu. U popelovin byl pozorován obdobný „trade off“ jako u bílkovin a tuků, kdy se zvyšujícím se obsahem tuku se snižuje obsah popela. Přidáním pšeničných otrub dochází ke snížení obsahu vápníku a draslíku, ale zvyšuje se koncentrace hořčíku a mědi. Po přidání mrkve do krmné dávky, která obsahuje jílek i otruby dochází ke snížení hořčíku na hodnoty podobné krmné dávce obsahující pouze jílek. V jejich studii nebyly pozorovány žádné výrazné změny v obsahu retinolu a karotenoidů u různých krmných dávek viz Tabulka 1.

Tabulka 1: Chov G (krmná dávka složená z jílku vytrvalého; chov GW (krmná dávka složená z jílku vytrvalého a pšeničných otrub); GWC (krmná dávka složená z jílku vytrvalého, pšeničných otrub a mrkve). Střední hodnota ± směrodatná odchylka ( $n=5$ ) je ve všech skupinách v gramech na kilogram sušiny (Oonincx & van der Poel 2011).

	G	GW	GWC
<b>Popeloviny</b>	40.0 ± 7.43	38.1 ± 5.68	33.3 ± 4.86
<b>Energie (kJ/g DM)</b>	21.3 ± 1.09	22.5 ± 1.00	23.8 ± 1.12
<b>Tuky</b>	186 ± 80.7	227 ± 54.4	296 ± 46.1
<b>Bílkoviny</b>	649 ± 77.5	583 ± 38.4	555 ± 35.6
Ca	0.77 ± 0.15	0.57 ± 0.13	0.52 ± 0.07
P	6.52 ± 0.97	6.43 ± 0.75	5.55 ± 0.60
Ca/P	0.12 ± 0.013	0.09 ± 0.015	0.10 ± 0.009
K	10.3 ± 2.38	9.31 ± 1.38	8.25 ± 1.52
Mg	0.87 ± 0.16	1.20 ± 0.26	0.74 ± 0.06
Na	1.99 ± 0.22	1.60 ± 0.30	1.54 ± 0.13
Cu (mg/kg DM)	33.8 ± 8.79	41.3 ± 2.08	36.8 ± 6.35
Fe (mg/kg DM)	151 ± 61.8	217 ± 129	169 ± 88.0
Zn (mg/kg DM)	172 ± 29.3	144 ± 8.93	137 ± 9.08
Retinol (mg/kg DM)	0.11 ± 0.043	0.13 ± 0.065	0.15 ± 0.056
Lutein (mg/kg DM)	1.38 ± 1.327	1.54 ± 1.312	1.82 ± 1.005
Zeaxanthin (mg/kg DM)	0.13 ± 0.144	0.09 ± 0.066	0.15 ± 0.140
β-Cryptoxanthin (mg/kg DM)	0.29 ± 0.165	0.12 ± 0.108	0.27 ± 0.191
α-karoten (mg/kg DM)	0.08 ± 0.076	0.02 ± 0.029	0.03 ± 0.037
cis-β-karoten (mg/kg DM)	0.81 ± 0.714	0.61 ± 0.286	0.85 ± 0.461
Trans-β-karoten (mg/kg DM)	3.56 ± 3.118	2.50 ± 1.205	3.71 ± 2.051

Oonincx et al. (2019) uvádí, že komerčně chovaný jedlý hmyz má často nízký obsah n-3 mastných kyselin a mají suboptimální poměry n-6/n-3 mastných kyselin. Jejich experiment spočíval ve zhodnocení účinků lněného oleje na nutriční hodnotu cvrčka domácího *Acheta domestica*, potemníka druhu *Alphitobius diaperinus* a bráněnky druhu *Hermetia illucens*. Studie byla založena na 4 různých krmných dávkách o obsahu lněného oleje 0 %, 1 %, 2 % a 4 % v krmivu. Studie prokázala, že poměr n-6 / n-3 mastných kyseliny byl u pozorovaného hmyzu při kontrolní krmné dávce (0 % lněného oleje) mezi hodnotami 18 - 36. Tyto hodnoty jsou považovány za nadměrné a potenciálně škodlivé. Po přidání lněného oleje (1 %) se výrazně hodnota snížila a tím se přiblížila k doporučenému poměru pro člověka. S vyšším obsahem lněného oleje v krmivu se snižoval i poměr n-6 / n-3 mastných kyselin viz Tabulka 2. Přidáním oleje nedocházelo ke snížení hmotnosti, zkrácení vývoje nebo přežití všech testovaných druhů hmyzu.

Tabulka 2: Obsah nasycených mastných kyselin (SFA), mononenasycených mastných kyselin (MUFA), polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), veškeré omega 3 mastné kyseliny, omega 6 mastné kyseliny a jejich poměr u druhů *Acheta domesticus*, *Alphitobius diaperinus* a *Hermetia illucens* (Střední hodnota ± směrodatná odchylka (n=6). Různá písmena v horním rohu hodnot označují významné rozdíly v rámci sloupce (Oonincx et al. 2019).

	Lněný olej	SFA	MUFA	PUFA	n-3	n-6	n-6/n-3
<i>Krmivo</i>	0%	29.1 ± 0.30 <sup>a</sup>	31.5 ± 0.12 <sup>a</sup>	38.3 ± 0.31 <sup>a</sup>	3.0 ± 0.05 <sup>a</sup>	35.0 ± 0.29 <sup>a</sup>	11.8 ± 0.22 <sup>a</sup>
	1%	24.4 ± 0.26 <sup>ab</sup>	29.2 ± 0.12 <sup>a</sup>	45.5 ± 0.24 <sup>ab</sup>	14.2 ± 0.21 <sup>ab</sup>	31.1 ± 0.30 <sup>ab</sup>	2.2 ± 0.05 <sup>ab</sup>
	2%	22.6 ± 1.42 <sup>bc</sup>	28.5 ± 1.92 <sup>ab</sup>	48.0 ± 3.38 <sup>bc</sup>	22.2 ± 1.48 <sup>bc</sup>	25.6 ± 4.82 <sup>bc</sup>	1.2 ± 0.27 <sup>bc</sup>
	4%	18.7 ± 0.39 <sup>c</sup>	25.9 ± 0.24 <sup>b</sup>	54.9 ± 0.56 <sup>c</sup>	30.5 ± 0.85 <sup>c</sup>	24.2 ± 0.34 <sup>c</sup>	0.8 ± 0.03 <sup>c</sup>
<i>Acheta domesticus</i>	0%	37.3 ± 0.35 <sup>a</sup>	31.5 ± 1.25 <sup>a</sup>	29.8 ± 0.97 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.04 <sup>a</sup>	28.8 ± 0.96 <sup>a</sup>	36.2 ± 1.32 <sup>a</sup>
	1%	37.0 ± 1.96 <sup>a</sup>	30.6 ± 1.40 <sup>ab</sup>	31.0 ± 1.22 <sup>ab</sup>	4.1 ± 0.18 <sup>ab</sup>	26.8 ± 1.17 <sup>ab</sup>	6.6 ± 0.38 <sup>ab</sup>
	2%	34.6 ± 0.66 <sup>ab</sup>	30.4 ± 0.76 <sup>ab</sup>	33.7 ± 1.31 <sup>bc</sup>	7.2 ± 0.36 <sup>bc</sup>	26.4 ± 1.01 <sup>ab</sup>	3.7 ± 0.12 <sup>bc</sup>
	4%	31.9 ± 1.36 <sup>b</sup>	28.4 ± 1.17 <sup>b</sup>	38.4 ± 2.23 <sup>c</sup>	12.7 ± 1.05 <sup>c</sup>	25.6 ± 1.27 <sup>b</sup>	2.0 ± 0.09 <sup>c</sup>
<i>Alphitobius diaperinus</i>	0%	34.0 ± 4.68	36.0 ± 2.48 <sup>a</sup>	28.6 ± 2.30 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.11 <sup>a</sup>	27.0 ± 2.22	21.7 ± 0.44 <sup>a</sup>
	1%	31.2 ± 2.27	35.6 ± 1.19 <sup>ab</sup>	31.9 ± 1.35 <sup>ab</sup>	4.4 ± 0.23 <sup>ab</sup>	27.2 ± 1.54	6.3 ± 0.63 <sup>ab</sup>
	2%	30.7 ± 3.24	34.5 ± 1.73 <sup>ab</sup>	33.6 ± 1.74 <sup>b</sup>	7.2 ± 0.26 <sup>bc</sup>	26.1 ± 1.59	3.6 ± 0.19 <sup>bc</sup>
	4%	31.0 ± 6.15	32.5 ± 2.02 <sup>b</sup>	35.2 ± 4.25 <sup>b</sup>	10.9 ± 3.04 <sup>c</sup>	24.0 ± 1.42	2.4 ± 1.03 <sup>c</sup>
<i>Hermetia illucens</i>	0%	74.4 ± 1.04 <sup>a</sup>	15.1 ± 0.47	10.1 ± 0.72 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.14 <sup>a</sup>	9.1 ± 0.84	18.3 ± 5.59 <sup>a</sup>
	1%	70.8 ± 1.60 <sup>ab</sup>	15.3 ± 0.64	13.3 ± 1.27 <sup>ab</sup>	3.3 ± 0.46 <sup>ab</sup>	9.7 ± 0.71	3.0 ± 0.24 <sup>ab</sup>
	2%	68.4 ± 2.91 <sup>b</sup>	15.3 ± 1.18	15.8 ± 1.84 <sup>bc</sup>	5.5 ± 0.59 <sup>bc</sup>	10.0 ± 1.21	1.8 ± 0.11 <sup>bc</sup>
	4%	63.5 ± 2.76 <sup>b</sup>	15.6 ± 1.21	20.3 ± 1.63 <sup>c</sup>	9.7 ± 0.87 <sup>c</sup>	10.4 ± 0.83	1.1 ± 0.02 <sup>c</sup>

Obdobný experiment provedli van Broekhoven et al. (2015) na třech druzích hmyzu *Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus* a *Alphitobius diaperinus* z čeledi potěmnikovitých brouků. Zkoušeli, zdali je možné chovat potěmniky na vedlejších produktech potravinářského průmyslu, kterými byly použité obilí a pивní kvasnice, zbytky pečiva, bramborové slupky a podobné. Krmné směsi byly rozděleny na 4 druhy podle obsahu bílkovin a škrobu. Výsledky poukazují na to, že všechny typy krmných dávek ovlivňovaly schopnost přežít a dobu vývoje larev. Vyšší obsah bílkovin a nižší obsah škrobu v krmivu zapříčinily rychlejší vývoj larev v dospělce s vyšší průměrnou tělesnou hmotností u *Z. atratus* a *A. diaperinus*. Na hmotnost a rychlost vývoje larev u *T. molitor* působil vyšší podíl bílkovin také příznivě, avšak lepší výsledky přineslo krmivo nejen s vysokým podílem bílkovin, ale i škrobu. Nutriční hodnoty sledovaného hmyzu byly krmivem také ovlivněny. Zatímco bílkoviny nebyly stravou výrazně ovlivněny, larvy měly obsah tuku nižší na krmivu s nižším obsahem proteinů.



## 3.2 Cvrček domácí (*Acheta domestica*)

Říše:	živočichové	Animalia Linnaeus, 1758
Kmen:	členovci	Arthropoda Latreille, 1829
Podkmen:	šestinozí	Hexapoda Blainville, 1816
Třída:	hmyz	Insecta Linnaeus, 1758
Podtřída:	křídlatí	Pterygota Lang, 1888
Nadřád:		Archaeorthoptera Béthoux & Nel, 2002
Řád:	rovnokřídlí	Orthoptera Latreille, 1793
Podřád:	kobylinky	Ensifera Chopard, 1920
Nadčeleď:	cvrčci	Grylloidea Laicharding, 1781
Čeleď:	cvrčkovití	Gryllidae Laicharding, 1781
Rod:	cvrček	Acheta Fabricius, 1775
Druh:	cvrček domácí	Acheta domestica, Linnaeus, 1758

### 3.2.1 Rozšíření ve volné přírodě

Cvrček domácí, původem pravděpodobně z Jihozápadní Asie, se rozšířil do většiny zemí s teplejším klimatem po celém světě. Za rozšířením stojí především „pet trade“ nebo náhodný transport s jiným nákladem. Habitat cvrčků je různorodý od lesů, jeskyní po pastviny a pole. Většinou vyhledávají vlhké oblasti s vysokými travinami. V zimních měsících se před nízkými nepříznivými teplotami prostředí stahují do lidských obydlí. Jsou to poikiloternní omnivorní živočichové s převažující noční aktivitou (Resh & Cardé 2009).

### 3.2.2 Morfologie cvrčka domácího

Cvrčci domácí jsou malí až středně velcí zástupci rovnokřídleho hmyzu, jejichž velikost se pohybuje mezi 16 až 20 mm. Jejich zbarvení se pohybuje od žluté, žlutohnědé až hnědé s typickou tmavě hnědou kresbou v oblasti hlavy. Na povrchu těla je kutikula, jejíž hlavní složkou je převážně dusíkatý polysacharid chitin. Kutikula je zesílená a tvoří vnější kostru neboli exoskelet. Protože exoskelet neroste spolu s jedincem, musí jej v období růstu obměňovat procesem svlékání nazývaný ekdyze. Hormony, které ovlivňují ekdyzi jsou ekdyzon, svlékací hormon, který aktivuje epidermální buňky ke tvorbě nové kutikuly a neotenin neboli juvenilní hormon který funguje antagonicky k ekdyzonu a oddaluje svlékání. Tělo se skládá z hlavy (caput), hrudi (thorax) a zadečku (abdomen) (Resh & Cardé 2009).

Na hlavě jsou tenká, nitkovitá, párová tykadla o délce až 30 mm, na kterých se nacházejí receptory čichu a hmatu. Další částí je jeden pár složených očí a jeden pár jednoduchých očí nacházejících se po stranách hlavy. U cvrčků se vyvinulo kousací ústní ústrojí, které se skládá z nepárového horního pysku (labrum) a spodního pysku (labium) které kryjí ústní ústrojí, párových kusadel (mandibuly), sloužící k uchopení a drcení potravy, a párových čelistí (maxily) (Krenn 2020).

Hrud', která se nachází mezi hlavou a zadečkem, se skládá ze 3 částí. Předohrud' (prothorax) nese první pár nohou který u cvrčků nese sluchové ústrojí nazývaný tympanum,

středohrud' (mesothorax) nese první pár křídel nebo jejich modifikací a druhý pár kráčivých končetin. Zadohrud' (metathorax) nese druhý pár křídel a poslední pár končetin modifikované ke skákání. Každá z těchto částí nese vlastní hřbetní štít. Křídla jsou párová a pronikají do nich hrudní vzdušnice, které slouží k dýchání. První pár křídel je modifikováno na krytky se znatelnou žilnatinou, které překrývají druhý pár blanitých křídel (Resh & Cardé 2009).

Zadeček (abdomen), největší část těla, je článkovaný a zakončený párovými štěty (cerci). Obsahuje trávicí, vylučovací a rozmnožovací ústrojí. Po stranách zadečku se nachází spirakulum, otvory v exoskeletu, kterými se vzduch dostává do vzdušnic. Samice mají na konci zadečku útvar nazývaný pravé kladélko, které slouží k naklazení vajíček do substrátu (Resh & Cardé 2009).

### 3.2.3 Reprodukční cyklus

Cvrček domácí, jakožto zástupce řádu rovnokřídlých patří mezi hmyz s proměnou nedokonalou. U této proměny (hemimetabolie) dochází k postupnému vývoji jedince, při níž jsou nedospělá stádia nazývající se nymfy podobné dospělci (Huber et al. 1990).

Cvrčci jsou gonochoristé, samice jsou oviparní (kladou vajíčka) a jsou schopné za dobu 12 týdnů naklást 200 až 300 i více vajíček. Dospělá stádia se od juvenilů odlišují vyvinutými krytkami s křídly. Samice jsou z pravidla větší nežli samci a mají kladélka. Žijí přibližně po dobu 2 až 3 měsíců (McCluney & Date 2008).

Kompetice mezi samci o spáření se samicí je primární evoluční silou v selekci reprodukčního partnera. U cvrčků je nejběžnější reprodukční strategie vyluzování cvrčivých zvuků neboli stridulace. Stridulace vzniká třením krytek (tegmenů) o sebe. Produkováné zvuky jsou druhově specifické a lákají nejen samice, ale také označují teritorium před ostatními samci, které vyluzované zvuky přitahují. Pohlaví mezi sebou rozeznávají pomocí doteku svých tykadél a produkováných feromonů. Intersexuální preference samic jsou samci větší velikosti, schopnost samce bojovat o samici a stridulace. Samice klade vajíčka 24 - 48 hodin po páření (Huber et al. 1990).

