

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití hmyzu ve výživě drůbeže**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Pokorný Nikola**

**Obor studia: Chov hospodářských zvířat**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Darina Chodová, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití hmyzu ve výživě drůbeže" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Darině Chodové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za cenné informace a rady, které mi poskytla. Děkuji za podporu, trpělivost a čas.

# Využití hmyzu ve výživě drůbeže

## Souhrn

Bakalářská práce se zabývá alternativním zdrojem proteinu i tuku, a to hmyzí moučkou, olejem pro nahrazení sójového šrotu, rybí masokostní moučky ve výživě drůbeže. Dále je v práci popsáno využití hmyzu, legislativní úprava, a také poukazuje na vliv hmyzích produktů ve výživě kuřat na životního prostředí, kvalitu masa, zdravotní aspekty a normy látek v maso. Hlavní výzvou pro světový průmysl hospodářských zvířat je nedostatek zdrojů bílkovinných krmiv. Hmyz je alternativní zdroj bílkovin pro drůbež, a je k dispozici velmi široká škála druhů hmyzu. Larvy hmyzu produkují antimikrobiální peptidy, aby se tak ochránily před infekcemi, plísněmi, viry, bakteriemi a navíc jsou tyto peptidy funkční v krmivu pro drůbež. Krmiva, která obsahují antimikrobiální peptidy mohou zlepšit růstovou schopnost, stravitelnost živin, imunitní funkce drůbeže a zdraví střev.

Ve srovnání s běžnými krmivy obsahuje hmyzí moučka vyšší množství esenciálních aminokyselin. Další výhodou pro spotřebitele je fyzikální i senzorická vlastnost masa, která se dle výsledků výzkumů zlepšila ve srovnání s běžnými krmivy. Nejvíce používaným hmyzem je moučný červ, moucha domácí, bourec morušový, sarančata. Hmyz je velmi bohatým zdrojem bílkovin, vitamínů, tuků a minerálních látek, obsahuje ale i vlákninu chitin, který je spojován s nižší stravitelností a může působit jako alergen.

**Klíčová slova:** drůbež, hmyz, hmyzí moučka, alternativní zdroj, brojlerová kuřata



# Use of insects in poultry nutrition

## Summary

The bachelor's thesis deals with an alternative source of protein and fat, namely insect meal, oil to replace soybean meal, fish meal and bone meal in poultry nutrition. The work also describes the use of insects, legislative regulation, and also points out the influence of insect products in chicken nutrition on the environment, meat quality, health aspects and standards of substances in meat. The main challenge for the global livestock industry is the lack of sources of protein feed. Insects are an alternative source of protein for poultry, and a very wide variety of insects are available. Insect larvae produce antimicrobial peptides to protect themselves from infections, fungi, viruses, bacteremia, and these peptides are also functional in poultry feed. Feeds that contain antimicrobial peptides can improve growth performance, nutrient digestibility, poultry immune function and gut health.

Compared to conventional feeds, insect meal contains a higher amount of essential amino acids. Another advantage for consumers is the physical and sensory properties of the meat, which, according to research results, have improved compared to conventional feeds. The most commonly used insects are mealworms, house flies, silkworms, and locusts. Insects are a very rich source of proteins, vitamins, fats and minerals, but also contain the fiber chitin, which is associated with lower digestibility and can act as an allergen.

**Keywords:** poultry, insects, insect meal, alternative source, broiler chicken

# Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce .....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Využití hmyzu .....	9
3.2 Legislativní úprava krmiv pro drůbež s obsahem hmyzu .....	10
3.3 Hmyz ve výživě drůbeže.....	10
3.4 Používané druhy bezobratlých .....	12
3.4.1 Mouční červi .....	12
3.4.2 Moucha bráněnka .....	13
3.4.3 Sarančata .....	13
3.4.4 Moucha domácí .....	13
3.4.5 Bourec morušový .....	13
3.4.6 Další druhy .....	14
3.5 Hmyz jako prostředek pro nakládání s organickým odpadem .....	14
3.6 Chemické vlastnosti, nutriční kvalita a senzorické vlastnosti masa z brojlerových kuřat krmených moučkou z larev <i>Hermetia illucens</i> .....	15
3.7 Zdravotní aspekty využití hmyzí moučky a srovnání s běžnými krmivy .....	18
3.8 Modulační mikrobioty a zdraví střev .....	20
3.8.1 Účinky moučky a tuku z <i>Hermetia illucens</i> na zdraví střev a modulaci mikroflóry u drůbeže.....	22
3.9 Antimikrobiální účinky a odolnost vůči chorobám.....	24
3.10 Imunologický stav .....	25
4 Závěr .....	28
5 Literatura .....	29

# 1 Úvod

Člověk, který se zajímá o životní prostředí, tudíž i o to, jak přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů se jistě zajímal i jen okrajově o entomofagii. Entomofagie je nová myšlenka o využití hmyzu v potravě. Konzumovat hmyz v jakékoliv podobě dělá lidem velký problém. Hlavní výhoda této myšlenky spočívá v úspoře a šetrnosti k přírodě. Nové studie zjistily, že hmyz má vysoké nutriční hodnoty, a právě proto začaly výzkumy ohledně využití hmyzu v krmivu pro hospodářská zvířata. Vysoká konzumace drůbežího masa a vajec stále stoupá, a právě proto je velký potenciál využití hmyzu pro drůbež.

Drůbež patří mezi hospodářská zvířata s velice dobrou konverzí krmiva, a tím tak přispívá k šetření cenných přírodních zdrojů pro naši potřebu a důležitou přeměnu bílkovin z již pro nás odpadních produktů jako jsou sójové šroty a rybí moučka, ale naprostým přeborníkem přeměny biologických odpadů, a to jak živočišných, tak rostlinných, na tak důležité bílkoviny a tuky, je všudypřítomný a velice často přehlížený hmyz. Přehlížený tedy až do posledních let. Světová populace neustále roste a přesáhnout 9 miliard v roce 2025 se jeví jako reálná věc, dokonce podle odhadů OSN by na zemi mohlo žít 10,4 miliard lidí okolo roku 2100.

Ve spoustě příbězích o budoucnosti má jedna věc podobnost, a to, když bude stále více lidí na zemi, tak bude i více odpadu a samozřejmě větší poptávka po nasycení populace. Hmyz, jak již bylo zmíněno, dokáže efektivně likvidovat biologický odpad, přeměnit ho na drahocennou bílkovinu, ale také odpad z chovu hmyzu je velikým přínosem pro výživu rostlin, což je také velice důležité vzhledem k neustálému znehodnocování obhospodařovaných půd. Vedou se i výzkumy k likvidaci plastových odpadů hmyzem, ale toto téma není předmětem této práce. Velmi často nedoceněný hmyz může být naší budoucností a malým krokem do budoucnosti je schválení zákona Evropskou komisí o využití hmyzu jako krmiva pro hospodářská zvířata, i když dříve byla schválena konzumace hmyzu pro lidi, tak takový krok byl až příliš a mezi lidmi se spíše ukázal strach a nelibost vůči konzumaci hmyzu přímo.

V dnešní době se spotřebitelé častěji ohlížejí na to, co jí. Sledují trendy slavných osobností, odkud jídlo pochází, jak vypadá ale také jak zdravá spokojená jsou zvířata určená pro výkrm. V této práci bude popsán vliv hmyzí moučky a oleje na zdravotní stav drůbeže, chuť a kvalitu masa.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je poskytnout komplexní pohled na využití hmyzu ve výživě drůbeže a analyzovat jeho potenciál jako udržitelného zdroje krmiva. Doufáme, že tato práce přispěje k lepšímu porozumění této problematice a podpoří další výzkum v oblasti alternativních zdrojů potravin pro zvířata.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Využití hmyzu

Od úsvitu věků je hmyz součástí našeho života, je považován za škůdce, zdroj v lékařství, potravu a v poslední době jako krmivo pro intenzivní živočišnou výrobu. Je známo, že hmyz jako škůdce má nepříznivé účinky na zemědělskou a potravinářskou výrobu, protože poškozují úrodu a parazitují na hospodářských zvířatech (FAO 2020), zároveň některé druhy hmyzu mohou být také velkou obtíží a zdravotním rizikem pro člověka (WHO 2015).

Nicméně kromě toho, že je hmyz považován za velkou obtíž, je také zodpovědný za produkci asi jedné třetiny naší potravy prostřednictvím procesu opylování a jako takový, je velkým aktivem, který hraje klíčovou roli na celém světě, a to i ve vodních ekosystémech. Kdyby všichni hmyz zmizel, lidské zásoby potravin by došly asi za čtyři roky (Goulson 2019). Hmyz byl hlavním zdrojem potravy již před 1,2 milionu let (Van Huis 2017) a stále je dnes součástí moderní stravy více než dvou miliard lidí, zejména v nezápadních zemích (van Huis 2020).

