

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití vedlejších produktů z potravinářství a premixů  
v krmných směsích pro cvrčka domácího**

**Diplomová práce**

**Bc. Hana Necpalová  
Zemědělství a rozvoj venkova  
Ekologické zemědělství (AGRIME)**

**Ing. Martin Kulma, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití vedlejších produktů z potravinářství a premixů v krmných směsích pro cvrčka domácího" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. za trpělivost, čas a cenné rady, při psaní této práce. Ing. Michalovi Kurečkovi za pomoc při práci v insektáriu a při zakládání pokusu. Dále bych ráda poděkovala Ing. Petře Škvorové za pomoc při laboratorních analýzách. Velké poděkování patří mé rodině, která mi poskytla zázemí během studia a mým blízkým a přátelům za oporu a podporu.

# Využití vedlejších produktů z potravinářství a premixů v krmných směsích pro cvrčka domácího

## Souhrn

Tato diplomová práce zkoumá využití vedlejších produktů z potravinářství, jako jsou jablečné výlisky, pivovarské kvasnice a mláto, a premixů v krmných směsích pro cvrčka domácího (*Acheta domestica*).

Teoretická část této práce se zaměřuje na různé aspekty využití hmyzu v potravinářství a v ekologickém zemědělství. Obsahuje přehled evropské legislativy týkající se použití hmyzu jako potravin, techniky zpracování a ošetření hmyzu, historii jeho konzumace, a jeho roli jako alternativního zdroje živin. Dále zkoumá postavení hmyzu v ekologickém zemědělství, využití odpadních surovin při chovu hmyzu a ekologické aspekty jeho chovu. Hlavní součástí teoretické části je věnována cvrčkovi domácímu (*A. domestica*), včetně jeho výskytu, morfologie, chovu a nutričních hodnot. Dále jsou zde popsány vedlejší produkty potravinářského průmyslu, jako jsou pivovarské kvasnice a mláto, jablečné výlisky a premixy, které byly v této práci použity.

Experimentální část práce byla zaměřena na zkoumání využití vedlejších produktů potravinářského průmyslu při chovu cvrčka domácího a jejich vliv na nutriční hodnoty sklizené biomasy, konkrétně obsah sušiny, popelovin, hrubého tuku a dusíkatých látek. Pro experiment byly vytvořeny čtyři skupiny cvrčků (K+, K-, P+, P-), každá po třech opakováních. Cvrčci skupiny K- byli krmeni směsí obsahující pšenici a sójový extrahovaný šrot, zatímco cvrčci skupiny K+ dostávali stejnou směs s přidáním premixem vitamínů a minerálů. Skupina P- byla krmena směsí, obsahující jablečné výlisky a pivovarské kvasnice a mláto, zatímco skupina P+ měla tuto směs doplněnou o premix. Krmivo bylo podáváno v pravidelných intervalech a jeho hmotnost byla zaznamenávána. Na konci pokusu byli sklizení cvrčci zváženi a tyto hodnoty byly následně použity pro výpočet konverze krmiva. Po 59 dnech byli cvrčci usmrceni mrazem a byli podrobeni nutričním analýzám.

Nutriční analýzy ukázaly některé statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ) mezi sledovanými skupinami. Zřejmě nejvýznamnějším zjištěním bylo, že hmotnost sklizené biomasy cvrčků krmených směsí s přidáním premixem byla v případě alternativní i konvenční krmné směsi výrazně vyšší ( $K+ = 84,867$  g a  $P+ = 113,33$  g) než v případě směsí bez premixu ( $K- = 45$  g a  $P- = 70,1$  g). Dále výsledky práce prokázaly, že cvrčci jsou schopni prosperovat i na směsi složené z lokálních komponent, které jsou navíc vedlejšími produkty potravinářského průmyslu, přičemž cvrčci krmení experimentální směsí obsahovali významně více bílkovin ( $P- = 71,25$  % a  $P+ = 70,67$  %) a méně tuků ( $P- = 14,90$  % a  $P+ = 15,40$  %) než cvrčci krmení konvenční směsí. Naopak statisticky významné rozdíly nebyly zaznamenány v obsahu sušiny. Tímto byla potvrzena vědecká hypotéza této práce, která ukázala, že cvrčci domácí jsou schopni přežít a prosperovat na základě využití vedlejších produktů z potravinářství. Dále práce poukázala na přínos použití vitamín-minerálních premixů ve směsích pro hmyz.

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

# Inclusion of food industry by-products and growers premix into feed for house crickets

## Summary

This thesis analyses the utilization of food industry by-products, such as apple pomace, brewer's yeast and grains, and premixes in feed mixtures for the house cricket (*Acheta domesticus*).

The theoretical part of this study focuses on various aspects of insect utilization in the food industry and organic agriculture; it includes an overview of the European legislation on the utilization of insects as food, insect processing and treatment techniques, the history of entomophagy, and their role as an alternative source of nutrients. It also examines the position of insects in organic farming, the use of waste materials in insect farming and the ecological aspects of it. The core section of the theoretical part is devoted to the house cricket (*A. domesticus*), including its distribution, morphology, farming, and nutritional value. In addition, it describes the by-products of the food industry, such as brewer's yeast and grains, apple pomace and premixes used for this study.

The practical part of the thesis aims to investigate the utilization of by-products of the food industry when rearing domestic cricket and their influence on the nutritional values of the harvested biomass, namely the content of dry matter, ash, crude fat, and crude protein. Four groups of crickets (K+, K-, P+, P-) were established for the experiment, each with three replications. The crickets of the K- group were fed a mixture containing wheat and soybean meal extract, while the crickets of the K+ group received the same feed with an added premix of vitamins and minerals. The P- group was fed a mixture containing apple pomace, brewer's yeast, and grains, whereas the P+ group's mixture was of the same composition with premix supplement. The feed was provided to crickets at the regular intervals and its weight was recorded. At the end of the experiment, the harvested crickets were weighed, and these values were then used to calculate feed conversion. After  $59 \pm 1$  days, the crickets were killed by freezing, and investigated from the nutrient content.

The analyses showed some statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between the studied groups. Probably, the most significant finding was that the amounts of harvested biomass of crickets fed mixture with an added premix were significantly higher than in both the alternative and conventional feed (K+ = 84.867 g and P+ = 113.33 g) than in the mixtures with no premix (K- = 45 g and P- = 70.1 g). Furthermore, the results revealed that crickets can thrive on mixtures composed of local components that are also by-products of the food industry, and crickets fed the experimental mixture contained significantly more protein (P- = 71.25% and P+ = 70.67%) and less fat (P- = 14.90% and P+ = 15.40%) than crickets fed the conventional mixture. In contrast, no statistically significant differences were observed in dry matter content. This confirmed the scientific hypothesis of this study, which showed that house crickets can survive and thrive by using food by-products; furthermore, the work highlighted the benefits of using vitamin-mineral premixes in insect feed mixtures.

**Keywords:** insect rearing, house cricket, protein, fat, feed conversion

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>10</b>
3.1	Alternativní výživa	10
3.2	Hmyz jako potravina	10
3.3	Evropská legislativa pro využití hmyzu jako potraviny	12
3.4	Zpracování a ošetření hmyzu	13
3.5	Historie hmyzu jako potraviny	14
3.5.1	Rizika entomofágie	15
3.5.2	Nutriční hodnota hmyzu	15
3.6	Hmyz jako krmivo	17
3.7	Hmyz v ekologickém zemědělství	17
3.7.1	Ekologické aspekty chovu hmyzu	18
3.7.2	Skleníkové plyny a jedlý hmyz	18
3.7.3	Využití odpadních surovin při chovu hmyzu	19
3.8	Cvrček domácí	19
3.8.1	Výskyt	20
3.8.2	Morfologie	20
3.8.3	Potrava	21
3.8.4	Chovné nádrže	21
3.8.5	Odchov	21
3.8.6	Výživové hodnoty	22
3.9	Vedlejší produkty potravinářského průmyslu	22
3.9.1	Pivovarské kvasnice a mláto	22
3.9.2	Jablečné výlisky	23
3.9.3	Premixy	23
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>24</b>
4.1	Chov cvrčka domácího	24
4.1.1	Podmínky chovu	24
4.1.2	Krmení	25
4.2	Laboratorní analýzy	27
4.2.1	Zjištění hmotnosti <i>Acheta domestica</i>	27
4.2.2	Lyofilizace a homogenizace	27
4.2.3	Stanovení sušiny	28
4.2.4	Stanovení popelovin	29
4.2.5	Stanovení hrubého tuku	30

4.2.6	Stanovení dusíkatých látek .....	31
4.2.7	Konverze krmiva.....	32
4.2.8	Statistické vyhodnocení pokusu.....	32
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Sklizeň cvrčků.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Konverze krmiva .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Obsah sušiny, popelovin, hrubého tuku a dusíkatých látek.....</b>	<b>35</b>
<b>5.4</b>	<b>Obsah sušiny .....</b>	<b>36</b>
<b>5.5</b>	<b>Obsah popelovin .....</b>	<b>36</b>
<b>5.6</b>	<b>Obsah hrubého tuku .....</b>	<b>37</b>
<b>5.7</b>	<b>Obsah dusíkatých látek.....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>Sklizeň biomasy .....</b>	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>Konverze krmiva .....</b>	<b>40</b>
<b>6.3</b>	<b>Nutriční hodnota .....</b>	<b>40</b>
6.3.1	Sušina.....	40
6.3.2	Popeloviny .....	41
6.3.3	Hrubý tuk.....	41
6.3.4	Dusíkaté látky .....	41
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>
<b>9.1</b>	<b>Minerální krmivo pro brojlery bez antikokcidika, BR – výkrm 1,0 % .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

V dnešním světě, kde se populace neustále rozrůstá a tradiční metody potravinové výroby čelí stále větším výzvám, nabývá otázka hledání alternativních potravin stále většího významu. Tato koncepce se stala klíčovým prvkem v našem snažení diverzifikovat a vylepšit tradiční přístupy k stravování, přičemž klade důraz na životaschopnost a ekologickou udržitelnost.

V rámci alternativní výživy se klíčovým tématem stává hledání nových a inovativních zdrojů proteinů a dalších živin. To zahrnuje širokou škálu přístupů k výrobě potravin, které se zaměřují na odlišné zdroje bílkovin, vitamínů a minerálů. Rostlinné proteiny, hmyzí bílkoviny, řasy a další netradiční suroviny se tak stávají nedílnou součástí této revoluce ve stravovacích návycích.

Tato transformace výživy není pouze otázkou nalezení nových možností stravování, ale také odpovědí na výzvy spojené s tradičním zemědělským a živočišným průmyslem, včetně snížení emisí skleníkových plynů, spotřeby vody a potravinové bezpečnosti. Diskuse v oblasti alternativní výživy nás také vede k zamyšlení nad udržitelným a etickým stravováním.

Inovace v zemědělství a chovu jsou nedílnou součástí tohoto procesu. Technologické pokroky, jako je precizní zemědělství a “smart farming”, přinášejí efektivnější a ekologicky šetrnější metody produkce potravin. Výzkum zaměřený na nové odrůdy rostlin a šlechtění zvířat jsou klíčové pro dosažení větší odolnosti vůči nemocem a optimalizaci faremních procesů.

Růst povědomí o dopadech potravinového průmyslu na životní prostředí a klima vedl k snaze o minimalizaci negativních efektů. Výzkum týkající se alternativních zdrojů se soustředí na metody, které snižují emise skleníkových plynů, minimalizují odlesňování a omezují spotřebu vody. Diskuse o budoucnosti potravinového systému je zaměřována na vývoj komodit, které jsou také šetrné k biodiverzitě a přispívají ke globální udržitelnosti.

Přestože alternativní potraviny nabízí inovativní a udržitelné přístupy, čelí výzvám spojeným s akceptací. Potravinové preference se formují v dětství a čím je člověk starší, tím je těžší je změnit. Klasickým případem takové alternativní potraviny je hmyz. Je sice nutričně bohatý a lze jej chovat s menším dopadem na životní prostředí, ale mnoho lidí ovšem nepovažuje hmyz jako potravu, protože požívání hmyzu jim přijde odpudivé (Megido et al., 2018). Je přitom paradoxem, že většina jedlého hmyzu jsou býložravci, kteří se živí hlavně čerstvými listy rostlin nebo dřevem. Z tohoto důvodu jsou čistší a zdravější než krabi nebo humři, kteří se živí mršinami a někdy jsou sbíráni z kontaminovaných vodních systémů. Tento postoj není ničím jiným než předsudkem, protože v průběhu let se mnoho starých neobvyklých jídel stalo tradičními (žáby, humři) (Tao & Li, 2018). Překonání kulturních a legislativních bariér vyžaduje spolupráci mezi odvětvím potravinového průmyslu, výzkumnými institucemi a vládními orgány. Přesto jsou v této oblasti také významné příležitosti pro inovátory a podnikatele, kteří mohou hrát klíčovou roli při formování budoucnosti stravování na celém světě.

Téma využití vedlejších produktů z potravinářství ve výživě cvrčka domácího (*Acheta domestica* L.) otevírá důležitou debatu o tom, zdali lze tyto produkty efektivně využít pro chov hmyzu. Chov cvrčka domácího nabízí zajímavou perspektivu z hlediska udržitelné výživy a může hrát významnou roli v potravinovém řetězci budoucnosti.



## 2 Cíl práce

Cvrček domácí (*Acheta domestica*) je od roku 2021 povolen jako nová potravina, tudíž je považován za typ hospodářského zvířete a je novou příležitostí i pro ekologické zemědělství. Cílem práce bude navrhnout krmnou směs na bázi lokálních krmiv, která jsou zároveň vedlejšími produkty potravinářského průmyslu (kvasnice, pivovarské mláto, jablečné výlisky) a porovnat je s krmnou směsí pro brojlery, která je současně pro chov cvrčků nejčastěji používána. Zároveň bude hodnocena účinnost přidání premixu do krmiva. Sledovanými parametry u sklizené biomasy hmyzu budou: konverze krmiva, hmotnost sklizené biomasy, a základní nutriční parametry (bílkoviny, tuky).

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Alternativní výživa

Alternativní způsob stravování je dlouhodobý způsob stravování, který se liší od nutričních zvyklostí uznávaných v běžné společnosti (Kosečková, 2018). Pojmem alternativní výživa se označují všechny dlouhodobě praktikované způsoby stravování, které se zásadním způsobem liší od stravy obvyklé na daném území. Lidé, praktikující alternativní stravování, nejčastěji vynechávají potraviny živočišného původu – maso, mléko, ryby, vejce atd. Odlišnost může být i ve výběru potravin pěstovaných v ekologickém zemědělství nebo v nezvyklých kombinacích (dělená strava) (Hejmalová, 2011).