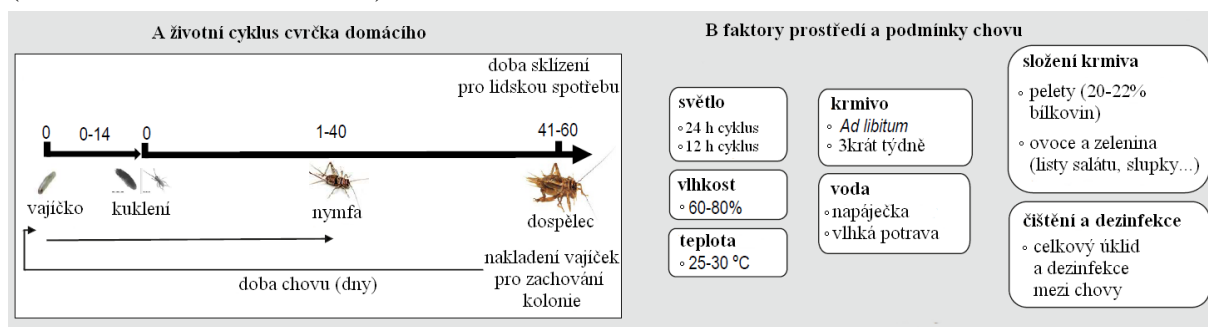
Prvním stádiem vývoje je vajíčko. Nakladené vajíčko obsahuje všechny potřebné prvky pro embryogenezi, kromě vody. Vodu musí cvrččí vajíčko absorbovat před dokončením jejich vývoje a to kolem 60 až 120 % své váhy. Tento faktor je důležitý pro výběr vhodného substrátu ke kladení vajíček samicí, který zajistí dostatečnou vlhkost pro vývoj. Pro samice je kladení takových vajíček výhodnější v tom smyslu, že se do nich vejde více „kondenzováných“ vajíček než plně hydratováných. Pokud se udržuje substrát dostatečně vlhký, vajíčko se vyvíjí po dobu 14 dní a poté se vyklube do stádia nymfy (Masaki & Walker 1987). Uvádí, že inkubace vajíčka při teplotě 25 °C trvá 14 dní, ale při 30 - 33 °C se zkracuje na 9 - 10 dní. Vylíhlé nymfy jsou velké 3 mm (McCluney & Date 2008).

Nymfy vypadají jako malé a neokřídlené verze dospělců, samičí nymfy pak postrádají kladélko. Pokud jsou nymfy a dospělci chováni ve stejné nádobě, při nedostatku potravy

dochází ke kanibalismu, kdy menší nymfy slouží jako potrava pro dospělé cvrčky. Vývoj do stádia dospělého trvá přibližně 45 dní a prochází přes 8 až 10 instarů. Po ekdyzi je exoskelet měkký mléčné barvy a až po několika hodinách procesem oxidace získává obvyklou tvrdost a barvu. Zárodky křídel se objevují u subadultních jedinců ve věku cca 1 měsíce po vylíhnutí. Po dosažení stádia dospělého začínají být cvrčci pohlavně aktivní po 24 - 72 hodinách (McCluney & Date 2008).

### 3.3 Podmínky chovu

Doporučené sklizení dospělých cvrčků ke konzumaci se pohybuje od 40. do 60. dne věku viz Obrázek 1. Cvrččí farmy jsou tak schopny vyprodukovat 8 až 10 generací za rok (Fernandez-Cassi et al. 2019).



Obrázek 1: (A) Schématické znázornění životního cyklu cvrčka domácího (*Acheta domestica*), (B) Environmentální faktory (světlo, teplota a vlhkost) a krmiva běžně používaného v malých a středních cvrččích farmách (Fernandez-Cassi et al. 2019).

#### 3.3.1 Chovná nádrž a substrát

Chovná nádrž by měla mít hladké stěny alespoň 25 cm vysoké. Stěny mohou být ze skla nebo plastu. K chovu lze také využít i speciálně upravené klece. Vzhledem k tomu, že cvrček domácí dobře snáší vysokou populační hustotu, vhodná velikost nádrže pro 500 dospělých zvířat by měla být 50 × 20 × 25 cm. Všechny chovné boxy by měly být opatřeny přiléhavými víky které brání k úniku jedinců. Alespoň polovina plochy víka by měla mít otvor pro ventilaci pokrytý drátěným pletivem s průměrem oka 0,5 mm. V případě vysokých chovných nádrží je vhodný otvor opatřený pletivem i po straně stěny. Do bedny by měly být vloženy 2 až 3 na sobě položené proložky od vajíček uloženy horizontálně nebo vertikálně. Cvrčci mohou využít záhyby proložek jako úkryt. Větší množství pater umožňuje chovat v bedně větší množství cvrčků. Pro cvrčky domácí je vhodné rozstříhat proložky na kusy o velikosti 10 × 10 cm. Substrát by měl být mělký, přibližně 2 mm vysoký. Vhodným materiálem je písek, jemné dřevěné hobliny, lignocel, vlnitá lepenka nebo substrát smíchaný s krmivem. Proložky by neměly zabírat celou chovnou nádrž a měl by být zanechán prostor pro kladiště, misku na vodu a případně potravu. Kladiště by mělo být o velikosti alespoň 8 × 8 × 5 cm a vyplněno substrátem alespoň 1 cm pod okraj. Substrátem pro kladiště může být písek, rašelina, nebo jejich kombinace. Kladiště musí být neustále vlhčeno, ale nesmí být mokré. Pokud je půda suchá nebo vyschla, samice v ní budou kopat a vyhazovat ji z kladiště (Friedrich & Volland 2004).

### 3.3.2 Krmivo a voda

Při krmení je vhodné je oddělovat suchou a čerstvou (vlhkou) potravu. Vhodným suchým krmivem je oves, pšeničné klíčky, psí granule, nebo pelety pro hlodavce, drůbež, morčata, želvy, či speciální směsi pro cvrčky (Friedrich & Volland 2004). V experimentálním velkochovu se jako krmná směs využívá krmivo na bázi směsi pro kuřata (Fernandez-Cassi et al. 2019). Pelety je vhodné dávat na dno chovné nádrže a vločky do mělkých misek. Každých 14 dní musí být zbytky krmiva vysbírány a vyhozeny. Na začátku chovu je vhodné nabízet méně potravy, například lžičku krmiva pro 200 menších jedinců. Základní druhy čerstvého krmiva jsou jablka, mrkve, nebo salát. Další sezonní druhy jsou třešně, hroznové víno, pomeranče, pampeliška, nebo jitrocel. Všechna čerstvá potrava musí být insekticidů, či jiných škodlivých substancí prostá (například pampelišky by neměly být trhány v blízkosti silnic). Může být nabízena denně nebo každý 2. či 3. den (Friedrich & Volland 2004). Pokud jsou cvrčci krmeni nevyváženou stravou, může docházet ke kanibalismu (Fernandez-Cassi et al. 2019).

Pokud mají dostupné čerstvé krmivo, není nutný zdroj pitné vody. Pokud se rozhodneme pro chov bez vlhké složky krmiva, tak se doporučuje na dno chovné nádrže umístit mělkou misku vyplněnou pěnovým materiálem, aby se cvrčci netopili. Zdroj pitné vody se musí měnit často, nejlépe každý den. Vhodné je i použití plastových ptačích napáječek u kterých se do žlabu vloží savý materiál, například vata, molitan, nebo buničina (Friedrich & Volland 2004).

### 3.3.3 Mikroklima vhodné pro chov

Cvrček domácí je poikilothermní živočich, proto potřebuje konstantní teplotu prostředí v rozmezí 25 - 30 °C. Při nižších teplotách intenzita metabolismu klesá a jsou ovlivněny biologické projevy hmyzu (například časný úhyn, nebo nevylíhnutí vajíček). Vlhkost by měla být kolem 50 - 60 %, nymfy preferují 60 - 80% vlhkost (Friedrich & Volland 2004). Arai et al. (2004) uvádí, že délka světelné části dne hraje také důležitou roli při rychlosti vývoje cvrčků. Nymfy se vyvíjejí rychleji za delších dní, ale pomaleji při kratší délce dne. Při LD 16 : 8 trval vývoj všech nymf v rozmezí 43 - 62 dní, kdežto při LD 11 : 13 trval vývoj ve dvou vlnách, a to v rozmezí 45 - 70 dní a v druhé vlně 170 - 250 dní. Pro chovy se doporučují délky světelného dne LD 12 : 12.

Morales-Ramos et al. (2018) porovnávali rychlost růstu a dosažení dospělosti při různých teplotách. Při teplotě 27 °C byla nejvyšší hmotnost biomasy na konci 8 týdne věku. Při teplotě 29 °C byl tento jev pozorován na konci 6 týdne věku. Rychlost růstu byla vyšší v raném stádiu růstu při obou teplotách, ale během 1. a 2. týdne byl růst mnohem rychlejší u cvrčků chovaných při teplotě 29 °C. Rychlost růstu poklesla spolu s věkem u obou teplot, ale klesla rychleji při teplotě 29 °C. Nymfy začaly dokončovat růst na konci 6 týdne při 29 °C a na konci 7 týdne při 27 °C. Na konci 8 týdne pouze 48 % cvrčků dosáhlo dospělosti při 27 °C, zatím co při teplotách 29 °C 59 %. již na konci 7 týdne. Ti dospělci, kteří rostli při teplotě 27 °C, byli výrazně větší ( $355,75 \pm 18,6$  mg) nežli ti, kteří rostli při 29 °C ( $276,7 \pm 21$  mg) viz Tabulka 3.

Tabulka 3: (1) Hmotnost cvrčka domácího chovaného ve skupinách v týdenních intervalech při teplotě 27 °C. (2) Hmotnost cvrčka domácího chovaného ve skupinách v týdenních intervalech při teplotě 29 °C (Morales-Ramos et al. 2018).

27 °C					29 °C				
týden	váha nymf (mg)	váha dospělců (mg)	počet nymf	počet dospělců	týden	váha nymf (mg)	váha dospělců (mg)	počet nymf	počet dospělců
0	0.66±0.01	-	135	0	0	0.68±0.01	-	35	0
1	1.9±0.06	-	119	0	1	2.2±0.08	-	04	0
2	4.6±0.2	-	103	0	2	7.6±0.6	-	92	0
3	10.8±1.0	-	87	0	3	22.7±2.3	-	77	0
4	24.7±2.3	-	74	0	4	55.2±5.5	-	69	0
5	52.9±5.1	-	67	0	5	104.6±11.5	-	65	0
6	105.2±10.7	-	62	0	6	130.3±13.3	252.3±13.2	43	19
7	164.3±14.5	280.8±15.4	48	9	7	139.5±14.7	285.8±16.0	23	33
8	217.6±18.5	322.9±15.1	29	27	8	123.0±15.4	275.6±20.1	9	42
9	207.4±18.8	352.9±14.7	12	43	9	58.4	276.7±21.0	1	47
10	327.5	355.8±18.6	1	52					

V této studii cvrčci při teplotě 27 °C dospívali pomaleji, ale byli větší než ti, kteří rostli při 29 °C. Vývojový model předpovídá, že rychlost vývoje se zvyšuje s rostoucí teplotou. Takové pravidlo by mohlo mít zásadní význam pro produkci hmyzí biomasy, když růst se zastavuje s dosažením dospělosti. Booth a Kiddell (2007) dospěli k závěru, že produkce biomasy je ekonomičtější při vyšších testovaných teplotách, avšak jejich testy byly prováděny při 25 °C a 28 °C. Morales-Ramos et al. (2018) tedy předpokládají, že optimální čas pro sklizení cvrčků je na konci 6 týdne při teplotě 29 °C a na konci 8 týdne při 27 °C. Ideální čas pro sklizení cvrčků je ve věku 9 až 11 týdnů, kdy je obsah proteinů a minerálů optimální (Kulma et al. 2019).

Dalšími faktory ovlivňující rychlost růstu nymf množství dalších jedinců na omezeném území (tzv. group effect), kdy růst eskaluje spolu se zvyšujícím se počtem nymf na plochu. Vyšší počet jedinců na plochu může vyústit v dospěléce o menší velikosti (Masaki & Walker, 1987).

### 3.4 Nutriční hodnota hmyzu

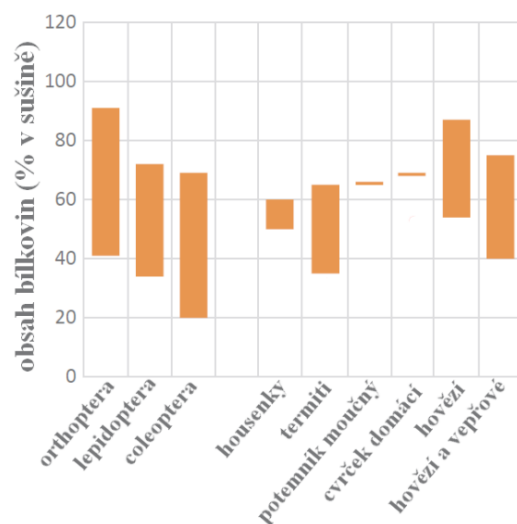
Nutriční hodnota jedlého hmyzu je velmi variabilní v závislosti nejen na druhu hmyzu, ale různí se i v rámci jednoho druhu na základě stádia vývoje a pohlaví. Sušina cvrčka domácího běžně obsahuje 64 - 70 % bílkovin, 18 - 22 % tuků, 3,6 - 5,1 % popelovin a 426 - 455 Kcal / 100 g energetické hodnoty (Rumpold & Schlüter 2013). Z minerálů obsahují sodík, měď, vápník, draslík, železo, fosfor, mangan, zinek. Z vitamínů obsahují cvrčci vitamíny hlavně skupiny B a vitamín C. Samice obsahují více tuků a méně bílkovin a chitinu Kulma et al. (2019). Kulma et al. (2016) také uvádějí, že dospělci obsahují vyšší množství tuků a bílkovin, ale méně popelovin nežli nymfy.

### 3.4.1 Bílkoviny

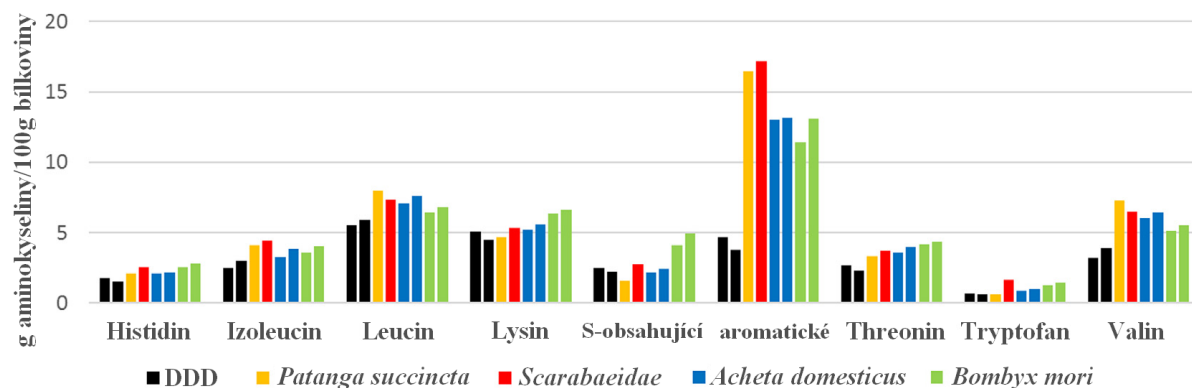
Bílkoviny neboli proteiny jsou organické makromolekulární látky, jejich základní stavební složky jsou aminokyseliny. V těle člověka a zvířat je protein nejdůležitější komponent tvořící svaly a tkáň. Jejich funkce je transportní, stavební, katalytická, obranná a ochranná (Berg et al. 2015). Kvalita bílkovin závisí na profilu přítomných esenciálních aminokyselin a jejich poměru. Esenciální aminokyseliny jsou definovány jako kyseliny, které si organismus nedokáže syntetizovat sám a musí je získávat potravou. Hlavními esenciálními aminokyselinami v lidské výživě jsou valin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan, a histidin. Lysin a tryptofan jsou často limitujícími aminokyselinami u člověka (Bukkens 1997). Neesenciální aminokyseliny jsou alanin, arginin, asparagin, kyselina asparagová, cystein, glutamin, kyselina glutamová, glycin, prolin, serin a tyrosin (van Huis et al. 2013).

