

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**FAPPZ**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Nutriční potřeba živin v krmné směsi pro cvrčky (*Achetta domesticus*) jako krmného komponentu ve směsích pro drůbež**

**Diplomová práce**

**Bc. Terezie Straková  
Chov hospodářských zvířat**

**Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Nutriční potřeba živin v krmné směsi pro cvrčky (*Achetta domesticus*) jako krmného komponentu ve směsích pro drůbež" jsem vypracovala samostatně pod vedením Ing. Vladimíra Plachého, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.04.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Vladimírovi Plachému, Ph.D., za ochotu, trpělivost a množství rad, které mi poskytl při tvorbě diplomové práce.

# Nutriční potřeba živin v krmné směsi pro cvrčky (*Achetta domesticus*) jako krmného komponentu ve směsích pro drůbež

## Souhrn

Práce se zabývala vytvořením optimální normy pro cvrčka domácího. Při studii bylo zjištěno, že cvrčci obsahovali bohaté nutriční hodnoty, které byly vhodné pro vytvoření krmné směsi pro brojlerová kuřata. Energetickou hodnotou 13,03 MJ/kg se cvrčci vyrovnali kukuřici (13,40 MJ/kg) i sójovému šrotu (9,60 MJ/kg). Krmná směs pro cvrčky obsahovala pšenici, sójový extrahovaný šrot, pivovarské kvasnice, řepkový olej, minerální látky, vitamíny a různý poměr aminokyselin. Z experimentálního výzkumu pomocí různých metod pro stanovení nutričních hodnot vyšly podobné výsledky jako u ostatních autorů. Obsah sušiny cvrččí moučky byl stanoven na 100 %. Hrubý protein se pohyboval od 66,21 do 67,12 %. Podobných výsledků docílili i ostatní autoři během svých výzkumů. Obsah hrubého tuku byl nižší do 17,22 % oproti ostatním výzkumům, kde hrubý tuk dosahoval až 19,4 %. Zjistilo se však, že pokud se přidalo dostatečné množství řepkového oleje do krmné směsi, zvýšil se tím i následně hrubý tuk. Což u některých složek nutričních hodnot neplatilo. Ze stanovení aminokyselin bylo zjištěno, že limitujícími aminokyselinami pro cvrčka domácího je methionin s cystein. Nejvíce zastoupenou aminokyselinou u tohoto hmyzu byl arginin, který byl v množství až 1,42 g/kg sušiny. Přesto byla tato hodnota oproti ostatním výzkumům nižší. Někteří autoři uváděli až 6,10 g/100 g sušiny. Při zhodnocení nutričních potřeb pro výkrmová kuřata bylo zjištěno, že cvrčci by byli vhodným komponentem pro jejich krmnou směs. Kde byly následně pozorovány i zlepšené parametry růstu. Byly zde popisovány ekonomické náklady nejvíce používaných krmiv pro výkrmová kuřata. Náklady na konvenční zdroje krmiv, jako byla sójová a rybí moučka, byly velmi vysoké, a navíc jejich dostupnost v budoucnu bude omezená.

**Klíčová slova:** Cvrček, nutriční hodnota, potřeba živin, krmná směs, aminokyseliny

# **Nutrition requirement in feed mixtures for house crickets (*Achetta domestica*) as a feed component in feed mixtures for poultry**

## **Summary**

The work dealt with the creation of an optimal standard for the house cricket. The study found that crickets contained rich nutritional values that were suitable for creating a feed mixture for broiler chickens. With an energy value of 13.03 MJ/kg, crickets equaled corn (13.40 MJ/kg) and soybean meal (9.60 MJ/kg). The feed mixture for the crickets contained wheat, extracted soybean meal, brewer's yeast, rapeseed oil, minerals, vitamins and different ratios of amino acids. Experimental research using different methods for determining nutritional values yielded similar results to those of other authors. The dry matter content of cricket meal was set at 100 %. Crude protein ranged from 66.21 to 67.12 %. Similar results were achieved by other authors during their research. The crude fat content was lower to 17.22% compared to other researches, where crude fat reached up to 19.4 %. However, it was found that if a sufficient amount of rapeseed oil was added to the feed mixture, crude fat was subsequently increased. This was not the case for some nutritional value components. From the determination of amino acids, it was found that the limiting amino acids for the house cricket are methionine and cysteine. The most represented amino acid in this insect was arginine, which was in an amount of up to 1.42 g/kg of dry matter. Nevertheless, this value was lower compared to other researches. Some authors reported up to 6.10 g/100 g of dry matter. When evaluating the nutritional needs of broiler chickens, it was found that crickets would be a suitable component for their feed mixture. Where improved growth parameters were subsequently observed. The economic costs of the most commonly used broiler feeds were described here. The cost of conventional feed sources such as soy and fishmeal has been very high, and their availability will be limited in the future.

**Keywords:** House cricket, nutritional values, nutrients requirements, feed mixture, amino acids

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>9</b>
<b>3 Cvrček domácí (<i>Achetta domestica</i>)</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Fyziologie hmyzu</b>	<b>10</b>
3.1.1 Růst a vývoj	11
<b>3.2 Chov cvrčka domácího</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Význam cvrčků (<i>Achetta domestica</i>) jako krmného komponentu</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Nutriční hodnota cvrčků</b>	<b>12</b>
3.4.1 Bílkoviny	13
3.4.1.1 Rozpustnost bílkovin	14
3.4.2 Aminokyseliny	15
3.4.2.1 Lyzin	16
3.4.2.2 Methionin	16
3.4.2.3 Cystein	16
3.4.2.4 Threonin	17
3.4.2.5 Tryptofan	17
3.4.2.6 Arginin	17
3.4.3 Hrubá vláknina	19
3.4.4 Tuk a mastné kyseliny	19
3.4.5 Sacharidy	21
3.4.6 Vláknina a chitin	21
3.4.7 Popeloviny	22
3.4.8 Minerální látky	22
3.4.8.1 Vápník	22
3.4.8.2 Fosfor	22
3.4.8.3 Železo	23
3.4.8.4 Zinek	23
3.4.9 Vitamíny	23
3.4.10 Potenciálně toxické prvky	24
<b>3.5 Nutriční potřeba pro drůbež</b>	<b>24</b>
3.5.1 Energie	25
3.5.2 Dusíkaté látky	25
3.5.3 Tuky	27
3.5.4 Minerální látky	28

3.5.5	Vitamíny .....	28
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Odchov experimentálních cvrčků .....</b>	<b>30</b>
4.1.1	Složení krmiva .....	30
4.1.2	Nutriční analýza .....	31
4.1.2.1	Obsah hrubého proteinu.....	32
4.1.2.2	Obsah celkového hrubého tuku .....	32
4.1.2.3	Obsah hrubé vlákniny.....	32
4.1.2.4	Obsah sušiny .....	33
4.1.2.5	Obsah aminokyselin .....	33
4.1.2.6	Obsah popelovin .....	34
4.1.3	Statistická analýza.....	34
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Spotřeba a konverze krmiva .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Nutriční hodnoty .....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>Nutriční hodnoty cvrčka domácího .....</b>	<b>40</b>
6.1.1	Nutriční požadavky pro výkrmová kuřata.....	40
6.1.2	Srovnání použití cvrččí moučky z hlediska nutričních hodnot a ekonomiky	41
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>44</b>

# 1 Úvod

Moderní zemědělsko-potravinářské systémy jsou v současné době konfrontovány s mnoha problémy, které pramení především z eskalující celosvětové populace. Lidská populace roste a očekává se, že do roku 2050 dosáhne 10 miliard lidí (FAO, 2017). Degradace půdy vedená antropogenními změnami životního prostředí a klimatu vede k nedostatku půdy a poklesu produkce plodin (Weindl et al., 2020). Kromě toho se uvádí, že zemědělství je hlavním přispívatelem k emisím skleníkových plynů (Schmidt et al., 2014). Očekává se, že jedlý hmyz bude hrát hlavní roli v zemědělsko-potravinářských systémech, díky svému nízkému dopadu na životní prostředí, bohatému nutričnímu složení a chovu šetrnému k životnímu prostředí. Mezi jedlým hmyzem jsou cvrčci domácí (*Acheta Domesticus*) tradičně používáni jako potrava a krmivo ve většině částech světa (Psarianos et al., 2024).



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

Cílem práce je, na základě dostupné literatury a pokusů, vytvoření normy potřeby základních živin použitelné pro výrobu krmných směsí zkrmitelných cvrčku domácím.

Hypotéza: Na základě dostupných údajů je možné vytvořit normu potřeby živin a z ní kompletní krmnou směs, která bude mít lepší parametry užitečnosti než směsi založené na normách pro výkrm brojlerů, které jsou při chovu cvrčka standardně používané.

### 3 Cvrček domácí (*Achetta domesticus*)

S rychlým rozšiřováním lidské populace se postupně snižuje dostupnost orné půdy. Vzhledem k tomu, že roste lidská populace a celková plocha půdy zůstává konstantní, tradiční chov zvířat se může v blízké budoucnosti stát méně životaschopnou metodou produkce potravin. Chov zvířat tradičně naplňuje lidské nutriční požadavky na živočišnou bílkovinu (Brogan et al., 2021). Cvrček se ukázal, jako životaschopná náhrada konvenčních zdrojů bílkovin, díky svému bohatému nutričnímu obsahu, rozmanitým biofunkčním vlastnostem a ekologicky udržitelným metodám chovu (Zafar et al., 2024). Entomofágie je hlavním zdrojem výživy pro více než 2 miliardy lidí s celosvětovým pokrytím 80 %, hlavně v oblastech Afriky, Jižní Ameriky, Asie a Oceánie. (Bawa et al., 2021). Naopak v kulturních zemích, hlavně evropských spotřebitelé mají problém přijmout hmyz či larvy. Pokud by byl hmyz zpracován do práškové formy a následně použit pro potravinářské produkty, mohla by se zvýšit přijatelnost spotřebitelů, ale i tržní potenciál (Singh et al., 2020). V západním světě je snížení spotřeby masa jednou z hlavních hnačích sil pro změnu potravinových systémů, motivované z velké části rostoucími obavami o environmentální, zdravotnické a etické aspekty. Tento posun se prosazuje mezi spotřebiteli, i politiky a následně i potravinářským průmyslem a nevyhnutelně vede ke vzniku dietních alternativ, které aspirují na to, aby mohly sloužit jako náhrada masa (Ververis et al., 2022). Evropská unie reguluje výrobu potravin na bázi hmyzu, což je klíčový aspekt, který by mohl vést ke zvýšení zájmu o výrobu a uvádění potravin na trh (Singh et al., 2020). Díky vědeckým výzkumům bylo odhaleno, že cvrčci mají pozoruhodný nutriční profil. Obsahují značné množství bílkovin, lipidů, minerálních látek a vitamínů, což z nich činí výjimečně hodnotný a slibný zdroj potravy. Cvrčci jsou bohatí na esenciální mastné kyseliny, polynenasycené mastné kyseliny a makroživiny. Toto množství nutričních sloučenin je staví jako vysoce výživnou náhražku masa pocházející z drůbeže nebo skotu. Cvrček domácí patří do řádu orthoptera a je uznáván jako jeden z nejčastěji zařazeným typem jedlého hmyzu na celém světě. Mají také vysoce terapeutické účinky, vykazují různé nutraceutické vlastnosti, jako jsou protizánětlivé, protirakovinné, antioxidační, antidiabetické a hypolipidemické (Zafar et al., 2024). *Acheta domesticus* je jedním z nejdůležitějších druhů průmyslového hmyzu ve Spojených státech. Odhaduje se, že deset největších producentů cvrčků domácích ve Spojených státech společně vyprodukuje přes 1300 tun živých cvrčků ročně. Produkce cvrčků v USA je prodávána většinou jako krmivo pro domácí mazlíčky a rybářská návnada. V posledních pěti letech však trh s cvrčím práškem jako složka potravin roste, jen od roku 2013 se v Severní Americe vytvořilo 30-50 potravinářských společností na bázi hmyzu (Morales-Ramos et al., 2020)

#### 3.1 Fyziologie hmyzu

Hmyz je nejrozmanitější třídou živočišného kmene, která vykazuje pozoruhodné fyziologické adaptace. Cvrčci mají segmentovaný půdorys s kutikulou, která tvoří exoskeleton a je souvislá po celém těle. Tento exoskeleton je jedním z rozdílů mezi hmyzem (bezobratlí) a tradičními druhy hospodářských zvířat (obratlovci). Vývoj, a nakonec růst jsou rozděleny do série svlékání. Hmyz lze z hlediska postembryonálního vývoje rozdělit do tří skupin:

ametabolní, hemimetabolní (kam patří cvrčci) a holometabolní. Ametabolní hmyz neprodělavá žádnou metamorfózu, dospělý jedinec je větší verze larvální formy. U hemimetabolního hmyzu se larvy líhnou do podoby podobného dospělého, ale křídla se tvoří až v průběhu růstu. Homimetabolní hmyz začíná jako larva, následuje stádium kutikuly a poté dospělá forma, která má tři odlišné fenotypy. Trávicí trakt je rozdělen do tří hlavních částí, přední střevo, střední střevo a zadní střevo. Většina hmyzu produkuje specifické enzymy ke zlepšení trávení produktů. Například některý druh hmyzu dokáže strávit celulózu a může se živit rostlinami, které ostatní živočišné druhy považují za nejedlé. Schopnost hmyzu trávit složky, které lidé a jiní savci nemohou konzumovat, a následně je přeměňovat na vysoce kvalitní bílkoviny, je činí atraktivními. Jako mezidruh pro koncentrující důležité živiny, zejména esenciálních aminokyselin, polynenasycených mastných kyselin a minerálů. (Hawkey et al., 2021).

### 3.1.1 Růst a vývoj

Klíčovým faktorem, který může ovlivnit vývoj cvrčka, je příjem potravy. Stejně jako ostatní členovci má hmyz exoskelet. Má dvě funkce, poskytuje připojení svalů a také ochranu. Hmyzí „kůže“ je tvořena chitinem a bílkovinami. Chitin je modifikovaný polysacharid složený z N- acetylglukosaminu, takže na rozdíl od jiných strukturních polysacharidů, jako je např. celulóza v rostlinách, obsahuje dusík. Hmyz má 3 části těla – hlavu, hrud' a zadeček. Vyznačují se tím, že mají tři páry nohou, dva páry křídel, hlavu s párem tykadel a párem složených očí. Cvrčci procházejí hemimetabolickou nebo neúplnou (postupnou) metamorfózou. Po snesení vajíček se cvrčci líhnou do nezralé formy zvané nymfa. Metamorfóza zahrnuje částečnou změnu ve vzhledu od nymfy po pohlavně zralého dospělého. Jak již bylo řečeno nymfa je strukturálně podobná dospělému, jen ještě nemá zcela vyvinutá křídla a pohlavní orgány. Během růstu je část exosketelu svlečena a vyvinuta nová větší kutikula. Začátek svlékání je závislý na několika podnětech, a to na vnějších (teplota a světlo) a vnitřních (naplněnost břicha po krmení). Vývoj jedinců je u jednotlivých druhů závislý na podmínkách prostředí (teplota, vlhkost) a také dostupnost a kvalita potravin. U Cvrček domácí se při 35 °C vyvíjí mnohem rychleji než při 28 °C (Attard & Guelph, 2013).

## 3.2 Chov cvrčka domácího

Cvrček domácí patří do řádu *Orthoptera* a čeledi *Gryllidae*. Patří mezi všežravce, kteří konzumují rostlinnou i živočišnou hmotu. V závislosti na teplotě a okolních podmínkách se jejich průměrná životnost pohybuje mezi dvěma až třemi měsíci. Při teplotě 32 °C trvá vývoj od vajíčka do dospělosti přibližně 6-7 týdnů. Vyšší teploty způsobují zkrácení života a zvyšuje se jejich rychlost růstu. Naopak při nízkých teplotách se zvyšuje tělesná hmotnost. Pro cvrčka domácího je typický životní cyklus. Samec aktivně pronásleduje samičku a přitahuje ji cvrlikáním, které vzniká třením zoubkových okrajů předních křídel. Když samec představuje hrozbu, ozve se rychlé cvrlikání, zatímco pomalejší cvrlikání používá k přilákání samice k páření. Pro optimální růst cvrčka je potřeba dobře vyvážená strava. Měla by obsahovat makro i mikro živiny, jako jsou bílkoviny, lipidy, sacharidy, vitamíny a minerály. Špatná strava či nevyváženost způsobuje vyšší náchylnost k nemocem, parazitům a kanibalismu (Mukherjee & Mukherjee, 2022).