Obecně nelze posoudit, zdali je alternativní stravování pro zdraví člověka dobré nebo špatné. Některé alternativní směry jsou nutričně dostačující, jiné mají větší či menší nedostatky. I v rámci jednoho výživového režimu existují velké rozdíly. Základním kritériem pro vhodnost alternativní výživy je množství „zakázaných“ potravin. Čím více jich je, tím je dieta méně vhodná k dlouhodobému praktikování. Vždy je nutné se zaměřit na zastoupení jednotlivých živin v jídelníčku (bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky, vitamíny). Dále je žádoucí zohlednit stravování i z jiných hledisek, například rozložení jídel během dne (Hejmalová, 2011). Alternativní způsoby stravování se liší od běžného stravování: odlišným způsobem přípravy pokrmů, výběrem potravin, vyloučením určitých potravinových skupin, nezvyklou kombinací potravin a různým rozložením stravy během dne (Kosečková, 2018). Důvody, proč se lidé vyhýbají běžné stravě jsou různé – snaha žít zdravěji, náboženství (např. hinduismus, zen-budhismus...), soucit se zvířaty, nemoc, ekologie nebo je to jen otázkou módy (Soudková, 2012).

### 3.2 Hmyz jako potravina

Populační růst způsobuje vysokou poptávku po masných výrobcích, což spolu se současnou klimatickou krizí podnítilo výzkum v oblasti alternativních zdrojů bílkovin. Tato práce pojednává o úloze jedlého hmyzu jako alternativního zdroje bílkovin pro člověka.

Problém nedostatku potravinových zdrojů existoval v lidských společnostech vždy, zejména kvůli omezenému přístupu k jedlým rostlinám a živočichům. S rostoucí světovou populací se zvyšuje i spotřeba potravin, zejména živočišných bílkovin (Papastavropoulou et al., 2022). Složitost této problematiky je dána tím, že zatímco orná půda a pastviny se od počátku 60. let 20. století výrazně rozšiřovaly, plochy vhodné pro extenzivní zemědělskou výrobu ubývají. Proto je pravděpodobné, že zvýšení produkce živočišných bílkovin bude doprovázeno dalším zhoršováním životního prostředí, zejména v tropických zemích (Herrero et al., 2016). Například zakládání chovů hospodářských zvířat vedlo v letech 1966 až 1975 k odlesnění 38 % půdy v Brazílii (Papastavropoulou et al., 2022). Chov hmyzu, nejčastěji ve formě malých rodinných farem, v tropických oblastech běžně doplňuje rostoucí poptávku po živočišných bílkovinách (Cadinu et al., 2020). Hmyz může být pro chudé venkovské komunity levnější než jiné živočišné bílkoviny a jeho konzumace zabránila mnoha případům podvýživy. Naopak západní společnost hmyz za potravinu nepovažuje. Přijetí hmyzu jako zdroje potravy může být

založeno na třech důvodech: lidském zdraví, environmentálních faktorech a socioekonomickém přínosu (Papastavropoulou et al., 2022).

Pokud je hmyz chován ve vhodných podmínkách, má nižší uhlíkovou stopu než hospodářská zvířata a vyžaduje méně půdy i vody. Většina druhů se navíc může živit relativně nekvalitním krmivem (Van Huis, 2013). Mnoho druhů jedlého hmyzu se často jeví jako dostupné přírodní zdroje, které odrážejí bohatou biologickou rozmanitost. Mohou být konzumovány zvířaty i lidmi, využívány pro vlastní potřebu nebo pro obchod v mnoha oblastech světa. Použití jedlého hmyzu se liší v závislosti na místních preferencích, sociokulturních faktorech a regionu (Ruskova et al., 2023). V současné době konzumuje hmyz cca 2 miliardy lidí ve 113 zemích (Tao & Li, 2018). Přesný odhad počtu jedlých druhů hmyzu na celém světě stále neexistuje. Literatura publikovaná v různých oblastech světa však identifikovala více než 1 900 druhů jedlého hmyzu. Většina hmyzu, který je v současné době konzumován, jsou druhy z řádů Coleoptera (31 %), Lepidoptera (18 %), Hymenoptera (14 %), Orthoptera (13 %) a Hemiptera (10 %) (Feng et al., 2018). Podle "International Feed Industry Federation" dosáhne světová populace do roku 2050 deset miliard (IFIF, 2022), což zdvojnásobí poptávku po živočišných bílkovinách. V důsledku toho nárůst spotřeby vepřového a drůbežího masa dosáhne 105 %, respektive 175 %. Pokud selže konvenční intenzivní zemědělství, jedlý hmyz se stane kritickou složkou potravinového řetězce (Illa & Yuguero, 2022).

Mezi přínosy chovu hmyzu pro životní prostředí patří nízké emise skleníkových plynů a amoniaku, nízké nároky na rozlohu zabrané půdy a spotřebu vody, které jsou mnohem nižší než u většiny hospodářských zvířat (Nadeau et al., 2015). Hmyz patří mezi studenokrevné živočichy, jejich účinnost při přeměně potravy na bílkoviny je velmi vysoká, neboť nespotřebovává energii na výrobu tělesného tepla (Govorushko, 2019). Produkce 1 kg živočišných bílkovin v živočišné výrobě vyžaduje 2,5 kg, 5 kg a 10 kg krmiva pro kuřecí, vepřové a hovězí maso. Spotřeba krmiva pro hmyz je nižší, protože například produkce cvrčků domácích o živé hmotnosti 1 kg vyžaduje pouze 1,7 kg krmiva (Papastavropoulou et al., 2022).

Jedlý hmyz je dobrým zdrojem živin s vyšším průměrným obsahem bílkovin než většina běžně dostupných produktů bohatých na protein. Kromě toho poskytují vlákninu, tuky, mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA), polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), esenciální aminokyseliny a jsou také bohaté na některé minerály a vitamíny. Zatímco bezpečnost hmyzu nebo výrobků z hmyzu je třeba ještě důkladně zkoumat, bylo již potvrzeno, že tyto produkty mají však mnohem nižší dopad na životní prostředí než jiné produkty pocházející z intenzivního zemědělství. Navíc je předpokládáno, že by produkce jedlého hmyzu mohla po optimalizaci chovného procesu mohla být variantou nejen ekologickou, ale i ekonomickou. Konzumace jedlého hmyzu je v tak dobrou alternativou ke konvenčním živočišným potravinám (Illa & Yuguero, 2022).

Ekonomické a sociální faktory, které činí chov hmyzu žádanějším než chov zvířat, spočívají v tom, že sběr a chov hmyzu vyžaduje nenáročnou technologii a nižší kapitálové investice, a to i pro nejhudší vrstvy společnosti. Chov hmyzu poskytuje životní příležitosti městskému i venkovskému obyvatelstvu. Hmyz má krátké životní cykly, rychlou návratnost investic a vysokou ekonomickou rentabilitu. Také se ve světě každoročně vynakládají obrovské sumy peněz na ochranu zemědělských rostlin, zejména obilovin, před hmyzem. Paradoxem situace je, že ošetřené obiloviny neobsahují více než 14 % bílkovin, zatímco hmyz, obsahující

až 75 % vysoce kvalitních živočišných bílkovin, je zničen (Papastavropoulou et al., 2022). Sběr hmyzu pro potraviny by byl ideální alternativou ke zvýšení produkce potravin a snížení tlaku škůdců v obdělávaných oblastech (Van Huis, 2018). Výhodou je zvýšená produktivita rostlinných potravin, zajištění dodatečných potravinových zdrojů (hmyz) a zlepšené přínosy pro zdraví a životní prostředí díky sníženému používání insekticidů (Yen, 2015). Na druhou stranu je nutné zmínit, že pokud by došlo k velkému rozvoji entomofágie, sběr hmyzu z přírodních stanovišť nebude možný z hlediska udržitelnosti i logistiky. Navíc by mohlo dojít ke snížení biodiverzity a kolapsu místního ekosystému, jelikož hmyz hraje zásadní roli v potravinovém řetězci, koloběhu některých látek atd. Proto je zásadní navrhnout vhodné druhy hmyzu pro tyto účely a vyvinout technologii pro faremní chov hmyzu, který bude schopen produkovat biomasu v potřebné kvalitě i kvantitě (Van Huis, 2018).

### 3.3 Evropská legislativa pro využití hmyzu jako potraviny

Zájem o konzumaci hmyzu celosvětově stále roste. Jedlý hmyz nesporně nabízí benefity jak z nutričního, tak environmentálního hlediska. Základní principy evropské legislativy týkající se hmyzu v potravinách jsou obecně založeny na zajištění bezpečnosti potravin, označování potravin, a stanovení standardů pro chov a zpracování hmyzu. Tato legislativa se vyvíjí v souladu s narůstajícím zájmem o hmyzí potraviny jako udržitelnou a efektivní formu bílkovinného zdroje.

Do 31. 12. 2017 nebyla v České republice konzumace hmyzu pro lidskou spotřebu legislativně upravena. U starého nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 nebylo jasné, zda hmyz pro lidskou spotřebu na trh uvádět lze a zda jej lze uvádět celý nebo jeho části apod. Této nejasné formulace některé země EU využily a uvádění hmyzu na trh stanovily podle vlastního hodnocení bezpečnosti. Mezi tyto země patří například Belgie, Nizozemsko nebo Francie (Pěchová, 2018).

Od 1. 1. 2018 je v EU platné nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283 o nových potravinách, které jasně definuje hmyz a výrobky z hmyzu jako novou potravinu ve smyslu tohoto nařízení. Hmyz a hmyzí produkty totiž nebyly tradiční součástí jídelníčku obyvatel EU před 15. 5. 1997 a splňují tím jednu z podmínek definice nové potraviny. Proto musí každý druh hmyzu projít schvalovacím procesem a hodnocením bezpečnosti podle tohoto nařízení před tím, než je uveden na trh. Nařízení (EU) č. 2015/2283, platné od 1.1. 2018, nahradilo nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a určuje, že se týká celých těl živočichů, včetně celého hmyzu (EAGRI, 2023).

Nařízení (EU) č. 2015/2283 stanovilo ve čl. 35 odst. 2 tzv. „přechodné období“, které umožňuje legalizovat všechny potraviny, které nepatřily do působnosti nařízení původního (nařízení (ES) č. 258/1997), byly tedy na trh uvedeny v souladu s právními předpisy, ale do působnosti nařízení (EU) č. 2015/2283 již spadají. Některé druhy hmyzu se dostaly na základě národních výjimek na vnitřní trh EU a čl. 35 nařízení (EU) č. 2015/2283 byly od 1. 1. 2018 legalizovány pro trh některých členských států (EAGRI, 2023).

Konkrétní druhy hmyzu, které byly v souladu s platnými vnitrostátními předpisy v některém z členských států uvedeny na trh před 1. 1. 2018, tak mohou být uváděny na trh do doby, než bude Komisí na základě podané žádosti o povolení nové potraviny nebo na základě

oznámení o tradiční potravine ze třetí země přijato rozhodnutí o všech žádostech pro daný druh hmyzu (žádost však musela být podána nejpozději do 2. 1. 2019). Možnost uvádět dané druhy hmyzu v rámci přechodných opatření je tak časově omezená. Po schválení všech podaných žádostí o povolení daného druhu hmyzu přechodné období pro daný druh skončí (EAGRI, 2023).

V rámci přechodných opatření nařízení (EU) č. 2015/2283 je možné uvádět na trh ČR celá či mletá těla jako potravinu u následujících druhů hmyzu:

- Cvrček domácí (*Acheta domestica*) – imago, larva
- Potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*) – larva
- Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) – imago, larva
- Potemník moučný – (*Tenebrio molitor*) – larva (EAGRI, 2023)

Držitelem povolení schválených žádosti, které obsahují ochranu dat, je pouze žadatel. Data jsou chráněna po dobu 5 let. Jiným subjektům tato skutečnost nebrání v podání vlastní žádosti o povolení stejného produktu na trh. Pokud žadatel nepožádal o pětiletou ochranu dat, bude povolení nové potraviny dle nařízení (EU) č. 2015/2283 obecné, platné pro všechny. To znamená, že o schválení nemusí žádat každý, stačí, aby žádost byla podána jedním subjektem. V případě schválení produktu bez ochrany dat může být produkt volně prodáván v rámci Evropské Unie a přechodné období pro daný druh hmyzu skončí (EAGRI, 2023).

### 3.4 Zpracování a ošetření hmyzu

Hmyz musí být před konzumací zvířaty nebo lidmi řádně ošetřen. V literatuře byly popsány následující varianty konzumace hmyzu: konzumace celého hmyzu, zpracování na moučku nebo pastu a extrakce specifických složek (Obopile & Seeletso, 2013). Když je hmyz konzumován celý, tradičními metodami přípravy jsou vaření v páře, vaření, pečení, smažení, spaření, uzení a zpracování čatní (Van Huis, 2017). Správné tepelné ošetření před konzumací může eliminovat většinu mikrobiologických rizik a je účinné, zejména proti *Enterobacteriaceae*, zatímco bakteriální spory nejsou ovlivněny (Illa & Yuguero, 2022). V případě drceného hmyzu je třeba dodržovat správné postupy skladování tak, aby nedošlo ke znehodnocení produktu vlivem kontaminace nebo vlivem abiotických faktorů (FAO, 2013). Správná hygiena musí být prováděna na základě odpovídajících manipulačních a skladovacích postupů, jako je zejména správná teplota, vlhkost a balení (FAO, 2013). Správné zacházení s hmyzem s potenciálním obsahem spor vyžaduje krátkodobé skladování při teplotě 5–7 °C. Tato teplota je také vhodná pro prevenci znehodnocení vařeného hmyzu, který zůstává stabilní po dobu delší než dva týdny (FAO, 2013).

V zemích, kde lidé jedli hmyz po tisíciletí, se během posledních desítek let stravovací návyky změnilly na více podobné západní stravě (FAO, 2013). Konzumace celého hmyzu je typičtější pro tropické země. Zatímco některý hmyz je konzumován kompletní, některých druhů hmyzu, jako jsou například sarančata, kobyly a dospělí brouci, jsou určité části jejich těla (zejména křídla nebo končetiny) před konzumací odstraňovány (Obopile & Seeletso, 2013). Co se týče samotné kulinářské úpravy, tak pro přípravu hmyzu již bylo vydáno mnoho kuchařek

(Papastavropoulou et al., 2022). Zpracování v drcené a pastovité formě se nejčastěji používá v zemích, kde spotřebitelé nejsou zvyklí jíst celý hmyz. Například v Evropě jsou produkovány tradiční potraviny z homogenizovaného hmyzu (placičky, párky, těstoviny a chléb). Mletí nebo drcení jsou běžné metody pro zpracování velkého množství produktů a často se používají pro přepracování hmyzu (Van Huis, 2013). V těchto formách je hmyz spotřebitelem lépe přijímán. Výsledné moučky a pasty se obvykle přidávají do jiných produktů s nízkým obsahem bílkovin, aby se zlepšila jejich nutriční hodnota. Tento směr využívání hmyzích potravin se úspěšně rozvíjí v mnoha zemích, kde jsou za tímto účelem vyvíjeny nové technologie (Papastavropoulou et al., 2022).

Extrakce některých nutričních složek z hmyzu je vhodnější ve společnostech, kde konzumace hmyzu nemá dlouhou tradici. Ve většině případů jsou z hmyzu extrahovány bílkoviny, ale lze extrahovat i tuky, chitin, minerály a vitamíny. Postupy pro produkci jednotlivých složek hmyzu byly dosud velmi nákladné a je zapotřebí dalšího vývoje nákladově efektivních a praktických metod pro možnost jejich komerčního využití (FAO, 2013).