Hmyz se používal v rozdílných odvětvích například byl využíván v lékařství (zdroj chitinu, proti infekcím, alergiím, má virucidní účinky, může být použit proti nádorům, parazitům, ve farmacii (mateří kašička, včelí jed, pyl, vosk), kosmetickém průmyslu (včelí produkty), průmyslovém zpracování (bourec morušový) a ekologii (biologický boj se škůdci)). Nejznámější zástupci hmyzu jsou pijavice, mouchy a jejich larvy. V posledních letech se jasně stupňuje neustálý zájem o bezobratlé živočichy jako zdroj krmiva pro zvířata i člověka (Suchý 2017).

Hmyz tvoří asi tři čtvrtiny všech organismů přítomných na Zemi. Konzumaci hmyzu (také nazývanou entomofágie) tradičně praktikují více než dvě miliardy lidí na celém světě, odhaduje se, že kolem 524 druhů hmyzu se konzumuje v Africe, 349 v Asii, 679 v Americe, 152 v Austrálii a pouze 41 v Evropě.

Nejvyšší počet druhů hmyzu, které jsou zdokumentovány jako jedlé, má Mexiko, následuje Thajsko, Kongo, Indie, Austrálie, Čína a Zambie (Ullah 2017).

Podle Van Huis (2013), lze hmyz využívaný do krmiv rozdělit do řádů Diptera (moucha domácí), Coleoptera (mouční červi), Megadrilacea (žížala), Lepidoptera (bourec morušový a cířina forda) a Orthoptera (kobyly, saranče a cvrčci). Z více než 2000 požitelných druhů 11 popsanych ve vědecké literatuře tvoří brouci 31 %, housenek motýlů a můr je 18 %; včely, vosy a mravenci tvoří 14 % a sarančata, kobyly a cvrčci 13 %.

## 3.2 Legislativní úprava krmiv pro drůbež s obsahem hmyzu

Zákon o využití hmyzu a jeho zkrmování v České republice představuje klíčový právní rámec, který upravuje využívání hmyzu jako potravy pro zvířata. Tato oblast právního režimu byla v posledních letech stále významnější, zejména vzhledem k rostoucímu zájmu o hmyz jako udržitelný zdroj potravy a krmiva.

Jedním z klíčových právních předpisů, který upravuje využití hmyzu ve výživě zvířat v České republice, je Zákon č. 246/1992 Sb., o ochraně zvířat proti týrání. Tento zákon obsahuje ustanovení týkající se povinností chovatelů zvířat a zajišťuje, že zvířata jsou krmena tak, aby nedocházelo k jejich týrání nebo utrpení. Tento zákon také zahrnuje aspekty týkající se hygieny a bezpečnosti krmiv, což je důležité při výrobě a distribuci hmyzího krmiva.

Evropská unie se začala zabývat hmyzem pro krmné účely, vzhledem k většímu nárůstu chovů hmyzu na jejím území. Proto dalším relevantním právním předpisem je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283, které stanovuje pravidla pro nové potravinové zdroje, včetně hmyzu, a jejich uvádění na trh v Evropské unii. Toto nařízení zavádí postupy pro posouzení bezpečnosti nových potravinových zdrojů, včetně hmyzu, a stanovuje požadavky na označování a informování spotřebitelů.

Kromě toho Česká republika upravuje využití hmyzu také na národní úrovni prostřednictvím Zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, a Nařízení Ministerstva zemědělství ČR č. 30/2015 Sb., které stanovuje podrobnosti týkající se povolení a označování potravin a krmiv obsahujících hmyz.

Členské země EU schválily Nařízení Komise (EU) 2021/1372 ze dne 17. srpna 2021, kterým se mění příloha IV nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 999/2001, pokud jde o zákaz krmení nepřezhývkavých hospodářských zvířat jiných než kožešinových zvířat živočišnými bílkovinami, které vstoupilo v platnost 7. září 2021. Tímto schválením se zároveň otevřela cesta ke zkrmování zpracovaných živočišných bílkovin získaných z hmyzu pro drůbež (Prýmas 2022).

V reakci na rostoucí zájem o využití hmyzu ve výživě zvířat a potravinářství byly zákony a předpisy v této oblasti pravidelně revidovány a aktualizovány, aby reflektovaly nové poznatky a technologie a zajišťovaly bezpečnost a kvalitu produktů.

## 3.3 Hmyz ve výživě drůbeže

Hmyz ve výživě drůbeže představuje aktuální téma v oblasti chovu a krmivářství, které má potenciál pozitivně ovlivnit produkci masa a vajec, stejně jako zdraví a udržitelnost chovu. Výhody a výzvy spojené s využíváním hmyzu jako zdroje potravy pro drůbež jsou předmětem intenzivního výzkumu a zkoumání.

Hmyz je bohatým zdrojem bílkovin a dalších živin, které jsou pro drůbež nezbytné pro růst, vývoj a produkci vajec. Studie Makkar et al. (2014) zdůrazňují významné množství bílkovin obsažených v hmyzu, což ho činí atraktivním potravním zdrojem pro ptáky. Vzhledem k tomu,

že hmyz tvoří přirozenou složku stravy mnoha druhů drůbeže v přirozeném prostředí, lze jeho začlenění do krmení drůbeže považovat za biologicky relevantní.

Důležitým aspektem je také udržitelnost využívání hmyzu ve výživě drůbeže. Hmyz lze chovat s nižšími nároky na půdu, vodu a krmivo ve srovnání s tradičními zdroji bílkovin, což má potenciál snížit ekologickou stopu chovu drůbeže. Tento aspekt získává na významu v souvislosti s narůstajícími obavami o udržitelnost současného zemědělství a potravinářství.

Nicméně výzvy spojené s využitím hmyzu ve výživě drůbeže zahrnují otázky týkající se bezpečnosti potravin, nutričního vyvážení a přijetí tohoto nového zdroje potravy jak ze strany spotřebitelů, tak i odvětví. Je nezbytné provádět další výzkum a vývoj, aby byla zajištěna efektivní produkce, bezpečnost a kvalita produktů z drůbeže krmené hmyzem.

Hmyz ve výživě drůbeže představuje stále více diskutované téma, zejména v kontextu udržitelného zemědělství a potravinové produkce. Hmyz se stává stále populárnějším zdrojem potravy pro drůbež z několika klíčových důvodů.

Hmyz je významným zdrojem bílkovin, což je základní složka stravy drůbeže. Většina druhů hmyzu obsahuje vysoké množství kvalitních bílkovin, které jsou nezbytné pro růst a užitkovost ptáků. Studie provedená Cutrignellim et al. (2017) se zaměřila na použití bráněnky (*Hermetia illucens*) jako zdroje potravy pro brojlerů. Výsledky ukázaly, že hmyz může být vynikajícím zdrojem bílkovin pro drůbež, což má pozitivní vliv na kvalitu masa a růst ptáků. Dalším důležitým aspektem je udržitelnost využití hmyzu ve výživě drůbeže. Hmyzová produkce hmyzu má nižší ekologickou stopu ve srovnání s tradičními zemědělskými praktikami, což může přispět k snížení negativního dopadu na životní prostředí. Zároveň je produkce hmyzu energeticky efektivnější a vyžaduje méně vody ve srovnání s tradičními zemědělskými kulturami (Van Huis et al. 2013).

Neméně důležitým faktorem je snižování závislosti na konvenčních zemědělských plodinách pro výrobu krmiv pro drůbež. Hmyz lze chovat na organickém odpadu a vedlejších produktech z potravinářského průmyslu, což snižuje konkurenci s plodinami určenými pro lidskou spotřebu (Oonincx et al. 2015).

Hmyz ve výživě drůbeže přináší několik výzev, včetně potřeby dalšího výzkumu v oblasti nutričního složení různých druhů hmyzu, aby se zajistilo optimální krmení drůbeže. Taktéž je nezbytné zajistit vhodné standardy pro bezpečnost a kvalitu hmyzího krmiva.

Ve výživě drůbeže je klíčovým faktorem zásoba esenciálních aminokyselin pro rychlý růst v krátkém časovém období. Z tohoto důvodu jsou diety založené na sojovém šrotu (jako hlavní zdroj bílkovin ve stravě) dodávány společně s rybí moučkou, která pokrývá jakýkoli nedostatek aminokyselin z rostlinných bílkovin (Ullah 2017).

Produkce sóji je spojena s odlesňováním, erozí půdy, eutrofizací, extenzivním používáním pesticidů, ztrátou biodiverzity a obrovskou CO<sub>2</sub> stopou (van Huis 2015).

Podobně se v posledních letech stala rostoucí cena sojových bobů kritickým aspektem pro ekonomickou udržitelnost produkce drůbežního masa, zejména v některých rozvojových zemích. Rybí moučka je založena na rybách chovaných v akvakultuře nebo na mořských druzích ryb. Kvůli problémům s nadměrným rybolovem a znečištěním životního prostředí lze mořské ryby považovat za omezený zdroj. To se odráží v drastickém nárůstu tržní ceny rybí

moučky během posledních deseti let, což vyvolalo poptávku po novém a udržitelnějším zdroji bílkovin (Bosch 2019).