### 3.3 Význam cvrčků (*Achetta domesticus*) jako krmného komponentu

Bezobratlý hmyz, jako jsou mouchy, kobylky, mouční červi a cvrčci jsou používány jako lidská potrava a krmivo pro nepřežvýkavce a akvakulturu. Pro svůj růst potřebují méně vody, krmiva, půdy, produkují méně emisí skleníkových plynů a amoniaku na kg přírůstku ve srovnání s běžnými hospodářskými zvířaty. Mají schopnost přeměnit bezcenné organické vedlejší produkty nebo odpad na hodnotné krmivo (Bas & El, 2022). Hmyz může být masově produkován a podílí se na oběhovém hospodářství, které minimalizuje nebo eliminuje plýtvání potravinami a krmivy prostřednictvím biokonverze. Nejvýznamnější přínos hmyzu oproti jiným zdrojům bílkovin je nízká ekologická náročnost produkce, která je nezbytná pro uspokojení světových požadavků na bílkoviny. Z ekologického hlediska slibuje velkovýroba hmyzu nižší emise skleníkových plynů, produkci 1 kg bílkovin na menší plochu, nižší konkurence mezi krmivy a potravinami, snížení využívání půdy a přeměnu organických doplňků na vysoce hodnotné proteinové produkty. Dalším přínosem je krátký životní cyklus, díky němuž se hmyz může chovat ve velkém měřítku. (Shah et al., 2022). Cvrček se může konzumovat třemi způsoby. Jako celý cvrček, dále zpracováním na prášek a v poslední řadě jako extrakt proteinového izolátu (Klunder et al., 2012). Při sestavování a vyhodnocení diet je důležité dbát na nutriční složení. Určité živiny jsou zvláště důležité, protože jsou vyžadované ve vhodném množství spotřebitelem. A díky tomu, že jsou nedostatečně zastoupeny v těle hmyzu, musí být začleněny do jejich stravy. Některé přidané živiny do stravy musí být hodnoceny, protože vysoké hladiny těchto živin či nevyváženost s ostatními živinami může negativně ovlivnit stabilitu ostatních živin (Attard & Guelph, 2013).

### 3.4 Nutriční hodnota cvrčků

Výživová hodnota je v závislosti na druhu hmyzu, jeho vývojovém stádiu, typu chovu (hmyzí farma, nebo chytání ve volné přírodě), ekologických a environmentálních podmínkách a způsobu zpracování včetně typu tepelné úpravy (vaření, pečení, pražení). Výše uvedené ovlivňuje obsah bílkovin od 13 do 77 % sušiny. Jedlí cvrčci jsou mimořádně cenní z hlediska nutričních hodnot: bílkovin, lipidů, sacharidů, minerálních solí a vitamínů. Bylo zjištěno, že se u cvrčků hojně vyskytují látky chitin a chitosan, které potlačují patogenní mikroorganismy ve střevech. Ve cvrččím prášku byly stanoveny minerální látky: vápník, hořčík, železo a zvýšené zastoupení mědi, zinku a manganu (Montowska et al., 2019). Obecně platí, že hmyz je srovnatelný s tradičními zdroji bílkovin, jako je sójová moučka a rybí moučka. Významná část proteinu je však chemicky vázána v exoskeletu a jako taková nemusí být biologicky dostupná (Hawkey et al., 2021). Energetická hodnota cvrčků se pohybuje od 18 do 536 kcal na 100 g suché hmotnosti. Energetická hodnota, stejně jako nutriční hodnota je ovlivněna druhem, obsahem lipidů a stupněm vývoje (Magara et al., 2021). Například cvrččí mouka má vysoký obsah bílkovin 45,75 %, následují sacharidy 20,80 % a tuky 20 % (Quinteros et al., 2022). Obsah sušiny v cvrččí moučce pomocí sušením mrazem a v troubě se pohybuje okolo 96,04 až 98,73 % (Khatun et al., 2021). Chemická analýza viz. Tabulka 1. Z mnoha dalších studií bylo zjištěno, že nutriční hodnota cvrččí mouky se pohybovala okolo 60,4 % a byla vyšší než u sójové moučky, ale o něco menší než u rybí moučky. Hodnota celkové metabolizovatelné

energie se pohybuje okolo 13,03 MJ/Kg a je podobná jako u kukuřice (13,40 MJ/Kg), ale je mnohem vyšší než u sójové moučky, která se pohybuje okolo 9,60 MJ/Kg (Razak et al., 2012).

Tabulka 1: Nutriční hodnota cvrčka domácího

Složka:	Hrubý protein	Hrubá vláknina	Hrubý tuk
	[g/100 g sušiny]		
(Bawa et al., 2021)	76,19	3,7	8,9
(Razak et al., 2012)	60,4	8,3	
(Loypimai et al., 2024)	67,4	-	19,4
(Grdeň & Sołowiej, 2022)	61,90	4,80	-
(Bbosa et al., 2019)	62,57	8,04	12,15
(Hasan et al., 2023)	62,1	8,8	19,1
(Chakravorty et al., 2014)	65,74	4,33	8,75
(Das et al., 2013)	65,15	7,15	6,34
(Martin et al., 2021)	67,4	-	19,4

### 3.4.1 Bílkoviny

Protein (na bázi sušiny) se řadí mezi tři makroživiny, které jsou pro lidské tělo životně důležité. Aminokyseliny jsou stavebními kameny bílkovin, které zajišťují správný růst, údržbu a vývoj těla (Amarender et al., 2020). Relevantní množství cvrčích bílkoviny se může výrazně lišit, přičemž obsah hrubého proteinu se pohybuje od 23 % do 76 % a nejvyšší obsah můžeme nalézt u dospělců (Hawkey et al., 2021). V proteinu bylo identifikováno mnoho aminokyselinových sekvencí, které byly spojeny s bioaktivními vlastnostmi peptidy (BAP). Ty byly zkoumané pro své antihypertenzní, antioxidační, antidiabetické a minerálně vazebné vlastnosti. V posledních letech byly provedeny četné studie zahrnující vytváření a hodnocení BAP pomocí enzymatické hydrolýzy (Nongonierma & FitzGerald, 2017). Z hlediska potravinářské vědy a technologie je potřeba zohledňovat funkční vlastnosti cvrčích proteinu. Úspěšné využití proteinových složek závisí na jejich schopnosti splnit mnoho funkčních požadavků jako jsou: dobrá rozpustnost, molekulární struktura proteinu a velikost, stabilizace emulze nebo tvorba gelu (Hall et al., 2017). Postupy extrakce proteinů jsou také klíčovým

faktorem, který ovlivňuje vlastnosti a funkčnost proteinů. Metody jsou různé, jako je vodní extrakce, izoelektrické srážení a srážení alkoholem (Ndiritu et al., 2019). Enzymatická modifikace proteinů je užitečný mechanismus pro zlepšená funkčnosti ve srovnání s nativními nehydrolyzovanými proteiny (Hall et al., 2017). Cvrččí proteiny mají vysokou vodní kapacitu, střední pěnivost a stabilitu s vysokou emulzní aktivitou (Udomsil et al., 2019). Téměř 70 % hmyzích bílkovin se rozpustí v alkalickém pH, zatímco pouze 7 % při pH 4-6 (Brogan et al., 2021). Obsah bílkovin u většiny studovaných cvrčků je srovnatelný s obsahem běžných živočišných potravin a vyšší než u většiny rostlinných zdrojů. Obecně se uvádí, že jedlý hmyz z řádu Orthoptera obsahuje vyšší množství surových proteinů ve srovnání s jiným hmyzem. Kvantifikace biologicky dostupného hmyzího proteinu však vyvolává velké obavy vzhledem k tomu, že analýza surových proteinů pomocí Kjeldahlovy metody často zahrnuje dusík uložený v exoskeletu tohoto hmyzu, který z velké části obsahuje polysacharid chitin, který má následně tendenci nadhodnocovat stravitelné proteiny jedlého hmyzu. Stravitelnost proteinů in vitro se ukázala jako spolehlivý prediktor biologické dostupnosti proteinu in vivo na základě poměru proteinové účinnosti a čistého poměru proteinů (Murugu et al., 2021). Pro stanovení obsahu bílkovin u cvrčků se obvykle používá konverzní faktor (Kp) 6,5, což může vést k nadhodnocení obsahu bílkovin. Je třeba vzít v úvahu, že hmyz obsahuje neproteinový dusík, jako je chitin, nukleové kyseliny, fosfolipidy a další produkty. Někteří vědci popsali mouku počítanou s dvěma faktory. Následně pak byly pozorovány rozdíly v procentech bílkovin. Díky faktoru Kp 6,25 bylo získáno 58,8 % a s faktorem Kp 5,60 bylo získáno 44,8 % bílkovin (Quinteros et al., 2022).

Tabulka 2: Fyzikálně-chemické hodnoty, (Udomsil et al., 2019)

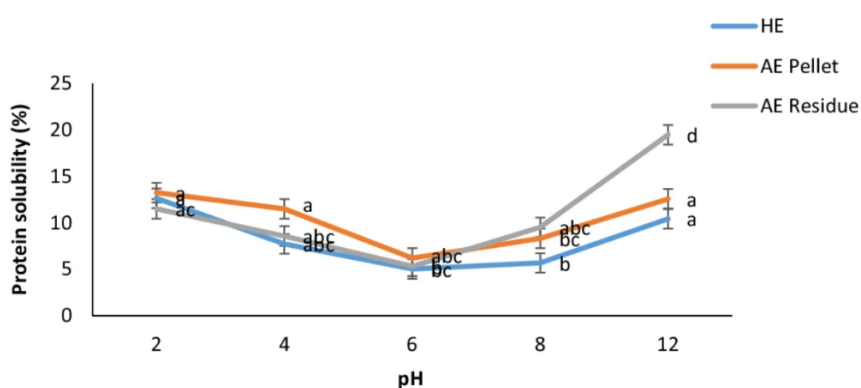
Zdroj	Lipidy %	Popeloviny %	Protein %	Proteinové frakce (% celkových bílkovin)			
				Albumin	Globulin	Glutelin	Prolamin
<b>Cvrček domácí</b>	16,1	4,3	65,5	31,5	30,6	13,7	24,2
<b>Moučný červ</b>	13,7	5,2	66,0	32,0	31,2	10,9	25,8
<b>Faba fazole</b>	2,5	5,3	62,5	45,4	46,2	4,3	4,1
<b>Žlutý hrášek</b>	2,1	5,5	55,1	44,2	46,6	6,4	2,8

#### 3.4.1.1 Rozpustnost bílkovin

Rozpustnost bílkovin je důležitá při přípravě a zpracování potravin (Ndiritu et al., 2019). Rozpustnost proteinu je ovlivněna extrakcí a pH srážení použitými v procesu získání proteinů (Quinteros et al., 2022). Nejvyšší rozpustnost byla zaznamenána při pH 12. Zvýšená rozpustnost proteinu při pH 11 by mohla být důsledkem rozvinutí struktury proteinu, a tím odhalení hydrofilních skupin. Navíc vysoké pH zvyšuje ionizaci kyselých aminokyselin, a tím zlepšuje rozpustnost proteinů. Pokles rozpustnosti proteinu směrem k pH 6 by mohl být důsledkem sníženého odpuzování mezi aminokyselinami, a tudíž větší koalescence, protože pH

se blíží izoelektrickému bodu. Dále byla pozorována nízká rozpustnost proteinů u denaturovaných proteinů při nízkém pH. Navíc pH ovlivňuje povrchový náboj proteinů a tím ovlivňuje rozpustnost proteinových koncentrátů. Vysoká rozpustnost při vysokém pH ukazuje na potenciál využití proteinových koncentrátů při přípravě masných výrobků. Na grafu viz. obrázek 1 jsou použity 2 metody pro stanovení rozpustnosti a to: HE-extrakce hexanem, kdy je hexan míchan s práškem sušeného cvrčičího prášku a AE-vodní extrakce pomocí destilované vody, sušené cvrčičí mouky a kyseliny askorbové (Ndiritu et al., 2019). Výzkum provedlý (Stone et al., 2019) na stanovení rozpustnosti bílkovin byl stanoven pomocí dispergováním 0,2 g proteinu (na základě hmotnosti obsahu proteinu ve vzorku) v 19 ml vody a úpravou na požadované pH (3,0; 5,0; 7,0) pomocí HCl nebo NaOH. Z tabulky 3 lze vidět, že hodnoty se pohybovaly podobně při třech různých pH.

### Z: Účinky NaCl a pH na funkční vlastnosti proteinového koncentráту cvrčků jedlých (*Acheta domestica*)



Vliv pH na rozpustnost proteinů v proteinových koncentrátech (n = 3). Průměry s různými písmeny napříč vzorky se významně liší při  $p < 0,05$   
Obrázek 1 Vliv pH na obsah proteinu, (Stone et al., 2019)

Tabulka 3: Koncentrace proteinu při vlivu pH, (Ndiritu et al., 2019)

Zdroj	Rozpustnost %			Kapacita hydratace vody (g/g)	Kapacita zadržování oleje g/g	Kapacita pěny %	Stabilita pěny %
	pH 3,0	pH 5,0	pH 7,0				
<b>Cvrček domácí</b>	29,2	29,6	28,2	1,76	1,42	82	86
<b>Moučný červ</b>	24,6	22,3	23,2	1,62	1,58	Nepěnivý	Nepěnivý
<b>Faba fazole</b>	22,3	14,0	80,9	0,95	1,48	149	62
<b>Žlutý hrášek</b>	36,0	16,8	80,0	1,60	1,31	149	49

### 3.4.2 Aminokyseliny

Kvalita bílkovin jedlého hmyzu se posuzuje prostřednictvím obsahu aminokyselin. Přítomnost všech esenciálních aminokyselin (EAA) byla potvrzena nejen u cvrčků, ale i ostatních druhů jedlého hmyzu cysteinu (Udomsil et al., 2019). Celkové množství esenciálních

aminokyselin se pohybuje okolo 37,8 % a hydrofobních aminokyselin okolo 36,7 % (Yeerong et al., 2024). Hladina esenciálních aminokyselin u cvrčků splňuje nebo dokonce překračuje doporučený denní příjem pro dospělé (Siddiqui et al., 2024). Cvrčci domácí mají nejhojnější zastoupení kyseliny glutamové a glutaminu. Dále mají vysoký obsah lysinu a threoninu a argininu. Naopak nízké množství bylo zjištěno u methioninu, tryptofanu a cysteinu (Udomsil et al., 2019). Mezi neesenciální aminokyseliny cvrčka patří kyselina asparagová, kyselina glutamové a alanin. Cvrčci také obsahují relativně vysoké množství taurinu, který je důležitý pro různé fyziologické funkce u lidí, zejména pro kardiovaskulární zdraví (Siddiqui et al., 2024). Z výzkumu od (Stone et al., 2019) bylo zjištěno, že samice cvrčků mají kompletní zastoupení bílkovin, zatímco samci mají mírný nedostatek tryptofanu (10,5 mg/g proteinu) ve srovnání s 11 mg/g proteinu požadovanými FAO/1991. Bylo také zjištěno, že profil aminokyselin je ovlivněn způsobem zpracování. K mírnému ovlivnění dochází při lyofilizování, blanširování a sušením v troubě. U těchto způsobů zpracování bylo pozorování mírné ovlivnění – viz. Tabulka 6. U esenciálních aminokyselin jako jsou histidin, izoleucin a leucin bylo pomocí suchého mrazu získáno větší množství těchto látek oproti sušení v troubě a blanširování. Ovšem některé výzkumy tuto skutečnost vyvrací a v jejich výzkumech se tato skutečnost nepotvrdila. To lze vysvětlit skutečností, že aminokyseliny mohou být ovlivněny během zpracování v závislosti na druhu cvrčka, typu aminokyselin a použitých metodách (Khatun et al., 2021).