Použití hmyzu jako potraviny přináší mnoho výhod. Ne všechny hmyzy je však bezpečný ke konzumaci. V rozvojových a méně rozvinutých zemích legislativa téměř neexistuje. Naproti tomu ve vyspělých zemích jsou formulovány a prováděny žaloby a stížnosti na kvalitu potravin (Belluco et al., 2017). Při výběru hmyzu pro lidskou spotřebu je třeba vzít v úvahu mikrobiální, chemická, fyzikální, alergenní, parazitární a toxikologická nebezpečí. Existují také rizika způsobená konzumací hmyzu v nevhodném vývojovém stádiu nebo nesprávnou kulinářskou přípravou. Četné studie identifikovaly různá rizika pro lidské zdraví v důsledku používání hmyzu v potravinách (Akhtar & Isman, 2017). Mnoho vědců hlásilo alergické reakce po konzumaci různého hmyzu, ale na druhou stranu fatální případy v souvislosti s konzumací hmyzu nejsou známy (Garino et al., 2020).

### 3.5 Historie hmyzu jako potraviny

Hmyz představuje nejen hlavní zdroj potravy pro volně žijících živočichy, ale je také často konzumován lidmi v mnoha částech světa (Van Huis, 2015). Je známo, že jak předkové *Homo sapiens*, tak primitivní společenstva konzumovali hmyz jako běžnou složku svojí potravy (Van Huis, 2017). Předtím, než si lidé osvojili nástroje pro lov, byl hmyz důležitou součástí jejich jídelníčku, o čemž svědčí koprolity starověkých lidí (McDonough, 2019). Na Blízkém východě a v Číně se lidé živili hmyzem již před tisíci lety (Papastavropoulou et al., 2022). V mnoha tropických částech světa (Asie, Afrika, Jižní Amerika) je hmyz součástí jejich jídelníčku i dnes (Raheem et al., 2019). K popisu procesu požívání hmyzu jako potravy je používán termín "entomofágie" (Gahukar, 2011). První známá zmínka o entomofágii v Evropě je přítomna v díle Aristotela (Akhtar & Isman, 2017). Hmyz konzumovali také staří Římané a lidé různých náboženství, jako jsou křesťané, židé, judaisté a muslimové (Papastavropoulou et al., 2022). Ve středověkých literárních dílech existuje mnoho zmínek o používání hmyzu jako potravy (Shin et al., 2018).

Knihy Vincenta Holta "Proč nejíst hmyz?" z roku 1885 je jedna z prvních publikací souvisejících s entomofágií ve Spojených státech, která byla do roku 2018 mnohokrát přetištěna (Ruskova et al., 2023).

V současnosti jsou nejčastěji konzumovaným hmyzem cvrčci (*Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllodes sigillatus*, *G. bimaculatus*, *G. locorojo*), zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), kobylka *Ruspolia differens*, saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), potemníci *Tenebrio molitor* a *Alphitobius diaperinus*, moucha domácí (*Musca domestica*) a bráněnka (*Hermetia illucens*) (Cortes Ortiz et al., 2016). Suchozemského jedlého hmyzu je 88 %, zatímco 12 % je vodní hmyz (Yen, 2015). Hmyz patřící do různých řádů je konzumován v různých fázích životního cyklu. Rozmanitost a hojnost hmyzu je obvykle vyšší v subtropických a tropických oblastech světa, takže většina lidí, kteří konzumují hmyz, se nachází převážně v těchto oblastech (FAO, 2013). Čína, Japonsko a Mexiko jsou jedinými státy v mírném podnebném pásu, kde je entomofágie praktikována ve větší míře (Papastavropoulou et al., 2022).

### 3.5.1 Rizika entomofágie

Pojídání hmyzu v mnoha oblastech a zemích během lidské evoluce bylo běžné. Hmyz historicky byl a stále je důležitým zdrojem živin v některých částech světa. Hlavní překážkou lidské konzumace hmyzu je především kultura. Vzhledem k tomu, že ideologie ovlivňuje naše vnímání hmyzu jako potravy více než přínosy a kulturní přesvědčení představuje problém ohledně zahrnutí hmyzu do jídelníčku (Illa & Yuguero, 2022).

Bezpečnost potravin je jedním z nejdůležitějších faktorů, má zvláštní význam při práci s novými zdroji potravin. V souvislosti s jedlým hmyzem existují čtyři způsoby, jak mohou vzniknout rizika pro bezpečnost potravin: hmyz sám o sobě může být toxický, hmyz může během svého životního cyklu získat toxické látky nebo patogeny, hmyz se může po sklizni zkažit a spotřebitelé mohou dostat alergickou reakci na hmyz (Van Huis, 2016).

Chyby v živočišné výrobě by měly sloužit jako ponaučení pro kontrolu chorob hmyzu. Strategie zvládnání nemocí by měly být především preventivní. Tento proces musí zajistit bezpečnost produktu a zachovat jeho nutriční hodnotu. Měly by být vyvinuty konzervační metody, jako je UV záření, silážování nebo vysoký tlak, které by měly maximalizovat eliminaci možnými kontaminanty (Illa & Yuguero, 2022).

Používání hmyzu jako potravy vede k potenciálním mikrobiologickým rizikům, protože hmyz může být přenašečem mikroorganismů patogenních pro lidi, zvířata a rostliny (Schlüter et al., 2017). Hmyz nabízí kompatibilní prostředí pro růst nebo přežití bakterií, pokud nejsou zavedena adekvátní preventivní léčebná opatření (Gałęcki et al., 2023). Patogeny, které touto cestou mohou být přenášeny, jsou hlavně viry, bakterie, prvoci a houby. Patogenní mikroorganismy specifické pro hmyz jsou však považovány za neškodné pro člověka kvůli jejich vysokému stupni tkáňového tropismu, takže mohou pravděpodobně kolonizovat pouze hmyzí buňky nebo tkáně. Přesto existují výjimky u některých zástupců rodu *Rickettsia*.

### 3.5.2 Nutriční hodnota hmyzu

Jedlý hmyz má často srovnatelný nebo vyšší obsah bílkovin než jiné živočišné a rostlinné potraviny (hovězí, kuřecí, ryby, sója, kukuřice) (Stull et al., 2019). Dobrým příkladem je velká jedlá housenka druhu *Gonimbrasia belina*, známá jako „mopane“ z Jihoafrické

republiky, která v sušině obsahuje 64 % bílkovin, což je více než maso a ryby (Papastavropoulou et al., 2022). Mnoho druhů hmyzu navíc poskytuje dobrý zdroj bílkovin, minerálů, vitamínů a energie, má vysoký obsah esenciálních aminokyselin a mastných kyselin (včetně MUFA a PUFA) a dostatek vápníku, železa a zinku. Kromě toho jsou bohaté na různé mikroživiny, jako je měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen, zinek, riboflavin, kyselina pantotenová, biotin a v některých případech kyselina listová (Rumpold & Schlüter, 2013). Nutriční složení jedlého hmyzu se může značně lišit v závislosti na druhu, životní fázi hmyzu, prostředí a stravě. Například v Nigérii mají kobylky krmené otrubami, které obsahují vysoké množství esenciálních mastných kyselin, téměř dvojnásobný obsah bílkovin než kobylky krmené kukuřicí (FAO, 2013).

### 3.5.2.1 Bílkoviny

Poměr bílkovin k tělesné hmotnosti je u veškerého hmyzu velmi vysoký, přičemž průměr je vyšší než u hovězího, vepřového masa nebo zeleniny bohaté na bílkoviny. Mnoho druhů se navíc blíží hodnotám ryb, které jsou v současné době nejbohatší potravinou v naší stravě. Obsah bílkovin jedlého hmyzu se pohybuje od 400 do 750 g/kg sušiny, zatímco obsah bílkovin vajec a mléka je 540,7 g/kg a 302,8 g/kg (Nowak et al., 2016). Stravitelnost bílkovin se velmi liší, protože kutikulární protein je vázán na chitin, jenž tvoří exoskelet hmyzu (Illa & Yuguero, 2022).

Jedlý hmyz obecně splňuje požadavky WHO (Světová zdravotnická organizace) na aminokyseliny, s vysokými hladinami fenylalaninu + tyrosinu a je někdy bohatý na tryptofan, lysin a threonin (Van Huis, 2016). Jedná se tedy o vysoce kvalitní bílkoviny, protože obsahují esenciální aminokyseliny, které si člověk nedokáže syntetizovat a musí je přijímat ze stravy (Xia et al., 2012).

### 3.5.2.2 Lipidy

Po bílkovinách tvoří tuk druhou nejdůležitější živinu jedlého hmyzu, a to nejčastěji v rozmezí od 13 % do 33 % (Hawkey et al., 2021). Obsah mastných kyselin a složení lipidů u hmyzu souvisí s druhem, pohlavím, životním stádiem, stravou a, například s teplotou prostředí (Jantzen et al., 2020). Mastné kyseliny hmyzu jsou srovnatelné s mastnými kyselinami drůbeže a ryb v nenasyčených hladinách, ale obsahují více PUFA (Hawkey et al., 2021).

### 3.5.2.3 Sacharidy

Stejně jako většina živočichů má jedlý hmyz vysoký obsah bílkovin a lipidů, ale nízký obsah sacharidů. Průměrný obsah sacharidů v jedlém hmyzu se pohybuje od 6,71 % do 15,98 % (Hong et al., 2020). Hmyzí sacharidy existují především ve dvou formách: chitin a glykogen. První z nich je hlavní složkou exoskeletu, zatímco druhý je zdrojem energie uložené ve svalových buňkách a tkáních. Chitin je sacharid na bázi dusíku a nachází se v exoskeletu většiny hmyzu jako polymer N-acetylglukosaminu s dlouhým řetězcem. Obsah chitinu se pohybuje od



2,7 do 49,8 mg/kg v čerstvé hmotnosti a 11,6 až 137,2 mg/kg v sušině. Není jasné, zda lze chitin považovat za pozitivní nebo negativní složku potravy u hmyzu. Mezi jeho pozitivní vlastnosti patří to, že je antioxidantem, má protirakovinné vlastnosti a je protizánětlivý. Naopak ale může mít i antinutriční účinky, protože může vázat různé makromolekuly, které tak činí ve střevě nestravitelnými (Nowak et al., 2016).

#### 3.5.2.4 Mikroživiny

Pokud jde o vitamíny, hmyz má obecně nízký obsah retinolu, ale má vysoký obsah riboflavinu (B2), kyseliny pantotenové (B5), biotinu (B7) a v některých případech kyseliny listové (B9). Hmyz také obsahuje vysoké množství draslíku, vápníku, železa, hořčíku a selenu. V porovnání s konvenčními zdroji obsahuje hmyz více železa a vápníku než hovězí, vepřové a kuřecí maso (Nowak et al., 2016).

Pokud jde o vitamín B12 (kobalamin), byly studovány různé druhy, jako je moučný červ, kobylka, cvrček a šváb. Hodnoty vitamínu u tohoto různého hmyzu se pohybovaly od 0,84 do 13,21  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny, což je srovnatelné s jinými komoditami živočišného původu, jako je například vepřové maso (1,0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) nebo makrela (9,0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ). Jelikož vitamín B12 není obsažen v potravinách rostlinného původu, může hmyz významně přispět k nutričním potřebám skupin osob, které z etických důvodů odmítají jíst maso, ale hmyz je pro ně přijatelný (Schmidt et al., 2019).

### 3.6 Hmyz jako krmivo

Poptávka po krmivu pro zvířata se zvyšuje, protože rostoucí lidská populace vyvíjí tlak na přírodní zdroje a ekosystém, aby produkovaly živočišné bílkoviny (Verbeke et al., 2015). Mnoho různých zvířat, jak hospodářských, tak domácích, se příležitostně nebo výlučně živí hmyzem (kočky, psi, prasata, ptáci, ryby, plazi) (Li et al., 2020). Druhy hmyzu, které jsou nejvhodnější pro výrobu krmiv, jsou především larvy bráněnek (*Hermetia illucens*), larvy mouchy domácí (*Musca domestica*), bourec morušový (*Bombyx mori*), cvrčci (*Gryllodes sigillatus*, *Gryllus bimaculatus*, *Acheta domesticus*), larvy potemníků (*Zophobas atratus*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), larvy zlatohlávka konžského (*Pachnoda marginata peregrina*), zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), švábi (*Blaptica dubia*, *Nauphoeta cinerea*) a termiti (*Kaloterme flavicollis*) (Lock et al., 2018).

### 3.7 Hmyz v ekologickém zemědělství

Hmyz hraje klíčovou roli v ekologickém zemědělství. Může být využit jako součást biologické kontroly škůdců, která minimalizuje použití chemických pesticidů. Mnoho druhů hmyzu, jako jsou včely, motýli a brouci, jsou důležití opylovači, což zlepšuje úrodu a biodiverzitu.

Integrace hmyzu do ekologického zemědělství vyžaduje strategické plánování a podporu ze strany zemědělců, výzkumníků a politiků. Inovativní přístupy, jako je vytváření biodiverzitních prvků v krajině a podpora prostředí „přátelských“ druhů hmyzu, mohou být klíčem k úspěšnému využití hmyzu v ekologickém zemědělství.

Mimo toto „tradiční“ využití hmyzu, hmyz představuje inovativní a udržitelný zdroj potravy v rámci ekologického zemědělství. Má potenciál významně přispět k udržitelnosti a diverzifikaci stravy, zatímco zároveň minimalizuje ekologickou stopu zemědělství. Mnoho druhů jedlého hmyzu, jako jsou cvrčci a kobylky je bohatých na bílkoviny, tuky, minerály a vitamíny. Tyto živiny jsou zásadní pro lidský organismus a mohou poskytnout vyvážený a zdravý příspěvek k stravě. Produkce hmyzu vyžaduje v porovnání s konvenčními zemědělskými produkty méně vody, půdy a krmiva. Navíc hmyz má nižší uhlíkovou stopu a produkuje méně skleníkových plynů, což je v souladu s cíli udržitelnosti.

Zahrnutí faremního chovu jedlého hmyzu do ekologického zemědělství může podpořit biodiverzitu a poskytnout ekosystémové služby, jako je opylování a kontrola škůdců, což zlepšuje celkovou stabilitu agroekosystémů. Tato integrace vyžaduje vzdělání, výzkum a podporu ze strany spotřebitelů, producentů a vládních institucí. S rostoucím povědomím o udržitelnosti a potravinové bezpečnosti se jedlý hmyz stává stále atraktivnější alternativou k tradičním zemědělským produktem, a to jak z ekologického, tak i z výživového hlediska (Van Huis, 2013).

### **3.7.1 Ekologické aspekty chovu hmyzu**

Velkou měrou k popularizaci chovu hmyzu pomáhají ekologické aspekty chovu a jednoduchost produkce. Vertikální chov hmyzu, nenáročný na prostor, je dnes téměř samozřejmostí. Hmyz nejen že vyžaduje mnohem méně plochy pro chov, a zabírá tím tedy méně půdy, na které je možné pěstovat plodiny, ale potřebuje také méně vody a krmiva. Vysoká reprodukční schopnost a krátký životní cyklus pak předčí všechna hospodářská zvířata. Hmyz je schopen konvertovat potravu na maso mnohem efektivněji než některá tradiční zvířata. Mají jeden z nejvyšších podílů konverze krmiva na hmotnost těla (Entoway, 2022).