Bílkoviny jsou převažující složkou těl hmyzu a obsah je často vyšší než u sóji, drůbeže nebo ryb. V porovnání s hovězím masem je obsah bílkovin srovnatelný viz Graf 2. Množství methioninu, cysteinu a tryptofanu je mírně vyšší u hovězího masa a slepičích vajec než u cvrčka domácího viz Graf 3. Obsah esenciálních aminokyselin v hmyzu je příznivý, ale velké rozdíly se vyskytují nejen mezi různými druhy hmyzu, ale i různými vzorky toho samého druhu. Dospělec cvrčka domácího obsahuje 55 - 70 % bílkovin v sušině a v čerstvém stavu 19 - 20 %. Nymfy obsahují 67 - 70 % bílkovin v sušině a v čerstvém stavu 15 %. Kulinářské úpravy, u hmyzu jde nejčastěji o smažení a vaření, mohou ovlivňovat stravitelnost bílkovin a snížit její stravitelnost až o 25 % (Rumpold & Schlüter 2013). Kulma et al. (2019) stanovili, že samci mají v sušině vyšší obsah bílkovin (66,3 - 69,6 g / 100 g), než samice (61,2 - 64,9 g / 100 g).

Graf 2: Obsah bílkovin ve vybraných třídách a druzích hmyzu ve srovnání s hovězím a vepřovým masem (Raheem et al. 2019).



Graf 3: Esenciální aminokyseliny čtyř druhů hmyzu ve srovnání s doporučeným denním příjmem pro člověka podle IoM a WHO (Raheem et al. 2019).



### 3.4.2 Tuk

Tuk je spolu se sacharidy a bílkovinami jedním ze tří hlavních makronutrientů. V organismu slouží jako zdroj a rezerva energie a jsou také součástí membrán buněk. Molekuly tuku jsou složeny z glycerolu a tří mastných kyselin, které dohromady tvoří triacylglyceroly. Mastné kyseliny se dělí na nasycené a nenasycené podle počtu dvojných vazeb v řetězci, nebo na esenciální a neesenciální podle toho, jestli si je organismus umí vytvořit. Nasycené mastné kyseliny (SFA) neobsahují násobné vazby a mají obecně vyšší teplotu tání. Často se vyskytují v živočišných produktech a tropických olejích jako je například kokosový nebo palmový (van Huis 2013). Podle počtu uhlíků jsou rozlišovány kyseliny máselná (C4), kapronová (C6), kaprylová (C8), laurová (C12), myristová (C14), palmitová (C16), stearová (C18), arachová (C20), behenová (C22), lignocerová (C24) a cerotová (C26). Nenasycené mastné kyseliny jsou obvykle v rostlinných olejích a mořských plodech a považují se za zdravější pro lidské zdraví než nasycené. Dělí na mononenasycené (MUFA), které mají jednu dvojnou vazbu v řetězci a polynenasycené (PUFA) mají dva a více dvojných vazeb. Podle počtu uhlíků a dvojných vazeb se dělí na palmitolejová (C16:1), olejová (C18:1), elaidová (C18:1), nervonová (C24:1), linolová (C18:2), linolenová (C18:3) a arachidonová (C20:4). Esenciální mastné kyseliny jsou ty, které lidské tělo nedokáže vytvořit a řadí se k nim kyselina arachidonová, linolenová a linolová (van Huis 2013; Voet et al. 2012).

Obsah tuku se výrazně liší u různých druhů hmyzu a je také ovlivněn krmivem. Tuky se nacházejí v těle hmyzu v okolí střeva a slouží jako důležitý rezervoár energie (Schlüter et al. 2017). Hlavní zastoupení u obou pohlaví cvrčka domácího mají mastné kyseliny palmitová, stearová, olejová a linoleová. V sušině byl u samic zaznamenán vyšší obsah tuku (18,3 - 21,7 g / 100 g) než u samců (12,9 - 16,1 g / 100 g) (Kulma et al. 2019).

### 3.4.3 Sacharidy

Sacharidy jsou organické sloučeniny nacházející se u rostlin i živočichů. V živočišném těle tvoří pouze 1% celkové hmotnosti. Jejich hlavní úloha je metabolická, strukturní (u rostlin) a jsou zdrojem okamžité energie. Sacharidy se dělí podle počtu monosacharidových jednotek na monosacharidy, disacharidy, tetrasacharidy až polysacharidy podle počtu sacharidových jednotek v řetězci (Berg et al. 2015).

U hmyzu jsou sacharidy v nejmenším množství z ostatních makronutrientů. Důležité polysacharidy nacházející se v těle hmyzu jsou chitin a glykogen. Glykogen je uchováván ve svalech a v tukových buňkách jako zásobní polysacharid. Chitin je globálně abundantní biopolymer tvořený molekulami N-acetyl-D-glukosaminu spojené beta glykosidickou vazbou a je hlavním komponentem hmyzího exoskeletu. Obsah chitinu, stejně jako ostatních živin, je ovlivněn věkem a krmivem které dostávají cvrčci v průběhu jejich vývoje (Schlüter et al. 2017). Finke (2007) uvádí, že chitin se nenachází v přírodě v čisté formě, ale v komplexu s jinými sloučeninami (například kutikula hmyzu je tvořena chitinem, s kutikulárními proteiny, lipidy a jinými sloučeninami). Nymfy obsahují 81,5 mg / kg chitinu a dospělí cvrčci obsahují 67,6 mg / kg. také uvádí, že hmyz s tvrdší kutikulou nemusí zákonitě obsahovat více chitinu nežli ti, kteří mají měkčí exoskelet, ale spíše obsahují větší množství aminokyselin. Kulma et al. (2019) uvádějí, že množství chitinu v sušině u samců je značně větší (6,0 - 6,2 mg / 100 g), než u samic (5,4 - 5,5 mg / 100 g).

### 3.4.4 Minerální látky

Minerální látky hrají důležitou roli v biologických procesech a jsou v organismu zastoupeny v malém množství (Berg et al. 2015). Hlavními minerálními látkami potřebné pro člověka jsou vápník, zinek, mangan, železo, sodík, draslík, hořčík a fosfor (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

Hmyz obsahuje vyšší množství vápníku, železa a zinku než v mase hospodářských zvířat. V sušině cvrčka domácího se nachází vápník v množství 132,2 - 210,0 mg / 100 g, draslík 1126,6 mg / 100 g, hořčík 80,0 - 1094,4 mg / 100 g, fosfor 708,0 - 957,8 mg / 100 g, sodík 435,1 mg / 100 g a železo 3,6 - 11,2 mg / 100 g (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

### 3.4.5 Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické látky potřebné v malém množství, které slouží jako biokatalyzátory biochemických reakcí, podílejí se na metabolických procesech organismu a pomáhají posilovat imunitní systém. Dělí se na vitamíny rozpustné v tucích (hydrofobní) ke kterým se řadí vitamín A, D, E, K a rozpustné ve vodě (hydrofilní), kam se řadí vitamíny skupiny B a C (Berg et al. 2015). V případě hmyzu, obsah vitamínů u volně žijícího hmyzu se může během sezony měnit (van Huis 2013).

V sušině cvrčka domácího se nachází vitamín C (kyselina askorbová) 9,5 mg / 100 g, vitamín B9 (kyselina listová) 0,5 mg / 100 g, vitamín B1 (tiamin) 0,1 mg / 100 g, vitamín B2



(riboflavin) 11,1 mg / 100 g a vitamín B3 (niacin) 12,6 mg / 100 g (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020). Van Huis (2013) uvádí, že cvrček domácí obsahuje i vitamín B12 u nymf v množství 8,7 µg / 100 g a u dospělců 5,4 µg / 100 g. Na druhou stranu je třeba zdůraznit, že dle nejnovějších výzkumů je podstatná část vitamínu B12 tvořena tzv. pseudovitaminem a pro lidský organismus je tak nevyužitelná (Schmidt et al. 2019).

## 4 Metodika

### 4.1 Chov cvrčka domácího

#### 4.1.1 Chovná nádrž a mikroklima

Chovné nádrže byly uloženy v regálovém chovu v insektáriu na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů s konstantní teplotou vzduchu  $27 \pm 1$  °C s vlhkostí vzduchu RH = 30 - 40 % a fotoperiodou 12 : 12. Hmyz byl umístěn do plastových transparentních boxů s hladkou stěnou o objemu 45 l a velikosti 56 × 39 × 28 cm. Boxy byly opatřeny plastovým víkem s otvory, které byly vyplněné pletivem s jemnými oky zajišťující ventilaci a zároveň zabraňující úniku hmyzu. Na dno nádrže byly ve svislé poloze vloženy kartonové proložky od slepičích vajec. Proložky slouží jako úkryt pro cvrčky a umožňuje propadnutí trusu na dno, navíc zvětšují prostor v chovné nádobě. Světlo bylo zajištěno pomocí bodové zářivky s časovačem. Pro nymfy byly 2 - 3 proložky uloženy horizontálně v chovné nádobě viz Obrázek 2.



Obrázek 2: Vnitřek chovné nádrže pro nymfy vysypán substrátem a opatřena aqua gelem v petriho misce.

#### 4.1.2 Krmení

Pro pokus byly použity čtyři druhy krmných směsí označené BK, B18, B24, B27. BK je směs pro kontrolní skupinu cvrčků, B18 směs s 18 % obsahem bílkovin viz Tabulka 4. B24 s 24 % obsahem bílkovin, B27 s 27 % obsahem proteinů viz Tabulka 5.

Tabulka 4: (1) Složení krmné směsi BK; (2) Složení krmné směsi B18.

Krmná směs BK			
Suroviny	%	Min	Max
Pšenice Van. 2018 13,3	65,910	0,000	100,000
SEŠ 47,5 ČZU aktuální	26,000	0,000	100,000
Olej řepkový	4,100	0,000	100,000
L-lysin.HCL 98	0,130	0,000	100,000
DL-methionin 99	0,080	0,000	100,000
Vápenec	1,400	0,000	100,000
Sůl	0,270	0,000	100,000
MCP	1,040	0,000	100,000
Uhlíčitan sodný	0,070	0,000	100,000
BR výkrm	1,000	1,000	1,000
<b>Celkem</b>	<b>100,000</b>		

Obsah živin v 1 kg				
Složky	Jednotky	Výpočet	Min	Max
MEd	MJ	12,703	12,70	
NL	g	213,898	200,52	219,62
Lysin	g	12,469	12,41	
Methionin	g	4,993	4,96	
Met+Cys	g	10,232	8,97	
Threonin	g	11,499	8,30	
Tryptofan	g	2,605	2,00	
Arginin	g	12,153	13,36	
K. linolová	g	11,994	11,45	
Vápník	g	8,849	8,59	
P nefyt.	g	4,373	4,29	
Sodík	g	1,533	1,52	1,91
Chlor	g	2,063	1,43	2,10

Krmná směs B18			
Suroviny	%	Min	Max
Pšenice Van. 2018 13,3	78,510	0,000	100,000
SEŠ 47,5 ČZU aktuální	15,000	0,000	100,000
Olej řepkový	2,200	0,000	100,000
L-lysin.HCL 98	0,400	0,000	100,000
DL-methionin 99	0,110	0,000	100,000
Vápenec	1,400	0,000	100,000
Sůl	0,270	0,000	100,000
MCP	1,040	0,000	100,000
Uhlíčitan sodný	0,070	0,000	100,000
BR výkrm	1,000	1,000	1,000
<b>Celkem</b>	<b>100,000</b>		

Obsah živin v 1 kg				
Složky	Jednotky	Výpočet	Min	Max
MEd	MJ	12,703	12,70	
NL	g	180,694	200,52	219,62
Lysin	g	11,985	12,41	
Methionin	g	4,772	4,96	
Met+Cys	g	9,292	8,97	
Threonin	g	8,96	8,30	
Tryptofan	g	2,113	2,00	
Arginin	g	9,363	13,36	
K. linolová	g	10,126	11,45	
Vápník	g	8,699	8,59	
P nefyt.	g	4,393	4,29	
Sodík	g	1,492	1,52	1,91
Chlor	g	2,073	1,43	2,10

Tabulka 5: (1) Složení krmné směsi B24; (2) Složení krmné směsi B27.

Krmná směs B24			
Suroviny	%	Min	Max
Pšenice Van. 2018 13,3	56,070	0,000	100,000
SEŠ 47,5 ČZU aktuální	34,500	0,000	100,000
Olej řepkový	5,600	0,000	100,000
DL-methionin 99	0,050	0,000	100,000
Vápenec	1,400	0,000	100,000
Sůl	0,270	0,000	100,000
MCP	1,040	0,000	100,000
Uhlíčitan sodný	0,070	0,000	100,000
BR výkrm	1,000	1,000	1,000
<b>Celkem</b>	<b>100,000</b>		

Obsah živin v 1 kg				
Složky	Jednotky	Výpočet	Min	Max
MEd	MJ	12,715	12,70	
NL	g	240,134	200,52	219,62
Lysin	g	13,462	12,41	
Methionin	g	5,088	4,96	
Met+Cys	g	10,892	8,97	
Threonin	g	13,461	8,30	
Tryptofan	g	2,988	2,00	
Arginin	g	14,304	13,36	
K. linolová	g	13,479	11,45	
Vápník	g	8,962	8,59	
P nefyt.	g	4,36	4,29	
Sodík	g	1,565	1,52	1,91
Chlor	g	2,057	1,43	2,10

Krmná směs B27			
Suroviny	%	Min	Max
Pšenice Van. 2018 13,3	45,320	0,000	100,000
SEŠ 47,5 ČZU aktuální	43,800	0,000	100,000
Olej řepkový	7,100	0,000	100,000
Vápenec	1,400	0,000	100,000
Sůl	0,270	0,000	100,000
MCP	1,040	0,000	100,000
Uhlíčitan sodný	0,070	0,000	100,000
BR výkrm	1,000	1,000	1,000
<b>Celkem</b>	<b>100,000</b>		

Obsah živin v 1 kg				
Složky	Jednotky	Výpočet	Min	Max
MEd	MJ	12,709	12,70	
NL	g	270,153	200,52	219,62
Lysin	g	15,658	12,41	
Methionin	g	5,026	4,96	
Met+Cys	g	11,437	8,97	
Threonin	g	15,601	8,30	
Tryptofan	g	3,401	2,00	
Arginin	g	16,656	13,36	
K. linolová	g	14,924	11,45	
Vápník	g	9,088	8,59	
P nefyt.	g	4,340	4,29	
Sodík	g	1,603	1,52	1,91
Chlor	g	2,050	1,43	2,10

Krmná směs byla vysypána na dno pod vaječné proložky a cvrčci tak měli potravu k dispozici *ad libitum*. Bylo nutné dávat pozor na vlhkost uvnitř chovné nádrže, aby krmivo nezačalo plesnivět. Voda byla zajištěna ze dvou zdrojů: (1) v podobě plátků jablek, které byly měněny každý den. Na jednu bednu dospělých cvrčků bylo krmeno 5 - 6 plátky jablek o tloušťce 0,5 cm. Pro čerstvě vylíhlé a menší nymfy byla krmena 2 plátky jablek o stejné tloušťce nakrájené na čtvrtky. Jablka byla rozprostřena na vaječných proložkách nebo do petriho misek. Jablka se nesměla dávat na substrát, protože by mohl začít vlivem vlhkosti plesnivět. (2) Za pomoci aqua gelu, který byl podáván a doplňován v petriho miskách. Aqua Crystal gel (ACHETA Farm, Mšené Lázně) je suchý granulát k výrobě gelu pro hmyz obohacený o Na, K, Mg, Ca, F a S. Granulát byl smíchán spolu s dostatečným množstvím vody, dokud gel vodu nasával, přebytek vody byl pak odstraněn (z 4 g granulátu lze připravit až 1 litr gelu). V chovných nádržích s čerstvě vylíhlými nymfami je vhodné do petriho misky s gelem vložit kus proložky, aby byly schopné vylézt.

#### 4.1.3 Chov cvrčků

První generace (generace 0) byla zakoupena z chovů firmy SCORPION EXPORT - IMPORT s.r.o., Novosedly nad Něžárkou a vložena do dvou připravených chovných nádrží s víky. V nádrži byly připraveny 3 - 4 vaječné proložky ve svislé poloze a na dně vysypán BK substrát. Voda byla zajištěna příkrmem plátků jablek. V boxu byla připravena kladiště z malých plastových krabiček. Kladiště byla opatřena víčkem zabezpečeným pletivem o rozměrech celé plochy víčka, které chránilo před rozhrabáním substrátu samičkami. Kladiště byla vysypána substrátem pro palmy a byla udržována stále vlhká každý den pomocí rozprašovače. Pokud by kladiště vyschlo, nedošlo by k vylíhnutí vajíček, pokud by naopak bylo příliš mokré, mohla by se začít na substrátu s vajíčky tvořit plíseň.