Porovnání zastoupení aminokyselin viz. Tabulka 4.

#### 3.4.2.1 Lyzin

Lyzin je esenciální aminokyselina, kterou si zvířata nemohou vůbec vyrábět, protože nemají pro jejich syntézu potřebné transaminázy. Je třeba vědět, že část této aminokyseliny je v některých krmivech pro zvířata nevyužitelná. Rozsah znehodnocení lyzinu lze stanovit speciální analýzou. Při zpracování krmiv za vyšších teplot vzniká z lyzinu a dehydroalaninu lyzinoalanin. Lyzinoalanin je pro zvířata zcela nevyužitelný (Fernandez-Cassi et al., 2018). Lyzin společně s leucinem, valinem patří mezi nejhojnější aminokyseliny, dle následujících údajů viz. Tabulka 4 se lyzin pohybuje od 0,94 až 5,6 g/100 g sušiny (Yeerong et al., 2024)

#### 3.4.2.2 Methionin

U cvrčků byla zjištěna nízká hodnota methioninu (Udomsil et al., 2019). Dle následujících údajů viz. Tabulka 4 se hodnoty methioninu pohybují od 0,36 do 2,4 g/100 g sušiny. Methionin patří mezi hydrofobní aminokyseliny, které hrají klíčovou roli v antioxidantních vlastnostech proteinového hydrolyzátu prostřednictvím mechanismů, zahrnujících darování protonů, elektronů a inhibičních schopností proti peroxidaci lipidů (Yeerong et al., 2024).

#### 3.4.2.3 Cystein

Cystein je sirá aminokyselina získávána z methioninu (Akram et. Al., 2011). Stejně jako tryptofan, je obsah cysteinu u cvrčků poměrně nízký. Pohybuje se od 0,40 až 2,83 g /100 g sušiny (Udomsil et al., 2019) a (Loypimai et al., 2024). Viz. Tabulka 4.



#### 3.4.2.4 Threonin

Tato aminokyseliny je prekurzorem pro syntézu glycinu a acetyl-CoA. Threonin je hojně zastoupen v mucinech (Francois Blachier et al., 2013). Obsah threoninu se u cvrčků pohybuje od 0,99 do 6,21 g/100 g sušiny (Stone et al., 2019) a (Finke, 2015). Viz. Tabulka 4. Threonin a cystein mají mechanismy na udržení funkce střevní bariéry (Francois Blachier et al., 2013).

#### 3.4.2.5 Tryptofan

Tryptofan se řadí mezi esenciální aminokyseliny. Je prekurzorem mnoha metabolitů včetně neurotransmiteru serotonin (5-hydroxytryptamin), tryptaminu, hormonu melatonin a niacinu (vitamín B<sub>3</sub>). Kromě toho je tryptofan prekurzorem pro syntézu acetyl-CoA (Francois Blachier et al., 2013). Bylo zjištěno, že obsah tryptofanu u cvrčků je poměrně nízký, pohybuje se od 0,24 – 2,8 g/100 g sušiny (Loypimai et al., 2024) a (Razak et al., 2012). Viz. Tabulka 4.

#### 3.4.2.6 Arginin

Arginin stejně tryptofan patří mezi esenciální aminokyseliny. U cvrčků je tato aminokyseliny poměrně hojně zastoupena, od 2,16 až 13,6 g/100 g sušiny (Matin et al., 2021) a (Finke, 2015). Viz. Tabulka 4. Z argininu vzniká působením arginázy ornitin (Udomsil et al., 2019).

Tabulka 4: Obsah aminokyselin

Studie:	Lyzin	Methionin	Cystein	Threonin	Tryptofan	Arginin
	[g/100 g sušiny]					
(Udomsil et al., 2019)	3,22	0,98	0,40	1,65	0,43	3,92
(Magara et al., 2021)	5,40	1,40	0,80	3,60	0,55	6,10
(Siddiqui et al., 2024)	3,5-5,40	0,90-1,40	0,40-0,80	1,65-3,60	0,40-0,68	3,70-6,10
(Stone et al., 2019)	0,94	1,53	1,53	0,99	0,85	-
(Razak et al., 2012)	2,4	0,5	0,8	1,5	2,8	2,2
(Matin et al., 2021)	3,36	-	0,57	1,89	0,66	2,16
(Zaitseva et al., 2023)	5,6	2,4	-	4,0	1,0	-

(Loypimai et al., 2024)	3,13	0,36	2,83	2,18	0,24	7,77
(Grdeń & Sołowiej, 2022)	4,12	1,62	0,82	2,77	2,78	4,97
(Yeerong et al., 2024)	14,7 %	3,7 %	0,5 %	8,7 %	-	11,4 %
Adesoye et al., 2023)	3,22	-	2,40	3,65	1,43	5,92
(Finke, 2015)	9,56	2,74	1,61	6,21	1,44	13,6

Tabulka 5: Zastoupení aminokyselin, (Stone et al., 2019)

<b>Aminokyselina</b> [g]	<b>Cvrček domácí</b>	<b>Moučný červ</b>	<b>Faba fazole</b>	<b>Žlutý hrášek</b>
<b>Lysin</b>	0,94	0,71	0,90	1,21
<b>Leucin</b>	1,10	1,06	1,01	1,07
<b>Methionin + cystein</b>	1,53	0,83	0,89	1,11
<b>Threonin</b>	0,99	0,90	0,72	0,82
<b>Tryptofan</b>	0,85	0,82	0,69	0,70
<b>Tyrosin</b>	1,34	1,34	1,04	1,24
<b>Isoleucin</b>	1,57	1,43	1,29	1,41
<b>Valin</b>	1,63	1,55	1,08	1,22
<b>Leucin</b>	1,10	1,06	1,01	1,07
<b>Aminokyselinové skóre</b>	0,85	0,71	0,69	0,70

Tabulka 6: Ovlivnění zpracování cvrčků na množství aminokyselin, (Khatun et al., 2021)

AMK	<i>Achetta Domesticus</i>			<i>G. Assimilis</i>		
	Sušení mrazem	Sušení v troubě	Blanšírování	Sušení mrazem	Sušení v troubě	Blanšírování
<b>Met+Cys</b>	98,71	90,76	98,09	95,75	95,22	91,77
<b>Leu</b>	136,19	136,89	128,13	134,95	132,13	136,17
<b>Lys</b>	149,92	148,28	150,65	148,28	146,90	150,68
<b>Trp</b>	155,81	155,83	160,21	144,55	137,53	149,05
<b>Ile</b>	158,38	157,83	146,88	152,10	151,08	154,70
<b>Val</b>	164,90	167,70	162,80	163,92	163,39	166,65
<b>Thr</b>	188,97	186,01	185,08	182,01	183,88	185,16
<b>Tyr</b>	248,64	252,32	283,65	265,14	272,99	155,02

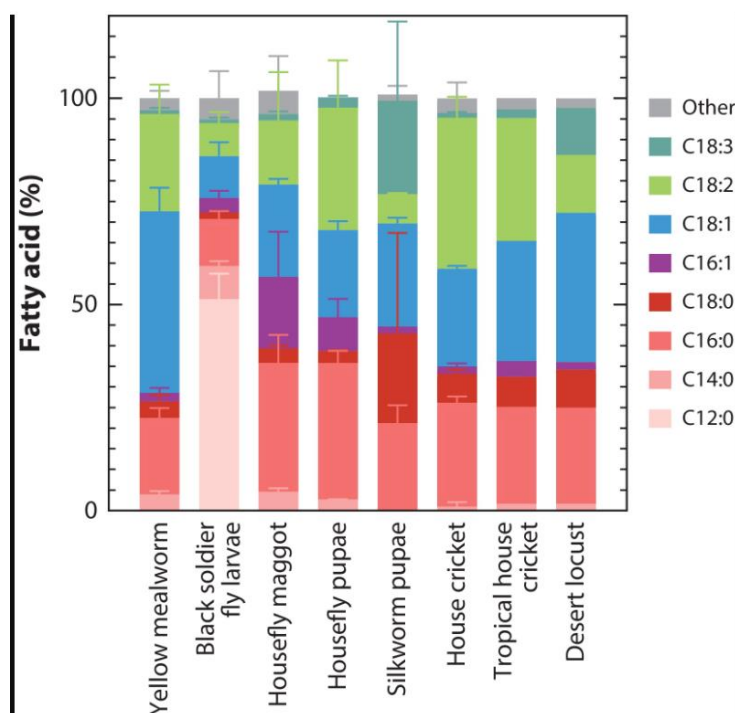
### 3.4.3 Hrubá vláknina

Hrubá vláknina je součástí dietní vlákniny, která zvyšuje objem fekálních hmot, urychluje peristaltiku, snižuje stravitelnost a dává pocit plnosti. Její zastoupení se pohybuje mezi 0,5 až 13,4 % (Magara et al., 2021). Hrubá vláknina zahrnuje komplexní sacharidy, jako je celulóza, hemicelulóza a lignin, které jsou přítomny ve střevech hmyzu. Bylo prokázáno, že obsah nerozpustného chitinu určuje stravitelnost hrubých bílkovin v potravě (Keřińska-Pacelik et al., 2023). U komerčně chovaných cvrčků se chitin pohybuje od 2,7 do 49,8 mg na kg živé hmotnosti a 11,6 až 137,2 mg na kg sušiny. Chitin hraje významnou roli v ochraně cvrčků proti některým parazitárním onemocněním a alergickým stavům (Magara et al., 2021). Negativní korelace chitinu byla zjištěna s ADF. Má však i pozitivní vlastnosti, a to díky deacetylaci chitinu lze získat chitosan, který se díky svým vlastnostem využívá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Keřińska-Pacelik et al., 2023).

### 3.4.4 Tuk a mastné kyseliny

Tuky jsou důležitou živinou, protože dodávají chuť. Obsah a kvalita tuku ovlivňuje chutnost potravin. Množství a kvalita tuku významně ovlivňuje energetickou a nutriční hodnotu. Z mnoha výzkumů bylo zjištěno, že obsah hrubého tuku se pohybuje od 6 do 45 g na 100 g sušiny (Keřińska-Pacelik et al., 2023). Cvrčci, kteří dostávali krmivo s vysokým obsahem sacharidů, měli následně nejvyšší obsah tuku, ale nejnižší obsah bílkovin. (Pastell et al., 2021) Tuk funguje jako koncentrovaný zdroj energie a také jako zdroj EFA. Pomáhá také při vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích (Attard & Guelph, 2013). Larvální bezobratlí mají vyšší obsah tuku než dospělé druhy. Tuk je přítomen v různých formách a stanovuje se pomocí extrakce lipidů (Amarender et al., 2020). Triacylglycerol tvoří 80 %, fosfolipidy 20 % z celkového množství mastných kyselin (Hawkey et al., 2021). Cvrčci obsahují také řadu nasycených (SFA), nenasycených mastných kyselin (MUFA) a polynenasycených mastných

kyselin (PUFA), podobně jako ostatní druhy zvířat. SFA jsou jedním z dietních faktorů, které mají velký negativní vliv na LDL cholesterol. MUFA a PUFA snižují koncentraci cholesterolu v plazmě (Udomsil et al., 2019). Hlavní nasycené mastné kyseliny cvrčků jsou kyselina palmitová (C16:0) a kyselina stearová (C18:0). Kyselina olejová (C18:1) je hlavní mononenasycená mastná kyselina, u některých druhů hmyzu se může vyskytovat i kyseliny palmiolejobá (C16:1). Dále jsou cvrčci relativně bohatí na n-6 PUFA, kyselinu linolovou (C18:2) a menším množstvím i na n-3 alfa-linolové kyseliny (C18:3). Celkové množství tuku a mastných kyselin lze ovlivnit druhem stravy, prostředím, teplotou a světlem. (Hawkey et al., 2021). Profil mastných kyselin se u cvrčka domácího nemění při jakémkoliv způsobu zpracování, to se však nedá říct u cvrčků polních jamajských. U tohoto druhu se významně měnilo množství, hlavně u kyseliny laurové, kyseliny palmitové, kyseliny olejové a kyseliny linolové. Rozdíly ve složení mastných kyselin při stejných metodách zpracování vědci vysvětlují, že mohl být přítomen vyšší obsah vitamínu E u cvrčka domácího, který by mohl konzervovat mastné kyseliny tím, že poskytuje antioxidační účinek, zatímco přítomnost vitamínu E u cvrčků polních jamajských se nepotvrdil (Khatun et al., 2021). Samci cvrčka domácího mají menší obsah tuku než samice. Je také dokázáno, že komerčně chovaní cvrčci mají vyšší obsah tuku než cvrčci ve volné přírodě. To může být způsobeno sníženým výdajem energie v zajetí a snadným přístupem ke stravě s vysokým obsahem energie či obojím. Obecně platí, že volně žijící cvrčci obsahují relativně vysoké množství kyseliny linolové a kyseliny linolenové. Naopak komerčně chovaní cvrčci mají sice také vysoké množství kyseliny linolové, ale mnohem nižší obsah kyseliny linoleové. Většinou je to způsobeno tím, že jejich strava je založena na velkém množství obilovin a vedlejších produktů z nich, které mají nízké hladiny kyseliny linoleové (Oonincx & Finke, 2021).



Obrázek 2 Zastoupení mastných kyselin, (Hawkey et al., 2021)

Tabulka 7: Obsah mastných kyselin, (Grdeń & Sołowiej, 2022)

Mastné kyseliny	Jedlý hmyz	Řasy	Brambory	Rýže
	[g/100 g]			
<b>C6:0</b>	-	0,0004	0,000002	0,0003
<b>C8:0</b>	-	0,001	0,00003	0,001
<b>C10:0</b>	-	0,0004	0,00003	0,0003
<b>C12:0</b>	0,015	0,001	0,00002	0,0002
<b>C14:0</b>	0,109	0,016	0,0001	0,002
<b>C15:0</b>	0,017	0,001	-	0,0002
<b>C16:0</b>	5,515	0,397	0,001	0,054
<b>C17:0</b>	0,048	0,003	-	-
<b>C18:0</b>	2,449	0,044	0,0004	0,012
<b>C20:0</b>	0,071	0,001	-	0,001
<b>MUFA</b>	4,892	0,076	0,001	0,040
<b>PUFA</b>	7,167	0,384	0,001	0,015
<b>n-3</b>	0,375	0,0002	0,000	0,000
<b>n-6</b>	0,782	0,384	0,001	0,015
<b>n-9</b>	4,769	0,034	0,001	0,039

### 3.4.5 Sacharidy

Zvláštností u cvrčků je, že pro svůj růst nepotřebují sacharidy, protože si je dokážou syntetizovat z aminokyselin a lipidů ve svém těle. Obsah sacharidů u cvrčků se pohybuje v malém množství a je značně ovlivněn stravou, kterou konzumují (Magara et al., 2021). Množství sacharidů v cvrččí moučce se pohybuje okolo 19–20 % (Montowska et al., 2019). Cvrčci ukládají své sacharidy ve formě glykogenu, který může být později rychle hydrolyzován na snadno použitelnou formu energie. Cvrčci používají sacharidy jako zdroj energie většinou během metamorfózy v důsledku metabolických interkonverzí (Magara et al., 2021).