### **3.7.2 Skleníkové plyny a jedlý hmyz**

Produkce skleníkových plynů jako příčina změny klimatu je považována za jeden z největších problémů, kterým společnost v současné době čelí. Chov hospodářských zvířat je často spojován s produkcí skleníkových plynů – oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného. Tyto plyny mají dopad na životní prostředí a následnou změnu klimatu. V živočišném sektoru dochází přibližně k produkci 9 % oxidu uhličitého, 35-40 % metanu a 65 % oxidu dusného. Metan je přirozeným plynem vznikající fermentací potravy u přežvýkavců, dále je pak produkován ve statkovém hnoji spolu s oxidem dusným. Z prvotní studie o produkci skleníkových plynů u hmyzu vyplývají pozitivní výsledky. Emise skleníkových plynů hmyzu, vyjádřené na kg přírůstku je oproti skotu pouhé 1 %. Emise amoniaku (amoniak přispívá k emisím oxidu dusného) byly také velmi nízké a u některých druhů hmyzu dokonce nebyly

prokázány vůbec. To je také jeden z hlavních důvodů, proč se v současné době uvažuje o využití jiných zdrojích živočišných bílkovin, jako je například jedlý hmyz (Entoway, 2022).

### 3.7.3 Využití odpadních surovin při chovu hmyzu

Odborných studií, které zkoumají ekologickou stránku chovu hmyzu přibývá. Včetně těch, které se snaží experimentovat s chovem hmyzu na odpadních surovinách ze zemědělství nebo potravinářství jako jsou třeba i nespotřebované potraviny z obchodních řetězců. Toto využívání odpadů zapadá do tzv. cirkulární ekonomiky, která je pro naši budoucnost nezbytná. Nicméně je třeba podotknout, že hospodářská zvířata používaná pro lidskou spotřebu dle evropské legislativy nesmí být krmena necertifikovaným krmivem ani odpadem. Krmiva jsou pod přísnou kontrolou a musí splňovat spoustu hygienických zásad a mimo jiné musí být dodavatel krmiv registrován u kontrolních úřadů. Valorizace neboli zhodnocování odpadů, za pomoci hmyzu však bude mít v budoucnu určitě také své místo při vývoji rentabilního faremního chovu hmyzu (Entoway, 2022).

## 3.8 Cvrček domácí

### Taxonomické zařazení cvrčka domácího

Říše: Živočichové (Animalia)  
Kmen: Členovci (Arthropoda)  
Podkmen: Šestinozí (Hexapoda)  
Třída: Hmyz (Insecta)  
Podtřída: Křídlatí (Pterygota)  
Řád: Rovnokřídlí (Orthoptera)  
Podřád: Kobylky (Ensifera)  
Nadčeleď: Cvrčci (Grylloidea)  
Čeleď: Cvrčkovití (Gryllidae)  
Rod: Cvrček (*Acheta*)  
Druh: Domácí (*Domesticus*)

Cvrček domácí (*Acheta domesticus*) je druh cvrčka, který patří do čeledi cvrčkovitých (Gryllidae). Je středně velký a kosmopolitně rozšířený. Jedná se o noční hmyz s proměnou nedokonalou, který se ve dne ukrývá nejčastěji ve škvírách, štěrbinách nebo pod podlahou (Mariod et al., 2017).



Obrázek 1: *Acheta domestica* – samička (zdroj: Jan Zima)

### 3.8.1 Výskyt

Cvrček domácí původně pochází z jihozápadní Asie, ale byl zavlečen do mnoha částí světa, částečně i kvůli využívání pro krmení různých zvířat a také v oblasti vědeckého výzkumu. Ve Spojených státech se vyskytuje všude tam, kde se prodává, ale ve zdivočelých populacích přežívá pouze na východě Spojených států a v jižní Kalifornii. Hmyz je celosvětově rozšířen v Evropě, severní Africe, západní Asii, na indickém subkontinentu, v Kanadě, USA, Mexiku a v Austrálii (Mariod et al., 2017).

### 3.8.2 Morfologie

Cvrček domácí má obvykle šedou nebo hnědavou barvu, má tělo pokryté tvrdou vnější kutikulou, nazývanou také exoskelet. Tělo je rozděleno na tři části: hlavy, hrudníku a zadeček. Na hlavě jsou složeny oči, které cvrčkům umožňují vnímat světlo a pohyby kolem nich, tykadla slouží k hmatu a vnímání prostředí. Hrudník cvrčka má tři segmenty, na kterých jsou končetiny a křídla. Každý segment hrudního článku nese jeden pár končetin. První a druhý pár nohou slouží k chůzi, třetí pár je přizpůsoben k pohybu umožňující skákání. Každá končetina končí drápky, které cvrčkům umožňují držet se na povrchu. Křídla cvrčka jsou blanitá, což znamená, že jsou tvořena tenkým, průhledným materiálem, který je natažen mezi žilnatinou. Křídla umožňují cvrčkům letět, ačkoli nejsou obvykle dobří letci a spíše preferují skákání. Zadeček cvrčka obsahuje vnitřní orgány a pohlavní orgány.

Samec bývá obvykle menší než samice a může měřit kolem 13 až 18 milimetrů, přičemž samice mohou dosahovat délky kolem 16 až 22 milimetrů. Samci a samice vypadají podobně, ale samice mají ze zadní části abdomenu vyrůstající kladélko, dlouhé asi 12 mm. Kladélko je hnědočerné a je obklopeno dvěma přívěsky. U samic jsou také nápadnější článkovité štěty

(cerci). Všichni cvrčci domácí mají v dospělosti dlouhá křídla. Nymfy připomínají dospělé, ale nemají křídla (Mariod et al., 2017).

### 3.8.3 Potrava

Cvrčci jsou všežravci a v chovu se obvykle krmí ovesnými vločkami, pšeničným šrotem, piškoty, strouhankou a rozdrčenými psími nebo kočičími granulami. Dále je přidávána čerstvá zelenina a ovoce, které jsou pro ně i výborným zdrojem vody. Pokud cvrčci dostávají každý den kousek ovoce nebo zeleniny, nemusí být v chovné nádrži miska na vodu. Osvědčenými zdroji vody jsou jablka, citrusy, okurka, rajče, hlávkový salát, čínské zelí, mrkev a pampeliškové listy (Balcárková, 2015). Při chovu ve větším měřítku ovšem není výhodné používat ovoce a zeleninu, jelikož nezkonsumované zbytky mohou být zdrojem plísní a atraktantem pro nechtěné druhy hmyzu. Proto se nejčastěji k tomuto účelu používají sypké krmné směsi a voda je dodávána ve formě hydrogelu nebo ve speciálně upravených napáječkách (Balcárková, 2015).

### 3.8.4 Chovné nádrže

Jako ideální příbytek pro smíšený chov cvrčků poslouží plastová krabice s víkem o velikosti 50 × 40 × 30 cm nebo skleněná akvária, k nimž se vyrobí kryt z pletiva s jemnými oky. Častou příčinou neúspěchu chovu je příliš vysoká vlhkost, které lze zabránit malými větracími otvory po stranách plastové krabice a na víku. Hrozí-li, že by skrze větrání mohl cvrček uniknout, pomůže oblepit vnitřní strany krabice a víka muším pletivem. Dno nádrže lze vysypávat buď pískem nebo vystlat papírovými ubrousky. Oboje má své výhody. Pozitivum při použití písku je, že nezadržuje vlhkost. Znečištěné papírové ubrousky za pár korun se zase snadněji vyměňují. Vnitřní vybavení nádrže vytvoří kartonová plata od vajíček ve svislé poloze, která zajistí dostatek úkrytů pro jednotlivá stádia, a zároveň se trus nebude držet na platech, ale propadne na dno. Potrava pro cvrčky se podává v malých keramických miskách nebo ve víčkách od zavařenin. Ve velkých chovech se používají i napáječky. V hluboké misce by se cvrčci zbytečně utopili, proto se do nich vkládá kousek molitanu, vata nebo přírodní buničina. Na trhu je také k dostání speciální prášek z mořských řas, který se rozmíchá ve vařící vodě. Po několika minutách směs ztuhne v bezpečný vodní gel, který je podáván v nádobách adekvátní velikosti (Balcárková, 2015).

### 3.8.5 Odchov

Reprodukce cvrčků velmi závisí na okolní teplotě. Při běžné pokojové teplotě se nerozmnožují, tudíž se ubikace musí vyhřívat na teplotu 28–30 °C pomocí žárovek 12 W nebo topnými kabely 25 W. Do nádrže se vkládá nádobka pro kladení vajíček v podobě plastové krabičky. Dalšími alternativami jsou libovolné plechové i skleněné nádoby vysoké maximálně 5 cm. Jako substrát do nádobek se používá mírně vlhká rašelina nebo lignocel. V suchém substrátu vajíčka přeschnou. Vrešní část nádob se zabezpečuje muším pletivem v rozměrech krabičky, samice pohodlně nakladou vajíčka do substrátu dlouhým kladélkem. Pletivo zároveň chrání vajíčka před dospělými cvrčky, kteří se rádi v substrátu hrabou, a tak by mohli vajíčka poškodit nebo nakousat. Po nakladení vajíček se nádobka přemísťuje do samostatné nádrže se stejnou teplotou a pravidelně se kontroluje vlhkost substrátu. Po 10–14 dnech se líhnou první

cvrčci (Balcárková, 2015). Vývoj do dospělého stadia trvá přibližně 45 dní a zahrnuje 8 až 10 instarů. Zárodky křídel se začínají objevovat u subadultních jedinců přibližně měsíc po vylíhnutí. Po dosažení dospělosti začínají cvrčci vykazovat pohlavní aktivitu během 24 až 72 hodin (Mccluney & Date, 2008).

### 3.8.6 Výživové hodnoty

Obsah bílkovin v sušině dospělých cvrčků domácích se nejčastěji pohybuje v rozmezí 64,4-70,8 %, což je ve srovnání s ostatním jedlým hmyzem relativně vysoké číslo. Obsah lipidů u dospělých cvrčků je 18,6-22,8 %, zatímco obsah vlákniny se pohybuje v rozmezí 16,4-19,1 %. Hrubé bílkoviny a tukové složky jsou v sušině vysoké (82-92 %), což z cvrčka činí dobrý zdroj bílkovin a oleje, který může být doplňkem tukových a bílkovinných potravin.

Hlavní mastné kyseliny dospělých cvrčků jsou kyselina linolová (30-40 % z celkového počtu mastných kyselin), olejová (23-27 %), palmitová (24-30 %) a stearová (7-11 %). V menším množství se vyskytují kyseliny palmitolejová (3-4 %) a linoleová (<1 %). Složení mastných kyselin v lipidech cvrčků odpovídá mastným kyselinám v lipidech stravy, ale není s nimi totožné: kyselina linolová (53 %), olejová (24 %), palmitová (15 %), stearová (3 %) a linoleová (2 %)

Obsah vápníku je 132-210 mg/100 g, draslíku 1 126,6 mg/100 g, hořčíku 109,42 mg/100 g, fosforu 957,8 mg/100 g, sodíku 435,0 mg/100 g, železa 11,23 mg/100 g, zinku 21,79 mg/100 g a manganu 3,73 mg/100 g.

Analýza vitamínů u cvrčka domácího ukázala, že dospělci obsahují vysoké množství vitamínů A, E, C a komplexu vitamínů B. Celkové množství esenciálních aminokyselin u dospělého cvrčka domácího bylo 396,8 mg/g bílkovin, zatímco neesenciálních aminokyselin bylo 412,8 mg/g. Tato množství jsou ve srovnání s jiným hmyzem velmi vysoká (Mariod et al., 2017).

## 3.9 Vedlejší produkty potravinářského průmyslu

Vedlejší produkty potravinářského průmyslu představují širokou škálu nevyužitých nebo vedlejších materiálů, které vznikají během výrobního procesu potravin. Tyto vedlejší produkty mají potenciál stát se cenným zdrojem pro další využití v různých odvětvích, a to jak v potravinářství, tak i v jiných průmyslových odvětvích. Z hlediska udržitelnosti a efektivního využívání zdrojů nabývá téma vedlejších produktů v potravinářském průmyslu stále většího významu. Tato problematika nejenže nabízí ekonomické výhody pro průmyslová odvětví, ale může také přispět k snižování odpadu a podporovat ekologicky šetrné postupy.

### 3.9.1 Pivovarské kvasnice a mláto

Za nejcennější vedlejší produkty při výrobě piva jsou považovány sladové mláto a pivovarské kvasnice. Sladové mláto se získává po oddělení zcukřeného rmutu. Mláto je považováno za velmi cenné krmivo. Pokud není zajištěn okamžitý odbyt, konzervuje se sušením nebo ojediněle silážováním. Pivovarské kvasnice mají vysoký obsah lysinu, vitamínů

skupiny B a minerálních látek. Dále je pak možné je využít ve farmaceutickém průmyslu, k výrobě kosmetických přípravků (Šachlová, 2010).

Zbývající odpady z výroby piva – chmelové mláto (chmel oddělený od mladiny), hořké kaly (odpadající při chlazení mladiny) a pěnové příkrývky (sbírané z povrchu kvasící mladiny) se pro svůj vysoký obsah hořkých látek nehodí ke zkrmování, proto se likvidují kompostováním (Šachlová, 2010).

### **3.9.2 Jablečné výlisky**

Z konzervářské výroby odpadá velké množství různých vedlejších produktů a odpadů: výlisků, slupek, dřenež, jader, pecek a dalších odpadů. Významným vedlejším produktem jsou výlisky po lisování ovocných šťáv. Největší objem tvoří jablečné výlisky, které kromě zkrmování je možné použít i k výrobě jablečného pektinu. Všechny výlisky lze zkrmovat v čerstvém stavu nebo je možné je stabilizovat sušením (Šachlová, 2010).

### **3.9.3 Premixy**

Premixy jsou směsi jedné nebo více doplňkových látek (např. aminokyseliny, vitamíny a mikroprvky) s krmnými surovinami (pšeničná mouka, mletý vápenec) nebo vodou, použitými jako nosiči, které nejsou určeny pro přímé krmení zvířat. V roce 2022 dosáhla spotřeba premixů krmných aditiv pro výrobu krmných směsí 16 040 t. V porovnání s rokem 2021 došlo ke snížení spotřeby o 1495 t (8,53 %) a s rokem 2020 o 2134 t (12,1 %) (EAGRI, 2023).

Povolené doplňkové látky pro výživu zvířat, dle nařízení (ES) č. 1831/2003, jsou např.: stimulanty růstu, antioxidanty, emulgátory, stabilizátory, zahušťující a želírující látky a barviva, konzervanty, vitamíny, provitamíny, stopové prvky, pojiva, regulátory kyselosti, mikroorganismy, enzymy (Hortová, 2008).