Pro pokus byly použity nymfy první generace. Na experiment bylo vyhrazeno 12 chovných nádrží se substrátem a vaječnými proložkami. Chovné nádrže byly rozděleny a označeny BK 1, 2, 3 a vysypány BK substrátem, B18 1, 2, 3 a vysypány B18 substrátem, B24 1, 2, 3 a vysypány B24 substrátem a B27 1, 2, 3 vysypány B27 substrátem. Do každé nádrže připadly 2 samičkami nakladené kladiště které bylo odebráno samicím generace 0 vždy po 24 - 48 hodinách a vyměněno za nové. Po nalíhnutí prvních nymf bylo na nádrž zapsáno datum počátku líhnutí a čerstvým nymfám byla poskytnuta petriho miska s aqua gelem a plátky jablka.

Cvrčci byli sklizeni po  $60 \pm 1$  dnech od zaznamenaného líhnutí. Před sklizením byli po dobu 24 hodin lačnění. V rámci hladovění byl odebrán substrát a ponechána jen petriho miska s aqua gelem a vaječné proložky. Vyhladovělí cvrčci byli umístěni do malé plastové krabičky. Pro následné analýzy bylo naváženo 150 - 160 g cvrčků, kteří byli usmrceni zamražením při teplotě  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **4.2 Analýza nutričních hodnot**

### **4.2.1 Hmotnost samic a samců *Acheta domesticus***

Ze všech nádob obsahující zmražené cvrčky bylo náhodně vybráno 10 samic a 10 samců. Jejich hmotnost byla změřena na analytických vahách (KERN, Balingen). Zbytek cvrčků byl rozdělen a připraven do menších plastových nádob s víčkem na lyofilizaci a označen podle názvu chovných beden BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3 a B27 1, 2, 3.

### **4.2.2 Lyofilizace**

Před lyofilizací byly vzorky naváženy na analytických vahách a v kyvetách a zmražené na  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nejprve byly vzorky vloženy do mrazícího zařízení. Teplota v mraziči byla po dobu půl hodiny snížena na  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po dosažení požadované teploty byly kyvety se vzorky (11 až 12 kyvet) vloženy do mrazícího přístroje. Do lyofilizátoru ScanSpeed MaxiVac (LaboGene, Denmark) byly vloženy nádoby bez víček při podmínkách  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tlaku 4 mbar, 200 rpm po dobu 72 h. Po odebrání vzorků z přístroje byly vloženy do exsikátoru po dobu 1 h a následně byla změřena jejich hmotnost. Lyofilizované vzorky byly následně homogenizovány.

### **4.2.3 Stanovení sušiny**

V principu se sušina určuje na základě rozdílů hmotnosti vzorku před sušením a po sušení při teplotě  $103 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  podle předepsaných podmínek. Nejprve byly naváženy keramické kelímky na analytické váze, poté do nich bylo naváženo 4 g vzorku (váha se odvíjí od množství celkového vzorku který je k dispozici). Vzorky byly sušeny v sušárně při teplotě  $103,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  minimálně po dobu 4 - 6 h (vhodné je sušit 24 h) do konstantní hmotnosti. Poté byly keramické kelímky se vzorky vloženy do exsikátoru, dokud nebyly zchlazeny (přibližně po dobu 1 h). Nakonec byly zchlazené vzorky naváženy na analytické váze. Úbytek hmotnosti vzorku zapříčinila vypařená voda po vysušení v sušičce.

### **4.2.4 Stanovení popela**

Po stanovení sušiny vzorku byly keramické kelímky vloženy do muflové pece Muffle furnace (Nabertherm, Germany), kde byly vzorky spáleny při teplotě  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  do konstantní hmotnosti a dokud nezbyl světlý, bezuhlíkový popel. Poté byly vzorky zchlazeny v exsikátoru po dobu 1 h a následně byly kelímky s popelem zváženy na analytické váze.

### **4.2.5 Extrakce tuku**

Den před extrakcí byly skleněné kelímky s identifikačními čísly vloženy do sušárny a sušeny po dobu 1 až 2 hodin při  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V den analýzy byly kelímky ze sušárny vloženy do exsikátoru po dobu 30 minut, dokud nezchladly. Po zchlazení byly váženy a jejich váhy zapsány. Patrony použité na extrakci byly naplněny 4 g vzorku a zakryty vatou. Připravené patrony se vzorky byly poté spárovány s příslušnými kelímkami.

Pro extrakci tuku byl použit přístroj Velp SER 148/6 Solvent Extraction Unit (VELP Scientifica, Italy) se 6 polohami viz Obrázek 3. Nejprve byly patrony umístěny a magnetem

přichyceny v extraktoru ve správném pořadí. Kelímky byly následně vloženy do kovového nástavce. Do každého z kelímků bylo nalito 50 ml petroléru (nebo 70 ml pokud se jedná o první extrakci v daném dni). Kovový držák spolu s kelímky naplněné petrolérem byl vložen do extraktoru tak, aby každý z kelímků ležel na topné ploše a poté utěsněny k přístroji.

Extrakce počíná programem P01. Před zahájením extrakce je nutné zkontrolovat, zda jsou všechny kohoutky ve svislé poloze a patrony spuštěné do kelímků s kapalinou. Po zahájení programu se teplota začala navyšovat. Při dosažení teploty 90 °C byl automaticky spuštěn program „Imersion (I)“ který trval 20 minut. V této fázi byl vzorek ponořen spolu s patronou do vařícího petroléru, ve kterém dochází k rozpuštění a rozptýlení vzorku. Po uplynutí 20 minut a před spuštěním dalšího programu byly patrony vyzdviženy z kádinek a kohoutky byly ponechány ve svislé poloze. Druhým programem byl „Washing (W)“ s dobou trvání 45 minut. Po uplynutí doby byly manuálně nastaveny kohoutky do vodorovné polohy a spuštěno program „Air“, kterým bylo zapnuté čerpadlo a zajistilo tak odpaření rozpouštědla. Posledním programem byl „Recover (R)“, který trval 45 minut. Po ukončení poslední fáze extrakce tuku byly uvolněny kelímky s extrahovaným tukem z přístroje a vyndány za pomoci kovového držáku. Patrony byly také ručně odebrány z magnetů.

Kelímky s extrahovaným tukem byly umístěny do sušárny na 103 °C a sušeny minimálně po dobu 2 h, nejlépe přes noc. Vata a zbytky vzorku z papírových patron bylo nutné vyjmout a vysypat a patrony nechat vyschnout pro další použití. Po vysušení byly kelímky vyjmuty ze sušárny a uloženy do exsikátoru, kde byly ponechány po dobu 30 minut. Zchlazené kelímky se vzorky byly poté zváženy.



Obrázek 3: Přístroj Velp SER 148/6 Solvent Extraction Unit se 6 polohami.

#### 4.2.6 Obsah bílkovin

Pro stanovení obsahu bílkovin byl den předem připraven hydroxid sodný. V digestoři bylo rozmícháno 1 kg NaOH a 4,5 l destilované vody. Poté bylo opět přidáno další 2 kg NaOH a po rozmíchání byl hydroxid schlazen při laboratorní teplotě (pokud je potřeba ihned, je možné hrnec zchladit pod studenou tekoucí vodou v umyvadle). Pro použití k analýze musí být studený. Další roztok potřebný pro analýzu byl indikátor, který byl připraven v den analýzy a nesměl být starší 24 h. Nejprve byla nalita destilovaná voda do poloviny odměrné baňky o objemu 2 l. Na filtračním papíru bylo naváženo 20 g kyseliny borité ( $H_3BO_3$ ) a přesypáno do baňky a promícháno pomocí magnetického míchadla, dokud nebyla kyselina rozpuštěna. Odměrným válcem bylo přilito 14 ml methylerčeně a 20 ml bromkresolové zeleně. Baňka byla poté dolita po rysku destilovanou vodou. Indikátor musí mít vínovou barvu.

Před analýzou bylo naváženo 0,2 g hmyzu. Bylo zapnuto spalovací hnízdo a nahřáto na 420 °C (lze začít spalovat při 390 °C). Do držáku byly vloženy tuby a do nich navážka hmyzu. Do každé byla přidána měďnatá tableta a přilito 10 ml 96 % kyseliny sírové. Obsah tub byl lehce promíchán a spolu s držákem vložen pod digestoř. Do každé tuby bylo přidáno 5 ml peroxidu vodíku a tyto byly rychle zakryty do doby, než z nich přestala jít pára. Poté bylo opět do každé tuby přidáno 5 ml peroxidu vodíku, tuby byly zakryty a ponechány 45 minut na spalovacím hnízdě. Po uplynutí doby byly tuby ponechány při laboratorní teplotě, aby se zchladily. Barva obsahu tub by měla být zelená po dokončení spalování a modrá po zchladnutí vzorků. Po zchlazení bylo do každé tuby přidáno 10 ml destilované vody.

Pro analýzu byl použit přístroj Kjeltec™ 2400/2460 Auto Sampler System (Foss Tecator, Denmark) viz Obrázek 4 a připraven hydroxid, destilovaná voda, indikátor, HCl a spálený vzorek v tubě. První byl naměřen tzv. slepý pokus, při kterém se do přístroje vložila prázdná tuba. Po dokončení analýzy slepého pokusu by neměla být barva tekutiny v tubě modrá a hodnota by měla být taková, aby se 3 po sobě jdoucí stanovení výrazně nelišila. Po stanovení slepého pokusu byly analyzovány tuby se spáleným vzorkem a procentuální zastoupení bílkovin ve vzorku zobrazen na přístroji. Pro stanovení hrubého obsahu bílkovin byl výsledný dusík násoben faktorem 6,25.



Obrázek 4: Kjeltec™ 2400/2460 Auto Sampler System

#### 4.2.7 Hydrolýza aminokyselin

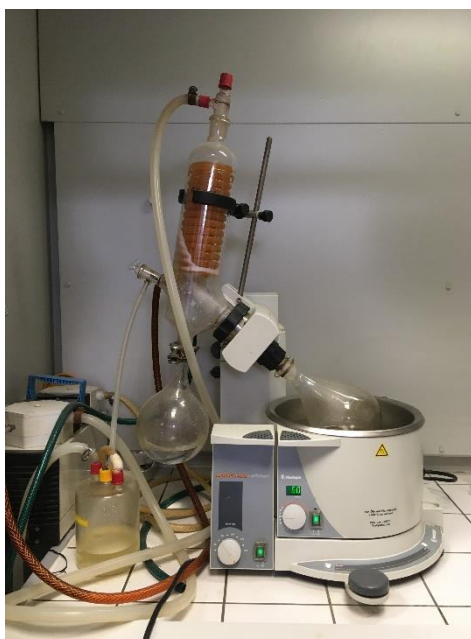
##### Oxidativní hydrolýza pro stanovení sirných aminokyselin

Ke stanovení sirných aminokyselin je zapotřebí oxidační činidlo, které bylo vytvořeno smícháním peroxid vodíku a kyseliny mravenčí v poměru 1 : 9. Roztok bylo zapotřebí nechat po dobu 30 minut odstát při laboratorní teplotě a poté byl vložen do lednice na 1 hodinu, nebo mrazáku při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  na 5 minut. Činidlo může být používáno maximálně po dobu 5 dnů.

Nejprve bylo do Erlenmeierovy baňky o objemu 250 ml naváženo 0,2 g vzorku. Bylo přidáno 10 ml oxidačního činidla a opatrně byl rozmíchán. Baňka byla uzavřena skleněnou zátkou a uložena na 16 hodin do lednice. Po vyndání z lednice bylo přidáno 1 - 3 ml HCl a začaly se vytvářet bublinky (v této fázi docházelo k odstranění nezreagovaného peroxidu vodíku). Pokud obsah nešuměl, bylo přidáno 80 ml kyseliny chlorovodíkové. Poté byl nasazen vzdušný chladič a byl povařen po dobu 23 hodin v olejové lázni umístěné v odtahové digestoři. Teplota lázně byla v základu  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale je upravována tak, aby se obsah pouze mírně vařil. Po odebrání baňky z olejové lázně byla ponechána při laboratorní teplotě, aby se obsah zchladil. Po vychlazení byl obsah přefiltrován na středně hustém kvantitativním filtru a baňka byla vypláchnuta  $3 \times 5$  ml vody. Hydrolyzovaný vzorek byl při teplotě  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  odpařen v odpařovače Laborota 4000 (Heidolph instruments GmbH CO. & KG, Germany) viz Obrázek 5 (buď celý vzorek, nebo alikvot 50 ml ze 100 ml odměrné baňky). Vzorek se odpařoval do sirupové konzistence a poté  $3 \times$  propláchnut 10 ml destilované vody. Opařený vzorek byl pomocí ředícího pufru převeden do odměrné baňky o objemu 25 - 5 ml. Před analýzou byl vzorek přefiltrován na hustém filtru a pipetován do mikrozkušavky Eppendorf o objemu 1 ml. Pro



analýzu aminokyselin byl připraven i standard pomocí 0,1 ml CYS-H / MET-S a 0,9 ml ředícího pufru. Vzorek byl následně analyzován pomocí kapalinového chromatografu Amino Acid Analyzer AAA 400 (INGOS s.r.o., Czech Republic).



Obrázek 5: Laborota 4000 použita pro odpaření vzorku.

### **Kyselá hydrolýza pro stanovení aminokyselin**

Pro kyselou hydrolýzu bylo zapotřebí nejprve připravit 6M HCl, která byla připravena smícháním destilované vody a 35 % HCl v poměru 1 : 1.

Nejprve byl navážen vzorek na analytické váze. Vzorek musí mít takovou hmotnost, aby obsahoval 25 mg dusíku (přibližně 0,4 g vzorku). Do teflonové nádoby byl navážen vzorek a několik kapek ethanolu. K vzorku bylo dále přidáno 50 ml 6M HCl. Pro odstranění přebytečného vzduchu byl vzorek následně ponechán „probublat“ v plynném dusíku. Hydrolýza vzorku při teplotě 110 °C trvala 23 h, nebo při 145 °C 4 h. Vzorek po hydrolýze byl ponechán při laboratorní teplotě, aby se schladil. Po zchlazení byl přefiltrován na filtru se střední rychlostí průtoku. Po přefiltrování byla teflonová nádoba 3 × propláchnuta 5 ml destilované vody. Přefiltrovaný vzorek byl přelit do 1000 ml odparné baňky hruškovitého tvaru a byl odpařován na přístroji Laborta 4000 (Heidolph instruments GmbH CO. & KG, Germany) viz Obrázek 5 při 60 °C do sirupové konzistence. Po prvním odpaření bylo do baňky přidáno 10 ml destilované vody, promícháno se vzorkem a opět odpařováno na vakuové odparce. Tento proces byl opakován 3 × (spolu s prvním odpařením 4 ×). Po posledním odpaření byl vzorek za pomoci ředícího pufru vylit do odměrné baňky a doplněn pufrům po rysku. Poté byla označená baňka se vzorkem skladována v lednici, a to po dobu nejvýše 7 dní. Před vlastní analýzou byl vzorek přefiltrován na hustém filtru a pipetován do mikrozkušavky Eppendorf o objemu 1 ml. Pro vlastní analýzu aminokyselin byl připraven i standard pomocí 0,1 ml hydrolyzátu a 0,9 ml ředícího pufru. Vzorek byl následně analyzován pomocí kapalinového chromatografu Amino Acid Analyzer AAA 400 (INGOS s.r.o., Czech Republic).

#### 4.2.8 Stanovení chitinu

Pro analýzu byl připraven roztok kyseliny chlorovodíkové, a to smícháním 35 % HCl a destilované vody (na 1 l roztoku 914 ml vody a 86 ml HCl). Obdobně byl připraven vodný roztok hydroxidu sodného, a to smícháním NaOH a destilované vody (na 1 l roztoku 1437 ml destilované vody a 60 g NaOH). Na jedno stanovení bylo potřeba 80 ml od každého roztoku.