### 3.4.6 Vlákna a chitin

Cvrčci obsahují značné množství vlákniny a je měřena surovou vlákninou, kyselou detergentní vlákninou a neutrálně detergentní vlákninou. Složky těchto vláknitých frakcí nejsou dobře známy, ačkoliv u celého hmyzu zahrnují sklerotizované proteiny, minerální látky a další sloučeniny vázané na chitin (Oonincx & Finke, 2021). U nevyklačených cvrčků se vláknina s chitinem pohybuje okolo 0,5 až 13,4 %. Nerozpustný chitin v exoskeletu cvrčků tvoří hlavní část vlákniny. U komerčně chovaných cvrčků se chitin pohybuje od 2,7 do 49,8 mg na kg živé hmotnosti a 11,6 až 137,2 mg na kg sušiny. Chitin hraje významnou roli v ochraně cvrčků proti některým parazitárním záchvatům a alergickým stavům. Má také antivirové účinky proti tvorbě nádorů (Magara et al., 2021).

### 3.4.7 Popeloviny

Cvrčci obsahují významné množství popela v rozmezí od 2,96 do 20,50 % sušiny. Čím vyšší je obsah popela, tím vyšší je hodnota minerálních prvků pro lidské zdraví. Obsah cvrččího popela je vyšší ve srovnání s kozím, brojlerovým a vepřovým (Magara et al., 2021). Popel se v důsledku varu může redukovat, čímž se pak následně může snižovat stravitelnost (Loypimai et al., 2024). Dále bylo také zjištěno, že pohlaví cvrčků nemá významný vliv na hladiny popelovin. Pro stanovení obsahu popelovin se používá muflová pec při 550 °C (Kulma et al., 2019). Z výzkumu od (Finke, 2015) byl obsah popelovin u cvrčků poměrně nízký a to 12,2 %. (Carolyne et al., 2017) uvádí, že obsah popelovin se pohyboval od 4,0g až 5,0 % sušiny.

### 3.4.8 Minerální látky

Minerální látky se dělí na makroprvky (vápník, fosfor, hořčík, sodík, draslík a chlorid) a mikroprvky nebo stopové prvky (železo, zinek, měď, mangan, jód a selen) (Oonincx & Finke, 2021). Většina výzkumů uvádí, že většina hmyzu obsahuje vysoké množství fosforu, draslíku, železa a vitamínu B12, což by mohlo vést ke snížení nedostatku živin v rozvojových zemích (Khatun et al., 2021). Minerální látky mohou být do určité míry ovlivněny stravou závislou na obsahu minerálu: druhu hmyzu, obdobím sběru, geografickou polohou, životními podmínkami (volá příroda, chov na farmě), krmivem. Míra biologické dostupnosti minerálů je rovněž předmětem současného zkoumání. Během zpracování (př. Varem) může docházet k interakcím mezi minerály a jinými látkami, jako je chitin, proteiny, což může snížit biologickou dostupnost některých prvků.

#### 3.4.8.1 Vápník

Vápník je prvek, který má primární roli ve struktuře kostí, je také nezbytný pro normální neuromuskulární funkce, intracelulární signalizace, srážení krve a aktivaci určitých enzymů. Metabolismus je přímo ovlivněn vztahem mezi vápníkem a fosforem ve stravě. Vápník se u jedlého hmyzu pohybuje okolo 1590 mg/kg (Attard & Guelph, 2013). V cvrččím prášku se pohybuje okolo 180 mg/ 100 g sušiny. Na rozdíl od železa je obsah vápníku velmi závislý na druhu. Bylo prokázáno, že obsah vápníku u cvrčků se může zvýšit až 20krát, při použití obohaceného krmiva o vápenatě iotny (Kosečková et al., 2022).

#### 3.4.8.2 Fosfor

Fosfor se řadí mezi makroprvky a je v prostředí extrémně omezený. Je důležitý ke stavbě proteinů, RNA, DNA a ATP (Visanuvimol & Bertram, 2011). Bylo prokázáno, že neoptimální hladiny fosforu dokáží ovlivnit tělesnou zdatnost a související vlastnosti (Bertram et al., 2009). Nevýhodou fosforu je, že má špatnou rozpustnost ve vodě a má antagonistické účinky s vápníkem. Proto je důležité dobře stanovit poměr mezi vápníkem a fosforem (Irungu et al., 2018). Většina dospělých cvrčků má poměr Ca:P pouze 0,15:1 (Attard & Guelph, 2013). Z výzkumu od (Irungu et al., 2018) byl fosfor stanoven s obsahem 6542,5 ppm. (Grdeń & Sołowiej, 2022) zaznamenaly 9000 mg/kg fosforu u cvrčků.

### 3.4.8.3 Železo

U cvrčků se železo nachází převážně ve formě feritin, holoferitin a cytochromy, pouze některé druhy cvrčků obsahují hemoglobin a žádný druh cvrčka neobsahuje myoglobin. Rozpustnost železa je dokonce výrazně vyšší u hmyzu než u hovězí svíčkové. Cvrččí prášek obsahuje zhruba 6,2 mg/100 g sušiny, což je nejvyšší množství železa, které bylo naměřeno z mnoha výzkumů. Také je to větší množství než u většiny běžných obilovin (Kosečková et al., 2022) Naopak studie od (Rumpold & Schlüter, 2013) zjistila obsah železa u cvrčků okolo 4,2-5,1 mg/100 g sušiny. Rozdíl se může vztahovat k různým druhům krmiv.

### 3.4.8.4 Zinek

Obsah zinku je nejvyšší u cvrččího prášku cca 25,5 mg/100g sušiny. U nezpracovaných cvrčků byl nejvyšší obsah zinku cca 16,9 mg/100g sušiny (Kosečková et al., 2022). Jiní autoři zjistili podobné hodnoty (7,29 – 18,64 mg/100 g sušiny). Dále také bylo zjištěno, že nymfy cvrčků mají obsah zinku okolo 29,69 mg/100 g sušiny a dospělci od 15,91 – 18,64 mg/100 g sušiny. To by znamenalo, že nymfy by mohly být mnohem lepším zdrojem zinku než dospělci (Rumpold & Schlüter, 2013).

Tabulka 8: Množství minerálních látek, (Grdeň & Sołowiej, 2022)

Prvek	Jedlý hmyz	Řasy	Brambory	Rýže
	[g/kg]			
Ca	1590	1820	14,4	48,9
Mg	1090	2980	106	68,2
K	11900	18700	2180	94,7
Na	3780	34300	7600	591
Fe	59,2	257	72,7	8,49
Cu	29,7	0,750	2,29	6,26
Mn	43,5	14,3	2,92	2,12
Se	0,150	0,441	<0,001	0,170
P	9000	8000	600	3000

### 3.4.9 Vitamíny

Z analýzy od (Finke, 2015) bylo zjištěno, že cvrčci neobsahují zjištěitelné hladiny vitamínu A nebo vitamínu D<sub>3</sub>. Obsah vitamínu E byl stanoven na 53,7 IU/Kg. Vitamín K<sub>3</sub> byl u cvrčků zastoupen v množství 78,4 IU/Kg. Cvrčci obsahovali také dostatečné množství thiaminu (2,0 mg/Kg) a vitamínu B<sub>12</sub> (193,0 µg/kg). Většina výzkumů uvádí, že většina hmyzu obsahuje vysoké množství fosforu, draslíku, vápníku, železa a vitamínu B<sub>12</sub>, což by mohlo vést ke snížení nedostatku živin v rozvojových zemích (Loypimai et al., 2024).

Tabulka 9: Zastoupení vitamínů, (Loypimai et al., 2024)

Vitamín	<i>Acheta Domesticus</i>	<i>G. Bimaculatus</i>
	[μg/100 g]	
Vitamín A	1,5	14,7
β-karoten	111,4	161,1
Vitamín E	905,1	620,4
Vitamín B <sub>1</sub>	585,2	975,1
Vitamín B <sub>2</sub>	1485	3325
Vitamín B <sub>3</sub> – niacin	3435	2855
Vitamín B <sub>6</sub>	190,5	270,4
Vitamín B <sub>12</sub>	26,6	51,5
Biotin	38,7	39,5
Vitamín B <sub>5</sub> – kyselina pantotenová	2630,6	5145

### 3.4.10 Potenciálně toxické prvky

Bezpečnost entomofágie je oblast, která vyžaduje rozsáhlý výzkum vzhledem k velkému potenciálu praktického využití jedlého hmyzu v potravinářském průmyslu. Riziko může vzniknout z přítomnosti těžkých kovů, kvůli jejich schopnosti akumulovat se v tkáních hmyzu (Murefu et al., 2019). V poslední době jsou u cvrčků pozorovány zvýšené hladiny Cd, Cu, Mn, Ni a Pb (Greenfield et al., 2014). Koncentrace těžkých kovů v cvrčcích závisí na jejich přítomnosti v krmivu či v půdním složení. Těžké kovy mohou být bioakumulované nebo biokonjugované. Z výzkumu bylo zjištěno, že koncentrace těžkých kovů jako je kadmium, arsen, chrom, olovo a cín jsou v přijatelných (Fernandez-Cassi et al., 2018). Z výzkumu od (Kosečková et al., 2022) bylo zjištěno následující. Nejvyšší naměřený obsah u kadmia a olova byl naměřen 0,014 a 0,019 mg/100 g sušiny. Maximální hladiny u kadmia a olova u hmyzu nebyl oficiálně stanoven. Nicméně tyto hodnoty jsou mnohem nižší než hodnoty u korýšů (0,05 mg/100 g sušiny), kteří jsou podobné hmyzu. Vzhledem k tomu, že obsahy v sušině u cvrčků jsou mnohem nižší než u doporučených limitů čerstvých korýšů, můžeme předpokládat, že cvrčci nepředstavují riziko z hlediska kontaminace kadmiiem a olovem. U obilovin jsou zjištěné maximální hladiny olova okolo 0,02 mg/100 g sušiny.

## 3.5 Nutriční potřeba pro drůbež

Receptura krmiva pro drůbež prošla obrovskými vylepšeními od jednoduchých ručních receptur po počítačové receptury pomocí moderního softwaru vybaveného pokročilými funkcemi, které umožňují vysokou přesnost, snadnou integraci a flexibilitu. Obecně platí, že moderní komerční receptury krmiv jsou založeny na konceptu „nejnižších nákladů“ (Alhotan, 2021). Pokud jde o výživu drůbeže, je jedním z nejdůležitějších aspektů environmentální, sociální a ekonomické udržitelnosti maximalizace biologické dostupnosti živin ve stravě a stanovení těchto diet tak, aby přesně odpovídaly růstovým požadavkům drůbeže v kterémkoli období vývoje. Dnes se brojleři i nosnice krmí mnoha různými dietami během jejich příslušných



produkčních období ve snaze, co nejpřesněji splnit optimální požadavky na živiny pro růst a reprodukci bez překrmování a negativního ovlivnění životního prostředí (Bailey, 2020).

### 3.5.1 Energie

Zdrojem energie pro zvířata jsou především sacharidy a tuky, ale také bílkoviny. O množství přijatého krmiva rozhoduje při neomezené nabídce především koncentrace energie. Drůbež se snaží přijmout tolik krmiva, aby uspokojila svou potřebu energie. Je proto třeba zachovat stálý poměr mezi obsahem  $ME_N$  – hodnota bilančně metabolizovatelné energie opravené na dusíkovou rovnováhu a obsahem živin v krmné dávce. Při nižší koncentraci  $ME_N$  se musí snížit také koncentrace ostatních živin, aby se zvířata nepřekrmovala. Naopak při zvýšené koncentraci  $ME_N$  je potřeba zvýšit i obsah všech esenciálních živin, aby zvířata při menším příjmu krmné směsi netrpěla jejich nedostatkem. Potřeba  $ME_N$  pro výkrm kuřat obou pohlaví od 11. do 24.-28. dne 13,3 MJ. Pro výkrm kuřat obou pohlaví od 25.-29. až do konce výkrmu 13,4 MJ. U kohoutků od 43. dne je potřeba  $ME_N$  13,4 MJ (Zelenka et al., 2007). Drůbež masného typu potřebuje  $ME_N$  11,5 MJ pro obě pohlaví. Tato hodnota se pohybuje i u kuřat do 22. týdne věku. Pro porovnání, cvrček domácí má energii okolo 13,03 MJ/Kg (Razak et al., 2012).

### 3.5.2 Dusíkaté látky

Drůbež potřebuje dusíkaté látky v množství, které zabezpečí dostatek všech esenciálních aminokyselin, ale také dostatek poloesenciálních a neesenciálních aminokyselin nebo látek potřebných pro jejich tvorbu. Dlouhodobým trendem je snaha nezvyšovat, nebo dokonce snižovat obsah dusíkatých látek v krmných směsích, i když zvířata s moderním genofondem rostou intenzivněji a ukládají tedy z krmiva dusíkatých látek více. Mezi esenciální aminokyseliny patří lysin a treonin, ty si zvířata nemohou sama vytvářet. Dále jsou zde zařazeny aminokyseliny, které jsou nepostradatelné pro organismus, ale jsou jen z určité části syntetizovány. Jako je například tryptofan, histidin, fenylalanin, leucin, methionin, izoleucin, arginin a valin. Poloesenciální aminokyseliny mohou být v organismu syntetizovány, ovšem pouze z některých z nepostradatelných aminokyselin. Cystein z methioninu, tyrosin z fenylalaninu. Neesenciální aminokyseliny se mohou vytvářet z jiných neesenciálních nebo esenciálních aminokyselin. Poměr mezi obsahem dusíku v esenciálních a v neesenciálních aminokyselinách krmné směsi by měl být přibližně 1:1. Drůbež potřebuje všechny aminokyseliny v určitém vzájemném poměru. Pokud budou esenciální aminokyseliny v nedostatečném množství v dusíkatých látkách, následně bude docházet k limitujícímu využití ostatních aminokyselin. Tím se zvyšují nároky na množství dusíkatých látek v krmné směsi. Nejčastější limitující aminokyseliny u drůbeže jsou methionin, lyzin následně pak threonin a tryptofan. Hlavním využitím aminokyselin v těle je pro záchovu, poté pro tvorbu peří, přírůstky živé hmotnosti, rozvoj prsní svaloviny. Přebytek aminokyselin je využíván pro produkci energie a tvorbu tuku. Velké množství aminokyselin může způsobit i předávkování. Nevyužité aminokyseliny nemohou být v těle uchovány do zásoby, ale jsou deaminovány. Nesprávný poměr strukturně podobných aminokyselin může způsobit sníženou