## 4 Metodika

### 4.1 Chov cvrčka domácího

#### 4.1.1 Podmínky chovu

Cvrčci domácí byli chováni v insektáriu umístěném v budově Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů v kampusu České zemědělské univerzity v Praze (FAPPZ ČZU). Chovná zařízení pro cvrčky byla uložena v regálovém systému a skládala se z plastových boxů s hladkou stěnou o rozměrech  $57 \times 39 \times 28$  cm s objemem 45 litrů. Tyto boxy byly opatřeny plastovým víkem, vybaveným hliníkovým pletivem s otvory pro dostatečný přísun vzduchu a ochranu před případnou kontaminací létajícím hmyzem a pavouky. Víka také zabraňovala útěku cvrčků z chovných boxů. Na dno nádrže byly ve vodorovné poloze vloženy kartonové proložky od slepičích vajec, které sloužily jako úkryt a zvětšovaly prostor pro cvrčky. Zároveň umožnily propadnutí trusu na dno. Teplota v insektáriu byla udržována konstantní na  $27 \pm 1$  °C, vlhkost vzduchu  $RH = 30-40$  % a světelný režim nastaven na 12:12. V každém chovném boxu byly umístěny dvě Petriho misky s hydrogelem od společnosti AG servis s.r.o., Česká republika, který cvrčkům nahrazoval vodu, a nehrozilo zde, že se utopí. Kromě toho každý box obsahoval dvě další Petriho misky, ve kterých bylo uloženo krmivo pro cvrčky.

Chovný box s cvrčky lze vidět na Obrázcích 2 a 3. Na začátku tohoto pokusu byli čerstvě vylíhlí cvrčci ve věku do 24 hodin zváženi ( $\sim 0.75$  g viz Tabulka 1) a rozděleni do čtyř chovných skupin po třech opakováních (celkem bylo 12 pokusných boxů). Každá chovná skupina byla krmena jinou směsí (konvenční krmná směs pro brojlerová kuřata s premixem označená K+, konvenční krmná směs pro brojlerová kuřata bez premixu označená K-, experimentální krmná směs s premixem označená P+, experimentální krmná směs bez premixu označená P-). Po 59 dnech od založení pokusu byli cvrčci usmrceni mrazem a připraveni na další analýzy. Před sklizením byli po dobu 24 hodin lačnění. V rámci hladovění byl odebrán substrát a ponechána jen Petriho miska s hydrogelem a vaječné proložky. Vyhladovělí cvrčci byli umístěni do malé plastové krabičky a usmrceni zmražením při teplotě  $-80^{\circ}\text{C}$ . Dále byli podrobeni nutričním analýzám pro obsah bílkovin, sušiny, tuků a popelovin. Porovnána byla i konverze krmiv a hmotnost sklizené biomasy.





Obrázek 2: Chovné boxy s cvrčky v insektáriu na ČZU (Foto: Autorka práce)



Obrázek 3: Chovný box s cvrčky (Foto: Autorka práce)

Tabulka 1: Navážky cvrčků

Krmivo	K+			K-		
Skupina	2	3	4	5	6	7
Navážka cvrčků (g)	0.7268	0.7449	0.7509	0.7346	0.7513	0.7566

Krmivo	P -			P+		
Skupina	8	9	10	11	12	13
Navážka cvrčků (g)	0.763	0.755	0.764	0.76	0.741	0.769

*K+*: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, *K-*: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, *P+*: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, *P-*: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

#### 4.1.2 Krmení

Na začátku pokusu byli cvrčci zvázeni a rozděleni do 4 skupin: skupina K+ (2-4), skupina K- (5-7), skupina P- (8-10) a skupina P+ (11-13). Složení krmných směsí skupin K+, K-, P- a P+ je popsáno v Tabulce číslo 2. Obsah živin v 1 kg krmné směsi pro tyto skupiny je popsán v Tabulkách 3 a 4.

Tabulka 2: Složení krmných směsí

Krmivo	Suroviny	Proc. Zast.
P-	Kvas. Torula	15%
	Pivovarské mláto 19,4 NL	50%
	Jablečné výlisky 4,7 NL	35%
P+	Kvas. Torula	16%
	Pivovarské mláto 19,4 NL	48%
	Jablečné výlisky 4,7 NL	35%
	Premix BR - výkrm	1%
K-	Pšenice Van. 2018 13,3	85,5%
	Sójový extrahovaný šrot 47,5	14,5%
K+	Pšenice Van. 2018 13,3	84%
	Sójový extrahovaný šrot 47,5	15%
	Premix BR - výkrm	1%

K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

Tabulka 3: Obsah živin v 1 kg krmné směsi skupin P- a P+

Krmivo	Živiny	Obsah g/1 kg	Krmivo	Živiny	Obsah g/1 kg
P-	NL	180,304 g	P+	NL	181,015 g
	Lysin	9,930 g		Lysin	11,400 g
	Methionin	3,041 g		Methionin	4,439 g
	MET+CYS	5,632 g		MET+CYS	5,600 g
	Threonin	8,481 g		Threonin	8,536 g
	Tryptofan	2,222 g		Tryptofan	2,209 g
	Arginin	7,510 g		Arginin	7,591 g
	K.Linolová	15,544 g		K.Linolová	14,951 g
	Vápník	2,711 g		Vápník	3,697 g
	P nefyt.	2,577 g		P nefyt.	3,524 g
	Sodík	1,513 g		Sodík	1,482 g
	Chlor	0,802 g		Chlor	0,779 g

P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

Tabulka 4: Obsah živin v 1 kg krmné směsi skupin K- a K+

Krmivo	Živiny	Obsah g/1 kg	Krmivo	Živiny	Obsah g/1 kg
K-	NL	183,032 g	K+	NL	183,437 g
	Lysin	7,695 g		Lysin	9,074 g
	Methionin	2,371 g		Methionin	3,779 g
	MET+CYS	8,583 g		MET+CYS	8,577 g
	Threonin	9,204 g		Threonin	9,273 g
	Tryptofan	2,186 g		Tryptofan	2,195 g
	Arginin	9,605 g		Arginin	9,678 g
	K.Linolová	7,870 g		K.Linolová	7,767 g
	Vápník	0,822 g		Vápník	1,824 g
	P nefyt.	1,118 g		P nefyt.	1,908 g
	Sodík	0,258 g		Sodík	0,259 g
	Chlor	0,489 g		Chlor	0,484 g

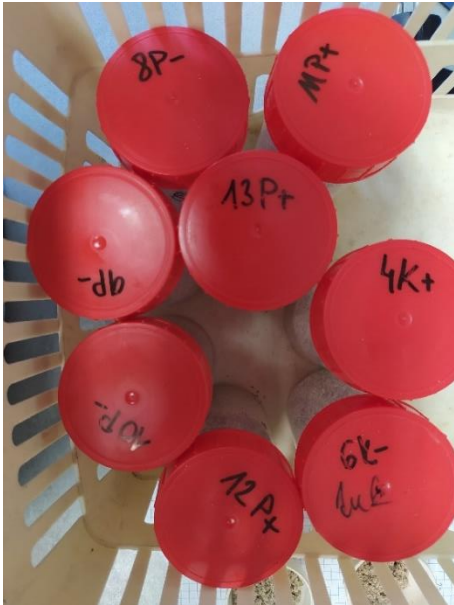
K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu.

Po dobu pokusu byly směsi skladované odděleně ve čtyřech barelech s víčky s označením: K+, K-, P+ a P-. Zdroj vody byl cvrčkům doplňován dle potřeby.

## 4.2 Laboratorní analýzy

### 4.2.1 Zjištění hmotnosti *Acheta domesticus*

Před provedením laboratorních analýz byly plastové šroubovací vzorkovnice s jednotlivými skupinami zmražených cvrčků vyndány z mrazícího boxu a sklizená biomasa byla vážena na analytických vahách (KERN, Balingen). Zároveň bylo individuálně zváženo náhodných 20 jedinců z každé skupiny.



Obrázek 4: Plastové šroubovací vzorkovnice se zmraženými cvrčky (Foto: Autorka práce)



Obrázek 5: Analytická váha KERN se vzorkem (Foto: Autorka práce)

### 4.2.2 Lyofilizace a homogenizace

Lyofilizace se provádí za účelem odstranění vlhkosti ze vzorku. Vzorky určené k lyofilizaci byly umístěny do lyofilizačního přístroje ScanSpeed MaxiVac (LaboGene, Dánsko), do něhož byly uloženy vzorky v uzavřených nádobách, předtím zmražené na teplotu  $-80^{\circ}\text{C}$ . V tomto přístroji vzorky zůstaly po dobu 72 hodin při teplotě  $25^{\circ}\text{C}$ , ve tmě, při 200 otáčkách za minutu a při tlaku 1–5 milibarů. Před vážením byla nádoba, její víčko a nezpracovaný hmyz v ní váženy na analytických vahách. Po lyofilizaci byla opět zvážena nádoba, víčko i lyofilizovaný hmyz. Odečtením hmotnosti prázdné nádoby a víčka od lyofilizovaného hmyzu v nádobě byla vypočítána hmotnost lyofilizovaných cvrčků. Následně byli cvrčci v laboratorním mlýnku IKA MultiDrive basic (Německo) rozemletí na homogenizovaný vzorek. Poté byly zhomogenizované vzorky zváženy a uloženy do mrazícího boxu, ve kterém byla teplota  $-80^{\circ}\text{C}$ .



Obrázek 6: Zmražení cvrčci (Foto: Autorka práce)



Obrázek 7: Homogenizovaný vzorek (Foto: Autorka práce)

### 4.2.3 Stanovení sušiny

Sušina je stanovena na základě rozdílů hmotnosti vzorku před sušením a po sušení při teplotě  $103 \pm 2$  °C podle předepsaných podmínek. Nejprve byly naváženy keramické kelímky na analytické váze, poté do nich bylo naváženo různé množství vzorků, (viz Tabulka 5) (váha se odvíjí od celkového vzorku, který je k dispozici). Vzorky byly umístěny do sušárny značky Memmert (Schwabach, Německo) a při teplotě 103,5 °C byly vzorky sušeny. Vzorky se do konstantní hmotnosti sušily přibližně 20 hodin. Po vysušení byly keramické kelímky se vzorky vloženy do exsikátoru, dokud nebyly zchlazeny (přibližně po dobu 1 h). Následně byly vzorky znovu zváženy na analytických vahách. Po odečtení váhy usušeného vzorku s kelímkem od váhy lyofilizovaného vzorku s kelímkem bylo vypočítáno množství odpařené vody z lyofilizovaného vzorku. Pak následoval přepočítání na obsah sušiny v čerstvém vzorku. Pro přesnost výsledků byly všechny vzorky tímto způsobem měřeny 2×.

Tabulka 5: Navážka vzorků pro stanovení sušiny

Vzorek	Navážka 1	Navážka 2
5K-	2.0135	2.0253
6K-	2.0321	2.0528
7K-	2.1259	0
2K+	3.0314	3.0208
3K+	3.0122	3.0511
4K+	3.1125	3.0905
8P-	3.0505	3.0357
9P-	3.037	3.2983
10P-	3.0429	3.1841
11P+	3.0548	3.0662
12P+	2.5144	2.5692
13P+	3.1896	3.0341



Obrázek 4: Navážené vzorky v keramických kelímcích (Foto: Autorka práce)



Obrázek 9: Sušení vzorků v sušárně (Foto: Autorka práce)

#### 4.2.4 Stanovení popelovin

Po stanovení sušiny vzorku byly keramické kelímky vloženy do muflové pece Muffle furnace (Nabertherm, Německo), kde byly vzorky spáleny při teplotě 550 °C, po dobu 24 hodin do konstantní hmotnosti a dokud nezbyl světlý, bezuhlíkový popel. Následně byly vzorky umístěny do exsikátoru, aby zde vychladly. Zhruba po hodině byly vychladlé vzorky zváženy. U každého vzorku se popeloviny opět stanovovaly 2×.



Obrázek 10: Muflová pec (Foto: Autorka práce)



Obrázek 11: Vzorky po spálení (Foto: Autorka práce)

#### 4.2.5 Stanovení hrubého tuku

V den analýzy byly označené skleněné kelímky vloženy do sušárny a sušeny po dobu 1 až 2 hodin při 103 °C, poté byly kelímky ze sušárny vloženy do exsikátoru po dobu 1 hodiny, dokud nezchladly. Po zchladnutí byly váženy a jejich váhy zapsány. Obsah tuku byl stanoven dle Soxhletovy metody. Pro stanovení obsahu tuku bylo nutné připravit lyofilizované a zhomogenizované vzorky. Patrony použité na extrakci byly naplněny 2 g vzorku a zakryty vatou. Připravené patrony se vzorky byly poté spárovány s příslušnými kelímky.

Pro extrakci tuku byl použit přístroj Velp SER 148/6 Solvent Extraction Unit (VELP Scientifica, Italy) se 6 polohami (viz Obrázek 13). Nejprve byly patrony umístěny a magnetem 30 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.

Nejprve se přístroj ohřál na 90 °C, to automaticky spustilo program „Imersion (I)“ který trval 20 minut. Během této fáze dochází k ponoření baněk do horkého petrolétheru a při tom dochází k rozpouštění lipidů do rozpouštědla. Dále následovala fáze „Washing (W)“, při které byly vzorky vysunuty z kelímků nahoru, tato fáze trvala 45 minut. 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. Po vyextrahování tuku ze vzorků byly skleněné kelímky s tukem přesunuty do sušárny, kde byly sušeny 20 hodin při 103.5° C. Po vysušení vzorky 1 hodinu chladly v exsikátoru a následně byly zváženy na analytických vahách. Stanovení tuku se u každého vzorku provádělo ve dvou opakováních.



Obrázek 12: Patrony se vzorky (Foto: Autorka práce)



Obrázek 13: Extraktor (Foto: Autorka práce)



Obrázek 14: Stanovení hrubého tuku (Foto: Autorka práce)

#### 4.2.6 Stanovení dusíkatých látek

Pro stanovení obsahu bílkovin byla použita Kjeldahlova metoda. Z každého vzorku bylo nejprve odváženo  $3 \times 0,15$  g do skleněných zkumavek, ty byly vloženy do držáku. Poté bylo zapnuto spalovací hnízdo a nahřáto na  $420^{\circ}\text{C}$ . Do každé zkumavky byla vložena tableta s mědí a přililo 10 ml 96% kyseliny sírové. Obsah zkumavek byl lehce promíchán a spolu s držákem vloženi pod digestoř, kde bylo do každé zkumavky přidáno 10 ml peroxidu vodíku a následovalo jejich rychlé zakrytí. Vzorky zůstaly v topném hnízdě po dobu 45 minut, zde se při  $420^{\circ}\text{C}$  mineralizovaly. 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 zkumavky přidáno 10 ml destilované vody a vzorek se důkladně protřepal, aby došlo k rozpuštění obsahu.

Poté byly zkumavky po jedné umístěny do přístroje Kjeltect<sup>TM</sup> 2400/2460 Auto Sampler Systes (Foss Tecator, Dánsko). Tento přístroj slouží ke změření obsahu proteinů ve vzorku a funguje na principu titrace vzorku roztokem 0,1 M HCL. Indikátorem je roztok kyseliny borité s methyl-červení a brom-kresolovou zelení. Měření jednoho vzorku trvalo cca 3 minuty. V přístroji byl nastaven koeficient 6,25, kterým se dané výsledky násobily, aby byl zjištěn obsah dusíkatých látek.