Aby se produkce v budoucnu stala udržitelnou, je proto naléhavě potřebné mít alternativní zdroje bílkovin se srovnatelnou živinovou hodnotou. Mezinárodní federace krmivářského průmyslu navíc předpovídá, že do roku 2050 se živočišná výroba zdvojnásobí. Aby byly splněny budoucí požadavky na bílkoviny, jsou hledány jejich nové zdroje (Ullah 2017).

### 3.4 Používané druhy bezobratlých

Hmyz se stává stále populárnějším zdrojem potravy pro drůbež, a to zejména kvůli jeho vysokému obsahu bílkovin a udržitelnosti. V následujícím textu jsou popsány některé z hlavních druhů hmyzu, které jsou používány v krmení drůbeže, jejich biologie, reprodukce a výživová hodnota. Výzkumy v posledních letech vykazovaly různé účinky, více v závislosti na použitém druhu hmyzu než na druhu drůbeže. Celkově nebyly zpozorovány žádné nepříznivé účinky na kvalitu masa. Pouze profil mastných kyselin masa byl ovlivněn druhem hmyzu obsaženým ve stravě, což naznačuje jeho zlepšení prostřednictvím manipulace s hmyzím substrátem nebo použití směsi hmyzí moučky nebo oleje z různých druhů hmyzu.

#### 3.4.1 Mouční červi

Potemník moučný (*Tenbrio molitor*) se jeví jako jeden z druhů hmyzu vhodných k chovu za účelem produkce živočišných bílkovin. Jeho biologie je podrobně známá, má krátký životní cyklus a způsob jeho masového chovu v průmyslovém měřítku je důkladně prozkoumán a zdokonalen. Velikou výhodou moučných červů je, že mohou být chováni na málo výživných odpadních produktech a použity jako krmivo pro brojlerová kuřata (Suchý 2017).

Mouční červi jsou častým druhem hmyzu využívaným ve výživě drůbeže. Jsou bohatí na bílkoviny a obsahují také tuky, vitaminy a minerály. Mouční červi jsou snadno chovatelní a jsou dostupní v různých stádiích vývoje, což umožňuje výběr vhodné formy krmení pro drůbež v různých věkových kategoriích (Diener et al. 2009).

Jedná se o krmivo s vysokým obsahem bílkovin (56-61 %), vyznačujících se vysokou biologickou hodnotou, neboť zahrnuje všechny esenciální aminokyseliny v příznivém poměru. Navíc je bohatým zdrojem fosforu a draslíku. Tuk (25-30 % moučky) obsahuje přibližně 24 % nasycených MK, 24 % polynenasycených MK a 50 % mononenasycených MK, což má za následek poměr omega-6/omega-3 (Turck et al. 2021).

Většina studií však nepozorovala změny v pH masa, barvě, vaznosti nebo profilu mastných kyselin (Pietras et al. 2021).



### 3.4.2 Moucha bráněnka

Moucha bráněnka, je jeden z nejpůvodnějších druhů hmyzu používaných ve výživě drůbeže. Larvy bráněnky jsou bohaté na bílkoviny a tuky a obsahují také esenciální aminokyseliny. Tyto larvy jsou snadno chovatelné na organickém odpadu, což činí jejich produkci ekonomicky výhodnou (Cuttrignelli et al. 2018).

Larva obsahuje průměrně  $43,1 \pm 5,05$  g proteinu/100 g sušiny a aminokyselinový profil je bohatý na leucin ( $6,72$  g/100 g proteinu), lysin ( $6,22 \pm 1,08$  g/100 g proteinu) a valin ( $5,38 \pm 0,82$  g/100 g proteinu). Nutričně důležitý je i jeho přínos ve vápníku ( $24,1 \pm 12,8$  g/kg sušiny) a fosforu ( $6,01 \pm 1,77$  g/kg sušiny) (Heide et al. 2021).

Jak již bylo zmíněno, množství tuku larev a jejich profil mastných kyselin jsou extrémně variabilní a závisí na typu substrátu. Na základě četných studií, larva mouchy bráněnky jako moučka nebo tuk v drůbežích krmivech nemá vliv na fyzikální kvalitu masa (pH, barva, vaznost) brojlerového kuřete, křepelky, koroptve polní a kachny pižmové (Schiafone et al. 2019). Rozdíly ve složení živin masa byly pozorovány hlavně jako vyšší obsah bílkovin, snížený nebo zvýšený obsah esenciálních aminokyselin a obohacení minerály, jako je vápník, síra a měď. Sensorické hodnocení masa krmených brojlerových kuřat stravou doplněnou larvou mouchy bráněnky se nelišilo od masa získaného z kontrolní diety. Místo toho mělo zahrnutí larvy mouchy bráněnky jako moučky nebo tuku hlavní přispěvek k úpravě profilu mastných kyselin (Dalle Zotte et al. 2021).

### 3.4.3 Sarančata

Saranče je dalším druhem hmyzu, který byl zkoumán pro použití ve výživě drůbeže. V některých regionech světa jsou sarančata konzumována jak lidmi, tak zvířaty. Jsou bohatá na bílkoviny, vlákninu a některé vitaminy a minerály. Výzkumy naznačují, že sarančata mohou být vhodným zdrojem potravy pro drůbež a mohou přispět k rozšíření udržitelných krmiv (Rumpold & Schlüter 2013).

### 3.4.4 Moucha domácí

Moucha domácí je častým druhem hmyzu, který je používán ve výživě drůbeže, zejména v produkci larválního hmyzího krmiva. Larvy mouchy domácí jsou bohaté na bílkoviny a jsou často používány jako doplněk krmiva pro drůbež. Zároveň je však důležité zajistit hygienické podmínky při chovu mouchy domácí a zabránit šíření nemocí (Cullere et al. 2016).

### 3.4.5 Bourec morušový

Kukly bource morušového jsou agroprůmyslové vedlejší produkty s vyšším nutričním obsahem s obsahem hrubých bílkovin 50–80 % v odtučněných pokrmech se značným množstvím methioninu (2–3 % bílkovin), lysinu (6–16 % bílkovin) a lipidů (21–38 %). Kromě toho moučka z kukel bource morušového obsahuje vysoký poměr důležitých mastných kyselin a minerálů (zejména vápníku a fosforu) (Dalle Zotte et al. 2021).

### 3.4.6 Další druhy

Existuje mnoho dalších druhů hmyzu, které mohou být potenciálně využity ve výživě drůbeže. Patří sem různé druhy mouch, mravenců, termitů a mnoho dalších. Každý druh má své vlastní výživové složení a vhodnost pro krmení drůbeže, a proto je důležité provádět detailní výzkumy a hodnocení.

Použití hmyzu ve výživě drůbeže nabízí řadu potenciálních výhod, včetně zvýšení obsahu bílkovin ve stravě, udržitelnosti a možnosti recyklace organického odpadu. Výběr konkrétního druhu hmyzu závisí na mnoha faktorech, včetně regionální dostupnosti a nutriční hodnoty.

## 3.5 Hmyz jako prostředek pro nakládání s organickým odpadem

Z hlediska výroby hnojiv se přeměna organického odpadu na stabilní půdní úpravu řídí podobným principem jako vermikompostování. Na rozdíl od žížal však průmyslově využívaný hmyz není primárně vnímán jako producent kompostu, ale spíše jako bioreaktory schopné přeměnit nízkohodnotné substráty na zdroj produktů s přidanou hodnotou, mezi které patří bílkoviny, tuky a chinin, které ale také poskytují vedlejší produkt s hnojivovými vlastnostmi. Většina těchto produktů pochází přímo z mechanického nebo chemického zpracování surové biomasy hmyzu. Zbytková frakce se však hromadí jako vedlejší produkt při chovu a nedávno byla Evropskou komisí definována jako směs natrávených a nestrávených substrátových odpadů, slinutých kůží a také menší části mrtvého hmyzu. Příznivý vliv hmyzího trusu na dynamiku půdních živin a jejich vliv na půdní dýchání byl podrobně popsán v minulosti. Se vznikem chovu hmyzu jsou tyto výhody nyní využívány v průmyslovém měřítku. Termín „frass“, původně používaný k popisu tohoto hmyzího trusu v přirozeném prostředí, byl tedy přijat tak, aby zahrnoval zbytky z chovu a v současnosti se běžně používá k popisu tohoto složitého kompostu získaného z hmyzu (Morales-Ramos et al. 2016).

Mezi druhy schválenými pro komerční chov hmyzu v EU je moucha bráněnka (*Hermetia illucens*) považována za nejslibnějšího kandidáta na podporu celosvětové expanze tohoto vznikajícího odvětví. V přírodním prostředí také postupující globalizace a zvyšující se průměrná teplota přispívají ke kosmopolitismu této subtropické mušky, čímž řídí její rozptýl na všech kontinentech kromě Antarktidy. V posledních letech bylo úsilí zaměřeno hlavně na určení toků organického odpadu z průmyslových odvětví, která jsou vhodná pro biokonverzi larvami much bráněnek. V západních zemích nacházejí současné uplatnění jako substrát pro chov larev především vedlejší agroprůmyslové produkty (např. pšeničné otruby, mláto) nebo odpady z ovoce a zeleniny. Vzhledem k novosti velkochovu hmyzu, právním omezením a nezralému výzkumu bezpečnosti produktů pocházejících z hmyzu omezují použití širší škály substrátů, které by jinak zahrnovaly také zvířecí hnůj nebo potravinový odpad (Liu et al. 2022).