užitkovost a následný jejich antagonismus. Nejzávažnější antagonismus je mezi lyzinem a argininem. Pro výkrmová kuřata od 11. do 24.-28. dne je potřeba 12,2 g lyzinu pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne až do konce výkrmu je zapotřebí 10,4g lyzinu. Kohouti od 43. dne potřebují 9,7 g lyzinu. U masného typu drůbeže je potřeba lyzinu o něco menší než pro výkrm kuřat. Slepice potřebují 7,1 g a kohouti 5,0 g lyzinu (Zelenka et al., 2007). Cvrččí moučka obsahuje lyzin od 0,94 až 5,6 g/ 100g sušiny (Yeerong et al., 2024). To by znamenalo, že lyzin z cvrččí moučky by byl vhodný pro krmnou směs u drůbeže. Methionin zmírňuje negativní účinky tepelného stresu, zlepšuje rovnováhu aminokyselin a následně podporuje růstovou výkonnost zvýšením množství a kvality produkce vajec, účinnosti krmiva a syntézy bílkovin. Supplementace methioninu také zlepšuje imunitní odpověď prostřednictvím přímých účinků na syntézu a rozklad bílkovin a nepřímých účinků na deriváty methioninu (Babazadeh & Ahmadi Simab, 2022). Potřeba methioninu pro výkrmová kuřata od 11. do 24.-28. dne věku, se pohybuje okolo 4,6 g pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne do konce výkrmu se potřeba methioninu pohybuje okolo 4,0 g pro obě pohlaví, poté se slepicím ubírá na 3,8 g. U kohoutů od 43. dne se podává 3,8 g methioninu. U masného typu drůbeže je potřeba methioninu o něco menší. Slepice potřebují 3,2 g a kohouti 2,4 g methioninu (Zelenka et al., 2007). U cvrččí moučky se zastoupení methioninu pohybuje okolo 0,36 až 3,7 g/100 g sušiny (Loypimai et al., 2024) a (Yeerong et al., 2024). Cystein společně s argininem a methioninem jsou prekurzory esenciálních molekul v imunitní obraně, antioxidačním systému, buněčné signalizaci a genové expresi, mohou také působit jako regulátory růstu a vývoje. Proto jsou klasifikovány jako funkční aminokyseliny (Castro & Kim, 2020). Cystein společně s lyzinem, methioninem, treoninem a tryptofanem patří do skupiny limitujících aminokyselin (Barszcz et al., 2024). Množství cysteinu, které potřebují výkrmová kuřata od 11. do 24.-28. dne se pohybuje okolo 9,1 g pro obě pohlaví. Slepice se v průběhu tohoto období snižuje množství na 8,8 g cysteinu. Od 25. – 29. do konce výkrmu potřebují obě pohlaví přibližně 7,9 g cysteinu. V průběhu tohoto období se u slepic snižuje množství cysteinu na 7,5 g. U kohoutů od 43. dne se přidává do krmné směsi 7,5 g cysteinu. Pro masný typ drůbeže je potřeba cysteinu o něco nižší než. Pro slepice se 5,8 g cysteinu a pro kohouty 4,5 g cysteinu (Zelenka et al., 2007). Po mnoha výzkumech bylo zjištěno, že cvrččí moučka obsahuje od 0,40 až do 2,83 g/100 g sušiny cysteinu. Což je oproti potřebě drůbeže poměrně malé zastoupení cysteinu v cvrččí moučce (Udomsil et al., 2019) a (Loypimai et al., 2024). Threonin je obvykle jako třetí limitující aminokyselina. Tato aminokyselina slouží hlavně jako substrát pro syntézu proteinů, mucinu a imunoglobulinů a hraje klíčovou roli v reakci na stres a udržení integrity střevního epitelu. Threonin může být u drůbeže metabolizován buď threonin aldolázou nebo threonin dehydrogenázou na glycin. Ideální poměr threoninu k lyzinu je v krmivech pro moderní brojlerův zvýšen až na více než 65 %, který lze dále upravovat podle cílového výkonnostního znaku, úrovně stresu a imunitního systému (Strifler et al., 2024). Potřeba threoninu u výkrmových kuřat od 11. do 24. – 28. dne je 8,3 g pro obě pohlaví. V průběhu tohoto období se u slepic snižuje množství threoninu na 8,0 g. Od 25.- 29. dne do konce výkrmu se hladiny threoninu pohybuji okolo 7,2 g pro obě pohlaví. U slepic se v tomto období snižuje hladina threoninu na 6,8 g. Od 43. dne se u kohoutů snižuje množství threoninu na 6,8 g. Masný typ drůbeže potřebuje také o něco

nižší množství threoninu jako u ostatních aminokyselin. Pro slepice je potřeba 5,1 g threoninu a pro kohouty je potřeba 4,5 g threoninu (Zelenka et al., 2007). Obsah threoninu v cvrččí moučce je poměrně kolísavý. Hladiny threoninu se pohybovaly od 0,99 až 4,0 g/100 g sušiny (Stone et al., 2019) a (Zaitseva et al., 2023). Tryptofan, jak již bylo zmíněno patří mezi esenciální aminokyseliny. Metabolismus tryptofanu produkuje důležité metabolity jako je serotonin a melatonin. Tryptofan ovlivňuje sekreci hormonů u drůbeže. Je tedy důležitý z důvodu ovlivnění psychického stavu drůbeže, což může nakonec vést ke klování peří. Použití tryptofanu jako krmné přísady může zlepšit užitečnost drůbeže a zmírnit klování peří nebo stresové reakce v drůbežářské produkci (Hieu et al., 2022). Díky tryptofanu se také zlepšuje příjem krmiva, který je u drůbeže velice důležitý (Abou-Elkhair et al., 2020). Tryptofan se primárně používá pro syntézu proteinů k udržení produkce vajec. Kromě toho může být tryptofan přeměněn na B-vitamin niacin prostřednictvím kynureninové dráhy (Sarsour et al., 2021). Potřeba tryptofanu pro výkrmová kuřata od 11. do 24.-28. dne je přibližně 2,1 g pro obě pohlaví během celého období. Od 25. – 29. dne až do konce výkrmu je potřeba tryptofanu 1,8 g pro obě pohlaví. Stejně množství je stanoveno i pro kohouty od 43. dne. Slepice masného typu potřebují 1,7 g tryptofanu a kohouti potřebují 1,4 g tryptofanu (Zelenka et al., 2007). Stanovený tryptofan u cvrččí moučky se pohybuje od 0,40 do 2,8 g/100 g sušiny (Siddiqui et al., 2024) a (Razak et al., 2012). Arginin je funkční aminokyselina nezbytná pro různé fyziologické procesy u drůbeže. Specifický požadavek na arginin u drůbeže se liší v závislosti na několika faktorech, jako je věk, dietní faktory a fyziologický stav zvířete. Nejstudovanější účinek argininu je imunitní odpověď. Arginin vykonává imunomodulační funkce především prostřednictvím metabolitů oxidu dusnatého, ornithinu, citrulinu a polyaminů, které se podílejí na zánětu nebo jeho ústupu. Tyto vlastnosti argininu a argininových metabolitů určují jeho použití jako nutraceutika k prevenci výskytu střevních onemocnění u drůbeže (Fathima et al., 2024). Ve střevním kontextu přispívá arginin k vývoji a antioxidační obraně. Nevýhodou je antagonismus mezi argininem a lyzinem při podávání nadměrného množství argininu drůbeži. Což může následně snížit spotřebu potravy, přírůstek hmotnosti a využití argininu v metabolismu drůbeže (Liu & Kim, 2023). U výkrmových kuřat od 11. do 24. – 28. dne věku je potřeba 12,8 g argininu u obou pohlaví, během tohoto období se u slepic snižuje množství argininu na 12,4 g. Od 25.-29. až do konce výkrmu se má arginin snížit na 11,0 g pro obě pohlaví. V průběhu tohoto období se u slepic ještě sníží hodnota argininu na 10,5 g. Kohouti od 43. dne potřebují v krmné směsi 10,4 g argininu. Slepice masného typu potřebují o čtvrtinu méně, tedy 7,3 g argininu. Kohouti masného typu potřebují 5,2 g argininu (Zelenka et al., 2007). V cvrččí moučce je arginin druhá nejvýše zastoupena aminokyselina hned po lyzinu. Jeho množství se pohybuje od 2,16 až 7,77 g/100 g sušiny (Matin et al., 2021) a (Loypimai et al., 2024).

### 3.5.3 Tuky

Pokud se připravuje směs s vysokou koncentrací živin, musí se přidat krmný tuk. Tuk je nejkoncentrovanějším zdrojem energie, jeho metabolizovatelné energie je obvykle vyšší než 36 MJ/Kg. Přibližně 90 % hmotnosti tuku připadá na energeticky bohaté mastné kyseliny (39

MJ/Kg) a 10 % na glycerol (18 MJ/Kg). Nasycené a mononenasyčené mastné kyseliny může zvíře samo vytvářet. Polynenasycené mastné kyseliny jako jsou kyselina linolová a  $\alpha$ -linolenová jsou pro drůbež velice důležité, ale nedokážou je syntetizovat. Tuky jsou tedy důležité nejen pro svou vysokou energetickou hodnotu, ale i pro obsah esenciálních mastných kyselin. Polynenasycené mastné kyseliny neboli PUFA jsou nenasycené mastné kyseliny, jejichž struktura se vyznačuje více než jednou tzv. dvojnou vazbou mezi atomy vodíku. Kyselina linolová a z ní vytvořená kyselina arachidonová i kyselina  $\alpha$ -linolenová jsou strukturálními komponentami fosfolipidů v buněčných membránách. Některé PUFA jsou významnými regulátory embryonálního vývoje, reprodukce, imunologických vlastností a vývoje kostí. PUFA jsou také zásobárnou energie v buňkách. Zařazením tuku do krmné směsi se snižuje její prašnost při manipulaci a také usnadňuje granulaci směsí. Potřebné množství kyseliny linolové pro výkrmová kuřata od 11. do 24. – 28. dne je 12,0 g pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne až do konce výkrmu je potřebné množství 10,0 g kyseliny linolové pro obě pohlaví. U kohoutů od 43. dne je potřebné množství kyseliny linolové je stejné jako v předchozím období, tedy 10,0 g. U slepic masného typu je potřebná hodnota kyseliny linolové 12,5 g. U kohoutů masného typu je potřeba 10,0 g kyseliny linolové (Zelenka et al., 2007). U cvrčků se hrubý tuk pohybuje od 6 do 45 g/100 g sušiny (Keřińska-Pacelik et al., 2023). Obsah kyseliny linolové u cvrčků je okolo 6,7 g/100 g (Grdeň & Sołowiej, 2022).

### 3.5.4 Minerální látky

Imunologické účinky minerálů a jejich zásadní role v imunitě a zdraví jsou dobře známy. Mikroelementy jako vápník a fosfor jsou nezbytné pro zdraví kostí a prevenci onemocnění kostí. Esenciální mikroprvky, jako je zinek, železo, chrom, měď, selen a jód, jsou důležité jako antioxidanty a posilovače imunity a zdraví. Jsou také nezbytné pro funkci červených krvinek a hormonů štítné žlázy (Hafez & Attia, 2020). Vápník u výkrmových kuřat od 11. do 24. – 28. dne je potřebný v množství 9,0 g pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne až do konce výkrmu se hladina vápníku snižuje na 8,5 g pro obě pohlaví. Kohouti od 43. dne potřebují stejné množství vápníku, jako předchozí období, tedy 8,5 g. Slepice masného typu potřebují 30 g vápníku, což je skoro čtyřnásobek toho, co potřebují kuřata ve výkrmu. Kohouti masného typu potřebují mnohem méně než slepice, a to 10 g vápníku (Zelenka et al., 2007). V cvrččím prášku se vápník pohybuje okolo 180 mg/100 g sušiny (Kosečková et al., 2022). Potřeba fosforu u výkrmových kuřat od 11. do 24.-28. dne byla stanovena na 4,5 g pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne až do konce výkrmu byla hodnota pro drůbež stanovena na 4,2 g pro obě pohlaví. U kohoutů od 43. dne je také potřebná hodnota fosforu 4,2 g. Slepice masného typu potřebují 3,8 g fosforu a kohouti masného typu 4,0 g fosforu (Zelenka et al., 2007).

### 3.5.5 Vitamíny

Vitamíny jsou základní nutraceutika potřebná pro optimální celkové zdraví a fyziologické funkce, jako je vývoj, růst, udržování a rozmnožování. Vitamíny vykonávají katalytické funkce, které usnadňují syntézu živin, a tím řídí metabolismus a ovlivňují výkonnost a zdraví drůbeže. Vitamíny v krmivech pro drůbež mají dva původy. Jako vitamíny rozpustné v tucích: A, D, E, K a vitamíny rozpustné ve vodě: B1, B2, B6, B12, kyselina listová, kyselina pantotenová, biotin niacin a vitamín C. Většinu vitamínů si drůbež nemůže syntetizovat sama,

proto se musí do krmiva přidávat. Pokud vitamíny ve stravě chybí nebo jsou nesprávně absorbovány či využívány, dochází k načechnému opeření, zastavení růstu, nekoordinovatelnost, slabost, ataxie či slepota (Alagawany et al., 2021). Výkrmová kuřata od 11. do 24.-28. dne potřebují 12 tis.m.j. vitamínu A, 5 tis.m.j. vitamínu D<sub>3</sub>, 60 mg vitamínu E a 3 mg vitamínu K<sub>3</sub>. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro obě pohlaví. Od 25.-29. dne do konce výkrmu potřebují kuřata 11 tis.m.j. vitamínu A, 4 tis.m.j. vitamínu D<sub>3</sub>, 50 mg vitamínu E a 2 mg vitamínu K<sub>3</sub>. Tyto hodnoty jsou opět stanoveny pro obě pohlaví (Zelenka et al., 2007).

## 4 Metodika

Experimentální část výzkumu cvrčka domácího chovaného v insektáriu byla prováděna na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze.

### 4.1 Odchov experimentálních cvrčků

Před experimentem byli cvrčci chováni v plastových 250 ml nádobkách (partner Schubert, Praha Česká republika), které obsahovaly vlhký palmový substrát poskytující dospělcům po dobu 48 hodin možnost kladení vajec. Hmyz byl udržován při teplotě  $27 \pm 1$  °C s relativní vlhkostí 40-50 % pomocí regálového systému. Poté byly nádobky s vajíčky přesunuty do plastových boxů SAMLA 78 x 56 x 43 cm (IKEA, Praha, Česká republika) a udržovány vlhké pomocí ručního tlakového rozprašovače do vylíhnutí. Experimentální cvrčci byli posléze rozděleny do 6 skupin. Dvě skupiny byly krmeny kontrolní dietou BK, dvě skupiny dietou CV22 s odlišným poměrem vybraných aminokyselin a dvě skupiny dostávaly krmnou směs CV20 s nižším obsahem proteinu i aminokyselin, ale se stejným poměrem aminokyselin jako v případě skupiny CV22. Každá skupina začínala s hmotností 0,3 g čerstvě vylíhnutých nymf starých <24 hodin. Aby se nemíchaly nymfy různého stáří, byly nepoužité nymfy denně utraceny. Pro chov experimentálních skupin byly použity odchovné boxy SAMLA (56 x 39 x 28 cm. IKEA, Praha, Česká republika), které byly vybaveny podnosy na vejce, čtyřmi Petriho miskami s krmivem a dvěma Petriho miskami s vodním gelem. Každý box SAMLA byl zakrytován hliníkovou síťovinou, pokrývající přibližně 80 %, aby se zabránilo úniku cvrčků. V těchto boxech se experimentální cvrčci chovali až do sklizně. Před sklizní pomocí analytické váhy (Kern ABJ-NM, Praha, Česká republika) byla zaznamenána hmotnost dvaceti náhodně vybraných cvrčků každého pohlaví. Výběr byl na základě morfologických znaků. Cvrčci se sklízeli ve věku  $60 \pm 1$  den po 24hodinovém hladovění. Výpočet převodního poměru krmiva zahrnoval zaznamenávání hmotnosti krmiva, zbytků krmiva, cvrččích zbytků (exkrementy, uhynulé kusy, *exuviae* – pozůstatky exoskeletu a jejich příbuzných struktur) a celkovou sklizeň cvrčků pomocí vzorce.

$$\text{Poměr konverze krmiva} = \frac{\text{Celkové krmivo} - (\text{zbytky krmiv} + \text{zbytky cvrčků})}{\text{celková sklizeň}}$$

#### 4.1.1 Složení krmiva

Cvrčci byli krmení ad libitum a denně probíhalo sledování. Doplnění krmiva do misek probíhalo každé tři dny nebo v případě nedostatku. V experimentálních krmných dietách byla sója nahrazena množstvím řepkového šrotu (Farmet as., Česká republika) od 25 do 100 %. Složení krmné diety s obsahem řepkového šrotu viz. Tabulka 10. Byl také přidán řepkový olej, aby se zajistilo, že krmné směsi budou izoenergetické. Energetická hodnota byla vypočítána v programu Optimix (Trow výživa Biofaktory, Česká republika), která byla stanovena na  $12,61 \pm 0,04$  MJ. Kontrolní skupina byla krmena kuřecí krmnou směsí – modifikovaným sójovým šrotem (Prowena s.r.o., Česká republika) jako proteinovou složkou. Všechny krmné směsi byly prosety na  $\emptyset$  1 mm.