Obrázek 15: Mineralizování vzorků v digestoři (Foto: Autorka práce)



Obrázek 16: Měření proteinů (Foto: Autorka práce)

#### **4.2.7 Konverze krmiva**

Předkládané krmivo bylo stejně jako nezkonsumované krmivo váženo na laboratorních vahách (KERN, Ballingen). Výsledná konverze krmiva byla vypočítána jako podíl skutečně zkonsumovaného krmiva a množství sklizené biomasy hmyzu.

#### **4.2.8 Statistické vyhodnocení pokusu**

Hodnoty jednotlivých laboratorních analýz byly zaznamenány do Excelu. Pro porovnání významnosti byla použita jednofaktorová ANOVA a následně Scheffeho post hoc test. Pokus byl vyhodnocen v počítačovém softwaru STATISTICA 12 (StatSoft, Praha).



## 5 Výsledky

Pro jednotlivé skupiny byly hodnoceny následující ukazatele: hmotnost sklizené biomasy, konverze krmiva, sušina, popeloviny, hrubý tuk a dusíkaté látky. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí jednofaktorové ANOVY v programu STATISTICA 12. Hladina významnosti byla stanovena na 0,05.

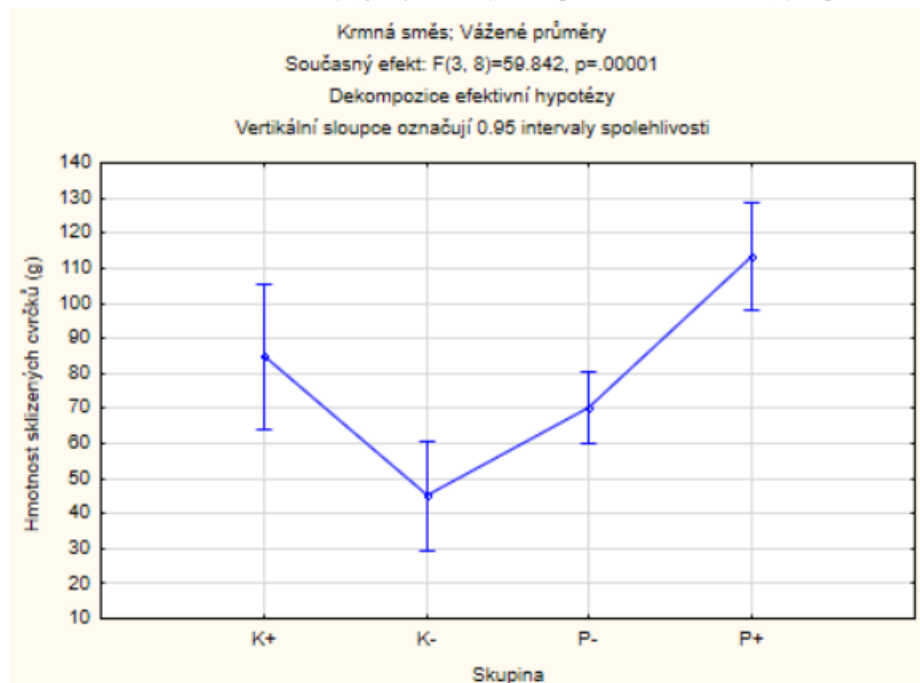
### 5.1 Sklizeň cvrčků

Při sklizni cvrčků se průměrná hmotnost sklizené biomasy cvrčků ve skupinách K+ (84,867 g) a P+ (113,33 g) statisticky významně lišila od skupin bez přidaného premixu (K- = 45 g a P- = 70,1 g) (viz Tabulka 6). Statistickým hodnocením byly prokázány rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi hmotnostmi sklizené biomasy u všech skupin s výjimkou K+ a P- ( $p = 0,12$ ).

Tabulka 6: Statistické porovnání sklizené biomasy u cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Hmotnost (insektárko - diplomka - data)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = 40.884, sv = 8.0000					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
1	K+	84.867	45.000	70.100	113.33
2	K-	0.000495	0.000495	0.009582	0.004531
3	P-	0.118873	0.009582	0.009582	0.000281
4	P+	0.004531	0.000010	0.000281	

Graf 1: Hmotnost sklizené biomasy (g) u jednotlivých skupin cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



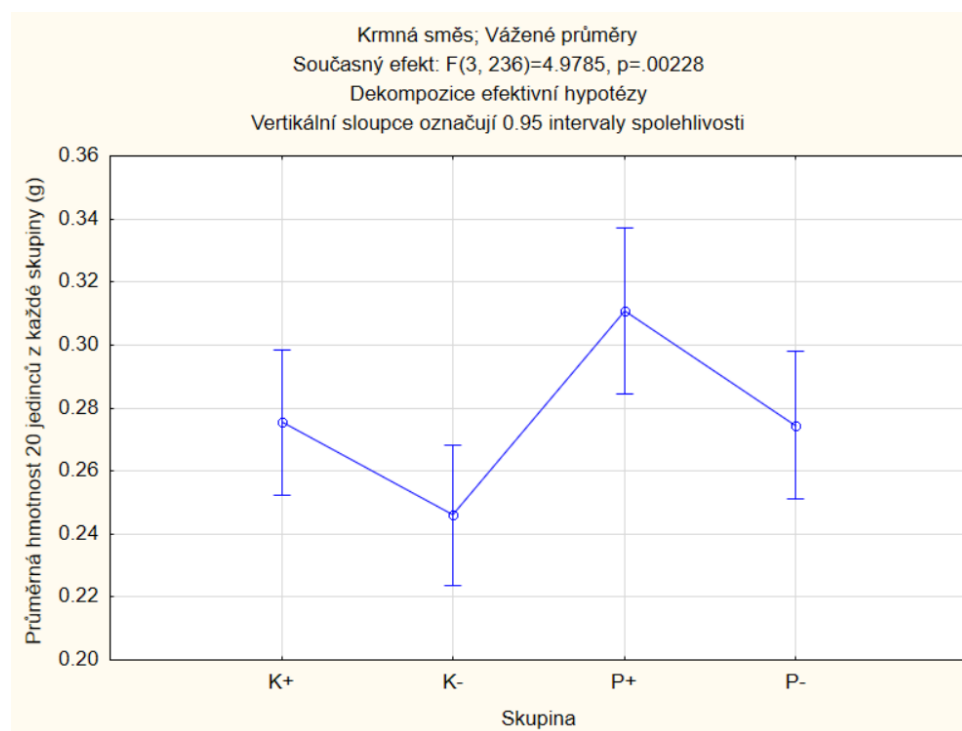
K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

Při sklizni cvrčků u 20 jedinců z každé skupiny byla průměrná hmotnost cvrčků vyšší u skupin s přidaným premixem, K+ (0,276 g) a P+ (0,311 g), než u skupin bez přidaného premixu, K- (0,246 g) a P- (0,274) (viz Tabulka 7). Statistickým hodnocením byly prokázány rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi hmotnostmi sklizené biomasy u skupin K- (0,256 g) a P+ (0,311 g).

Tabulka 7: Statistické porovnání sklizené biomasy u 20 jedinců z každé skupiny u cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Hmotnost (insektárko - diplomka - data)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = .00853, sv = 236.00					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
1	K+	.27552	.24594	.31092	.27444
2	K-	0.382051	0.382051	0.223638	0.999930
3	P+	0.223638	0.002375	0.416233	0.199779
4	P-	0.999930	0.416233	0.199779	

Graf 2: Hmotnost sklizené biomasy (g) u 20 jedinců z každé skupiny u cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

## 5.2 Konverze krmiva

Konverze krmiva se pohybovala v rozmezí od 1,85 do 2,66 (viz Tabulka 8) a mezi jednotlivými skupinami byl prokázán statisticky významný rozdíl u skupin K-, P+ a P- (viz Tabulka 9). Více krmiva bylo zkonsumováno ve skupinách K+ a P+, které byly krmeny směsí s premixy.

Tabulka 8: Hmotnost přijatého krmiva, konverze krmiva, směrodatná odchylka daných parametrů.

Skupina	Přijaté krmivo [g]	Sd	Konverze krmiva [g]	Sd
K+	189.9	12.68	2.24	0.09
K-	119.8	16.58	2.66	0.05
P+	208.8	22.84	1.85	0.24
P-	153.1	5.23	2.2	0.13

K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

Tabulka 9: Statistické porovnání konverze krmiva u jednotlivých skupin cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Konverze krmiva (g) (Kópia súboru lr Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = .02189, sv = 8.0000					
Č. buňky	Skupina	{1}	{2}	{3}	{4}
		2.2433	2.6600	1.8467	2.1900
1	K+		0.052924	0.065693	0.976943
2	K-	0.052924		0.001169	0.029900
3	P+	0.065693	0.001169		0.116810
4	P-	0.976943	0.029900	0.116810	

## 5.3 Obsah sušiny, popelovin, hrubého tuku a dusíkatých látek

V Tabulce 10 jsou zaznamenány hodnoty jednotlivých skupin (K+, K-, P+ a P-) pro obsah sušiny, hrubého tuku, dusíkatých látek a popelovin.

Tabulka 10: Obsah sušiny, popelovin, hrubého tuku a dusíkatých látek.

	Sušina	Popeloviny	Hrubý tuk	Dusíkaté látky
	% v čerstvé hmotě	% v sušině	% v sušině	% v sušině
K-	28,0±0,03	5,4±0,1	17,0±0,9	68,2±0,8
K+	27,7±0,08	5,1±0,2	15,3±2,0	68,5±2,2
P-	27,1±0,04	5,2±0,1	14,9±0,8	71,2±0,5
P+	26,8±0,08	5,3±0,1	15,4±0,2	70,7±0,6

K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

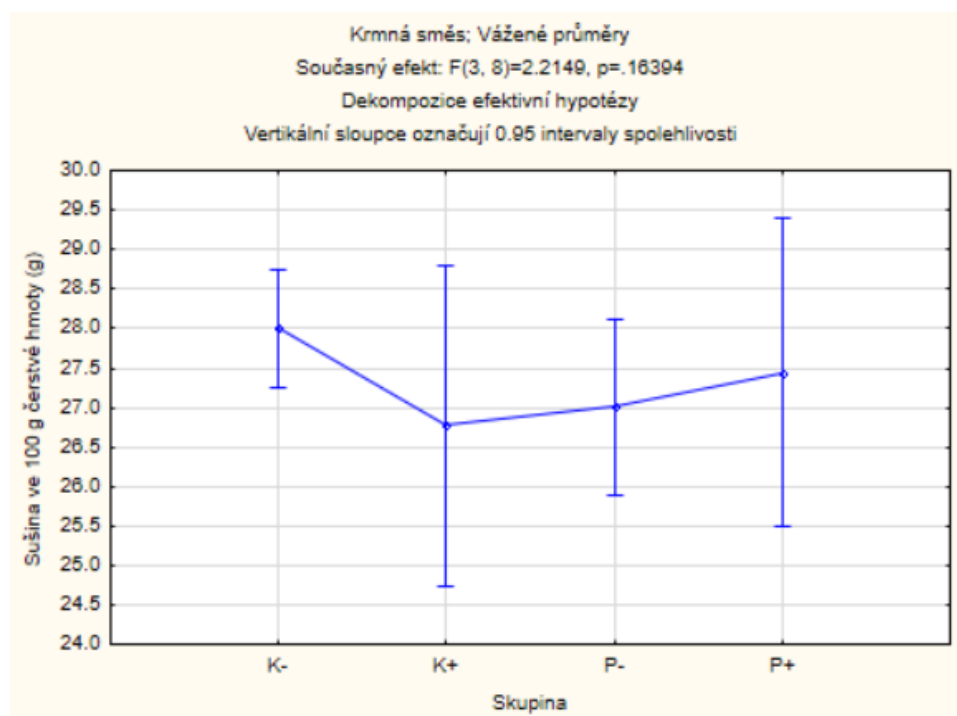
## 5.4 Obsah sušiny

Z Tabulky 11 a Grafu 3 je patrné, že nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými skupinami v obsahu sušiny.

Tabulka 11: Vliv jednotlivých krmiv na obsah sušiny u cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test).

Scheffeho test; proměnná Sušina (Hmyz_Hanka)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = .39614, sv = 8.0000					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
		28.000	26.772	27.005	27.447
1	K-		0.207537	0.354517	0.766648
2	K+	0.207537		0.975119	0.646836
3	P-	0.354517	0.975119		0.861227
4	P+	0.766648	0.646836	0.861227	

Graf 3: Obsah sušiny ve 100 g čerstvé hmoty (g) u jednotlivých skupin cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

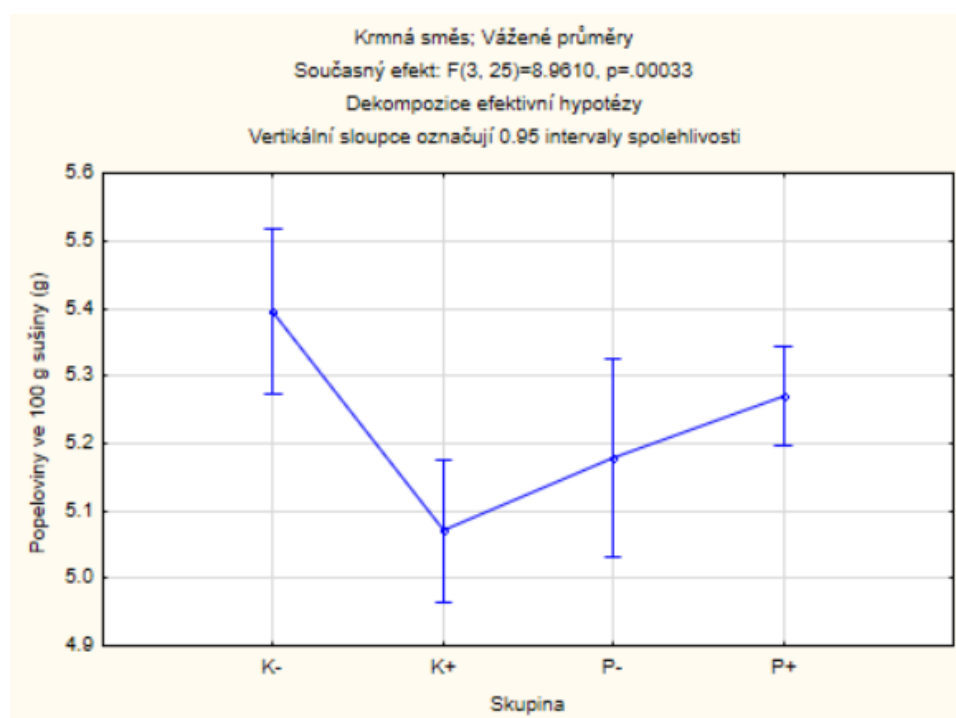
## 5.5 Obsah popelovin

Průměrný obsah popelovin byl nejvyšší u skupiny K- (5,4 %), naopak nejnižší obsah popelovin byl zaznamenán u skupiny K+ (5,1 %). Statistickým hodnocením byly prokázány statisticky významné rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi obsahem popelovin u některých skupin (viz Tabulka 12 a Graf 4).