Na rozdíl od kompostu, který typicky zraje z nekonzistentní a různorodé směsi organických odpadů do převážně homogenního produktu se srovnatelnými vlastnostmi, se

většina fyzikálně-chemických vlastností vedlejších produktů chovu hmyzu a obsahu živin výrazně lišila podle použitých pěstebních substrátů (Klammsteiner et al. 2020).

Proto musí být směs organických sloučenin tvořících pěstební substrát dobře popsána a dostupná v konzistentní kvalitě, aby byla zajištěna efektivní produkce, protože poměr jejich složek následně určí kvalitu a hnojivé vlastnosti. Přeměna substrátu na hmyzí biomasu vede ke snížení obsahu N a P ve zbytcích ve srovnání s původním materiálem, i když biologická dostupnost živin se zvyšuje průchodem trávního traktu hmyzu. Komerční „frass“ z larev bráněnky vykazuje v průměru poměr N:K 0,9:1,1 s relativně vysokým poměrem C:N 14,7 (Gärttling & Schulz 2022). Ve srovnání s jinými druhy hmyzu obsahuje odpad z chovu larev bráněnky výrazně vyšší koncentrace N (<130 %) a K (<190 %) (Beesigamukama et al. 2022).

Ačkoli larvy bráněnky mohou prosperovat v širokém rozsahu úrovní pH, hodnota pH v odpadním produktu chovu je jedním z mála parametrů, které vykazují malé rozdíly mezi výrobními systémy a výchozími substráty (Gärttling & Schulz 2022). Dokonce i vedlejší produkt hmyzu z původně kyselých substrátů (pH 4) se během procesu stává zásaditým (až do pH 9), čímž se přibližuje vysokému pH v koncovém střevě larev (Liu et al. 2022).

Dobré životní podmínky zvířat jsou v průmyslovém chovu hmyzu ve srovnání s tradičními chovy hospodářských zvířat považovány za vysoké, zejména ve srovnání s operacemi krmení zvířat v omezeném prostoru (CAFO). Mnoho druhů hmyzu přirozeně žije ve velkých skupinách na malém prostoru, což znamená, že schémata průmyslového zemědělství, která chovají velké množství hmyzu na malých prostorech, se blíží přirozeným podmínkám, a proto nejsou stresována. Kromě toho, když jsou životní podmínky hygienické, průmyslový chov hmyzu nepředstavuje další riziko chorob nad rámec toho, co je u příslušných druhů běžně přítomno. Tímto způsobem, napodobováním přírodních podmínek, druhy hmyzu nevyžadují přísady do krmiva nebo léky k prevenci zdravotních následků jejich životních podmínek, jako je tomu u většiny CAFO, které představují značné riziko kontaminace a stresu zvířat (Barragán-Fonseca et al. 2022).

Nejrozšířenějším průmyslovým způsobem usmrcování druhů hmyzu je jejich ochlazení na teploty pod bodem mrazu. Tento proces způsobí, že hmyz vstoupí do stavu spánku, který je podobný kómatu, když se jeho tělesná teplota sníží. Po delší době zmrazení, která se liší podle druhu, ale obvykle trvá 2–3 dny, hmyz zemře, aniž by znovu nabyl vědomí. Ve srovnání s moderními metodami porážky tradičních hospodářských zvířat se předpokládá, že úroveň bolesti jsou drasticky nižší než u krav, prasat a kuřat; postrádáme však plné pochopení způsobu, jakým hmyz pociťuje bolest, nebo zda ji vůbec cítí (Richard 2004).

### **3.6 Chemické vlastnosti, nutriční kvalita a senzorické vlastnosti masa z brojlerových kuřat krmených moučkou z larev *Hermetia illucens***

Zkrmována byla moučka z larev *Hermetia* s 25 % tuku, 9,57 % popela a 41,1 % surového proteinu, 320 kuřatům Cobb 500 stejné rodičovské skupiny. Kuřata byla náhodně vybrána a zvážena ve skupinách po deseti a poté náhodně rozdělena do boxů a okamžitě krmena příslušnými krmnými dávkami s určeným poměrem hmyzí moučky v %. Poměry moučky z

larev *Hermetia illucens* byly 0 %, 4 %, 8 % a 12 %. Krmné dávky obsahovaly kukuřičnou a sojovou moučku dle nutričních požadavků brojlerových kuřat. Ve věku 42 dnů byla vybrána 2 brojlerová kuřata z každé kontrolní skupiny (Mlaga et al. 2022)

Měření obsahu sušiny, vody, popela a bílkovin naznačilo, že mezi hodnotami nebyly výrazné rozdíly při použití hmyzí moučky. Oproti tomu byl zaznamenán nárůst s poměrem hmyzí moučky u břišního tuku, a to jeho navýšením, zejména u 8 a 12 % hmyzí moučky. V obsahu bílkovin zde nebyl žádný významný rozdíl. Intramuskulární tuk u brojlerových kuřat s obsahem hmyzí moučky 8 % byl vyšší ve srovnání s brojlerovými kuřaty krmenými kontrolní dávkou a 4 % obsahem hmyzí moučky. Ukládání intramuskulárního tuku se významně zvýšilo u obsahu 12 % moučky z larev *Hermetia illucens*. Při měření celkového cholesterolu, přidáním moučky z larev *Hermetia illucens*, hodnoty se zvyšovali. Přičemž kuřata s 8 a 12 % moučky z larev *Hermetia illucens* měla přibližně stejné množství a se 4 % hmyzí moučky měla vyšší hodnoty než kontrolní krmivo bez hmyzí moučky. Senzorické vlastnosti masa nevykazovaly žádný vliv při přidání hmyzí moučky do krmné dávky brojlerových kuřat (Mlaga et al. 2022).

Další výzkumy zaměřené na využití *Hermetia illucens* (HI) popisují denní přírůstek, konverzi krmiva, kvalitu jatečně upravených těl a histopatologické změny. Počáteční živá tělesná hmotnost brojlerových kuřat se mezi dietami nelišila. V následných růstových fázích, které byly rozděleny na 1 až 14 den, 14 až 35 den a 35 až 42 den věku, kontrolní skupinou HI0 (0 %) a experimentální skupiny nahrazující bílkovinu v procentech HI50 (50 %), HI75 (75 %) a HI100 (100 %). Ve 14 dnech věku byla nejvyšší živá hmotnost (446,57 g) zaznamenána v kontrolní skupině (HI0) a byla významně vyšší než v experimentálních skupinách HI50, HI75 a HI100 (404,41g, 389,11g a 337,53g). Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v živé tělesné hmotnosti mezi skupinami HI50 a HI75. Ve 35. dni věku byly pozorovány rozdíly v průměrných hodnotách živé tělesné hmotnosti napříč všemi dietami, živá hmotnost se snižovala se zvyšujícími se hladinami zahrnutí plnotučné moučky larev HI do krmiv. Ve 42. dni věku se hodnoty živé hmotnosti nelišily mezi skupinami HI50 a HI75, zatímco nejvyšší byla zaznamenána ve skupině HI0 (3046,00 g), podobně jako v 14. a 35.dni. Lineárním směrem dolů byl pozorován pokles konečné tělesné hmotnosti (Murawska et al. 2021).

Využití HI mělo významný vliv na průměrný denní přírůstek ve všech analyzovaných růstových stádiích. Mezi 1 a 14 dnem života byl přírůstek nejvyšší ve skupině HI0 (28,96 g) a nejnižší ve skupině HI100 (21,09 g). Podobné hodnoty přírůstků byly zjištěny ve skupinách HI50 a HI75 (25,92 g, 24,77 g). Mezi 14 a 35 dnem byl nejvyšší denní přírůstek (98,73 g) zaznamenán v kontrolní skupině (HI0) a byla významně vyšší než v experimentálních skupinách HI50, HI75, HI100 (85,50 g, 72,42 g a 65,36 g) v tomto pořadí. Mezi dny 35 a 42 byl přírůstek velmi podobný v kontrolní skupině (HI0) a ve skupině HI50 (75,71 g a 75,72 g) v tomto pořadí, na rozdíl od dřívějších růstových fází byl nejvyšší přírůstek pozorován ve skupině HI100 (95,71 g). Denní příjem krmiva byl také významně ovlivněn dietou. Ve věku 1–14 dnů byl příjem nejvyšší (37,57 g) v kontrolní skupině (HI0) a mezi experimentálními skupinami se nelišila (HI50 31,64 g, HI75 32,07 g, HI100 31,57 g). Podobně tomu bylo při pozorování ve 14–35 a 35–42 dnech věku, s poklesem příjmu ve skupině HI100 ve srovnání se skupinami HI50 a HI75. Během šesti týdnů experimentu došlo k lineárnímu poklesu denního

příjmu krmiva, přičemž nejnižší hodnota byla zaznamenána ve skupině HI100 (Murawska et al. 2021).