Tabulka 10: Složení experimentálních krmných směsí [%]

Krmná směs	Kontrolní skupina	CV22	CV20
Pšenice	65,91	54,87	63,15
Sójový ex. šrot	26	30	24
Pivovarské kvasnice		5	3
Řepkový olej	4,1	6	5,4
Lysin hydrochlorid	0,13		0,11
L-threonin		0,05	0,09
DL-methionin	0,08		
Vápenec	1,4	1,61	1,65
Krmná sůl	0,27	0,29	0,3
Monokalciumfosfát	1,04	1,1	1,2
Uhličitan sodný	0,07	0,08	0,1
Premix vitaminů a mikroprvků Aminovitan BR výkrm (Trow Nutrition Biofaktory)	1	1	1

Tabulka 11: Nutriční složení použitého premixu

Doplňková látka	Obsah v 1 kg	Doplňková látka	Obsah v 1 kg
Vitamin A	25 g	Kys. listová	200 mg
Vitamin D3	5 g	Biotin	20 mg
Vitamin E	208 mg	Měď	2000 mg
Vitamin K3	400 mg	Železo	6000 mg
Vitamin B1	600 mg	Jód	100 mg
Vitamin B2	800 mg	Mangan	12 000 mg
Vitamin B6	500 mg	Zinek	10 000 mg
Vitamin B12	2 mg	Selen	30 mg
Pantothenan váp.	6000 mg		

#### 4.1.2 Nutriční analýza

Experimentální cvrčci byli usmrceni mrazem, lyofilizováním a homogenizováním pomocí laboratorního mlýnku (A10; IKA Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Německo) a skladování při teplotě  $4 \pm 1$  °C.

#### 4.1.2.1 Obsah hrubého proteinu

Obsah hrubého proteinu byl stanoven pomocí Kjeldahlovy metody (přístroj Kjeltec 2400, Foss). Do navažovací lodičky se odvážilo 0,5 g homogenizovaného vzorku a vložil se do mineralizační tuby. K naváženému vzorku v tubě se přidala jedna mineralizační tableta a 10 ml kyseliny sírové z dávkovače. Do každé tuby se přidal 2 x 5 ml peroxidu vodíku (1 kontrolní vzorek a 1 plnohodnotný vzorek). Na stojan se vložil exhauster, v něm se obsah zamíchal a po skončení pění obsahu se stojan vložil do mineralizačního bloku. Doba mineralizace je při 420 °C a 45 minutách. Po uplynulé době se stojan vyndal a tuby se nechaly vychladnout. Po vychladnutí tub se bylo ještě přidáno 2 x 5 ml destilované vody a obsah se následně promíchal. Do přístroje Kjeltec 2400 se zadala hmotnost (objem) vzorku, vybraly se hodnoty, ve kterých se měly zobrazit výsledky (% N x 6,25).

#### 4.1.2.2 Obsah celkového hrubého tuku

Obsah hrubého tuku byl proveden kombinací Soxhletovy a Twieselmanovy metody (přístroj SER 146, Velp), která je založena na extrakci vzorku s petroletherem. Nejdříve se zvážil vysušený kelímek, do kterého byl tuk následně vyextrahován. Poté se do celulosové patrony navážilo 5 g vzorku. Patrony byly opatřeny kroužkem, zacpaly vatou a vložily do extrakční jednotky SER 146. Dále se do varného kelímku přidalo 60 ml petrotheru a přidalo následně do extrakční patrony. Patrony se spustily do vroucího rozpouštědla a probíhala první fáze extrakce po dobu 20 minut. Poté se extrakční patrony vyzvednuly nad vroucí rozpouštědlo a začala probíhat druhá fáze extrakce po dobu 40 minut. Po skončení těchto fází extrakce se zapnulo větrání a začalo odpařování po dobu 40 minut. Po skončení odpařování byly kelímky vyjmuty a vloženy do sušárny vyhřáté na teplotu 80–85 °C po dobu 60 minut. Až skočila doba sušení nechaly se extrakční kelímky zchladnout v exsikátoru následně se zvážily pro stanovení obsahu hrubého tuku.

#### 4.1.2.3 Obsah hrubé vlákniny

Hrubá vláknina byla nerozpustná frakce vlákniny, která byla složena z celulózy a ligninu. Stanovení hrubé vlákniny bylo provedeno na přístroji Fiber Analyrer 220 (ANKOM). Pro její stanovení bylo použito slabé kyseliny a slabé zásady. Připravila se H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (o koncentraci 0,1275 mol.dm<sup>-3</sup>) a NaOH o koncentraci 0,313 mol.dm<sup>-3</sup>. Do 14,16 ml 96 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se přidaly 2 litry destilované vody a do 25 g NaOH se přidaly 2 litry destilované vody. Filtrační sáčky byly omyty v acetonu a nechány na vzduchu odvětrat. Sáčky byly poté popsány fixem na textil a zváženy. Do každého filtračního sáčku byl odvážen 1 g vzorku s přesností na 0,001 g. Jeden sáček se nechal prázdný jako kontrolní vzorek. Sáčky byly následně zataveny. Před vložením vzorků do přístroje se obsah sáčku rovnoměrně rozprostřel. Následně se sáčky vložily do nosiče – tři vzorky do jednoho oddílu. Nejdříve byla do přístroje nalita H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o koncentraci 0,1275 mol.dm<sup>-3</sup>, následně bylo zapnuto topení na 100 °C a zapnulo se míchání s časem na 45 minut. Po skončení doby se vypnulo míchání a topení, pomocí vypouštěcího ventilu byla vypuštěna kyselina. Po otevření víka byl obsah přístroje i se vzorky 3x propláchnut horkou vodou. Poté se do přístroje nalil NaOH o koncentraci 0,313 mol.dm<sup>-3</sup>, zapnulo se míchání a topení. Čas byl



nastaven opět na 45 minut. Po skončeném míchání se opět pomocí vypouštěcího ventilu vypustil hydroxid. Po otevření víka byl přístroj opět 3x propláchnut horkou vodou a poslední proplach byl proveden studenou vodou k ochlazení přístroje a sáčků. Sáčky byly následně vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu. Následovalo znovu vysušení na filtračním papíru a odvětrání. Sáčky byly po této době vloženy do sušárny o teplotě 103 °C na 4 hodiny. Po vychladnutí byly tyto sáčky zváženy a vloženy do předem zvážených porcelánových kelímků, kde se poté žihaly při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí byl porcelánový kelímek znovu zvážen a zaznamenala se hmotnost spáleného obsahu. Hrubá vláknina CF v % byla vypočítána pomocí vztahu:

$$CF = \left( \frac{m3 + m4 - m5 - (m1 * c1)}{m2} \right) * 100$$

Kde je:

M1 – hmotnost prázdného sáčku v g

M2 – hmotnost navážky vzorku v g

M3 – hmotnost sáčku pro vysušení v g

M4 – hmotnost prázdného kelímku po vysušení v g

M5 – hmotnost kelímku po spálení

C1 – korekční faktor prázdných sáčků daných do analýzy bez vzorku

$$C1 = \frac{m3}{m1}$$

#### 4.1.2.4 Obsah sušiny

Obsah sušiny se stanovil pomocí UFB 500 (Mettler). Do vysušené a zvážené váženky bylo naváženo 5 g vzorku s přesností na 3 desetinná místa. Každý vzorek byl 2 x analyzován. Vzorky byly vysušeny v sušárně UFB 500 při teplotě 103 °C po dobu 4 hodin. Po vysušení se vzorky zvážily a pomocí vzorce se vypočítala hodnota sušiny.

$$\text{Sušina \%} = \frac{(\text{hmotnost vysušené nádoby} - \text{hmotnost prázdné nádoby}) * 100}{\text{navážka}}$$

#### 4.1.2.5 Obsah aminokyselin

Obsah aminokyselin byl stanoven pomocí analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos) na základě derivatizace ninhydrinem středotlakou kapalinovou chromatografií na skleněné koloně s ionexem Ostion KS s výškou 300 mm. Jediná výjimka byla tryptofan, touto metodou touto metodou nebyl stanoven. Navážka vzorku byla závislá na obsahu proteinu ve vzorku, ale v případě proteinových krmiv se pohyboval okolo 0,25 g s přesností na 3 desetinná místa. Pro stanovení aminokyselin, s výjimkou sirných, byla použita kyselá hydrolýza vzorku v 6 M HCl při inertní atmosféře N<sub>2</sub> při teplotě 110 °C po dobu 23 hodin. Po hydrolýze byl vzorek odpařen a převeden do citrátového ředícího pufru. Po nástřiku na kolonu, jeho derivatizaci a detekci jednotlivých aminokyselin byl obsah aminokyselin vyhodnocen pomocí programu Chromulan. Sirné aminokyseliny byly stanoveny oxidativní hydrolýzou, kdy byl vzorek nejprve oxidován činidlem (kyselina mravenčí: peroxid vodíku; 9:1) 16 hodin v chladu. Po oxidaci byl vzorek hydrolyzován 6 M kyselinou chlorovodíkovou pod vzdušným chladičem po dobu 23 hodin.

Další část postupu byla stejná jako u kyselého hydrolyzy, tedy odpařování a příprava vzorku k analýze. Při výpočtu obsahu bylo nutné vědět, že methionin se měnil na methionin sulfan a cystin na cystein. Vyhodnocení sirných aminokyselin bylo také pomocí programu Chromulan.

#### 4.1.2.6 Obsah popelovin

Obsah popelovin se stanovil pomocí LH 15/13 (Lac). Do vysušeného a zváženého keramického kelímku se navázilo 5 g vzorku s přesností na 3 desetinná místa. Každý vzorek byl navažován 2x. Kelímky byly posléze vloženy do pece LH 15/13 a spáleny při teplotě 550 °C po dobu minimálně 4 hodin. Po spálení a vychladnutí kelímků byly vzorky zváženy a pomocí vzorce se vypočítaly hodnoty popelovin.

$$\text{Popeloviny \%} = \frac{(\text{spálený kelímek} - \text{prázdny kelímek}) * 100}{\text{navážka}}$$

#### 4.1.3 Statistická analýza

Výsledky byly vyjádřeny pomocí aritmetického průměru s odchylkou (n= 6). Statistická analýza byla provedena pomocí softwaru Statistica 12 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) s použitím jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA), a dále pomocí Scheffeho post – hoc analýzy s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 5 Výsledky

Krmné směsi pro cvrčka domácího byly rozděleny do tří skupin. První BK krmná směs, jako kontrolní skupina, která obsahovala krmnou směs pro brojlerová kuřata. CV 20 a CV22. Každá z těchto tří skupin byla ještě rozdělena do 3 podskupin (BK, BK2, BK3, 1CV20, 2CV20, 3CV20, 1CV22, 2CV22, 3CV22). U každé podskupiny byla vždy jednotná krmná směs. Přesné obsahy každé složky přidané do krmné směsi jsou zaznamenány v tabulce 12.

Tabulka 12: Složení krmných směsí

<b>Složky</b>	<b>Skupiny BK</b>	<b>Skupiny CV20</b>	<b>Skupiny CV22</b>
<b>Sušina %</b>	90,32	89,62	89,24
<b>Popeloviny %</b>	6,56	6,10	6,88
<b>Hrubá vláknina %</b>	3,45	3,23	3,05
<b>Hrubý protein %</b>	23,83	22,34	23,70
<b>Hrubý tuk %</b>	6,28	7,99	8,54
<b>Organická hmota %</b>	83,76	83,52	82,36
<b>ARG g/kg sušiny</b>	13,08	12,11	15,11
<b>HIS g/kg sušiny</b>	5,19	6,00	5,46
<b>ILE g/kg sušiny</b>	9,23	9,13	9,02
<b>LEU g/kg sušiny</b>	15,16	18,00	14,11
<b>LYS g/kg sušiny</b>	12,16	11,23	14,22
<b>MET g/kg sušiny</b>	4,90	5,12	6,05
<b>MET + CYS g/kg sušiny</b>	10,32	6,17	7,27
<b>CYS g/kg sušiny</b>	5,42	1,05	1,22
<b>THR g/kg sušiny</b>	12,12	8,17	8,16
<b>VAL g/kg sušiny</b>	10,11	9,12	9,42

## 5.1 Spotřeba a konverze krmiva

Během 35denního experimentu se spotřeba postupně zvyšovala se zvyšující se váhou cvrčků. Počáteční hmotnost cvrčků byl 0,3 g živé hmotnosti ve všech skupinách. Na konci výkrmu byla nejnižší váha 101,9 g u skupiny BK3 a nejvyšší 175,3 g u skupiny 1CV22. Konečné hmotnosti všech skupin viz. Tabulka 14. Spotřeba krmiva se s přibývajícím věkem u všech skupin zvyšovala. Nejnižší celková spotřeba krmiva byla 305 g u skupiny 2CV20 a nejvyšší celková spotřeba krmiva byla 416,5 g u skupiny 2CV22. Podrobné množství spotřeby krmiva viz. Tabulka 13. Konverze krmiva se pohybovala od 2,10 do 2,87. Nejmenší konverze krmiva, tedy 2,10 byla u skupiny 1CV22 a nejvyšší u skupiny 1CV20. Nejnižší průměrná konverze krmiva vyšla u skupiny CV22, která měla 2,33, poté byla skupina CV20 s konverzí krmiva 2,71 a nejvyšší průměrná konverze krmiva byla u skupiny BK, která měla 2,84. Celkový přehled konverzí viz. Tabulka 15.

Tabulka 13: Spotřeba krmiva

Spotřeba k: (g)	BK	BK2	BK3	1CV20	2CV20	3CV20	1CV22	2CV22	3CV22
12.2.24	1,8	2,6	2,2	4	2,2	2,1	2,2	2,4	2,1
19.2.24	6,1	8,3	7,9	11,4	5,8	7,4	5,2	6,4	9,4
26.2.24	21,5	22,2	22,2	24,5	15,8	24,3	23,1	23	24,9
3.3.24	49,1	52,1	48,9	49,4	38	56,8	54,2	56,4	55
11.3.24	111,2	118,3	109,1	116,7	109,7	128,3	125,6	141,7	119,1
14.3.24	132,6	154,9	142,8	145,8	133,5	177,1	157,4	186,6	159,8
<b>Celková spotřeba (g)</b>	322,3	358,4	333,1	351,8	305	396	367,7	416,5	370,3

Tabulka 14: Stanovené konečné hmotnosti

Skupina	Konečná hmotnost (g)
BK	121,2
BK2	140,3
BK3	101,9
1CV20	122,7
2CV20	118,7
3CV20	147,6
1CV22	175,3
2CV22	165,7
3CV22	156,9

Tabulka 15: Stanovené konverze krmiva

Skupina	Konverze krmiva
BK	2,67
BK2	2,56
BK3	3,28
1CV20	2,87
2CV20	2,58
3CV20	2,69
1CV22	2,10
2CV22	2,52
3CV22	2,36

## 5.2 Nutriční hodnoty

Obsah sušiny u všech skupin vyšel 100 %. Rozmezí obsahu popelovin se pohyboval od 3,16 % u skupiny BK3 do 4,22 % u skupiny 2CV22. Ačkoliv se do krmné směsi cvrčků do celkové skupiny BK přidávalo nejvíce hrubého proteinu 23,83 %, z výsledku bylo zjištěno, že

u skupiny BK vyšel nejnižší obsah hrubého proteinu, tedy 64,27 %. Naopak u skupiny 2CV22 byla hodnota opět nejvyšší, a to 67,12 %. Obsah hrubého tuku měl také různé hodnoty, tam, kde se do krmné směsi přidávalo nejvíce hrubého tuku, byly hodnoty nejmenší. Skupina 3CV22 měla obsah hrubého proteinu 15,00 %, naopak nejvyšší obsah byl u skupiny 3CV20, která měla 17,22 % hrubého tuku. Zastoupení organické hmoty bylo u všech skupin poměrně stejná procenta se pohybovala od 95,79 % u skupiny 2CV22 až do 96,84 % u skupiny BK3. Bezdušičaté látky výtahové se pohybovaly od 12,58 % u skupiny 3CV20 do 15,69 % u skupiny BK. Celkové hodnoty složek všech skupin viz. Tabulka 16.