První den bylo potřeba připravit roztok kyseliny i hydroxidu. Nejprve byl 1 g vzorku navážen do erlenmayerových baněk bez zábrusu. Každý vzorek byl navážen 6 ×, 3 části vzorku sloužily ke stanovení chitinu, zbylé 3 ze stanovení dusíku v chitinu. Do každé připravené baňky se vzorkem bylo nalito 80 ml HCl. Byly přiklopeny skleněnými kloboučky a poté byly hydrolyzovány na topném hnízdě při 100 °C po dobu 30 min od začátku varu. Po hydrolyze následovalo promývání vzorků na přístroji Velp FIWE 6 Raw Fiber Extractor (VELP Scientifica, Italy). Do extraktoru byly připraveny frity. Před samotnou extrakcí byla připravena vroucí destilovaná voda v rychlovarné konvici. Před umístěním frit bylo destilovanou vodou bylo navlhčeno těsnění. Po vložení frit do extraktoru byly frity utěsněny a byla jejich provedena kontrola pomocí destilované vody, která byla poté odpuštěna. Postupně byl obsah baněk se vzorkem přelit do jednotlivých válců extraktoru a baňky, skleněný trychtýř a válec extraktoru byly důkladně vyplachovány horkou destilovanou vodou, dokud nebyl celý vzorek na dně frit. Po promytí všech baněk byly frity vyjmuty z přístroje a skalpelem seškrabány a destilovanou vodou vymyty vzorky do baněk, které byly před tím používány. Při druhé hydrolyze bylo do baněk s propláchnutými vzorky přidáno 80 ml NaOH a baňky byly zaneseny na topné hnízdě. Na každou baňku byl opět vložen skleněný klobouček a při teplotě 80 °C byly vzorky hydrolyzovány po dobu 24 h.

Druhý den byly baňky sundány z plotny a nechaly se chvíli zchladnout, poté byly promývány stejným postupem jako po první hydrolyze v extraktoru pomocí horké destilované vody. Po promytí všech vzorků byla polovina vzorků (3 frity) určena pro stanovení sušiny a popelovin druhá polovina (3 frity) pro stanovení dusíku.

Vzorky určené pro stanovení sušiny byly do následujícího dne vysušeny ve fritách při 103,5 °C (třetí den analýzy chitinu). Následně byly vychlazeny v exsikátoru a naváženy na analytických vahách a poté byly spáleny do dalšího dne (čtvrtý den analýzy chitinu). Následně byl proveden výpočet % chitinu ve vzorku viz Obrázek 6.

$$\% \text{ chitinu} = \frac{(\text{hmotnost vysušené frity} - \text{hmotnost spálené frity})}{\text{navážka}} \cdot 100$$

Obrázek 6: Vzorec pro výpočet % chitinu ve vzorku.

Vzorky určené pro stanovení dusíků byly z frit vyjmuty do mineralizačních tub pomocí destilované vody a byly ihned spáleny (pokud není možné následné spálení bylo nutné je zalít 10 ml kyseliny sírové a takto je ponechat do spálení). Poté byl postup stejný viz podkapitola 4.2.6. Obsah bílkovin. Frity byly vyčištěny spálením v peci na popeloviny. Dusík v chitinu byl

stanoven pro přesnější stanovení % proteinu ve vzorku a vyloučení % proteinu v chitinu který je nevyužitelný z hlediska stravitelnosti.

#### **4.2.9 Statistická analýza**

Pro zpracování naměřených dat ze zmíněných analýz byl použit počítačový software Statistical12.

## 5 Výsledky

Výsledky byly vyhodnoceny pomocí jednofaktorového ANOVA testu. Hladina významnosti byla stanovena na 0,05. Výsledky analýz u vzorků BK 1 a B18 1 mohly být ovlivněny jejich nevhodným uchováním v lyofilizátoru před vysušením.

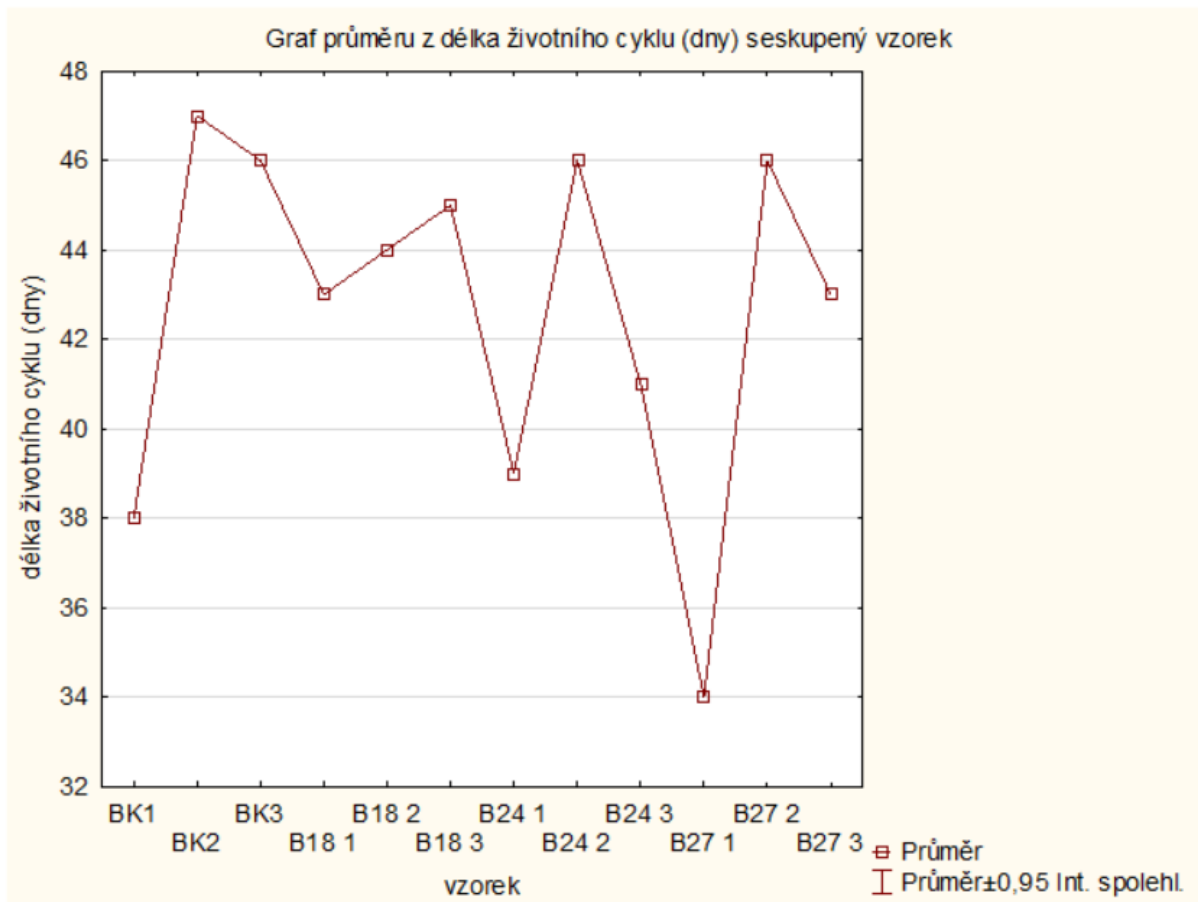
### 5.1 Životní cyklus

V Tabulce 6 a Grafu 4 jsou zaznamenána data ze značených chovných nádrží všech vylíhlých nymf, prvních spatřených dospělců, součet dnů mezi zaznamenanými daty líhnutí a sklizně cvrčků. Vývoj nymf v dospělce trval v rozsahu 34 - 47 dní v závislosti na první vylíhlé nymfě a prvním spatřeném dospělci v kolonii.

Tabulka 6: Přehled chovných nádrží s daty líhnutí, prvních spatřených dospělců, součtu doby mezi líhnutím a dospělci a dat sklizně.

Ch. nádrž	Líhnutí	Dospělci	Sklizeň	Životní cyklus (dny)
BK-1	12.11.2019	20.12.2019	12.01.2020	38
BK-2	16.11.2019	02.01.2020	15.01.2020	47
BK-3	21.11.2019	06.01.2020	20.01.2020	46
B18-1	10.11.2019	22.12.2019	10.01.2020	43
B18-2	15.11.2019	29.12.2019	14.01.2020	44
B18-3	19.11.2019	02.01.2020	18.01.2020	45
B24-1	11.11.2019	20.12.2019	09.01.2020	39
B24-2	17.11.2019	02.01.2020	16.01.2020	46
B24-3	19.11.2019	30.12.2019	18.01.2020	41
B27-1	15.11.2019	19.12.2019	14.01.2020	34
B27-2	17.11.2019	02.01.2020	16.01.2020	46
B27-3	26.11.2019	08.01.2020	25.01.2020	43

Graf 4: Přehled délky životního cyklu od líhnutí po prvního spatřeného dospělého u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 5.2 Hmotnost cvrčků

V Tabulce 7 jsou zaznamenány průměrné hmotnosti a směrodatné odchylky 20 náhodně vybraných a nepoškozených cvrčků v zastoupení 10 samců a 10 samic před lyofilizací. Cvrčci byli váženi ihned po vyjmutí z mrazícího přístroje. V Tabulce 8 a Grafu 5 jsou následně statisticky vyhodnoceny jejich hmotnosti. Hmotnost cvrčků před lyofilizací se nacházela v rozmezí od 318,0 mg do 416,3 mg. Statisticky významné rozdíly u hmotnosti cvrčků nebyly potvrzeny a z toho vyplývá, že změna bílkovin v krmivu neměla dopad na změnu hmotnosti cvrčků.

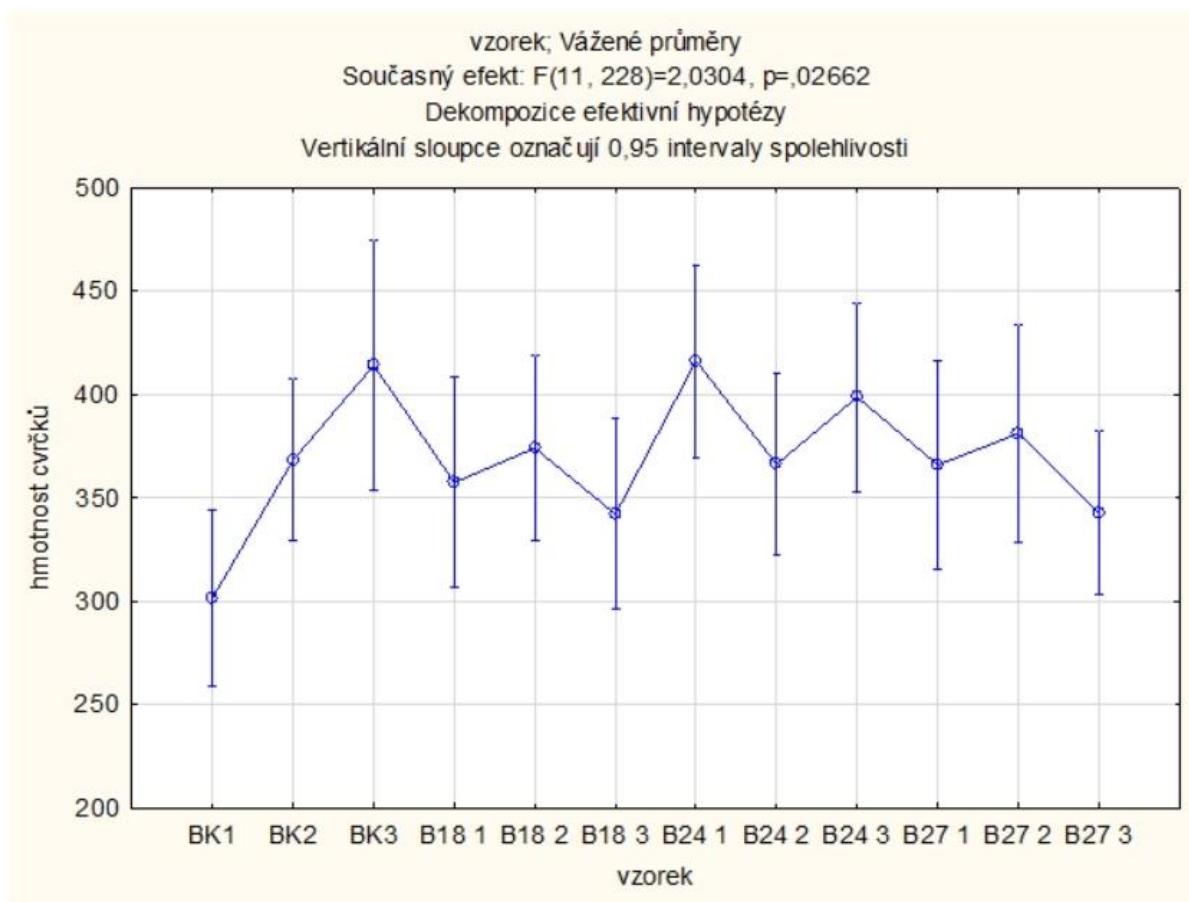
Tabulka 7: Průměrná hmotnost 20 náhodně vybraných cvrčků (10 samic a 10 samců) z chovné nádrže před lyofilizací (mg).

chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
hmotnost cvrčků (mg)	318,0±0,09	368,4±0,08	414,2±0,13	357,5±0,11	374,2±0,1	342,2±0,1
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
hmotnost cvrčků (mg)	416,3±0,1	366,4±0,09	398,8±0,1	366,1±0,11	381,2±0,11	343,0±0,09

Tabulka 8: Výsledek hmotnosti cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

		Scheffeho test; proměnná hmotnost cvrčků											
		Pravděpodobnosti pro post-hoc testy											
		Chyba: meziskup. PC = .01020, sv = 228,00											
Č. buňky	vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
		.30183	.36839	.41417	.35753	.37424	.34220	.41630	.36639	.39880	.36605	.38121	.34304
1	BK1		0,957272	0,342854	0,989625	0,922058	0,999442	0,310726	0,966029	0,602385	0,967351	0,858829	0,999321
2	BK2	0,957272		0,998171	1,000000	1,000000	0,999993	0,997227	1,000000	0,999967	1,000000	1,000000	0,999995
3	BK3	0,342854	0,998171		0,988059	0,999498	0,925238	1,000000	0,997295	1,000000	0,997118	0,999924	0,931034
4	B18 1	0,989625	1,000000	0,988059		1,000000	1,000000	0,983806	1,000000	0,999312	1,000000	0,999998	1,000000
5	B18 2	0,922058	1,000000	0,999498	1,000000		0,999943	0,999174	1,000000	0,999996	1,000000	1,000000	0,999957
6	B18 3	0,999442	0,999993	0,925238	1,000000	0,999943		0,908938	0,999997	0,988138	0,999997	0,999600	1,000000
7	B24 1	0,310726	0,997227	1,000000	0,983806	0,999174	0,908938		0,995994	1,000000	0,995749	0,999858	0,915591
8	B24 2	0,966029	1,000000	0,997295	1,000000	1,000000	0,999997	0,995994		0,999936	1,000000	1,000000	0,999998
9	B24 3	0,602385	0,999967	1,000000	0,999312	0,999996	0,988138	1,000000	0,999936		0,999929	1,000000	0,989529
10	B27 1	0,967351	1,000000	0,997118	1,000000	1,000000	0,999997	0,995749	1,000000	0,999929		1,000000	0,999998
11	B27 2	0,858829	1,000000	0,999924	0,999998	1,000000	0,999600	0,999858	1,000000	1,000000	1,000000		0,999676
12	B27 3	0,999321	0,999995	0,931034	1,000000	0,999957	1,000000	0,915591	0,999998	0,989529	0,999998	0,999676	

Graf 5: Hmotnost cvrčka domácího (mg) u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



### 5.3 Sušina

V Tabulce 9 a 10 je zaznamenán obsah sušiny a analýza spolu s Grafem 6 o obsahu sušiny cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3 a B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3 a B27 1, 2, 3. Obsah sušiny varíroval v rozmezí od 29,8 % do 32,6 %. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi většinou naměřených údajů včetně cvrčků krměných stejnou krmnou směsí. Ze statistického hodnocení nevyplývá průkazný trend, který by potvrdil, že změna bílkovin v krmivu způsobila změnu sušiny ve sklizené biomase.