Denní příjem krmiva by mohl být ovlivněn barvou krmiva, protože HI moučka má tmavě hnědou barvu, tmavší než běžná krmiva s využitím sóji, a proto ji ptáci konzumují méně ochotně. Dalším důvodem nižšího denního příjmu krmiva a průměrného denního přírůstku by mohl být vysoký obsah chitinu ve stravě, který není snadno stravitelný pro monogastrická zvířata a může negativně ovlivnit stravitelnost bílkovin (Marono et al. 2017).

Ve věku 1–14 dnů byla konverze krmiva nejnižší ve skupině HI50 (1,239 kg/kg) a nejvyšší ve skupině HI100 (1,491 kg/kg). Podobné hodnoty konverze byly zaznamenány v kontrolní skupině (HI0) a skupině HI75 (1,302 kg/kg a 1,300 kg/kg, v tomto pořadí). Ve 14–35 dnech věku byla konverze krmiva srovnatelná ve skupinách HI0, HI50 a HI75 a nižší než ve skupině HI100. V poslední fázi krmení 35–42 dne byly hodnoty konverze krmiva nejvyšší a podobné ve skupinách HI0 a HI50 a byly vyšší než ve skupinách HI75 a HI100. Během celého experimentu byla konverze krmiva srovnatelná ve skupinách HI0, HI50 a HI75 (1,629, 1,586 a 1,592 kg/kg, v tomto pořadí) a příznivější než ve skupině HI100 (Murawska et al. 2021).

Tito autoři uvádějí, že hmotnost jatečně upraveného těla byla vyšší v kontrolní skupině než v experimentálních skupinách, které dostávaly plnotučné krmivo z larev HI (HI0—2239,18 g, HI50—1937,59g, HI75—1770,53g, HI100—1678,26g). Hmotnost prsních svalů byla podobná ve skupinách HI100 (427,96 g) a HI75 (460 g), ale významně nižší než ve skupinách HI50 (538,34g) a HI0 (717,78g). Hmotnost svalů nohou byla také srovnatelná ve skupinách HI100 (385,68g) a HI75 (460,41g), ale významně nižší než ve skupinách HI50 (440,11g) a HI0 (508,97g). Hmotnost zbývající části jatečně upraveného těla byla ovlivněna a byla významně vyšší (1012,43g) v kontrolní skupině (HI0) než v experimentálních skupinách (HI50—959,14g, HI75—911,71g, HI100—864,62g). Rostoucí míra začlenění plnotučné moučky larev HI do krmiva pro brojlerová kuřata přispěla ke zvýšenému ukládání tuku v těle. Hmotnost abdominálního tuku byla podobná ve skupinách HI75 a HI100 (40,23g, a 42,17g), ale významně vyšší než ve skupinách HI0 (18,77g) a HI50 (30,84g). HI neměla žádný vliv na hmotnost srdce ani hmotnost žaludku, ale ovlivnila hmotnost jater, která byla významně vyšší ve skupině HI75 (60,04g) než ve zbývajících skupinách (HI0—52,35g, HI50—49,19g, HI100—50,48g) (Murawska et al. 2021). Cullere et al. (2016) prokázali, že diety obsahující 10 % a 15 % moučky larev HI neměly žádný negativní vliv na hmotnost jatečně upraveného těla, hmotnost prsních svalů nebo jejich podíl na celkové hmotnosti jatečně upravených těl u rostoucích křepelek.

Průměrné hodnoty pH naměřené v prsních svalectech byly vysoké ve všech skupinách. Nejvyšší pH bylo zaznamenáno v masě brojlerových kuřat krmených dietou obsahující 50 % a 100 % moučky larev HI a nejnižší pH bylo pozorováno ve skupině HI75. Ztráty masové šťávy odkapem byly ve všech skupinách nízké (cca 1–1,15 %). Vzorky svalů v experimentálních skupinách byly charakterizovány nižšími ztrátami varem než vzorky svalů v kontrolní skupině. Rozdíl mezi skupinami HI75 a HI100 přesáhl 4,5 % (Murawska et al. 2021).

Prsní svaly brojlerových kuřat z experimentálních skupin měly tmavší barvu (nižší hodnoty L\* světlosti), a měly vyšší podíl zarudnutí (vyšší hodnoty a\*) než svaly ptáků kontrolní skupiny. Rozdíl v průměrných hodnotách a\* byl významný mezi skupinami HI0 a HI75. V těchto dvou skupinách měly prsní svaly vyšší žlutost ve srovnání se skupinou HI50.

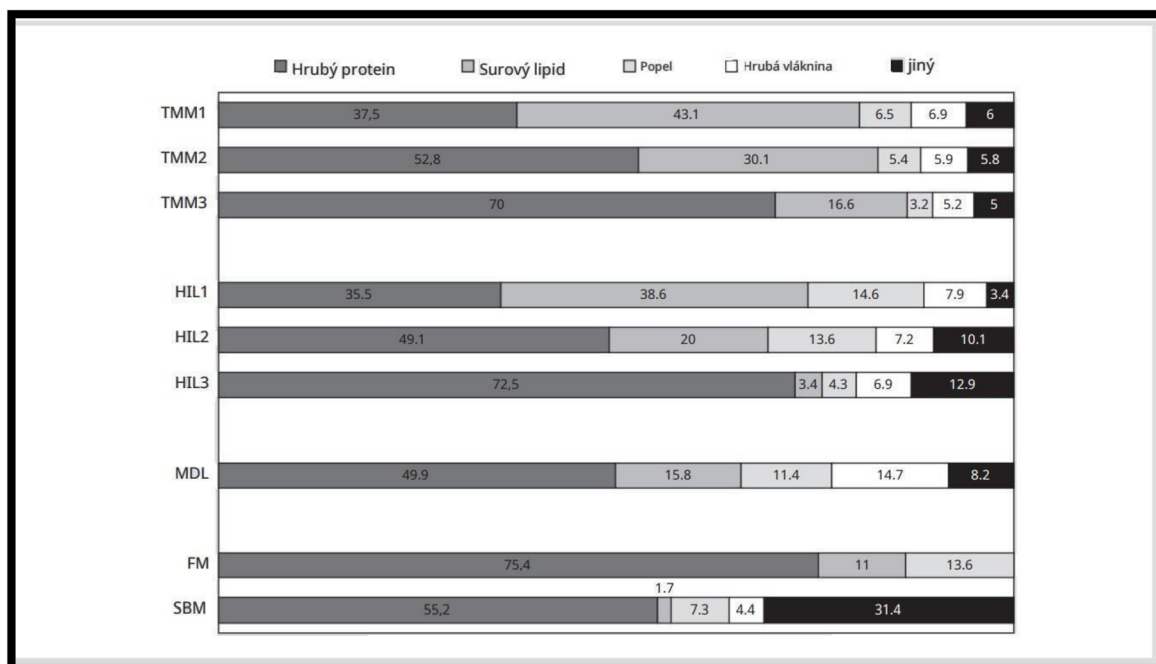
Rozdíly v červenosti a žlutosti vedly k rozdílům v sytosti barvy C\*, která byla vyšší v prsních svalech kuřat ze skupin HI0 a HI75 ve srovnání se skupinou HI50 (Murawska et al. 2021). Vyšší červenost by mohla být důsledkem nahromadění pigmentů z hmyzí moučky v maso a nižší žlutost by mohla být důsledkem sníženého obsahu kukuřičného lepku ve stravě obsahující hmyzí moučku (Schiavone et al. 2019).

Senzorická analýza neodhalila žádné rozdíly v intenzitě aroma mezi vzorky prsní svaloviny odebranými v kontrolní a experimentální skupině, ale byl pozorován lineární klesající trend v libosti aroma. Průměr pro žádoucí aroma byl však mírně nižší ve skupině HI100. Maso brojlerů krmených dietou HI100 se také vyznačovalo nejnižší křehkostí a nejvyšší hodnotou síly stříhu. Nejvyšší křehkost byla zaznamenána u masa brojlerových kuřat krmených dietou HI75 (Schiavone et al. 2019). Podobná pozorování provedli Altmann et al. (2018), kteří také zaznamenali nižší tvrdost a vyšší křehkost masa ptáků, kteří dostávali moučku z larev HI, ve srovnání s kontrolní skupinou. Průměrné skóre pro šťavnatost a intenzitu chuti bylo nižší ve skupinách HI75 a HI100 ve srovnání s kontrolní skupinou (HI0) a skupinou HI50. Maso kuřat, která dostávala 75 % (HI75) a 100 % (HI100) moučky z larev, mělo tendenci dosahovat nižšího skóre z hlediska chuti, ale významný rozdíl byl nalezen pouze mezi skupinami HI50 a HI75 (Murawska et al. 2021).