Tabulka 16: Celkové stanovení nutričních hodnot

<b>Složky [%]</b>	<b>BK</b>	<b>BK2</b>	<b>BK3</b>	<b>1CV20</b>	<b>2CV20</b>	<b>3CV20</b>	<b>1CV22</b>	<b>2CV22</b>	<b>3CV22</b>
<b>Sušina</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Popeloviny</b>	3,89	4,12	3,16	3,53	3,98	4,13	4,97	4,22	3,92
<b>Hrubý protein</b>	64,27	66,21	66,33	67,12	65,91	66,07	66,55	67,12	66,88
<b>Hrubý tuk</b>	16,16	16,14	15,13	14,18	15,16	17,22	14,26	14,03	15,00
<b>Organická hmota</b>	96,11	95,88	96,84	96,47	96,02	95,87	95,90	95,78	96,09

Podle skóre aminokyselin, bylo zjištěno, že cystein a methionin jsou limitujícími aminokyselinami do cvrčka domácího. Nejnížší stanovené množství methioninu bylo zjištěno u skupiny 1CV20 0,31 g a nejvyšší množství u skupiny BK2 0,45 g methioninu. Ačkoliv se do krmné směsi pro skupiny CV22 přidávalo nejvyšší množství methioninu – 6,05 g/kg sušiny, výsledné hodnoty po rozboru neukázaly příliš velké rozdíly. Hodnoty methioninu s cysteinu se pohybovaly od 0,67 g/kg sušiny u skupiny BK3 do 0,80 g/kg sušiny u skupiny BK2. Zajímavostí je, že u této skupiny byla naměřena nejnížší a zároveň nejvyšší hodnota methioninu s cysteinem. Zároveň u celkové skupiny BK bylo přidáváno nejvyšší množství methioninu s cysteinem – 10,32 g/kg sušiny. Samotný cystein se pohyboval v hodnotách od 0,24 g (u skupin 3CV20,1CV22 a 3CV22) do 0,35 g u skupiny BK2. Celkově nejvyšší naměřené hodnoty cysteinu byly u skupiny BK, ke které se do krmné směsi přidávalo nejvíce množství cysteinu – 5,42 g/kg sušiny. Obsah nejnížšího stanoveného množství threoninu byl 0,51 g/kg sušiny (u skupin BK2 a 2CV22), nejvyšší množství bylo 0,70 g/kg sušiny threoninu u skupiny 3CV22. I když se do skupiny CV22 přidávalo nejmenší množství threoninu, tedy 8,16 g/kg sušiny, rozbor následně ukázal, že nejvyšší a zároveň nejnížší obsahy této kyseliny jsou právě u této skupiny. Nejvyšší množství ze všech stanovených aminokyselin byl arginin. Jeho hodnoty se pohybovaly od 1,01 g/kg sušiny u skupiny 3CV20 do 1,42 g/kg sušiny u skupiny BK. Celkové shrnutí aminokyselin u všech skupin viz. Tabulka 17.

Tabulka 17: Poměr zastoupení aminokyselin [g/kg sušiny]

AMK	BK	BK2	BK3	1CV20	2CV20	3CV20	1CV22	2CV22	3CV22
<b>LYS</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>MET</b>	0,39	0,45	0,38	0,31	0,32	0,35	0,34	0,35	0,32
<b>MET+CYS</b>	0,72	0,80	0,67	0,57	0,58	0,58	0,58	0,62	0,56
<b>CYS</b>	0,33	0,35	0,29	0,27	0,27	0,24	0,24	0,27	0,24
<b>THR</b>	0,67	0,51	0,61	0,61	0,62	0,61	0,55	0,51	0,70
<b>ARG</b>	1,42	1,20	1,16	1,12	1,06	1,01	1,11	1,20	1,10

## 6 Diskuze

Tato diplomová práce se zabývala vytvořením normy základních živin použitelných pro výrobu krmných směsí zkrmitelných cvrčků domácích. Otázka byla, zda na základě vytvoření kompletní krmné směsi je možné zlepšit parametry užitkovosti u výkrmových brojlerů oproti klasickým normám pro výkrmové brojlerky.

### 6.1 Nutriční hodnoty cvrčka domácího

Jedlí cvrčci jsou vynikajícím zdrojem bílkovin, lipidů, minerálních látek a vitamínů. Nutriční složení tohoto hmyzu je však ovlivnitelné fází vývoje, pohlavím či složením krmné směsi (Magara et al., 2021). Další z faktorů je zpracování cvrčků, z mnoha výzkumů bylo dokázáno, že způsob zpracování má velký vliv na obsah aminokyselin (Khatun et al., 2021). Mnoho autorů se shodlo, že obsah sušiny se pohyboval od 96 až 98 %, záleželo na způsobu zpracování cvrčků (Kamau et al., 2018). V našem výzkumu po vysušení cvrčků vycházela okolo 94 % sušiny. Obsah hrubého proteinu se od mnoha autorů poměrně lišil. Hladiny hrubého proteinu se pohybovaly od 60,4 – 76,19 % (Bawa et al., 2021). Náš výzkum potvrdil obsah hrubého proteinu od 64,27- 67,12 %, což znamená, že se shodoval s většinou ostatních autorů. U obsahu hrubého tuku bylo potvrzeno, že je ovlivnitelný krmivem s vyšším obsahem tuku. Čím méně tuku krmivo obsahovalo, tím menší byl obsah hrubého tuku u cvrčků. (Loypimai et al., 2024) udává obsah hrubého tuku 19,4 %. V našem případě byl nejvyšší obsah hrubého tuku 17,22 %. Nejčastěji udávaný obsah popelovin byl od 4 do 5 % sušiny (Carolyne et al., 2017). (Finke, 2015) však ve svém výzkumu stanovil obsah popelovin na 12,2 % sušiny. V našem výzkumu byl stanoven obsah popelovin stejně jako uvedla (Carolyne et al., 2017), tedy od 3,16 do 4,22 %. Pro stanovení obsahu aminokyselin bylo použito sušením mrazem (lyofilizace). Při porovnání s výzkumem od (Stone et al., 2019), bylo zjištěno, že obsah methioninu s cysteinem v našem výzkumu byl mnohem nižší. (Stone et al., 2019) uvedl hladinu těchto aminokyselin 1,53 g, u nás byla nejvyšší stanovená hladina 0,80 g. Také obsah threoninu a argininu byl mnohem nižší. Výzkum od (Zaitseva et al., 2023) byl obsah threoninu vypočítán na 4,0 g. Naopak v našem výzkumu byla nejvyšší dosažená hodnota této aminokyseliny 0,70 g. V případě argininu byly rozdíly v obsahu velmi vysoké. Nejvýše stanovené množství argininu z výzkumu (Loypimai et al., 2024) bylo 7,77 g. Z našeho výzkumu byl nejvyšší stanovený obsah 1,42 g argininu. U methioninu a cysteinu byly zjištěné hodnoty podobné, jako z ostatních výzkumů. Celkově se dá říci, že obsah nutričních hodnot je ovlivněn tím, co jedlému hmyzu podáváme za krmnou směs. I když bylo třem skupinám podáváno stejná krmná směs, výsledky byly různé. Proto nelze stanovit přesnou normu pro krmnou směs, ale pouze orientační. A jak již bylo zmíněno obsah nutričních hodnot má mnoho faktorů pro ovlivnění.

#### 6.1.1 Nutriční požadavky pro výkrmová kuřata

Potřeba celkové metabolizovatelné energie u výkrmových kuřat se pohybuje okolo 13,3 až 13,4 MJ/kg. (Razak et al., 2012) stanovil celkovou metabolizovatelnou energii okolo 13,03 MJ/kg, což se velice přibližuje k potřebám drůbeže. Pokud bychom to srovnali se sójovou moučkou, která má metabolizovatelnou energii 9,60 MJ/kg, má cvrččí moučka poměrně



vysokou energii srovnatelnou s kukuřicí (13,40 MJ/kg). Z hlediska množství jsou, pro brojlerová kuřata, nejvíce potřebné lysin a arginin. Potřeba lysinu se pohybuje od 9,9 až 12,2 g/kg. Argininu je potřeba ještě o něco vyšší, a to od 10,5 až 12,8 g/kg. Třetí v pořadí nejvyššího potřebného množství je methionin + cystein, kde jsou hodnoty od 7,5 až 9,1 g/kg. Threoninu je potřeba od 6,8 až 8,3 g/kg. Tryptofanu je potřeba nejméně, a to od 1,8 až 2,1 g/kg (Zelenka et al., 2007). Z výzkumu od (Khan, 2018) bylo prokázáno, že když se přidá 5 % cvrččí moučky do krmné směsi na bázi kukuřice a sóji (81,7 g), následně se výrazně zlepšil růst brojlerových kuřat. To bylo způsobeno zřejmě tím, že se zlepšil poměr stravitelných aminokyselin v krmné směsi. Naopak z výzkumu od (Nieto et al., 2024) při přidání cvrččí moučky do krmné směsi ke kukuřici, nevyšly významné rozdíly oproti krmné směsi se sójovým šrotem. U těchto dvou krmných směsí byl hrubý protein srovnatelný a celkový tuk byl u krmné směsi s přidávkou cvrččí moučky o pár gramů menší. (Liu et al., 2003) Zkoumali vliv snížení rybí moučky o 20 % a 40 % s následným doplněním těchto procent cvrččí moučkou u brojlerových kuřat. V závěru bylo zjištěno, že rychlost růstu a spotřeba krmiva u drůbeže byla stejná, jako při podání konvenčních krmných směsí. To znamená, že kdyby se vytvořila krmná směs i s přidávkou cvrččí moučky, mohla by vzniknout směs, která by splňovala potřebné živiny pro drůbež a mohlo by se docílit i lepších výsledků.

### **6.1.2 Srovnání použití cvrččí moučky z hlediska nutričních hodnot a ekonomiky**

Do krmných směsí pro intenzivně chovanou drůbež je nutné zařazovat komponenty s vysokým obsahem bílkovin. V současné době je nejpoužívanější sójový extrahovaný šrot s obsahem hrubého proteinu běžně přesahujícím 46 %. Dalšími zdroji by mohla být kukuřičná, nebo bramborová bílkovina. V případě obou běžně přesahuje obsah hrubého proteinu 70 %, ale kukuřičná bílkovina (běžně označovaná jako kukuřičný gluten) nemá tak kvalitní složení aminokyselin jako bílkovina sójová a bramborová bílkovina není tak snadno dostupná. Cenově, v případě přepočtu na množství hrubého proteinu, jsou oba jmenované materiály srovnatelné, nebo mírně dražší. To lze kompenzovat vyšším zařazením levnějších komponent do receptury, například zvýšením podílu pšenice.

Z živočišných materiálů je, z hlediska nutriční hodnoty, výhodné používat rybí moučku. Kromě dotace vitaminů rozpustných v tucích, je rybí moučka dobrým zdrojem tuku s vynikajícím složením mastných kyselin a v neposlední řadě je i bohatým zdrojem vápníku a fosforu v ideálním poměru hlavně pro vykrmované kategorie drůbeže. Obsah hrubého proteinu se běžně pohybuje přes 60 % v materiálu, kdy sušina je kolem 90–92 %. V případě hrubého proteinu je známo jednak výrazně lepší složení a poměr esenciálních aminokyselin a dále je obsah hrubého proteinu běžně přes 60 %, podobně jako u testovaných cvrčků, resp. suché cvrččí moučky. Oproti cvrččí moučce má moučka rybí jednu velkou nevýhodu, a to je negativní vliv na senzorkou kvalitu drůbežího masa i vajec při dávkování nad 5 % podílu v receptuře. Tato negativní vlastnost zatím nebyla, v případě krmení cvrčky, popsána (Lessire et al., 2002).

Z hlediska ekonomického je otázkou, jestli je výhodné cvrččí moučku používat. Sójové extrahované šroty se při velkoobchodních cenách pohybují cca od 10 do 18 Kč za kg v závislosti na tom, jestli a jaký podíl GMO obsahují s tím, že extrahovaný šrot „non GMO“ je nejdražší. Odhad ceny rybí moučky je kolem 40 Kč za kg. Jak už bylo uvedeno, obsah proteinu je

podobný, jako u sušených cvrčků a o cca 50 % vyšší než v případě průměrné hodnoty sójového extrahovaného šrotu. Na druhou stranu je nutné omezovat dávkování rybí moučky kvůli negativnímu vlivu na chuťové vlastnosti masa vykrmované drůbeže. To neplatí pro cvrččí moučku a dávkování, vzhledem ke koncentraci hrubého proteinu a skladbě aminokyselin, by oproti sójovým výrobkům mohlo být u cvrččí moučky až o 50 % nižší. Je otázkou a zatím ještě nebyly v ČR takovéto propočty provedeny, jestli by cena cvrččí moučky byla srovnatelná s rybí. V případě rybí moučky jde v podstatě o druhotný produkt, jehož cena je navýšena hlavně díky sušení. V případě rybí moučky je možno očekávat stejné náklady na sušení, ale je nutné započítat i náklady na technologie, ošetřování, energie a v neposlední řadě i na krmivo. Pokud by byla uvažována průměrná konverze krmiva u cvrčků v hodnotě 2,6 kg na kg přírůstku hmoty a cena za 1 kg kompletní směsi vytvořené na základě obilovin a sójového extrahovaného šrotu by byla 8 Kč, potom by náklady na krmiva pro produkci 1 kg čerstvé hmoty byly 20,8 Kč. Pokud bude operováno se sušinou čerstvé hmoty cvrčků kolem 33 %, potom z 1 kg čerstvých cvrčků je možné získat cca 300 g suché cvrččí moučky. Díky tomu je potřeba krmiva na produkci 1 kg cvrččí moučky trojnásobná oproti cvrčkům čerstvým a tím pádem jenom náklady na krmiva na 1 kg suché moučky přesahují 62 Kč. Z uvedeného vyplývá, že jako krmivo by mohla být cvrččí moučka i lepší než rybí, ale pokud do krmiv nebudou zařazené materiály typu druhotných produktů z potravinářské výroby, cena bude ekonomicky neefektivní. Že je možné takovéto produkty použít, dokladuje práce (Škvorová et al., 2024).

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit optimální normu pro cvrčka domácího. Výsledky, které se získaly byly podobné, jako od ostatních již zmíněných autorů, ale není možné konstatovat, že by navrhované směsi byly efektivnější, a proto je zamítnuta hypotéza, že jenom úpravou aminokyselinového složení lze zefektivnit produkci cvrčků, jako potenciálního krmného komponentu.

V některých oblastech nutričních hodnot se i lišily, třeba jako obsah hrubého tuku, který byl o pár procent nižší. Cvrček domácí, jako krmný komponent, by mohl být jako vidina budoucnosti pro výživu drůbeže. Nejen z důvodu neustále snižující se dostupnosti orné půdy, ale i proto, že má velmi bohaté nutriční hodnoty. Z několika výzkumů bylo potvrzeno, když odebereme sójový šrot z krmné dávky a nahradíme jej cvrččí moukou, dosáhneme podobných výsledků, v některých výzkumech byl dokonce pozorován lepší růst u kuřat.

Nebyly zde jen kladné výsledky. Je třeba zmínit, že výroba krmných směsí pro hmyz není lehká ani levná. Cvrček je rozměrově malé zvíře, které potřebuje drobné, převážně suché krmivo. Krmivo musí být proséváno, nebo šrotováno, přes průměrově malá síta. Také doposud nebyla přesně stanovena optimální norma pro krmnou směs u cvrčků.

Otázkou ovšem bude ekonomická nákladnost těchto krmiv. Zda by byly krmné směsi s přídavkem cvrččí mouky levnější a zároveň byly stejné či podobné výsledky.