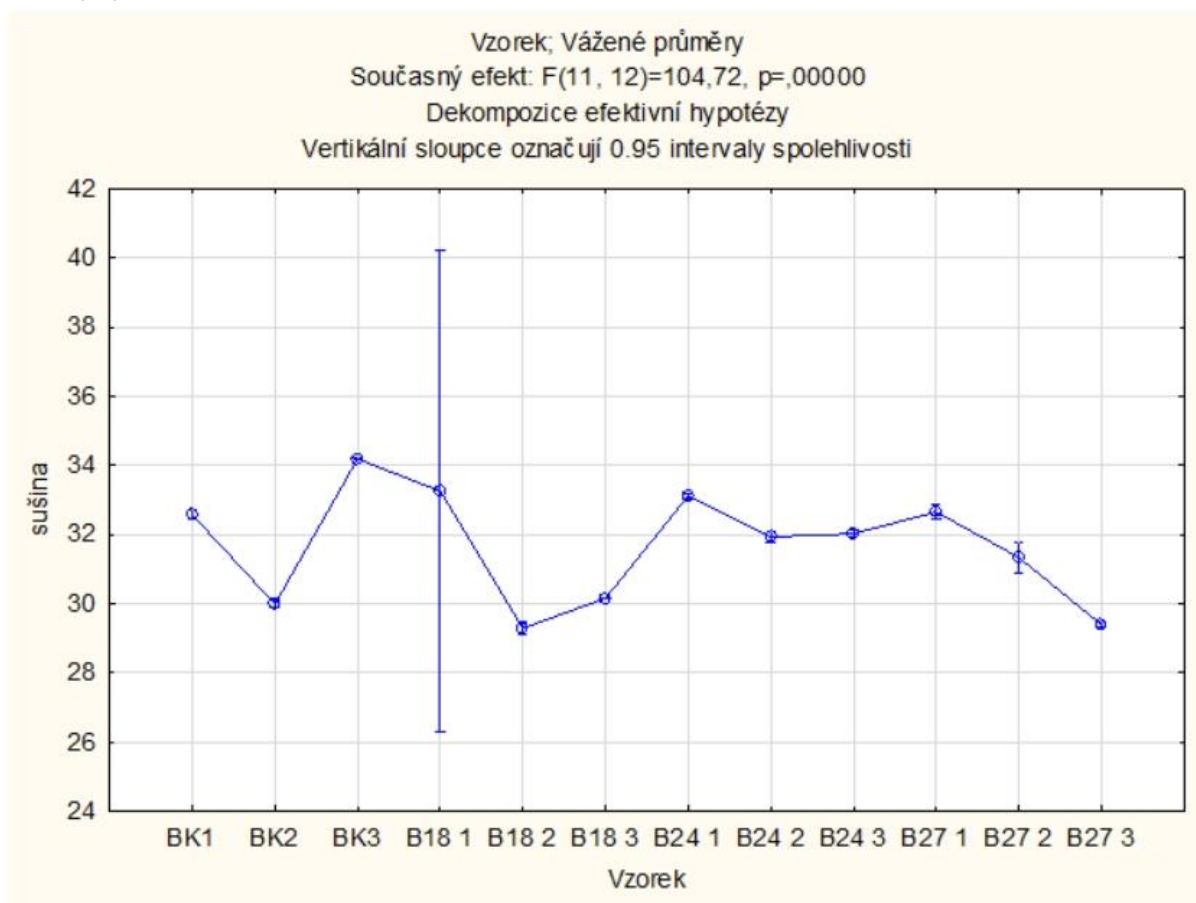
Tabulka 9: Průměrná hmotnost sušiny (g/100g) cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3 a B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3 a B27 1, 2, 3

chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
sušina (g/100g)	32,6±0,02	30,0±0,01	30,0±0,00	30,3±0,70	29,9±0,02	29,9±0,00
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
sušina (g/100g)	29,9±0,01	30,0±0,02	29,9±0,01	29,8±0,02	29,9±0,05	30,0±0,01

Tabulka 10: Výsledek sušiny cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

Č. buňky	Vzorek	Scheffeho test: proměnná sušina Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PC = .05042, sv = 12,000											
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	BK1	32,569	29,982	34,184	33,254	29,286	30,151	33,109	31,929	32,021	32,650	31,333	29,383
2	BK2	0,000074	0,000074	0,006422	0,606115	0,000006	0,000147	0,852038	0,687990	0,839953	1,000000	0,047682	0,000008
3	BK3	0,006422	0,000000	0,000000	0,228269	0,000000	0,000001	0,111450	0,000297	0,000448	0,009786	0,000026	0,000000
4	B18 1	0,606115	0,000006	0,228269	0,000000	0,000001	0,000011	0,999998	0,029701	0,048565	0,752197	0,001385	0,000001
5	B18 2	0,000006	0,584863	0,000000	0,000001	0,306529	0,000001	0,000059	0,000041	0,000004	0,000004	0,000764	1,000000
6	B18 3	0,000147	0,999989	0,000001	0,000011	0,000001	0,000018	0,000018	0,002799	0,001777	0,000105	0,063824	0,456504
7	B24 1	0,852038	0,000010	0,111450	0,999998	0,000001	0,000018	0,064392	0,104219	0,940260	0,002823	0,000001	0,000001
8	B24 2	0,687990	0,001225	0,000297	0,029701	0,000059	0,002799	0,064392	1,000000	0,539097	0,765275	0,000087	0,000000
9	B24 3	0,839953	0,000793	0,000448	0,048565	0,000041	0,001777	0,104219	1,000000	0,708108	0,599735	0,000060	0,000000
10	B27 1	1,000000	0,000053	0,009786	0,752197	0,000004	0,000105	0,940260	0,539097	0,708108	0,030956	0,000006	0,000000
11	B27 2	0,047682	0,025903	0,000026	0,001385	0,000764	0,063824	0,002823	0,765275	0,599735	0,030956	0,001210	0,000000
12	B27 3	0,000008	0,761074	0,000000	0,000001	1,000000	0,456504	0,000001	0,000087	0,000060	0,000006	0,001210	0,000000

Graf 6: Obsah sušiny cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 5.4 Popeloviny

V Tabulce 11, 12 a Grafu 7 je zaznamenán obsah popelovin v sušině cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3. Popeloviny v sušině varírovaly v rozmezí od 5,6 % do 7,9 %. Statisticky významné rozdíly mezi naměřenými údaji nebyly potvrzeny. Ze statistického hodnocení vyplývá, že změna bílkovin v krmivu nezpůsobila změny v obsahu popelovin ve sklizené biomase.

Tabulka 11: Průměrná hmotnost popelovin v sušině (g/100g) cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

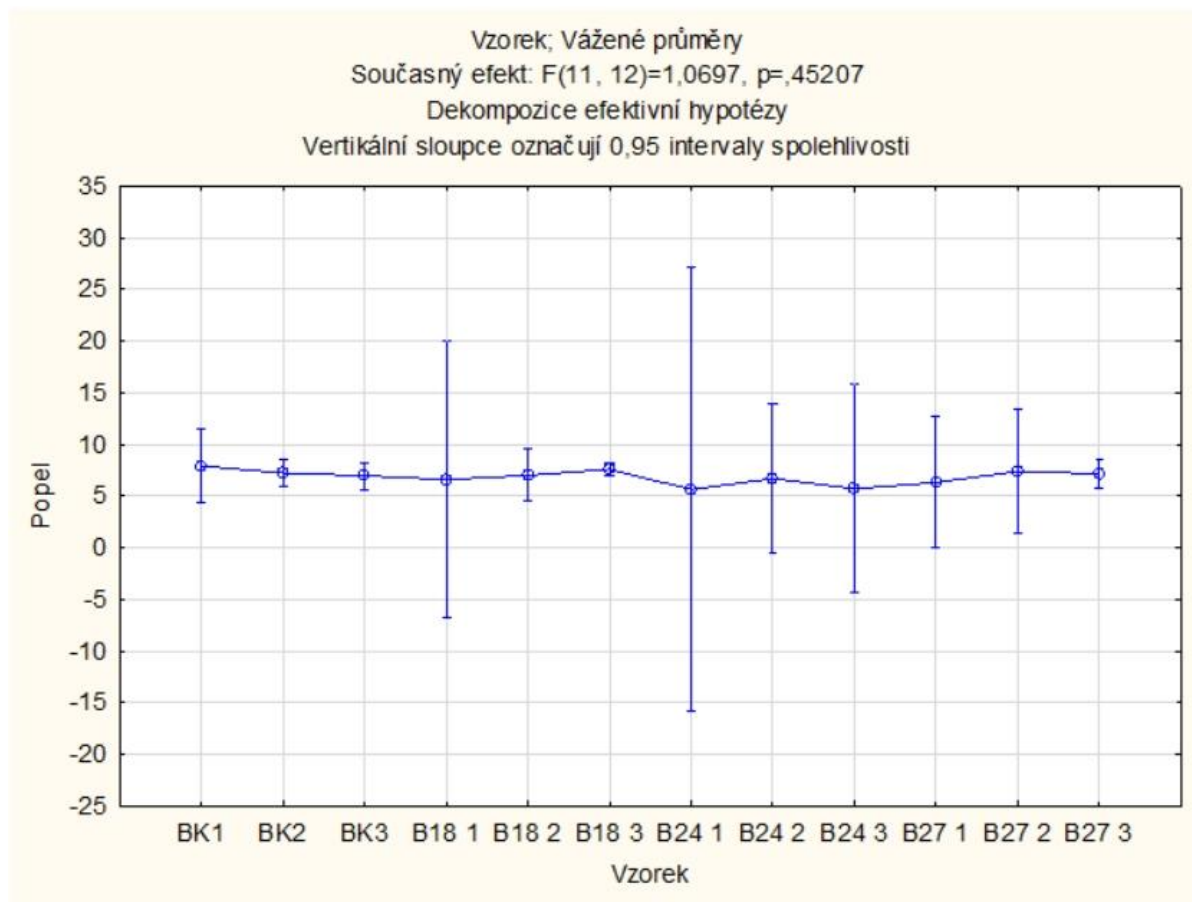
chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
popeloviny (g/100g)	7,9±0,40	7,2±0,15	7,0±0,14	6,6±1,49	7,0±0,28	7,6±0,07
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
popeloviny (g/100g)	5,6±2,38	6,7±0,81	5,7±1,12	6,3±0,71	7,4±0,66	7,2±0,16

Tabulka 12: Výsledek analýzy popelovin v sušině cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

Č. buňky	Vzorek	Scheffeho test; proměnná Popel Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PC = .92296, sv = 12,000											
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	BK1	7,9083	0,999995	0,999853	0,997071	0,999900	1,000000	0,862865	0,998347	0,883164	0,986267	1,000000	0,999986
2	BK2	0,999995	7,2416	1,000000	0,999997	1,000000	1,000000	0,984646	0,999999	0,988943	0,999882	1,000000	1,000000
3	BK3	0,999853	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,999997	0,996443	1,000000	0,997723	0,999996	1,000000	1,000000
4	B18 1	0,997071	0,999997	1,000000	1,000000	1,000000	0,999728	0,999800	1,000000	0,999901	1,000000	0,999975	0,999999
5	B18 2	0,999900	1,000000	1,000000	1,000000	0,999998	0,995529	1,000000	0,997083	0,999994	1,000000	1,000000	1,000000
6	B18 3	1,000000	1,000000	0,999997	0,999728	0,999998	0,938918	0,999882	0,951070	0,997523	1,000000	1,000000	1,000000
7	B24 1	0,862865	0,984646	0,996443	0,999800	0,995529	0,938918	0,999564	1,000000	0,999993	0,971638	0,989238	0,989238
8	B24 2	0,998347	0,999999	1,000000	1,000000	1,000000	0,999882	0,999564	0,999768	1,000000	0,999992	1,000000	1,000000
9	B24 3	0,883164	0,988943	0,997723	0,999901	0,997083	0,951070	1,000000	0,999768	0,999998	0,978578	0,992464	0,992464
10	B27 1	0,986267	0,999882	0,999996	1,000000	0,999994	0,997523	0,999993	1,000000	0,999998	0,999531	0,999948	0,999948
11	B27 2	1,000000	1,000000	1,000000	0,999975	1,000000	1,000000	0,971638	0,999992	0,978578	0,999531	1,000000	1,000000
12	B27 3	0,999986	1,000000	1,000000	0,999999	1,000000	1,000000	0,989238	1,000000	0,992464	0,999948	1,000000	1,000000



Graf 7: Obsah popelovin v sušině cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 5.5 Tuk

V Tabulce 13, 14 a Grafu 8 je zaznamenán obsah tuku v sušině cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3. Tuk v sušině varíoval v rozmezí od 11,5 % do 21,3 %. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi většinou naměřených údajů včetně cvrčků krměných stejnou krmnou směsí. Ze statistického hodnocení nevyplývá průkazný trend, který by potvrdil, že změna bílkovin v krmivu způsobila snížení tuku ve sklizené biomase.

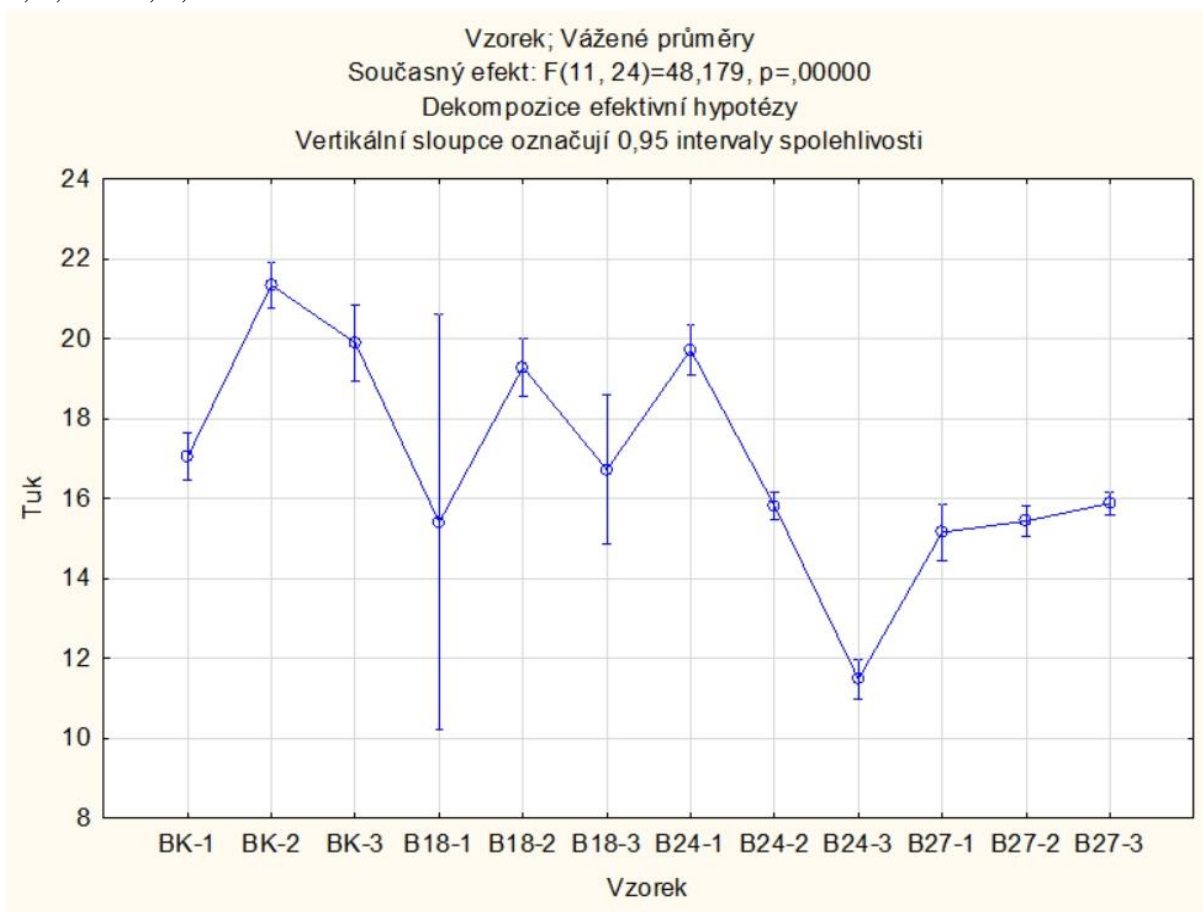
Tabulka 13: Průměrná hmotnost tuku v sušině (g/100g) cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
tuk (g/100g)	17,0±0,24	21,3±0,23	20,0±0,38	15,4±2,10	19,3±0,29	16,7±0,75
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
tuk (g/100g)	19,7±0,26	15,8±0,14	11,5±0,20	15,2±0,29	15,4±0,15	15,9±0,12

Tabulka 14: Výsledek analýzy tuku v sušině cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

Scheffeho test; proměnná Tuk													
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy													
Chyba: meziskup. PC = ,46046, sv = 24,000													
Č. buňky	Vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
		17,041	21,340	19,891	15,405	19,283	16,720	19,720	15,812	11,481	15,157	15,434	15,881
1	BK-1		0,000251	0,035031	0,645373	0,200044	1,000000	0,059366	0,917167	0,000004	0,436299	0,670160	0,942844
2	BK-2	0,000251		0,792916	0,000001	0,308265	0,000083	0,659841	0,000004	0,000000	0,000001	0,000001	0,000005
3	BK-3	0,035031	0,792916		0,000131	0,999741	0,012296	1,000000	0,000536	0,000000	0,000056	0,000145	0,000682
4	B18-1	0,645373	0,000001	0,000131		0,001081	0,876184	0,000236	0,999995	0,000920	1,000000	1,000000	0,999977
5	B18-2	0,200044	0,308265	0,999741	0,001081		0,083844	0,999990	0,004432	0,000000	0,000456	0,001199	0,005615
6	B18-3	1,000000	0,000083	0,012296	0,876184	0,083844		0,021597	0,990680	0,000010	0,705914	0,891492	0,995155
7	B24-1	0,059366	0,659841	1,000000	0,000236	0,999990	0,021597		0,000971	0,000000	0,000101	0,000262	0,001235
8	B24-2	0,917167	0,000004	0,000536	0,999995	0,004432	0,990680	0,000971		0,000224	0,999479	0,999998	1,000000
9	B24-3	0,000004	0,000000	0,000000	0,000920	0,000000	0,000010	0,000000	0,000224		0,002181	0,000830	0,000176
10	B27-1	0,436299	0,000001	0,000056	1,000000	0,000456	0,705914	0,000101	0,999479	0,002181		1,000000	0,998686
11	B27-2	0,670160	0,000001	0,000145	1,000000	0,001199	0,891492	0,000262	0,999998	0,000830	1,000000		0,999988
12	B27-3	0,942844	0,000005	0,000682	0,999977	0,005615	0,995155	0,001235	1,000000	0,000176	0,998686	0,999988	

Graf 8: Obsah tuku v sušině cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 5.6 Bílkoviny

V Tabulce 15, 16 a Grafu 9 je zaznamenán celkový obsah bílkovin v sušině cvrčka domácího u vzorků BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3. Bílkoviny v sušině varírovaly v rozmezí od 67,9 % do 79,8 %. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi většinou naměřených údajů včetně cvrčků krmených stejnou krmnou směsí. Ze statistického hodnocení nevyplývá průkazný trend, který by potvrdil, že změna bílkovin v krmivu způsobila zvýšení bílkovin ve sklizené biomase.