Výskyt histopatologických změn v prsních svalech a svalech stehna a průměru svalových vláken, u brojlerových kuřat krmených s různými úrovněmi plnotučné moučky z *Hermetia illucens* (HI) studovali Mutawska et al. (2021). Segmentová defragmentace a hyalinizace svalových vláken a infiltrace lymfoidních buněk mezi vlákny byly nejčastější histopatologické změny zaznamenané ve svalech prsou a nohou ve všech skupinách. Výskyt lymfoidních buněk a segmentální defragmentace svalových vláken byl vyšší ve svalech prsou než ve svalech nohou, ale mezi skupinami nebyly pozorovány žádné významné rozdíly. Hyalinizace svalových vláken ve svalech prsou a stehna se významně lišila a počet lézí se zvyšoval se zvyšujícími se hladinami zahrnutí krmiva larev HI do stravy. Byly zaznamenány dva případy fibromuskulární dysplazie v tepnách stehenního svalu, jeden ve skupině HI75 a jeden ve skupině HI100. Celkový počet detekovaných lézí byl vyšší v prsních svalech než ve svalech stehna. Průměry vláken prsní svaloviny se snižovaly se zvyšující se mírou moučky larev HI, z 62,94  $\mu\text{m}$  ve skupině HI0 na 43,99, 34,33 a 27,29  $\mu\text{m}$  ve skupinách HI50, HI75 a HI100 v tomto pořadí (Murawska et al. 2021).

### **3.7 Zdravotní aspekty využití hmyzí moučky a srovnání s běžnými krmivy**

Zájem o hmyz se v poslední době obrátil k jeho využití ve výživě zvířat. Hmyz má vysokou nutriční hodnotu a druhy, které procházejí fází bez krmení (kukla), ukládají energii jako tuk, a proto obsahují velké množství triacylglycerolů, které se hromadí v obdobích s vysokou poptávkou po energii. Profil mastných kyselin hmyzu je druhově specifický a souvisí s pohlavím, životní fází, a prostředím a stavem hmyzu (Oonincx et al. 2015). Zlomek tohoto tuku je obvykle extrahován během výroby hmyzí moučky a výsledný odtučněný syrový materiál je prášek, který se liší obsahem bílkovin a může přesáhnout 70 % (na bázi sušiny) jak je patrné z obrázku 1 (Gasco et al. 2020).

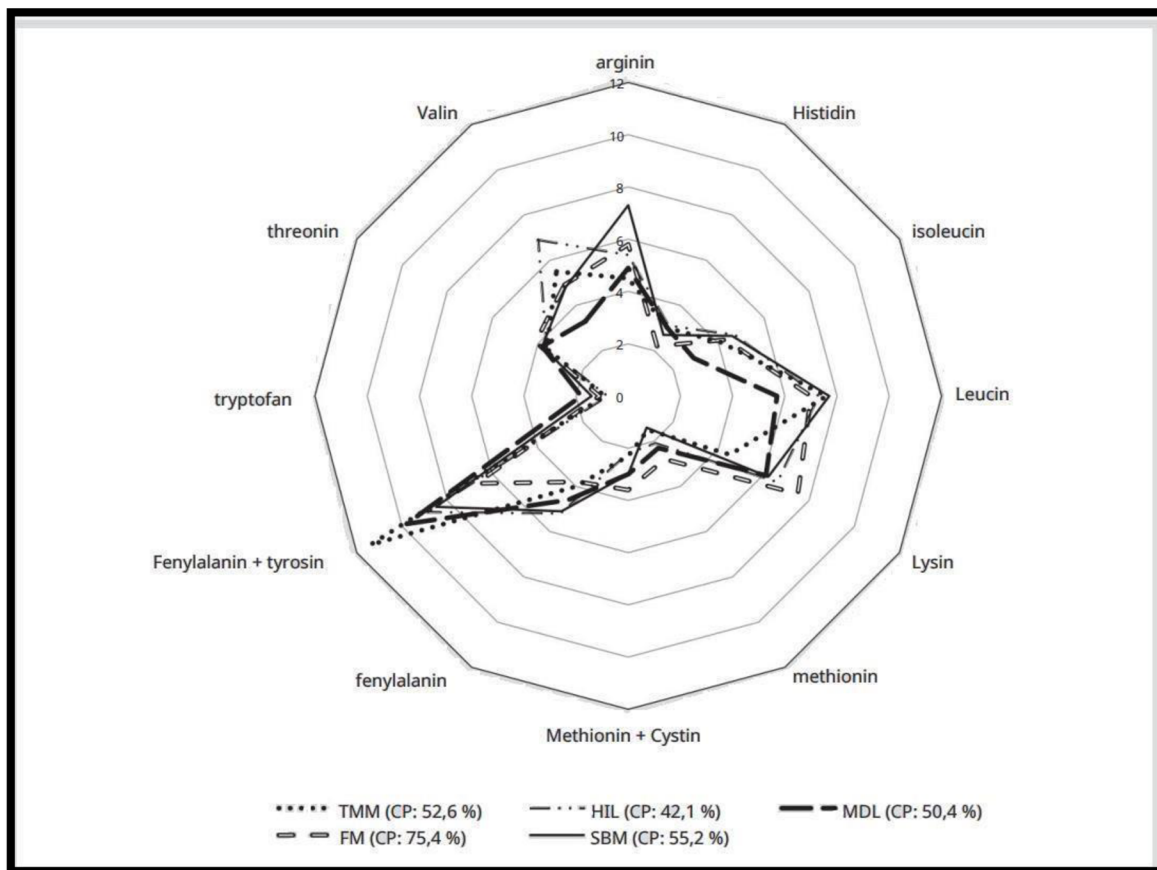


Obrázek 1. Složení živin larev *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* a *Musca domestica* larvæ ve srovnání s rybí moučkou a sójovou moučkou (% sušiny) [Gasco et al. 2018a].

**FM** = rybí moučka; **HIL1**, **HIL2**, **HIL3** = moučka z larev *Hermetia illucens* získaná odlišným výrobním procesem; **MDL** = moučka z larev *Musca domestica*; **SBM** = sójový šrot; **TMM1**, **TMM2**, **TMM3** = moučka z larev *Tenebrio molitor* získaná různými výrobními procesy [Gasco et al. 2018a].

Díky vysoké nutriční hodnotě, a zejména kvůli vysokému obsahu bílkovin představuje hmyzí moučka vynikající alternativu ke konvenčním zdrojům bílkovin, jako je sójová moučka nebo rybí moučka (De Souza et al. 2019). Mnoho druhů hmyzu navíc ekologicky přeměňuje organické substráty na cenné produkty bohaté na bílkoviny a energii, čímž přispívá k principu cirkulární ekonomiky (Gasco et al. 2020). Ve skutečnosti použití jinak nevyužitých vedlejších produktů jako substrátů pro hmyz umožňuje výrobu vysoce hodnotných produktů s nízkými dopady na životní prostředí (Bosch et al. 2019).

Pro krmné účely je zatím hromadně chováno pouze několik druhů hmyzu, nejvíce prozkoumanými jsou moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), moucha domácí (*Musca domestica*) a moučný červ (*Tenebrio molitor*). Mají hodnotný profil aminokyselin podobný profilu sojové a rybí moučky, který částečně nebo zcela pokrývá požadavky ryb a druhů hospodářských zvířat (Obrázek 2).



Obrázek 2. Hlavní aminokyselinové složení krmiva z larev *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* a *Musca domestica* ve srovnání s rybí moučkou a sójovou moučkou (% proteinové sušiny) [Gasco et al. 2018a].

**FM** = rybí moučka; **HIL** = moučka z larev *Hermetia illucens*; **MDL** = moučka z larev *Musca domestica*; **SBM** = sójový šrot; **TMM** = moučka z larev *Tenebrio molitor* [Gasco et al. 2018a].

Ačkoli na začátku byl hmyz oceňován hlavně pro svůj přísun bílkovin a energie, jejich nově objevené bioaktivní sloučeniny mohou podporovat zdraví zvířat a vypouštět hmyz nad rámec „jednoduchého“ proteinového konceptu (Gasco et al. 2018a).

### 3.8 Modulace mikrobioty a zdraví střev

Význam zdraví střev pro celkové zdraví byl nedávno zdůrazněn jak u savců, tak u jiných zvířat. Až donedávna se zdraví střev posuzovalo hlavně prostřednictvím histologických pozorování. Vývoj 16S RNA na základě vysoce výkonných sekvenčních technik umožnil přesnou detekci komplexních mikrobiálních komunit v gastrointestinálním traktu zvířat (GIT), nazývaných mikrobiota, která byla úzce spojena nejen s trávením, ale také s imunitou a odolností zvířat vůči onemocnění (McCarville et al. 2020). Složení stravy je považováno za



jednu z hlavních faktorů ovlivňující tuto střevní mikroflóru a hmyz ve výživě může následně modulovat střevní mikroflóru zvířat živících se tímto hmyzem (Vogel et al. 2018).