Tabulka 12: Vliv jednotlivých krmiv na obsah popelovin u cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Popeloviny (Hmyz_Hanka)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = .01431, sv = 25.000					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
1	K-	5.3958	0.000714	0.049599	0.334556
2	K+	0.000714	5.0709	0.422604	0.016284
3	P-	0.049599	0.422604	5.1785	0.561147
4	P+	0.334556	0.016284	0.561147	5.2698

Graf 4: Obsah popelovin ve 100 g sušiny (g) u jednotlivých skupin cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

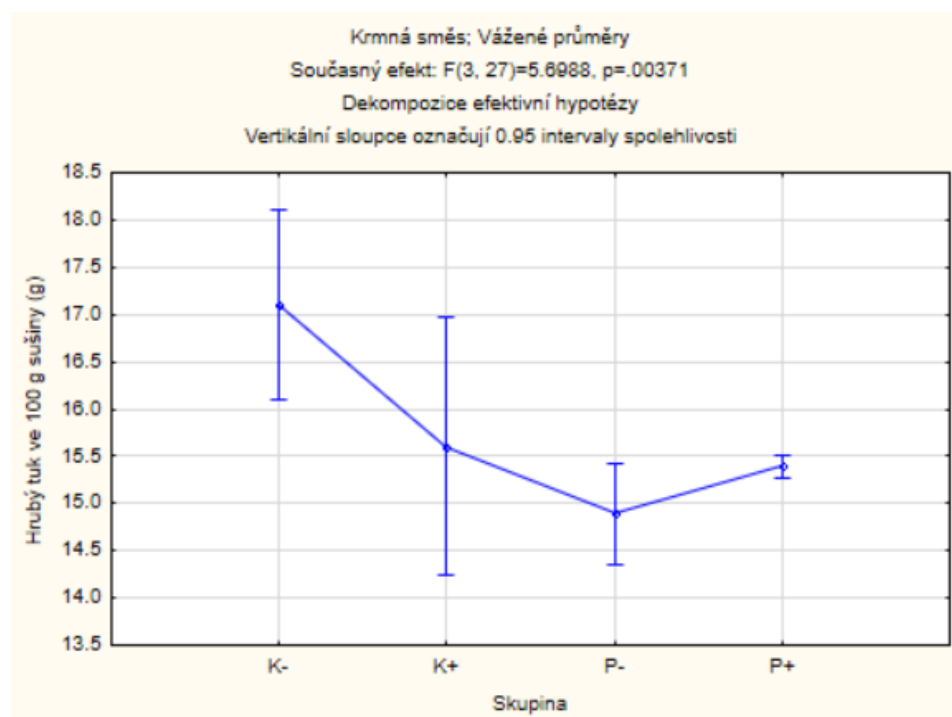
## 5.6 Obsah hrubého tuku

Průměrný obsah hrubého tuku byl nejvyšší u skupiny K- (16,97 %), naopak nejnižší obsah hrubého tuku byl zjištěn u skupiny P- (14,90 %). Statistickým hodnocením byly prokázány rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi obsahem hrubého tuku K- a oběma skupinami krmnými pokusnou směsí P (viz Tabulka 13 a Graf 5).

Tabulka 13: Vliv jednotlivých krmiv na obsah hrubého tuku u cvrčka domácího (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Hrubý tuk (Hmyz_Hanka)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = .94650, sv = 27.000					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
		17.105	15.605	14.893	15.396
1	K-		0.086222	0.004279	0.035102
2	K+	0.086222		0.529048	0.977786
3	P-	0.004279	0.529048		0.754235
4	P+	0.035102	0.977786	0.754235	

Graf 5: Obsah hrubého tuku ve 100 g sušiny (g) u jednotlivých skupin cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

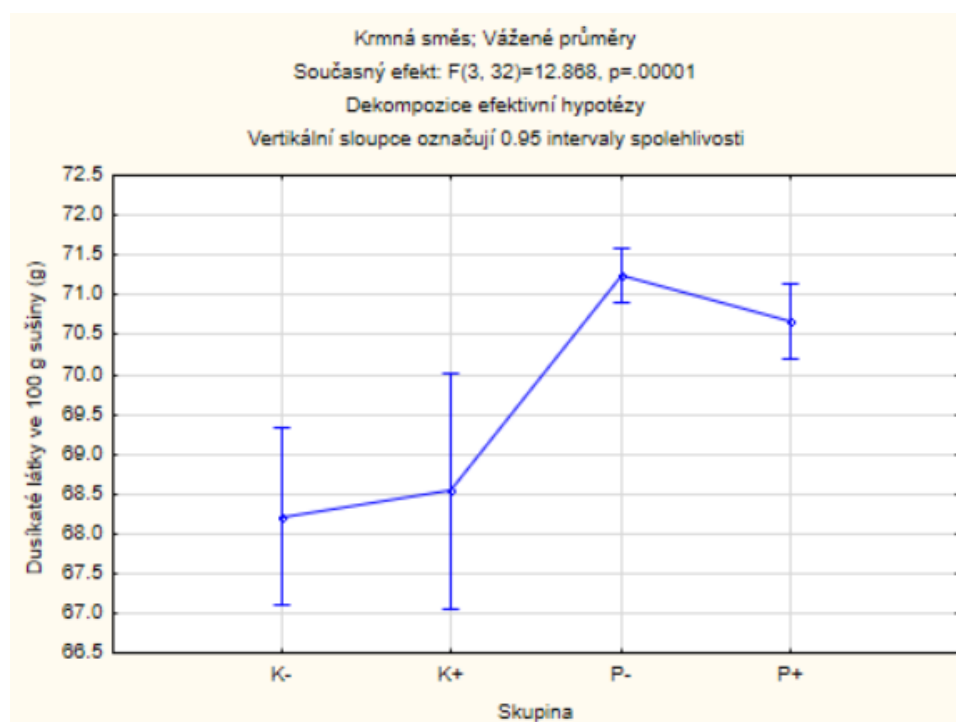
## 5.7 Obsah dusíkatých látek

Průměrný obsah dusíkatých látek byl nejvyšší u skupiny P- (71,2 %), naopak nejnižší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u skupiny K- (68,2 %). Statistickým hodnocením byly prokázány rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi obsahem dusíkatých látek skupin krměných pokusnou a konvenční směsí. Přítomnost premixu ve směsi z tohoto pohledu nehrála roli (viz Tabulka 14 a Graf 6).

Tabulka 14: Vliv jednotlivých krmiv na obsah dusíkatých látek (Scheffeho post hoc test). Statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (výstup z programu Statistica 12).

Scheffeho test; proměnná Dusíkaté látky (Hmyz_Hanka)					
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = 1.6061, sv = 32.000					
Č. buňky	Krmná směs	{1}	{2}	{3}	{4}
		68.212	68.540	71.245	70.673
1	K-		0.959357	0.000251	0.003164
2	K+	0.959357		0.001093	0.012303
3	P-	0.000251	0.001093		0.821506
4	P+	0.003164	0.012303	0.821506	

Graf 6: Obsah dusíkatých látek ve 100 g sušiny (g) u jednotlivých skupin cvrčka domácího (výstup z programu Statistica 12).



K+: cvrčci krmení konvenční směsí s premixem, K-: cvrčci krmení konvenční směsí bez premixu, P+: cvrčci krmení alternativní směsí s premixem, P-: cvrčci krmení alternativní směsí bez premixu.

## 6 Diskuze

V této diplomové práci byl testován předpoklad, že využití vedlejších produktů z potravinářství a premixů v krmných směsích pro cvrčka domácího bude mít vliv na hmotnost sklizené biomasy, konverzi krmiva a nutriční hodnoty cvrčka domácího (*A. domesticus*). Bylo zjištěno, že směsi s přidaným premixem měly vliv na hmotnost sklizené biomasy a konverzi krmiva. Byly prokázány statisticky významné rozdíly v obsahu popelovin, hrubého tuku a dusíkatých látek. U obsahu sušiny nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly.

### 6.1 Sklizeň biomasy

Hmotnost sklizené biomasy se významně lišila mezi skupinami K+ a P+ a hmotnosti sklizené biomasy u skupin K- a P-. V experimentálních skupinách (skupina K- a P-) byla tato hmotnost výrazně nižší (45 g a 70,1 g) než u experimentálních skupin K+ a P+ s přidavkem vitamínového premixu (84,9 g a 113,3 g). Tyto hodnoty mohou indikovat vyšší úmrtnost či nižší přírůstky cvrčků právě vlivem přidání premixu.

Studie zabývající se mírou přežití u *A. domesticus* uvádějí výrazné rozdíly (Starčević et al., 2017). Některé studie zaznamenaly vysokou míru přežití (téměř 80 %) při určitých dietách, zatímco jiné studie uvádějí extrémně nízké míry přežití (Oonincx et al., 2015). Výzkumy naznačují, že typ krmiva má významný vliv na přežití cvrčků. Bawa et al. (2021) provedl studii za účelem posouzení vlivu způsobu krmení na tělesnou hmotnost cvrčků, jejich délku, míru přežití a účinnost krmení. Tyto experimenty naznačují, že použití zemědělských produktů vede k rychlejšímu vývoji cvrčků na krmivu obsahujícím 18 - 21,9 % bílkovin ve srovnání s krmivem obsahujícím 16 % bílkovin.

### 6.2 Konverze krmiva

Konverze krmiva cvrčka domácího je klíčovým ukazatelem efektivity chovu. V této diplomové práci byly dvěma skupinám cvrčků (označených jako K+ a P+) přidány směsi určené pro krmení kuřecích brojlerů. Směs pro skupinu K+ obsahovala pšenici a extrahovaný šrot, zatímco směs pro skupinu P+ obsahovala kvasnice, pivovarské mláto a jablečné výlisky. Konverze krmiva u těchto cvrčků se pohybovala v rozmezí od 1,85 do 2,24.

Tato hodnota je nižší než výsledky uváděné v následující studii. Dle studie Oonincx et al. (2020) je konverze krmiva u *A. domesticus*  $2,3 \pm 0,57$ . Dle studie Bawa et al. (2021) je konverze krmiva 1,73-1,81. Kromě složení krmiva může konverzi ovlivnit také teplota, vlhkost a osvětlení v chovném prostředí, stejně jako zdravotní stav a stresové faktory.

### 6.3 Nutriční hodnota

#### 6.3.1 Sušina

Bawa et al. (2021) uvádí, že obsah sušiny zůstává v rozmezí 29,25 - 31,65 % i při změně složení krmiva. Ve studii Bednářová et al. (2010) je uvedený průměrný obsah sušiny ještě vyšší a to 33,28 %. Kulma et al. (2019) uvádějí, že samci mají obsah chitinu v sušině ve výši 31,3 - 33,0 % a samice 31,3 - 31,7 %. Výsledky analýz provedených pro tuto práci uvádějí nižší



množství sušiny v těle cvrčka domácího, a to v rozmezí 26,7 – 28,0 %. Z výsledků této práce vyplývá, že mezi jednotlivými skupinami s obsahem sušiny nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

### 6.3.2 Popeloviny

Na základě práce Rumpolda & Schlütera (2013) se obsah popelovin v sušině cvrčka domácího pohybuje v rozpětí 3,6 - 5,10 %, zatímco podle Ribeiro et al. (2019) dosahuje 4,9 %. Naopak cvrček dvojskrvný, jak uvádí Ghosh et al. (2017), vykazuje mnohem vyšší obsah popelovin, a to  $9,7 \pm 0,1$  %. V rámci této diplomové práce byl obsah popelovin naměřen v rozmezí 5,1 – 5,4 %, přičemž některé vzorky vykazovaly vyšší hodnoty, než uvádí citovaná literatura.

### 6.3.3 Hrubý tuk

Podle Kouřimské a Adámkové (2016) je v hmyzu pozorována vysoká variabilita obsahu tuku, která se pohybuje od 2 do 50 % sušiny a je ovlivněna řadou faktorů. Tato studie uvádí, že jedlý hmyz obsahuje v průměru 10 až 60 % tuku v sušině. Ta je vyšší u larválních stádií než u dospělců (Xiaoming et al. 2010).

Energetický obsah většiny jedlého hmyzu je značný i ve srovnání s masem, což je způsobeno dvěma hlavními složkami hmyzu: bílkovinami a tuky. Rumpold & Schlüter (2013) říkají, že tuk představuje druhou největší část živinového složení jedlého hmyzu. Zároveň zjistili, že průměrný obsah tuku u druhů z řádu rovnokřídlých dosahuje 13,41 %.

Biologická hodnota tuku je dána především množstvím a typem mastných kyselin, které jsou v něm obsaženy. Studie Orkusz et al. (2024) zjistila, že obsah hrubého tuku u *Acheta domesticus* je 22,8 %. Kulma et al. (2019) uvádějí, že obsah tuku u samic *A. domesticus* se pohybuje v rozmezí 18,3–21,7 %, zatímco u samců je nižší, a to mezi 12,9–16,1 %. Autoři Zhou et al. (2022) uvádějí obsah hrubého tuku v sušině 20,5 %.

V této diplomové práci byl zjištěn obsah hrubého tuku v rozmezí 14,9–17,1 %. Skupiny s přidaným premixem (K+ a P+) vykazovaly hodnoty hrubého tuku v podobném rozsahu, konkrétně 15,4–15,6 %. Tato práce uvádí hodnoty obsahu hrubého tuku, které odpovídají výsledkům studií provedených Kouřimskou a Adámkovou (2016).

### 6.3.4 Dusíkaté látky

Ve zkoumaných vzorcích bylo zjištěno, že průměrné množství dusíkatých látek v sušině činilo  $69,7 \pm 1,52$  %. Tyto výsledky korespondují s hodnotami zjištěnými v práci Rumpolda & Schlütera (2013). Autoři Rumpold & Schlüter (2013) uvádějí, že bílkoviny představují dominantní složku těla cvrčků, a jejich obsah v sušině se pohybuje v rozmezí 64,1–70,8 %. Podle Orkusz et al. (2024) činí obsah bílkovin v sušině cvrčka domácího 56,8 %. Ve studii Xiaoming et al. (2010) byly zaznamenány významné rozdíly v obsahu dusíkatých látek u různých druhů hmyzu, u Orthoptera bylo pozorováno rozmezí 23–65 % dusíkatých látek v sušině. Autoři Zhou et al. (2022) uvádějí obsah bílkovin v sušině cvrčka domácího 69,20 %.

## 7 Závěr

Využití vedlejších produktů z potravinářství a příměsí premixů v krmných směsích pro *A. domesticus* mělo významný vliv na množství sklizené biomasy. Po provedení statistické analýzy experimentu byly zaznamenány signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) v hmotnosti sklizené biomasy mezi všemi čtyřmi skupinami, přičemž hmotnost sklizené biomasy cvrčků krmných směsí s přidaným premixem byla v případě alternativní i konvenční krmné směsi významně vyšší ( $K+ = 84,867$  g a  $P+ = 113,33$  g) než v případě směsí bez premixu ( $K- = 45$  g a  $P- = 70,1$  g). Při sklizni cvrčků u 20 jedinců z každé skupiny byla průměrná hmotnost cvrčků opět vyšší u skupin s přidaným premixem,  $K+ (0,276$  g) a  $P+ (0,311$  g), než u skupin bez přidaného premixu,  $K- (0,246$  g) a  $P- (0,274)$ .