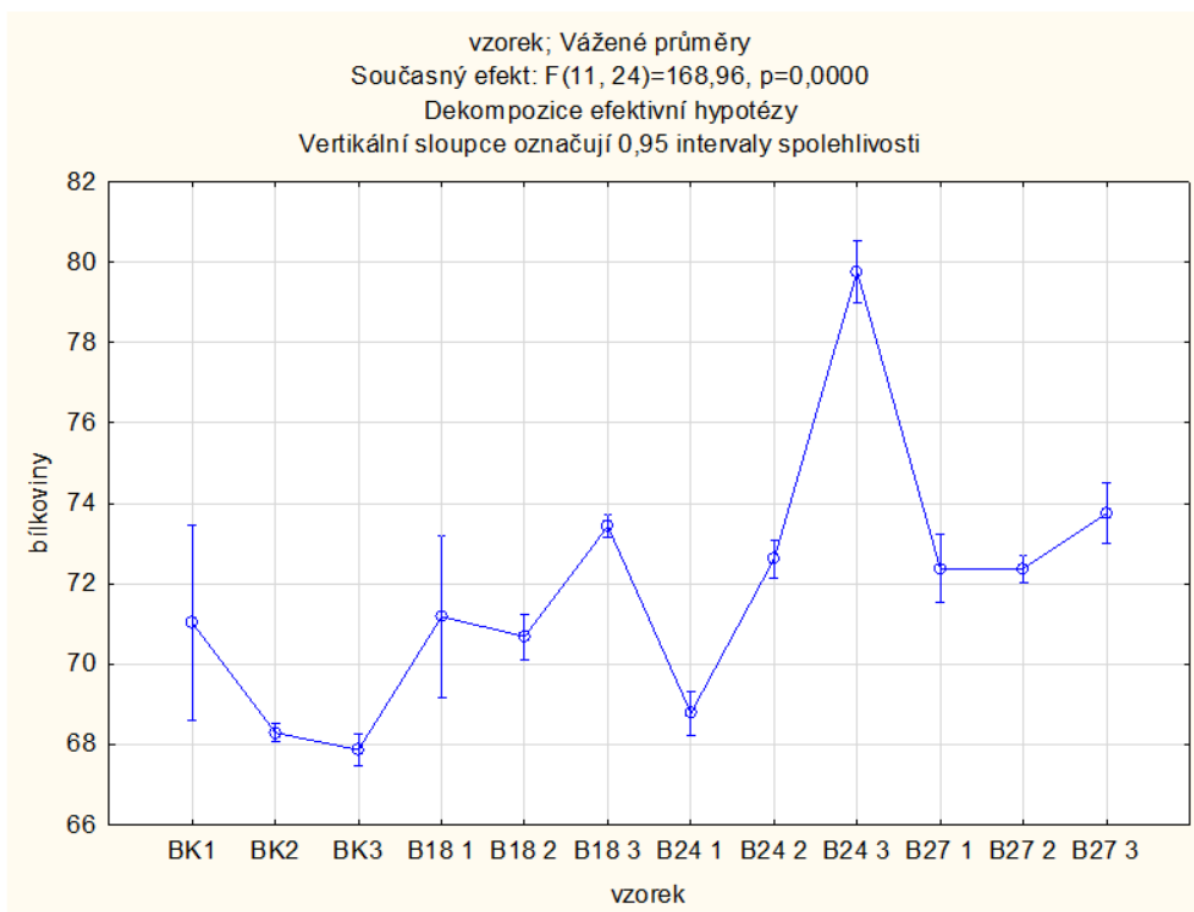
Tabulka 15: Průměrná hmotnost bílkovin v sušině (g/100g) cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
bílkoviny (g/100g)	71,0±0,98	68,3±0,09	67,9±0,16	71,2±0,82	70,7±0,23	73,4±0,11
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
bílkoviny (g/100g)	68,8±0,22	72,6±0,19	79,8±0,31	72,4±0,34	72,4±0,14	73,8±0,31

Tabulka 16: Výsledek analýzy bílkovin v sušině u cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

Scheffeho test; proměnná bílkoviny Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PC = ,17810, sv = 24,000													
Č. buňky	vzorek	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		71,028	68,291	67,865	71,182	70,683	73,432	68,778	72,615	79,762	72,378	72,375	73,754
1	BK1		0,000176	0,000017	1,000000	0,999894	0,001131	0,002673	0,086441	0,000000	0,237463	0,240744	0,000187
2	BK2	0,000176		0,999206	0,000075	0,001211	0,000000	0,997361	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	BK3	0,000017	0,999206		0,000008	0,000113	0,000000	0,779519	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	B18 1	1,000000	0,000075	0,000008		0,996701	0,002677	0,001129	0,170685	0,000000	0,405331	0,409854	0,000442
5	B18 2	0,999894	0,001211	0,000113	0,996701		0,000165	0,017593	0,015210	0,000000	0,051513	0,052433	0,000028
6	B18 3	0,001131	0,000000	0,000000	0,002677	0,000165		0,000000	0,877424	0,000000	0,596295	0,591338	0,999947
7	B24 1	0,002673	0,997361	0,779519	0,001129	0,017593	0,000000		0,000001	0,000000	0,000002	0,000002	0,000000
8	B24 2	0,086441	0,000000	0,000000	0,170685	0,015210	0,877424	0,000001		0,000000	0,999998	0,999997	0,480219
9	B24 3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000	0,000000
10	B27 1	0,237463	0,000000	0,000000	0,405331	0,051513	0,596295	0,000002	0,999998	0,000000		1,000000	0,215443
11	B27 2	0,240744	0,000000	0,000000	0,409854	0,052433	0,591338	0,000002	0,999997	0,000000	1,000000		0,212415
12	B27 3	0,000187	0,000000	0,000000	0,000442	0,000028	0,999947	0,000000	0,480219	0,000000	0,215443	0,212415	

Graf 9: Obsah bílkovin v sušině cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 5.7 Chitin

V Tabulce 17, 18 a Grafu 10 je zaznamenán celkový obsah chitinu v sušině cvrčka domácího u vzorků BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3. Při varu na topném tělese došlo u baněk se vzorky BK 1 a B18 1 k odpaření vzorků, které mohlo ovlivnit jejich výslednou hodnotu. Chitin v sušině varíroval v rozmezí od 5,2 % do 6,3 %. Mezi naměřenými údaji nebyly potvrzeny statisticky významné rozdíly. Ze statistického hodnocení vyplývá, že změna bílkovin v krmivu nezpůsobila změny v obsahu chitinu ve sklizené biomase.

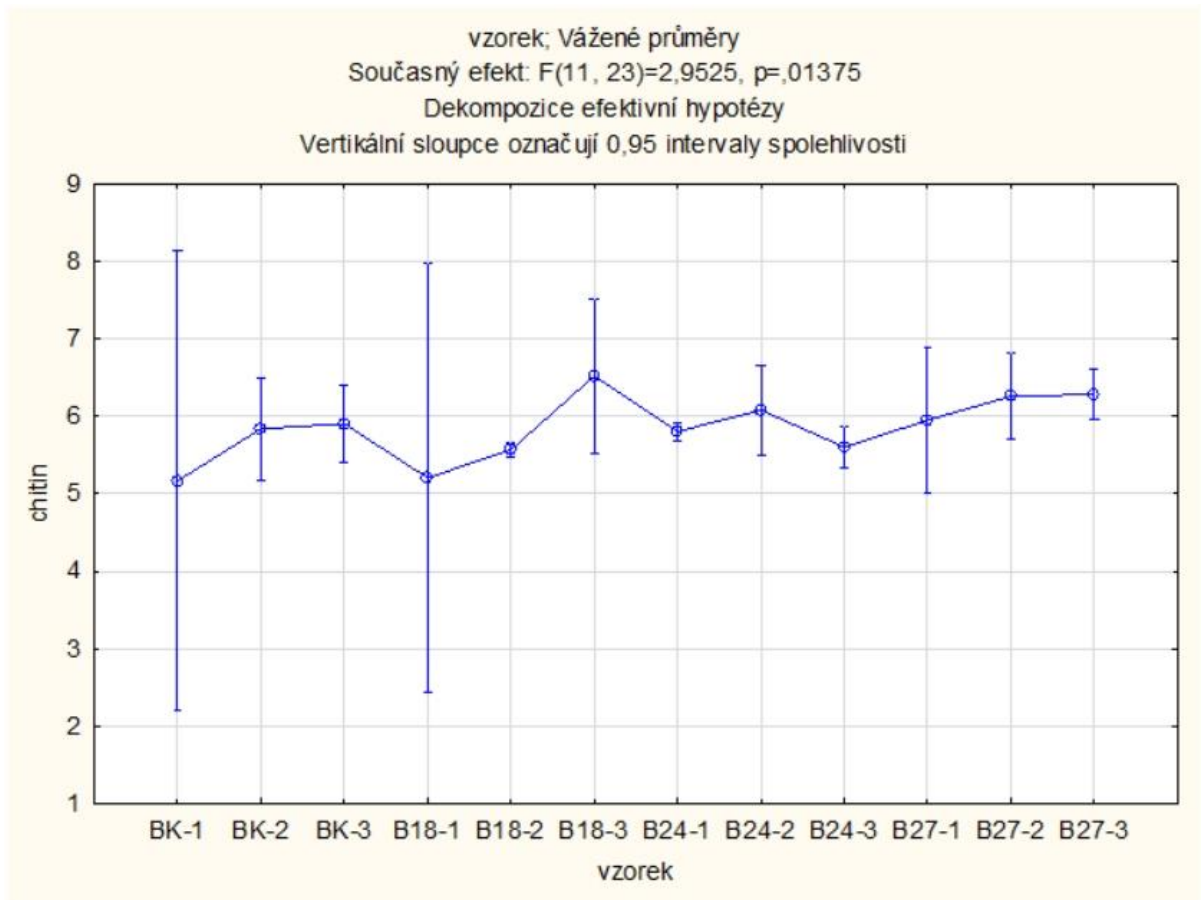
Tabulka 17: Průměrná hmotnost chitinu v sušině (g/100g) cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

chovná nádrž	BK 1	BK 2	BK 3	B18 1	B18 2	B18 3
chitin (g/100g)	5,2±0,33	5,9±0,27	5,9±0,20	5,2±1,11	5,6±0,04	6,3±0,40
chovná nádrž	B24 1	B24 2	B24 3	B27 1	B27 2	B27 3
chitin (g/100g)	5,8±0,05	6,1±0,23	5,6±0,10	6,2±0,374	6,1±0,22	6,3±0,13

Tabulka 18: Výsledek analýzy chitinu v sušině u cvrčka domácího u substrátů BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.

Scheffeho test: proměnná chitin													
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy													
Chyba: meziskup. PC = ,16031, sv = 23,000													
Č. buňky	vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
1	BK-1	5,1661	0,977148	0,955389	1,000000	0,999735	0,314609	0,984816	0,833748	0,999421	0,934019	0,629033	0,598712
2	BK-2	0,977148	5,8373	1,000000	0,966411	0,999984	0,944085	1,000000	0,999995	0,999996	1,000000	0,998814	0,998063
3	BK-3	0,955389	1,000000	1,000000	0,934240	0,999860	0,972427	1,000000	1,000000	0,999952	1,000000	0,999758	0,999554
4	B18-1	1,000000	0,966411	0,934240	0,999704	0,999704	0,209760	0,977863	0,765800	0,999305	0,903262	0,518233	0,484836
5	B18-2	0,999735	0,999984	0,999860	0,999704	0,999704	0,665107	0,999996	0,993326	1,000000	0,999538	0,938684	0,923940
6	B18-3	0,314609	0,944085	0,972427	0,209760	0,665107	0,922639	0,922639	0,998307	0,712658	0,984329	0,999989	0,999996
7	B24-1	0,984816	1,000000	1,000000	0,977863	0,999996	0,922639	0,922639	0,999978	0,999999	1,000000	0,997570	0,996234
8	B24-2	0,833748	0,999995	1,000000	0,765800	0,993326	0,998307	0,999978	0,999978	0,999999	1,000000	1,000000	0,999999
9	B24-3	0,999421	0,999996	0,999952	0,999305	1,000000	0,712658	0,999999	0,996287	0,999999	0,999814	0,956502	0,944765
10	B27-1	0,934019	1,000000	1,000000	0,903262	0,999538	0,984329	1,000000	1,000000	0,999814	0,999935	0,999935	0,999866
11	B27-2	0,629033	0,998814	0,999758	0,518233	0,938684	0,999989	0,997570	1,000000	0,956502	0,999935	0,999935	1,000000
12	B27-3	0,598712	0,998063	0,999554	0,484836	0,923940	0,999996	0,996234	0,999999	0,944765	0,999866	1,000000	

Graf 10: Obsah chitinů v sušině cvrčka domácího u substrátu BK 1, 2, 3, B18 1, 2, 3, B24 1, 2, 3, B27 1, 2, 3.



## 6 Diskuze

### 6.1 Rychlost vývoje a hmotnost

V rámci této diplomové práce byl testován předpoklad, že množství bílkovin v krmivu ovlivní rychlost růstu nymf v dospělce a nutriční hodnotu cvrčků. Ukázalo se, že na rychlost vývoje nemělo zvýšení či snížení obsahu bílkovin v krmivu vliv. Výsledky a měření mohly být ovlivněny přehlédnutím prvních dospělců v chovných nádržích ve velkém množství cvrčků případně nemuseli být první dospělci zaznamenáni z důvodu kanibalismu během svleku. McFarlane (1964), v rámci svého pokusu prokázal, že cvrček domácí dokáže tolerovat široké spektrum bílkovin v krmivu (v rozmezí 10 - 50 %) s minimálním nepříznivým dopadem na rychlost vývoje. Jako optimální množství bílkovin v krmné dávce uvádí 20 - 30 %. Patton (1978) potvrdil optimum bílkovin ve stejném rozmezí. Na základě svého pokusu zmiňuje obdobnou rychlost růstu u všech nymf na různých množstvích bílkovin v krmivu (nejrychlejší růst mezi 3. až 5. týdnem věku), ale uvádí, že přidáním rozemletých zvířecích jater je možné navýšit rychlost růstu, díky přítomnosti růstového faktoru v játrech. Orinda et al. (2017) též prokázali, že pomocí krmiva lze ovlivnit rychlost růstu. Podle jejich pokusu krmení cvrčků vedlejšími zemědělskými produkty se domnívají, že vývoj cvrčků je možné zpomalit nevyváženým poměrem aminokyselin v krevní moučce a horší stravitelností vlákniny obsažené v rýži. Na tomto krmivu došlo k vývoji dospělců až ve 13 týdnu věku (na kontrolní vyvážené dietě dospívali v 10. týdnu věku). Nadměrné množství bílkovin z kvasnic růst cvrčka domácího neovlivnilo a dospívali obdobně v 10. týdnu věku jako u kontrolního krmiva. Bawa et al. (2020) uvádějí rychlejší vývoj cvrčků na krmivu o obsahu 21,9 - 18 % bílkovin, než u krmiva s obsahem bílkovin 16 %.