V přírodě je většina ptáků primárně hmyzožravá. Například je známo, že divoká pralesní drůbež (*Gallus gallus*) shání mravence a termity a mladé divoké krůty žerou přibližně 60 % hmyzu z celkové denní dávky (Klasing 2005). Když má chovaná drůbež přístup do venkovních prostor, věnuje část svého času hledáním a požíváním živé kořisti včetně hmyzu (Schiavone et al. 2019). Tabulka 1 a 2 uvádí hlavní literaturu týkající se účinků začlenění produktů získaných z hmyzu do výživy drůbeže.

Výsledky zařazení hmyzích krmiv na morfometrii gastrointestinálního traktu u drůbeže jsou často rozporuplné. Například snížení výšky klků, hloubky krypt a poměru klků/krypt bylo zjištěno v segmentech gastrointestinálního traktu (*duodenum, jejunum a ileum*) nosnic (Moniello et al. 2019) a brojlerových kuřat (Dabbou et al. 2018) krmených bráněnkou, zvláště když úrovně přídavku přesáhla 10 %. Naopak žádné histopatologické změny nebyly hlášeny u kachen pižmových (Gariglio et al. 2019) nebo brojlerových kuřat krmených moučkou z larev *Hermetia illucens* nebo kuřat krmených moučkou z potemníka moučného (Biasato et al. 2018). Zdá se, že použití olejů/tuků pocházejících z hmyzu neovlivňuje morfologii gastrointestinálního traktu (Jozefiak et al. 2020).

Na druhé straně, hmyz v krmivu konzistentně moduluje populaci mikrobioty v gastrointestinálním traktu drůbeže, ale může se lišit v závislosti na druhu hmyzu nebo úrovni inkluze hmyzu (Józefiak et al. 2020). Nízké hladiny hmyzích mouček ve stravě drůbeže diverzifikovaly mikroflóru gastrointestinálního traktu a zvýšily počet bakterií s pozitivními účinky na zdraví střev (Józefiak et al. 2019). Zdá se však, že úrovně vyšší než 10 % (a zejména 15 %) hmyzí moučky snížily mikrobiální složitost a množství prospěšných bakterií, včetně bakterií s mukolytickou aktivitou (Biasato et al. 2020). Po požití 0,2 % odtučněné moučky z potemníka moučného se potenciálně patogenní bakterie, jako jsou *Bacteroides Prevotella*, snížily v slepém střevě, zatímco *ileum* vykazovalo zvýšení *Lactobacillus spp*, *Enterococcus spp*. (Jozefiak et al. 2019). Nárůst bakterií produkujících butyrát, jako je *Clostridium coccoides* – *Eubacterium rectale* a podskupina *Clostridium leptum*, byl pozorován u brojlerových kuřat krmených 0,2 % plnotučné moučky z *Hermetia illucens* v celém GIT a *ileu* (Józefiak et al. 2018).

Podobné výsledky byly zjištěny u brojlerových kuřat krmených 0,2 a 0,3 % přídavkem moučky z potemníka moučného nebo *Zophobas morio*, kde se shluk

*BacteroidesPrevotella* snížil ve slepém střevě a počet *Clostridium perfringens* se snížil ve skupinách krmených potemníkem moučným (0,2 a 0,3 %) a *Zophobas morio* (0,2 %). Naproti tomu počty *C. perfringens* byly zvýšeny u ptáků krmených 0,3 % ZM, což mělo negativní účinek, protože tato velmi patogenní bakterie způsobuje nekrotickou enteritidu u drůbeže (Jozefiak et al. 2019).

Podobně nízké hladiny přídavku (0,2, 0,3 %) potemníka moučného a *Zophobas morio* u brojlerových kuřat zlepšily komenzální mikroflóru ve slepém střevě se zvýšením *Clostridiales* a zejména *Lactobacillales* a *Bifidobacteriaceae* s *Bifidobacterium pseudolongum* vykazujícím nejvyšší zastoupení ve slepém střevě 2 % ptáků krmených *Zophobas morio* (Józefiak et al. 2020).

### 3.8.1 Účinky moučky a tuku z *Hermetia illucens* na zdraví střev a modulaci mikroflóry u drůbeže

U nosnic genotypu Lohmann hnědý, kterým byla zkrmován přídavek hmyzí moučky z larev *Hermetia illucens* ve výši 7,3 % a 14,6 %, byl u obou skupin zaznamenán nižší poměr výšky klků a krypt v porovnání s kontrolní skupinou krmenou bez přídavku hmyzí moučky. Při vyšší koncentraci hmyzí moučky v krmivu měly nosnice nižší pouze výšku klků v ileu (Moniello et al. 2019). U totožného genotypu nosnic Borelli et al. (2017) a Cutrignelli et al. (2018) zjistili při vyšším zastoupení (17 %) hmyzí moučky v krmivu podobně jako předchozí autoři nižší výšku klků v ileu, zatímco v duodenu byla výška klků při zkrmování hmyzí moučky vyšší než u kontrolní skupiny.

Brojlerová kuřata typu Ross, ke kterým byla přidána hmyzí moučka z larev *Hermetia illucens* ve výši 5-15 %, bylo zjištěno, že vykazuje nižší výšku klků, vyšší hloubku krypt a nižší poměr výšky klků ke hloubce krypt než ostatní skupiny. Dále bylo zjištěno, že v duodenu byla výška klků a poměr krypt nižší u obou skupin než u kontroly. V ileu u ptáků krmených nejvyšší hladinou byla pouze snižená výška klků. Analýza slepého střeva u ptáků ukázala významné zvýšení relativního množství kmene *Proteobacteria*. U jiných typů těchto kuřat bylo zjištěno, že nemají žádný vliv na střevní morfometrické indexy.

U kachen pižmových, kterým bylo do potravy přidáno 3-9 % hmyzí moučky z larev, bylo zjištěno, že nemají žádný vliv na morfologii střev (Gasco et al. 2020).

Tabulka 1a. Účinky krmiva z *Tenebrio molitor*, *Shelfordella lateralis* a *Zophobas morio* na zdraví střev a modulaci mikroflóry u drůbeže [Gasco et al. 2020].

Druh drůbeže [IBW-FBW, kg] {č. dny}	Hmyz [forma]	Složení hmyzu (% sušiny) CP-CL	% hmyzu v krmivu	Zdraví střev a mikrobiota
Brojlerová kuřata (Ross 308) [42-2,122] {35}	TMM [FF]	47,0-29,6	0,2 0,3	0,2 % měly tendenci vykazovat nejvyšší relativní četnost čeledi <i>Ruminococcaceae</i> a <i>Lactobacillus reuteri</i> . Významné zvýšení počtu <i>Clostridia</i> .
Brojlerová kuřata (Ross 308) [42-2,127] {35}	TMM [FF]	56,3-25,3	0,2	snížení shluku <i>Bacteroides-Prevotella</i> . Ileum: zvýšení <i>Clostridium coccooides</i> – <i>Eubacterium rectale</i> a <i>Lactobacillus spp./ Enterococcus spp.</i> zvýšení <i>C. coccooides</i> – <i>E. rectale</i> .
Brojlerová kuřata (Ross 708) {40}	TMM [FF]	55,3-25,1	5 10 15	Žádný vliv na morfologii střeva.
Brojler ve volném výběhu kuřata [716-žádná data] {53}	TMM [FF]	55,3-25,1	7,5	Významné zvýšení relativní počtu <i>Firmicutes</i> a snížení <i>Bacteroidetes phyla</i> . Žádný vliv na morfologii střev. Vyšší relativní četnost rodů <i>Clostridium</i> , <i>Oscillospira</i> , <i>Ruminococcus</i> , <i>Coproccoccus</i> a <i>Sutterella</i> .
Brojlerová kuřata (Ross 708) {53}	TMM [FF]	57,5-30,7	5 10 15	15 % vykazovalo nižší výšku klků, vyšší hloubku krypt a nižší poměr výšky klků k hloubce krypt ve srovnání s 5 %.

Brojlerová kuřata (Ross 308) [42-2 076] {35}	SLI [FF]	54,6-26,1	0,005 0,1 0,2	0,2% zvýšení podskupiny <i>Clostridium leptum</i> . Ileum: zvýšení <i>C. coccoides</i> – <i>E. rectale</i> a <i>Lactobacillus spp./Enterococcus spp</i> . zvýšení <i>Bacteroides-Prevotella</i> ,
Brojlerová kuřata (Ross 308) [42- 2,122] {35}	ZMM [FF]	49,3-33,6	0,2 0,3	0,2 % vedlo ke zvýšení relativního množství <i>Actinobacteria</i> , včetně čeledi <i>Bifidobacteriaceae</i> , s nejvyšší relativní četností rodu <i>Bifidobacterium</i> <i>pseudolongum</i> a vedlo ke zvýšení počtu <i>Lactobacillus agilis</i> .

Tabulka 1b. Účinky krmiva z *Tenebrio molitor*, *Shelfordella lateralis* a *Zophobas morio* na zdraví střev a modulaci mikroflóry u drůbeže [Gasco et al. 2020].