Konverze krmiva se pohybovala v rozmezí od 1,85 do 2,66. vyšší konverzi krmiva vykazovaly skupiny cvrčků krmné konvenční krmnou směsí ( $K+ = 2,24$  a  $K- = 2,66$ ), zatímco nižší hodnoty dosahovaly skupiny cvrčků krmné alternativní krmnou směsí ( $P+ = 1,85$  a  $P- = 2,2$ ).

Dále výsledky práce prokázaly, že cvrčci jsou schopni prosperovat i na směsi složené z lokálních komponent, které jsou navíc vedlejšími produkty potravinářského průmyslu. Cvrčci krmení experimentální směsí obsahovaly dokonce významně více bílkovin ( $P- = 71,25$  % a  $P+ = 70,67$  %) a méně tuků ( $P- = 14,90$  % a  $P+ = 15,40$  %) než cvrčci krmení konvenční směsí, kde obsah bílkovin byl:  $K- = 68,21$  % a  $K+ = 68,54$  % a obsah tuků:  $K- = 17,11$  % a  $K+ = 15,61$  %. Obsah popelovin dosahoval nejvyšších hodnot ve skupině  $K- = 5,40$  %, dále  $P+ = 5,27$  %,  $P- = 5,18$  % a  $K+ = 5,07$  %. Naopak statisticky významné rozdíly nebyly zaznamenány v obsahu sušiny.

Tímto byla potvrzena vědecká hypotéza této práce, která ukázala, že cvrčci domácí jsou schopni přežít a prosperovat na základě využití vedlejších produktů z potravinářství. Dále práce poukázala na přínos použití vitamíno-minerálních premixů ve směsích pro hmyz.

Další výzkum by měl být zaměřen na různé kombinace krmných směsí a přísad, aby lépe porozuměl jejich vlivu na výsledky. Porovnání výsledků s jinými druhy cvrčků by mohlo poskytnout širší perspektivu na využití cvrčků v krmivářství. Tyto kroky mohou přispět k hlubšímu porozumění faktorů ovlivňujících výkonnost a nutriční hodnotu cvrčků domácích a mohou být klíčové pro jejich budoucí využití jako potraviny pro zvířata nebo pro lidskou spotřebu.

## 8 Literatura

### Webové stránky

- Balcárková M. 2015. Chov krmného hmyzu – cvrčci. Top Zoo,s.r.o. Available from: <https://www.labet.cz/chov-krmneho-hmyzu-cvrcci-px1083117/> (accessed November 2023).
- EAGRI. 2023. Hmyz a výrobky z hmyzu. Available from: <https://eagri.cz/public/portal/mze/potraviny/potraviny-noveho-typu-nove-potraviny/hmyz> (accessed December 2023).
- EAGRI. 2023. Výroba krmných směsí. Available from: [https://eagri.cz/public/web/file/722817/KRMIVA\\_\\_2023\\_\\_003\\_.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/722817/KRMIVA__2023__003_.pdf) (accessed March 2024).
- Entoway. 2022. Ekologie produkce jedlého hmyzu – Jak je to s ní doopravdy? ENTOWAY. Available from: <https://entoway.com/blogs/blog/ekologie-produkce-jedleho-hmyzu-jak-je-to-s-ni-dopravdy> (accessed November 2023).
- Food and Agriculture Organization: Edible insects - future prospects for food and feed security . (2013). Available from: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/toolsdetails/es/c/326815/> (accessed November 2023).
- Hortová, Z. (2008). NÁVRH FYZICKÉ DISTRIBUCE VE VÝROBNÍ FIRMĚ. Available from: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=3808](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=3808) (accessed March 2024.)
- IFIF: Fact sheet: Who is IFIF? (2022). Available from: <https://ifif.org/wp-content/uploads/2019/06/IFIF-Fact-Sheet-October-11th-2019.pdf> (accessed November 2023).
- Zima J. 2011. Acheta domesticus – foto. Available from: <https://www.biolib.cz/cz/image/id167821/> (accessed March 2024).

### Knihy a odborná literatura

- Akhtar, Y., & Isman, M. B. (2017). Insects as an Alternative Protein Source. In *Proteins in Food Processing, Second Edition* (pp. 263–288). Elsevier.
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C., & Chanput, W. (2021). Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. *Journal of Insect Science*, 20(2).
- Bednářová M, Borkovcová M, Zorníková G, & Zeman L. (2010). Insect as food in Czech Republic.
- Belluco, S., Halloran, A., & Ricci, A. (2017). New protein sources and food legislation: the case of edible insects and EU law. *Food Security*, 9(4),803–814.
- Cadinu, L. A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F., & Madau, F. A. (2020). Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 11). MDPI.

- Cortes Ortiz, J. A., Ruiz, A. T., Morales-Ramos, J. A., Thomas, M., Rojas, M. G., Tomberlin, J. K., Yi, L., Han, R., Giroud, L., & Jullien, R. L. (2016). Insect Mass Production Technologies. In *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications* (pp. 153–201). Elsevier.
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., & Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. In *Insect Science* (Vol. 25, Issue 2, pp. 184–198). Blackwell Publishing Ltd.
- Gahukar, R. T. (2011). Entomophagy and human food security. In *International Journal of Tropical Insect Science* (Vol. 31, Issue 3, pp. 129–144).
- Gałęcki, R., Bakula, T., & Gołaszewski, J. (2023). Foodborne Diseases in the Edible Insect Industry in Europe—New Challenges and Old Problems. In *Foods* (Vol. 12, Issue 4). MDPI.
- Garino, C., Mielke, H., Knüppel, S., Selhorst, T., Broll, H., & Braeuning, A. (2020). Quantitative allergenicity risk assessment of food products containing yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). *Food and Chemical Toxicology*, 142.
- Ghosh, S., Lee, S. M., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 686–694.
- Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 91, pp. 436–445). Elsevier Ltd.
- Hawkey, K. J., Lopez-Viso, C., Brameld, J. M., Parr, T., & Salter, A. M. (2021). *Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food*.
- Hejmalová, M. (2011). Alternativní a netradiční směry ve výživě. Masarykova univerzita, Brno.
- Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P. K., Conant, R. T., Smith, P., Wirsenius, S., Hristov, A. N., Gerber, P., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T., & Stehfest, E. (2016). Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. In *Nature Climate Change* (Vol. 6, Issue 5, pp. 452–461). Nature Publishing Group.
- Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. In *Animals* (Vol. 10, Issue 11, pp. 1–20). MDPI AG.
- Illa, J., & Yuguero, O. (2022). An Analysis of the Ethical, Economic, and Environmental Aspects of Entomophagy. *Cureus*.
- 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. In *Food Chemistry* (Vol. 311). Elsevier Ltd.
- Kosečková, P. (2018). Alternativní způsoby stravování. Ústav ochrany a podpory veřejného zdraví LF MU.
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. In *NFS Journal* (Vol. 4, pp. 22–26). Elsevier GmbH.
- 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.

- Li, Y., Kortner, T. M., Chikwati, E. M., Belghit, I., Lock, E. J., & Krogdahl, Å. (2020). Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 520.
- Lock, E. J., Biancarosa, I., & Gasco, L. (2018). Insects as raw materials in compound feed for aquaculture. In *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (pp. 263–276). Springer International Publishing.
- Mariod, A. A., Saeed Mirghani, M. E., & Hussein, I. (2017). *Acheta domesticus* House Cricket. In *Unconventional Oilseeds and Oil Sources* (pp. 323–325). Elsevier.
- McCluney, K. E., & Date, R. C. (2008). *The effects of hydration on growth of the house cricket, Acheta domesticus*.
- McDonough, K. N. (2019). Middle Holocene menus: dietary reconstruction from coprolites at the Connley Caves, Oregon, USA. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(11), 5963–5982.
- Megido, R. C., Haubruge, É., & Francis, F. (2018). Insects, the next European foodie craze? In *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (pp. 353–361). Springer International Publishing.
- Nadeau, L., Nadeau, I., Franklin, F., & Dunkel, F. (2015). The Potential for Entomophagy to Address Undernutrition. *Ecology of Food and Nutrition*, 54(3), 200–208.
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193, 39–46.
- Obopile, M., & Seeletso, T. G. (2013). Eat or not eat: An analysis of the status of entomophagy in Botswana. *Food Security*, 5(6), 817–824.
- Ooninx, D. G. A. B., Laurent, S., Veenenbos, M. E., & van Loon, J. J. A. (2020). Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect Science*, 27(3), 500–509.
- Ooninx, D. G. A. B., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. A. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12).
- Orkus, A., Dymińska, L., Banaś, K., & Harasym, J. (2024). Chemical and Nutritional Fat Profile of *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus*, *Tenebrio molitor* and *Rhynchophorus ferrugineus*. *Foods*, 13(1).
- Papastavropoulou, K., Koupa, A., Kritikou, E., Kostakis, M., & Proestos, C. (2022). Edible insects: Benefits and potential risk for consumers and the food industry. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(4), 5131–5149.
- Pěchová, M. (2018). Zapomenutá entomofagie. [BSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., & Raposo, A. (2019). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 59, Issue 14, pp. 2169–2188). Taylor and Francis Inc.
- Ribeiro, J. C., Lima, R. C., Maia, M. R. G., Almeida, A. A., Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J., & Cunha, L. M. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllodes sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *LWT*, 113.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 57, Issue 5, pp. 802–823).

- Ruskova, M., Petrova, T., & Goranova, Z. (2023). Edible insects-new meat alternative: a review. In *Journal of Central European Agriculture* (Vol. 24, Issue 1, pp. 260–267). University of Zagreb - Faculty of Agriculture.
- Šachlová, Ž. (2010). Využití odpadů z potravinářských výrob. [BSc. Thesis]. Vysoké učení technické, Brno.
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jäger, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P., & Engel, K. H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 61, Issue 6). Wiley-VCH Verlag.
- Schmidt, A., Call, L. M., Macheiner, L., & Mayer, H. K. (2019). Determination of vitamin B 12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 281, 124–129.
- Shin, J. T., Baker, M. A., & Kim, Y. W. (2018). Edible insects uses in South Korean gastronomy: “Korean edible insect laboratory” case study. In *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (pp. 147–159). Springer International Publishing.
- Soudková, A. (2012). Vybrané alternativní zdroje výživy. [BSc. Thesis]. Masarykova univerzita, Brno.
- Starčević, K., Gavrilović, A., Gottstein, Ž., & Mašek, T. (2017). Influence of substitution of sunflower oil by different oils on the growth, survival rate and fatty acid composition of Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). *Animal Feed Science and Technology*, 228, 66–71.
- Stull, V. J., Kersten, M., Bergmans, R. S., Patz, J. A., & Paskewitz, S. (2019). Crude Protein, Amino Acid, and Iron Content of *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) Reared on an Agricultural Byproduct from Maize Production: An Exploratory Study. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 533–543.
- Tao, J., & Li, Y. O. (2018). Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. In *Food Quality and Safety* (Vol. 2, Issue 1, pp. 17–26). Oxford University Press.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 58, pp. 563–583).
- Van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? In *Agriculture and Food Security* (Vol. 4, Issue 1). BioMed Central Ltd.
- Van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 294–305.
- Van Huis, A. (2017). Did early humans consume insects? In *Journal of Insects as Food and Feed* (Vol. 3, Issue 3, pp. 161–163). Wageningen Academic Publishers.
- Van Huis, A. (2018). Insects as Human Food. In *Ethnozooology Animals in our Lives* (pp. 195–213). Elsevier Inc.
- Verbeke, W., Sans, P., & Van Loo, E. J. (2015). Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. In *Journal of Integrative Agriculture* (Vol. 14, Issue 2, pp. 285–294). Editorial Department of Scientia Agricultura Sinica.
- Xia, Z., Wu, S., Pan, S., & Kim, J. M. (2012). Nutritional evaluation of protein from *Clanis bilineata* (Lepidoptera), an edible insect. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(7), 1479–1482.

- Xiaoming C, Ying F, Hong Z. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects, Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development 85–92.
- Yen, A. L. (2015). Insects as food and feed in the Asia Pacific region: Current perspectives and future directions. In *Journal of Insects as Food and Feed* (Vol. 1, Issue 1, pp. 33–55). Wageningen Academic Publishers.
- Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., & Yan, W. (2022). Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. In *Foods* (Vol. 11, Issue 24). MDPI.





## 9 Samostatné přílohy

### 9.1 Minerální krmivo pro brojlerů bez antikokcidika, BR – výkrm 1,0 %

Tabulka 6: Doplnkové látky v 1 kg minerálního krmiva (Zdroj: Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o.).

VITAMÍNY, PROVITAMÍNY A CHEMICKY PŘESNĚ DEFINOVANÉ LÁTKY SE SROVNATELNÝM ÚČINKEM		
Vitamin A (3a672a)	1000000	IU
Vitamin D3 (3a671)	200000	IU
Vitamin E (all-rac-alfa-tokoferol acetát) (J8700)	8333	IU
Vitamin K3 (3e711)	400	mg
Vitamin B1 (3a821)	600	mg
Vitamin B2 (3a825i)	800	mg
Vitamin B6 (3a831)	500	mg
Vitamin B12	2000	mcg
Niacinamid (3a315)	6000	mg
Pantothenan vápenatý (3a841)	1800	mg
Kyselina listová (3a316)	200	mg
Biotin (3a890)	20000	mcg
Cholinchlorid (3a890)	30000	mg
Betain (3a925)	10000	mg
STOPOVÉ PRVKY:		
Měď-Cu (Siran měďnatý pentahydrát) (3b405)	2000	mg
Železo-Fe (Siran železnatý monohydrát) (3b103)	6000	mg
Jód-I (Jodid draselný) (3b201)	100	mg
Mangan-Mn (Oxid manganatý) (3b502)	12000	mg
Zinek-Zn (Oxid zinečnatý) (3b603)	10000	mg
Selen-Se (Seleničitan sodný) (3b801)	30	mg
ANTIOXIDANTY:		
Butylhydroxytoluen (BHT) (E321) 400 mg - Butylhydroxyanisol (BHA) (E320) 80 mg		

Tabulka 7: Analytické složky a obsahy minerálního krmiva (Zdroj: Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o.).

Vápník	100,0 g
Fosfor	80,0 g
Sodík	0,0 g
Hořčík	0,5 g
Hrubý protein	290,9 g
Threonin	0,52 g
Hrubá vláknina	2,8 g
Hrubý popel	446,8 g
Hrubý tuk	15,1 g
Lysin	130,0 g
Methionin	140,0 g
ME brojler	6,61 MJ
Obsažené krmné suroviny:	
Dihydrogenfosforečnan vápenatý; Uhličitan vápenatý	

Tabulka 8: Návod k použití minerálního krmiva (Zdroj: Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o.).

DÁVKOVÁNÍ: 1 % tj. 10 kg na 1 tunu krmné směsi
SKLADOVÁNÍ: Nejlépe na paletách, v suchu a temnu, při teplotě do 25° C.
Zajištěno GMP + FSA
ÚČEL POUŽITÍ: Minerální krmivo je orčeno do krmných směsí pro výkrm brojlerů.

**ZDROJ:**

Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o. 2023. Minerální krmivo pro brojlerý bez antikokcidika. Horní Počernice, 193 00 Praha 9, Na Chvalce 2049.