Na základě hmotnosti náhodně vybraných 10 samců a 10 samic z každé chovné nádrže byla navážena hmotnost v rozmezí 318,0 - 416,3 mg. Statisticky nebylo potvrzeno ovlivnění hmotnosti dospělců zvýšením či snížením množství bílkovin v krmivu. Výsledky a měření mohly být ovlivněny náhodným výběrem při vážení. Opačný fenomén byl pozorován několika dalšími autory. Například Nakagaki & DeFoliart (1991) zkoušeli, zda zvýšení bílkovin v krmivu ovlivní hmotnost cvrčků. Ve svém pokusu použili krmivo s obsahem 14,0 - 30,5 % bílkovin a nymfy sklízeli po 24 dnech, tedy dříve, než dosáhli dospělosti. Podle jejich pozorování bylo zjištěno, že nymfy krmeny 30 % bílkovin v krmivu měli nejvyšší hmotnost ( $0,443 \pm 0,009$ g) ze všech krmiv a čím nižší byl obsah bílkovin, tím nižší měli hmotnost i v ostatních krmivech až na  $0,406 \pm 0,00$ g u krmiva s 16 % bílkovin. Také připouští, že hmotnost mohla být ovlivněna i růstovým faktorem obsahující rozemletá játra. Bawa et al. (2020) na základě svého pokusu uvádějí, že hmotnost cvrčků v dospělosti byla ovlivněna množstvím bílkovin v krmivu. Cvrčci chovaní na krmivu o obsahu 22 % bílkovin měli o 9 % vyšší hmotnost nežli ti na krmivu obsahující 16 % bílkovin. Také tvrdí, že přidáním dýně do kontrolního krmiva a tím zvýšení množství sacharidů v krmivu mohlo pozitivně ovlivnit hmotnostní přírůstek cvrčků.

## 6.2 Nutriční hodnota

### 6.2.1 Sušina

Bawa et al. (2020) stanovují, že obsah sušiny i při změně složení krmiva byla v rozmezí 29,25 - 31,65 %. Kulma et al. (2019) uvádějí u samců 31,3 - 33,0 % a samic 31,3 - 31,7 % chitinu v sušině. Výsledek analýz pro tuto práci uvádí obdobné množství sušiny v těle cvrčka domácího, a to v rozmezí 29,8 - 32,6 % jako citovaná literatura. Hodnoty u vzorků BK 1 (32,6 %) a B18 1 (30,3 %) mohly být ovlivněny nevhodným uchováním v lyofilizátoru před vysušením a výsledná hodnota mohla být nepřesná. Podle měření nedocházelo ke změně obsahu sušiny snížením nebo zvýšením obsahu bílkovin v krmivu a výsledky práce tak odpovídají citované literatuře.

### 6.2.2 Popeloviny

Na základě práce Rumpolda & Schlütera (2013) se obsah popelovin v sušině cvrčka domácího pohybuje v rozpětí 3,6 - 5,10 % a podle Ribeiro et al. (2019) 4,9 %. V rámci této diplomové práce byl obsah popelovin naměřen v rozpětí 5,6 - 7,9 % a množství tak bylo vyšší u většiny vzorků než podle poznatků citované literatury. Bawa et al. (2020) uvádí, že v rámci jejich pozorování nedocházelo k ovlivnění množství popelovin v sušině zvýšením či snížením množství bílkovin a sacharidů v krmivu. Výsledkem analýz pro tuto práci se ukázalo, že množství popelovin v sušině nebylo ovlivněno navýšením či snížením množství bílkovin v krmivu.

### 6.2.3 Bílkoviny

Rumpold & Schlüter (2013) uvádějí, že bílkoviny jsou dominantní složkou těla cvrčků a jejich obsah v sušině se nachází v rozpětí 64,1 - 70,8 %. Podle Ribeiro et al. (2019) je obsah bílkovin v sušině cvrčka domácího 64,4 %. V rámci této diplomové práce byl obsah bílkovin v sušině v rozmezí 67,9 - 79,8 % přičemž vzorek B24 3 má jako jediný extrémně vysokou hodnotu 79,8 %. Takový výsledek mohl být ovlivněn nehomogenitou vzorku a náhodným výběrem cvrčků k analýzám. S výjimkou B24 3 naměřené množství bílkovin odpovídá poznatkům citované literatury.

Na rozdíl od této práce Bawa et al. (2020) uvádějí, že se zvyšujícím se obsahem bílkovin v krmivu dochází i ke zvýšení obsahu bílkovin v sušině cvrčka. Na krmivu s vysokým obsahem bílkovin (22 %) a nízkým obsahem sacharidů byl obsah bílkovin v sušině cvrčků 76 %. Naproti tomu u krmiva s vysokým podílem jak bílkovin (18 %) tak sacharidů, došlo k poklesu bílkoviny v sušině cvrčků na 48,1 %. Tento jev vysvětlují tím, že kvůli ukládání přebytečných sacharidů ve formě tuku dochází ke snížení obsahu bílkovin. Oloo et al. (2019) se pokoušeli chovat cvrčky na zemědělských vedlejších produktech (slupky od banánů, kapusta kadeřavá, zbytky ugali a listy povijice batátové) s různým obsahem bílkovin, kdy nejvyšší obsah byl u kapusty (26,87 %). Na základě jejich výzkumu tvrdí, že u cvrčků krmených kapustou byl obsah bílkovin vyšší (82,4%) než u ostatních testovaných krmiv. V rámci této diplomové práce byl obsah bílkovin ovlivňován, avšak nebyl statisticky potvrzený trend o zvyšování bílkovin v biomase spolu se

zvyšujícím se obsahem bílkovin v krmivu a tím výsledek analýzy nebyl v souladu s výsledky pozorování Bawa et al. (2020) a Oloo et al. (2019). Zároveň je nutné podotknout, že u vzorků BK1 a B18 1 mohlo dojít vlivem špatného uchování vzorků před lyofilizací k jejich znehodnocení a tím tak mohla být ovlivněna jejich výsledná hodnota bílkovin.

#### **6.2.4 Tuk**

Oonincx et al. (2019) uvádějí, že cvrčci obsahují menší množství tuku než jiný, ke konzumaci bezpečný, hmyz a jeho množství v sušině cvrčka je v rozpětí 17 - 28 %. Kulma et al. (2019) uvádějí obsah tuků u sameců (12,9 - 16,1 %) a samic (18,3 - 21,7 %). V rámci této práce byl obsah tuku v rozmezí 11,5 - 21,3 % (vzorek B24 3 má velice nízkou hodnotu 11,5 %, avšak takový výsledek mohl být ovlivněn nehomogenitou vzorku a náhodným výběrem cvrčků k analýzám). Množství tuku bylo u některých vzorků nižší, než bylo naměřeno Oonincxem et al. (2019), avšak podle měření Kulmy et al. (2019) byly výsledné hodnoty této práce v obdobném rozmezí.

Bawa et al. (2020) uvádějí, že se snižujícím se množstvím tuku a zvyšujícím se množstvím bílkovin v krmivu dochází ke snížení obsahu tuku. Také předpokládají, že zásoby tuku mohou být sníženy přidáváním kvalitní bílkoviny do krmiv. Oonincx et al. (2019) také potvrdili, že obsah tuku v těle cvrčka domácího je možné navýšit obohacením krmiva o lněný olej. Na základě této práce bylo pozorováno lišící se množství tuku, ale statisticky nebyl potvrzený trend o snižujícím se obsahu tuků v biomase se zvyšujícím se množstvím bílkovin v krmivu.

#### **6.2.5 Chitin**

Ribeiro et al. (2019) na základě svých měření tvrdí, že v sušině cvrčka domácího se nachází 5,1 % chitinu. Kulma et al. (2019) uvádí obsah chitinu u sameců 6,0 - 6,2 % a samic 5,4 - 5,5 %. Finke (2007) uvádí, že množství chitinu se ve cvrčku domácím výrazně neliší. V rámci této práce bylo naměřeno 5,2 - 6,3 % chitinu v sušině cvrčka domácího a tím je množství značně vyšší, než uvádí Ribeiro et al. (2019), ale nachází se v souladu s rozmezím podle Kulmy et al. (2019). V rámci pokusu nedocházelo ke zvyšování či snižování obsahu chitinu v závislosti na množství bílkovin v krmivu.



## 7 Závěr

Množství bílkovin v krmivu neovlivnilo rychlost vývoje, růst cvrčka domácího (*A. domesticus*) ani konečnou hmotnost sklizených dospělých jedinců. Stejně tak se nelišily ani obsahy dalších živin s výjimkou bílkovin a tuku. U těchto živin byly sice prokázány určité statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými pokusnými skupinami, ale nebyl nalezen jasný trend, který by potvrdil, že se zvyšujícím se množstvím bílkovin v krmivu dochází ke snížení tuku a zvýšení bílkovin v biomase cvrčka. Výsledné analýzy tedy prokázaly, že krmivo nutriční hodnotu neovlivnilo.

Na základě tohoto pokusu je možné tvrdit, že cvrček domácí je schopen dokončit vývoj na všech testovaných směsích bez významného vlivu na nutriční hodnotu a životní charakteristiky. Vzhledem k tomu, že nutriční hodnota, resp. množství bílkovin u cvrčků bylo ve shodě s literaturou, lze hovořit o tom, že všechny testované hladiny bílkovin v krmivu jsou v rámci optima a v krmných směsích tak není potřeba přílišné navyšování obsahu bílkovin. Pozitivní zprávou je skutečnost, že cvrčci jsou schopni substráty s nižší bílkovinou přetvořit na biomasu o vysokém obsahu bílkovin a v krmných směsích by tak do budoucna mohlo postačit nižší procento obsahu bílkovin.

Závěry této diplomové práce bude možné do budoucna využít jako podklady pro design a optimalizaci krmných směsí pro komerční chovy cvrčka domácího.

## 8 Literatura

- Arai T, Liu J, Huang C, Cheng X, Watari Y, Takeda M. 2004. Species specificity in photoperiodic control of nymphal development in four species of cricket from north-west China. *Entomological Science* 7:237-244.
- 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.
- Berg MJ, Tymoczko JL, Gatto GL, Stryer L. 2015. *Biochemistry* 8th Edition. W. H. Freeman & Company. 1232.
- Booth DT, Kiddell K. 2007. Temperature and the energetics of development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of Insect Physiology* 53: 950-953.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* 36:287-319. Available from <http://doi:10.1080/03670244.1997.9991521>.
- Collavo A, Glew RH, Huang YS, Chuang LT, Bosse R, Paoletti MG. 2005. House cricket small-scale farming. In M.G. Paoletti, ed., *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. New Hampshire, Science Publishers.
- 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 DM. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* 26:105-115.
- Friedrich U, Volland W. 2004. *Breeding food animals: Live food for Vivarium animals*. Krieger Publishing Company. 180.
- Gahukar RT. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science* 31:129-144.
- Gałęckil R, Sokoł R. 2019. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PLoS ONE* 14. Available from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219303>.
- Govorushko S. 2019, September 1. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science & Technology* 91.
- Huber F, Moore ET, Loher W. 1990. *Cricket behavior and neurobiology*. Cornell University Press. 536.
- Jantzen da Silva Lucas A, Menegon de Oliveira L, da Rocha M, Prentice C. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry* 311. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>.
- Krenn WH. 2020. *Insect mouthparts form, function, development and performance*. Springer International. 683.

- 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, 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 Feed and Sciences 25:354-360.
- Laurance WF, Albernaz AKM, Fearnside PM, Vasconcelos HL, Ferreira L V. 2004. Deforestation in amazonia. Science 304:1109-1111.
- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology 197:1-33.
- Mancini S, Moruzzo R, Riccioli F, Paci G. 2019. European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. Food Research International 122:661-678.
- Masaki S, Walker JT. 1987. Cricket Life Cycles. Evolutionary Biology 21:349-423.
- McCluney EK, Date CR. 2008. The effects of hydration on growth of the house cricket, *Acheta domesticus*. Journal of Insect Science 8:32. Available from <http://doi.org/10.1673/0.31.008.3201>.
- McFarlane JE. 1964. The Protein requirement of the house cricket *Acheta domesticus* L. Canadian Journal of Zoology 42:645-647.
- Ministerstvo zemědělství. 2018. Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu. Odbor bezpečnosti potravin.
- Morales-Ramos JA, Rojas MG, Dossey AT. 2018. Age-dependent food utilisation of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) in small groups at two temperatures. Journal of Insects as Food and Feed 4:51-60.
- Nakagaki JB, DeFoliart GR. 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.
- Oloo JA, Ayieko M, Nyongesah JM. 2019. *Acheta domestica* (Cricket) feed resources among smallholder farmers in Lake Victoria region of Kenya. Food Science & Nutrition 8. Available from <http://doi.org/10.1002/fsn3.1242>.
- Oonincx DGAB, van der Poel AFB. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locust (*Locusta migratoria*). Zoo Biology 30:9-16.
- Oonincx DGAB, Laurent S, Veenenbos ME, van Loon JJA. 2019. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. Insect Science 27:500-509.
- Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp JWM, van den Brand H. 2010. An exploration on Greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PLoS ONE 5. Available from <http://doi:10.1371/journal.pone.0014445>.
- Orinda MA, Mosi RO, Ayieko MA, Amimo FA. 2017. Growth performance of Common house cricket (*Acheta domestica*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*) crickets fed on agro-byproducts. Journal of Entomology and Zoology Studies 5:1664-1668.

- Patton RL. 1978. Growth and development parameters for *Acheta domesticus*. *Annals of the Entomological Society of America* 71:40-42.
- Pimentel D, Berger B, Filiberto D, Newton M, Wolfe B, Karabinakis E, Clark S, Poon E, Abbett E, Nandagopal S. 2004. Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience* 54:909-918.
- Raheem D, Raposo A, Oluwole BO, Nieuwland M, Saraiva A, Carrascosa C. 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International* 126.
- Resh HV, Cardé TR. 2009. *Encyclopedia of Insects*. Academy Press. 1168.
- Ribeiro JC, Lima RC, Maia MRG, Almeida AA, Fonseca AJM, Cabrita ARJ, Cunha LM. 2019. Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllobates sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *Food Science and Technology* 113.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 57:802-823.
- Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel FR, Quasigroch W, Vogel S, Heinz V, Jäger H, Bandick N, Kulling S, Knorr D, Steinberg P, Engel HK. 2017. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research* 61. Available from <http://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>.
- Schmidt A, Call LM, Macheiner L, Mayer HK. 2019. Determination of vitamin B 12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chemistry* 281:124-129. Elsevier Ltd. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30658738>.
- Smarzyński K, Sarbak P, Musiał S, Jeżowski P, Piątek M, Kowalczewski PŁ. 2019. Nutritional analysis and evaluation of the consumer acceptance of pork pâté enriched with cricket powder-preliminary study. *Open Agriculture* 4:159-163.
- Smil V. 2002. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology* 30:305-311.
- van Broekhoven S, Oonincx DGAB, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology* 73:1-10.
- van Huis A, Tomberlin JK, editors. 2017. *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. Available from <https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-849-0>.
- van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. *Edible Insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

- van Huis A. 2013. Potential of insects as food and feed in Assuring food security. *Annual review of Entomology* 58:563-583.
- Veldkamp T, van Duinkerken G, van Huis A, Lakemond CMM, Ottevanger E, Bosch G, van Boekel MAJS. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets. A feasibility study. Wageningen UR Livestock Research.
- Verburg R, Rodrigues Filho S, Lindoso D, Debortoli N, Litre G, Bursztyn M. 2014. The impact of commodity price and conservation policy scenarios on deforestation and agricultural land use in a frontier area within the Amazon. *Land Use Policy* 37:14-26.
- Voet D, Voet GJ, Pratt WC. 2012. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. 4th ed. Wiley. 1200.