## 8 Literatura

- Abou-Elkhair, R., Ahmed, H., Ketkat, S., & Selim, S. (2020). Supplementation of a low-protein diet with tryptophan, threonine, and valine and its impact on growth performance, blood biochemical constituents, immune parameters, and carcass traits in broiler chickens. *Veterinary World*, *13*(6), 1234–1244. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1234-1244>
- Adesoye, A. O., Adeogun, A., Adeniyi, A. K., & Ande, A. T. (2023). Nutritional Composition of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Dung Beetle Larva (*Oryctes boas*) in Osun State: Implication to Dietary Improvement in Nigeria. *Pan African Journal of Life Sciences*, *7*(2), 662–667. <https://doi.org/10.36108/pajols/3202/70.0250>
- Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yattoo, Mohd. I., Karthik, K., Michalak, I., & Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, *41*(1), 1–29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>
- Alhotan, R. A. (2021). Commercial poultry feed formulation: current status, challenges, and future expectations. *World's Poultry Science Journal*, *77*(2), 279–299. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1891400>
- Amarender, R. V., Bhargava, K., Dossey, A. T., & Gamagedara, S. (2020a). Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). *LWT*, *125*, 109222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>
- Amarender, R. V., Bhargava, K., Dossey, A. T., & Gamagedara, S. (2020b). Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). *LWT*, *125*, 109222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>
- Attard, L., & Guelph, C. ©. (2013). *The Development and Evaluation of a Gut-Loading Diet for Feeder Crickets Formulated to Provide a Balanced Nutrient Source for Insectivorous Amphibians and Reptiles*.
- Babazadeh, D., & Ahmadi Simab, P. (2022). Methionine in Poultry Nutrition: A Review. *Journal of World's Poultry Science*, *1*(1), 1–11. <https://doi.org/10.58803/jwps.v1i1.1>
- Bailey, C. A. (2020). Precision poultry nutrition and feed formulation. In *Animal Agriculture* (s. 367–378). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00021-5>
- Barszcz, M., Tuśnio, A., & Taciak, M. (2024). Poultry nutrition. *Physical Sciences Reviews*, *9*(2), 611–650. <https://doi.org/10.1515/psr-2021-0122>
- Bas, A., & El, S. N. (2022). Nutritional evaluation of biscuits enriched with cricket flour (*Acheta domesticus*). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *29*, 100583. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100583>
- 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). <https://doi.org/10.1093/JISESA/IEAA014>
- Bbosa, T., Tamale Ndagire, C., Muzira Mukisa, I., Fiaboe, K. K. M., & Nakimbugwe, D. (2019). Nutritional Characteristics of Selected Insects in Uganda for Use as Alternative Protein Sources in Food and Feed. *Journal of Insect Science*, *19*(6). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez124>
- Bertram, S. M., Whattam, E. M., Visanuvimol, L., Bennett, R., & Lauzon, C. (2009). Phosphorus availability influences cricket mate attraction displays. *Animal Behaviour*, *77*(2), 525–530. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.11.012>
- Brogan, E. N., Park, Y. L., Matak, K. E., & Jaczynski, J. (2021). Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*), and silk worm pupae

- (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT*, 152, 112314.  
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112314>
- Carolyne, K., John, N. K., Samuel, I., & Nanna, R. (2017). Use of house cricket to address food security in Kenya: Nutrient and chitin composition of farmed crickets as influenced by age. *African Journal of Agricultural Research*, 12(44), 3189–3197.  
<https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12687>
- Castro, F. L. de S., & Kim, W. K. (2020). Secondary Functions of Arginine and Sulfur Amino Acids in Poultry Health: Review. *Animals*, 10(11), 2106.  
<https://doi.org/10.3390/ani10112106>
- Fathima, S., Al Hakeem, W. G., Selvaraj, R. K., & Shanmugasundaram, R. (2024). Beyond protein synthesis: the emerging role of arginine in poultry nutrition and host-microbe interactions. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1326809>
- LESSIRE, Michel a Denis BASTIANELLI. FEEDTABLES. *Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids* [online]. 2002 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.feedtables.com/>
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2018). Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domesticus*). *EFSA Journal*, 16.  
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082>
- Finke, M. D. (2015). Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*, 34(6), 554–564.  
<https://doi.org/10.1002/zoo.21246>
- Francois Blachier, Guoyao Wu, & Yulong Yin. (2013). *Nutritional and Physiological Functions of Amino Acids in Pigs* (F. Blachier, G. Wu, & Y. Yin, Ed.). Springer Vienna.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1328-8>
- Grdeń, A. S., & Sołowiej, B. G. (2022). Macronutrients, Amino and Fatty Acid Composition, Elements, and Toxins in High-Protein Powders of Crickets, *Arthrospira*, Single Cell Protein, Potato, and Rice as Potential Ingredients in Fermented Food Products. *Applied Sciences*, 12(24), 12831. <https://doi.org/10.3390/app122412831>
- Greenfield, R., Akala, N., & van der Bank, F. H. (2014). Heavy Metal Concentrations in Two Populations of Mopane Worms (*Imbrasia belina*) in the Kruger National Park Pose a Potential Human Health Risk. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 93(3), 316–321. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1324-4>
- Hafez, H. M., & Attia, Y. A. (2020). Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*, 7.  
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00516>
- Hall, F. G., Jones, O. G., O’Haire, M. E., & Liceaga, A. M. (2017). Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllobates sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 224, 414–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.138>
- Hasan, M. M., Uddin, M. J., Faruque, M. O., Khatun, H., Hoque, M. N., Hasan, M. M., Abir, M. A. S., & Mondal, M. F. (2023). The sex specific differences on nutritional composition of adult wild field cricket, *Brachytrupes portentosus* (Lichtenstein AAH, 1796) in Bangladesh. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(8), 1089–1096.  
<https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0179>
- 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. *Annual Review of Animal Biosciences*, 9(1), 333–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083930>
- Hieu, T. Van, Qui, N. H., & Quyen, N. T. K. (2022). Mitigating feather pecking behavior in laying poultry production through tryptophan supplementation. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 10(2), 1–4. <https://doi.org/10.31893/jabb.22011>

- Chakravorty, J., Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2014). Nutritional composition of *Chondacris rosea* and *Brachytrupes orientalis*: Two common insects used as food by tribes of Arunachal Pradesh, India. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(3), 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.03.007>
- Irungu, F. G., Mutungi, C. M., Faraj, A. K., Affognon, H., Tanga, C., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K. K. M. (2018). Minerals content of extruded fish feeds containing cricket (*Acheta domesticus*) and black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) fractions. *International Aquatic Research*, 10(2), 101–113. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0191-8>
- Kamau, E., Mutungi, C., Kinyuru, J., Imathiu, S., Tanga, C., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K. K. M. (2018). Moisture adsorption properties and shelf-life estimation of dried and pulverised edible house cricket *Acheta domesticus* (L.) and black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.). *Food Research International*, 106, 420–427. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.012>
- Keipińska-Pacelik, J., Biel, W., Podsiadło, C., Tokarczyk, G., Biernacka, P., & Bienkiewicz, G. (2023). Nutritional Value of Banded Cricket and Mealworm Larvae. *Foods*, 12(22), 4174. <https://doi.org/10.3390/foods12224174>
- Khan, S. H. (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1144–1157. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1474743>
- Khatun, H., Claes, J., Smets, R., De Winne, A., Akhtaruzzaman, M., & Van Der Borgh, M. (2021). Characterization of freeze-dried, oven-dried and blanched house crickets (*Acheta domesticus*) and Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis*) by means of their physicochemical properties and volatile compounds. *European Food Research and Technology*, 247(5), 1291–1305. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03709-x>
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. J. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kosečková, P., Zvěřina, O., Pěchová, M., Krulíková, M., Duborská, E., & Borkovcová, M. (2022). Mineral profile of cricket powders, some edible insect species and their implication for gastronomy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104340. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104340>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.049>
- Liu, G., & Kim, W. K. (2023). The Functional Roles of Methionine and Arginine in Intestinal and Bone Health of Poultry: Review. *Animals*, 13(18), 2949. <https://doi.org/10.3390/ani13182949>
- LIU, C.-m; LIAN, Z.-m. Vliv *Acrida cinerea* nahrazující peruánskou rybí moučku na růstovou výkonnost brojlerových kuřat. *Journal of Economic Animal*, 2003, 7.1: 48-51.
- Loypimai, P., Moontree, T., Prasil, T., & Moongngarm, A. (2024). A comparative study of nutritional components of *Gryllus bimaculatus* and *Acheta domesticus* cricket powder prepared using different drying methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02469-y>
- Magara, H. J. O., Niassy, S., Ayieko, M. A., Mukundamago, M., Egonyu, J. P., Tanga, C. M., Kimathi, E. K., Ongere, J. O., Fiaboe, K. K. M., Hugel, S., Orinda, M. A., Roos, N., & Ekesi, S. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits—A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.537915>

- Matin, N., Utterback, P., & Parsons, C. M. (2021). True metabolizable energy and amino acid digestibility in black soldier fly larvae meals, cricket meal, and mealworms using a precision-fed rooster assay. *Poultry Science*, *100*(7), 101146. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101146>
- Montowska, M., Kowalczewski, P. Ł., Rybicka, I., & Fornal, E. (2019). Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chemistry*, *289*, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., & Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): A holistic approach to develop optimized diets. *PLOS ONE*, *15*(1), e0227400. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- Mukherjee, S., & Mukherjee, A. (2022). Small-scale breeding and harvesting of house cricket *Acheta domesticus*. *Acta Entomology and Zoology*, *3*(2), 112–115. <https://doi.org/10.33545/27080013.2022.v3.i2b.82>
- Murefu, T. R., Macheke, L., Musundire, R., & Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, *101*, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003>
- Murugu, D. K., Onyango, A. N., Ndiritu, A. K., Osuga, I. M., Xavier, C., Nakimbugwe, D., & Tanga, C. M. (2021). From Farm to Fork: Crickets as Alternative Source of Protein, Minerals, and Vitamins. *Frontiers in Nutrition*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.704002>
- Ndiritu, A. K., Kinyuru, J. N., Gichuhi, P. N., & Kenji, G. M. (2019). Effects of NaCl and pH on the functional properties of edible crickets (*Acheta domesticus*) protein concentrate. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13*(3), 1788–1796. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00097-5>
- Nieto, J., Plaza, J., Hernández-Jiménez, M., Revilla, I., & Palacios, C. (2024). Carcass traits and meat quality assessment of two slow-growing chicks strains fed *Acheta domesticus* larval meal. *Poultry Science*, *103*(6), 103684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103684>
- Nongonierma, A. B., & FitzGerald, R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *43*, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.014>
- Oonincx, D. G. A. B., & Finke, M. D. (2021). Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, *7*(5), 639–659. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0050>
- Pastell, H., Mellberg, S., Ritvanen, T., Raatikainen, M., Mykkänen, S., Niemi, J., Latomäki, I., & Wirtanen, G. (2021). How Does Locally Produced Feed Affect the Chemical Composition of Reared House Crickets (*Acheta domesticus*)? *ACS Food Science & Technology*, *1*(4), 625–635. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00083>
- Psarianos, M., Fricke, A., Altuntaş, H., Baldermann, S., Schreiner, M., & Schlüter, O. K. (2024). Potential of house crickets *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae) as a novel food source for integration in a co-cultivation system. *Future Foods*, *9*, 100332. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100332>
- Quinteros, M. F., Martínez, J., Barrionuevo, A., Rojas, M., & Carrillo, W. (2022a). Functional, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Cricket Protein Concentrate (*Gryllus assimilis*). *Biology*, *11*(5), 776. <https://doi.org/10.3390/biology11050776>
- Quinteros, M. F., Martínez, J., Barrionuevo, A., Rojas, M., & Carrillo, W. (2022b). Functional, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Cricket Protein

- Concentrate (*Gryllus assimilis*). *Biology*, *11*(5), 776.  
<https://doi.org/10.3390/biology11050776>
- Razak, I. A., Ahmad, Y. H., Azahan, E., & Ahmed, E. (2012). *NUTRITIONAL EVALUATION OF HOUSE CRICKET (BRACHYTRUPES PORTENTOSUS) MEAL FOR POULTRY*.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, *57*(5), 802–823.  
<https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sarsour, A. H., Lee, J. T., Haydon, K., & Persia, M. E. (2021). Tryptophan requirement of first-cycle commercial laying hens in peak egg production. *Poultry Science*, *100*(3), 100896. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.065>
- Shah, A. A., Totakul, P., Matra, M., Cherdthong, A., Harnboonsong, Y., & Wanapat, M. (2022). Nutritional composition of various insects and potential uses as alternative protein sources in animal diets. *Animal Bioscience*, *35*(2), 317–331.  
<https://doi.org/10.5713/ab.21.0447>
- Siddiqui, S. A., Zhao, T., Fitriani, A., Rahmadhia, S. N., Alirezalu, K., & Fernando, I. (2024). *Acheta domesticus* (house cricket) as human foods - An approval of the European Commission - A systematic review. *Food Frontiers*. <https://doi.org/10.1002/fft2.358>
- Singh, Y., Cullere, M., Kovitvadh, A., Chundang, P., & Dalle Zotte, A. (2020). Effect of different killing methods on physicochemical traits, nutritional characteristics, in vitro human digestibility and oxidative stability during storage of the house cricket (*Acheta domesticus* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *65*, 102444.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102444>
- Stone, A. K., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(7), 3355–3363. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>
- Strifler, P., Horváth, B., Such, N., Dublec, K., & Pál, L. (2024). Effects of different dietary threonine and glycine supplies in broilers fed low-protein diets. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1373348>
- Škvorová, P., Kulma, M., Božik, M., Kurečka, M., Plachý, V., Slavíková, D., Šebelová, K., & Kouřimská, L. (2024). Evaluation of rapeseed cake as a protein substitute in the feed of edible crickets: A case study using *Gryllus assimilis*. *Food Chemistry*, *441*, 138254.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138254>
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C., & Ketudat-Cairns, M. (2019). Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (&lt;i>Acheta domesticus&lt;/i>) and Field Cricket (&lt;i>Gryllus bimaculatus&lt;/i>). *Food Science and Technology Research*, *25*(4), 597–605. <https://doi.org/10.3136/fstr.25.597>
- Ververis, E., Boué, G., Poulsen, M., Pires, S. M., Niforou, A., Thomsen, S. T., Tesson, V., Federighi, M., & Naska, A. (2022). A systematic review of the nutrient composition, microbiological and toxicological profile of *Acheta domesticus* (house cricket). *Journal of Food Composition and Analysis*, *114*, 104859.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104859>
- Visanuvimol, L., & Bertram, S. M. (2011). How Dietary Phosphorus Availability during Development Influences Condition and Life History Traits of the Cricket, *Acheta domesticas*. *Journal of Insect Science*, *11*(63), 1–17.  
<https://doi.org/10.1673/031.011.6301>
- Weindl, I., Ost, M., Wiedmer, P., Schreiner, M., Neugart, S., Klopsch, R., Kühnhold, H., Kloas, W., Henkel, I. M., Schlüter, O., Bußler, S., Bellingrath-Kimura, S. D., Ma, H., Grune, T., Rolinski, S., & Klaus, S. (2020). Sustainable food protein supply reconciling human and ecosystem health: A Leibniz Position. *Global Food Security*, *25*, 100367.  
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100367>



- Yeerong, K., Chantawannakul, P., Anuchapreeda, S., Wangtueai, S., & Chaiyana, W. (2024). Optimization of Hydrolysis Conditions, Isolation, and Identification of Biologically Active Peptides Derived from *Acheta domesticus* for Antioxidant and Collagenase Inhibition. *Antioxidants*, *13*(3), 367. <https://doi.org/10.3390/antiox13030367>
- Zafar, A., Shaheen, M., Tahir, A. Bin, Gomes da Silva, A. P., Manzoor, H. Y., & Zia, S. (2024). Unraveling the nutritional, biofunctional, and sustainable food application of edible crickets: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, *143*, 104254. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104254>
- Zaitseva, N. V., Zelenkin, S. E., Suvorov, D. V., Shur, P. Z., Lir, D. N., Khanh, C. C., & Hung, N. Q. (2023). Comparative characteristics of the amino acid composition of protein from traditional sources and entomoprotein: calculated data. *Problems of Nutrition*, *92*(5), 39–47. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-5-39-47>