**CL** = surový lipid; **CP** = surový protein; **CTRL** = kontrolní krmná dávka; **DM** = sušina; **FBW** = konečná tělesná hmotnost; **FF** = plnotučné; **IBW** = počáteční tělesná hmotnost; **SLI** = tuk z *Shelfordella lateralis imago*; **TMM** = moučka z larev *Tenebrio molitor* ; **ZMM** = moučka z larev *Zophobas morio* [Gasco et al. 2020].

Zařazení 7,5 % plnotučné moučky z larev *Tenebrio molitor* do stravy pozitivně modulovalo střevní mikroflóru brojlerových kuřat ve volném výběhu a vyvolalo zvýšení bakterií *Firmicutes* a snížení *Bacteroidetes*, ale neovlivnilo složení mucinu (Biasato et al. 2018).

Bylo také prokázáno, že hmyzí moučka pozitivně moduluje složení střevní mikroflóry nosnic. Borrelli et al. (2017) například uvedli, že celková substituce sójového extrahovaného šrotu odtučněnými larvami *Hermetia illucens* zvýšila relativní početnost bakterií *Elusimicrobia*, *Lentisphaerae* a *Cyanobacteria* a snížila *Fusobacteria* ve srovnání s nosnicemi krmenými sojou. Tyto změny korelovaly s produkcí kyseliny máselné ve slepém střevě, potenciálně spojené s degradací chitinu.

Nahrazení tuků ve stravě hmyzím tukem také ovlivnilo mikrobiotu, jak bylo ukázáno u krůt, kde úplná substituce sójového oleje tukem z bráněnky snížila proliferaci potenciálně patogenních bakterií (tj. *Enterobacteriaceae spp.*) (Jozefiak et al. 2020).

Modulace zvířecí mikroflóry může být způsobena antimikrobiálními peptidy produkovanými hmyzem zaváděným do živočišných krmiv (Józefiak & Engberg 2017).

Přidání adenosinfosfátu do krmných směsí ukázalo příznivé účinky nejen na růstovou výkonnost a retenci živin (Ringø et al. 2013), ale také na histomorfologii (na dávce závislý nárůst výšky klků a hloubku) a střevní mikroflóru prostřednictvím snížení populace anaerobních bakterií v ileu a slepém střevě. Totéž platilo pro kuřata krmená cekropinem, který vykazoval zvýšenou výšku klků a poměr výšky klků a hloubky krypt, ale vykazoval negativní vliv na hloubku krypt duodena a ilea a snížení celkových aerobních bakterií v jejunálním a slepém střevě (Wen & He 2012).

### 3.9 Antimikrobiální účinky a odolnost vůči chorobám

Přirozený biotop hmyzu je často zamořen nepřátelskými mikroorganismy. Aby se hmyz chránil, produkuje širokou škálu bioaktivních látek s antimikrobiální aktivitou. Bylo tedy prokázáno, že larvy *Hermetia illucens* chované na slepičím hnoji snižují zátěž gramnegativních potenciálních patogenů v substrátu (Józefiak & Engberg 2017). Například hmyz produkuje mnoho adenosinmonofosfátu vykazujícího aktivitu proti bakteriím, houbám, parazitům a virům (Alvarez et al. 2019). Způsob účinku adenosinmonofosfátu je obvykle založen na jejich kationtové povaze, která jim umožňuje tvořit póry v membránách mikrobiálních buněk, což z nich činí přirozené alternativy k medikamentózní léčbě snižující riziko rozvoje mikrobiální rezistence (Zhang & Gallo 2016). Navíc se ukázalo, že peptidy extrahované z larev *Musca domestica* a *Hermetia illucens* mají protinádorovou aktivitu (Tian et al. 2018).

Kromě adenosinmonofosfátu mohou mít antimikrobiální aktivitu také mastné kyseliny (Suresh et al. 2014). Hmyz je bohatý na mastné kyseliny s krátkým řetězcem a mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem, jako je kyselina valerová (5:0), kyselina enantová (7:0), kyselina kaprylová (8:0), kyselina pelargonová (9:0), kyselina kaprinová (10:0), kyselina myristová (14:0), kyselina palmitová (16:0), kyselina palmitolejová (16:1), kyselina stearová (18:0), kyselina olejová (18:1) a kyselina linolová (18:2), o kterých je známo, že mají protiplísňovou a antibakteriální aktivitu proti gram-negativním a grampozitivním bakteriím (Urbanek et al. 2012). Zejména kyselina laurová (12:0) má silný vliv na grampozitivní bakterie (Józefiak et al. 2018).

Chitin a jeho deacetylovaná forma, chitosan, mají také antimikrobiální účinek proti bakteriím, houbám a kvasinkám (Shin et al. 2019).

Jejich antibakteriální aktivita závisí na interakci mezi kladně nabitým chitinem/chitosanem a záporně nabitými mikrobiálními buněčnými membránami. Chitin má také účinek na hojení ran, který by mohl doplňovat jeho imunostimulační účinek a účinek podporující odolnost vůči chorobám (Goy et al. 2009).

Gastrointestinální trakt některých druhů masožravých a všežravých ryb vykazuje enzymatickou aktivitu. Chitinázy produkované žaludečními žlázami a slinivkou, jsou schopny hydrolyzovat glykosidické vazby polysacharidů v chitinu hmyzu a korýšů. Obecně platí, že ryby a drůbež produkují chitinázy a mají gastrointestinální trakt geneticky přizpůsobený ke konzumaci hmyzu, který byl součástí jejich přirozené stravy a aktivita chitinázy se může zvýšit u zvířat krmených stravou bohatou na chitin (Nogales-Mérida et al. 2019).

Odděleně z enzymatické hydrolýzy chitinu může být chitináza také antioxidantem a imunostimulantem s potenciální ochrannou rolí proti bakteriálním a parazitárním infekcím (Di Rosa et al. 2016) a taková aktivita by mohla také částečně vysvětlit zlepšenou rezistenci zvířat na bakteriální onemocnění uvedená níže.

### 3.10 Imunologický stav

Kromě žádoucích nutričních látek hmyz obsahuje biologicky aktivní složky, jako je chitin, což je strukturální polysacharid tvořící vnější schránku korýšů a exoskelet hmyzu. Ukázalo se, že chitin a deriváty chitinu korýšů aktivují a posilují vrozenou imunitní odpověď zvířat (Ringø et al. 2013) a zdá se, že podobnou roli může hrát hmyzí chitin (Józefiak & Engberg 2017). Výživa je jedním z faktorů ovlivňujících imunologický mechanismus drůbeže. Imunologické účinky produktů hmyzu krmených drůbeží jsou uvedeny v Tabulce 1.

Nedávná studie u brojlerových kuřat ukázala, že malé množství (0,2 a 0,3 %) potemníka moučného a larev *Zophobas morio* významně snížilo hladinu imunoglobulinu, ale zvýšilo interleukin-2. Oba hmyzí druhy také snížily hmotnost Fabriciovy burzy spojené s diferenciací B-lymfocytů. Navíc hmyzí olej extrahovaný z *Tenebrio molitor* i *Zophobas morio* ovlivnil expresi vybraných genů zapojených do imunologické homeostázy, jako je GIMAP5, což je klíčový regulátor hematopoetické integrity a homeostázy lymfocytů (Kierończyk et al. 2018).

Požítí nízkých hladin *Hermetia illucens* (1, 2 a 3 %) také imunostimulovalo brojlerová kuřata zvýšením počtu CD4+ T lymfocytů, aktivitou sérového lysozymu, proliferací lymfocytů sleziny a fagocytární aktivitou v závislosti na dávce (Lee et al. 2018).

Krevní analýzy ptáků krmených hmyzími produkty ukázaly, že hladiny odpovídající přibližně 1 g/den požitého chitinu zvýšily hladiny globulinů a snížily poměr albuminu ke globulinu, což ukazuje na lepší imunitní odpověď (Marono et al. 2017).

Krmení nosnic odtučněnou moučkou z larev *Hermetia illucens* také snížilo hladinu triglyceridů a cholesterolu (Bovera et al. 2018).

Na druhé straně zahrnutí *Hermetia illucens* moučky do krmiva pro velké křepelky zvýšilo poměr albumin/globulin, což mohlo ohrozit imunitu ptáků a způsobit poruchy plazmy (Mbhele et al. 2019).

Jiní výzkumníci však neprokázali žádné rozdíly v krevních vlastnostech při použití krmiva s hmyzí moučkou, což naznačuje potřebu dále studovat mechanismus účinku (Elahi et al. 2020).

Částečná substituce sójového šrotu olejem z larev *Hermetia illucens* snížila prozánětlivý TNF- $\alpha$ , zatímco celková substituce snížila proliferaci potenciálně patogenních bakterií (tj. *Enterobacteriaceae spp.*) a snížila prozánětlivý IL-6, čímž podpořila imunitní odpověď krůt (Jozefiak et al. 2020).

Olej z larev *Hermetia illucens* ve výživě však neprokázal žádný vliv na hematologické znaky brojlerových kuřat (Schiavone et al. 2018).

Imunostimulace brojlerových kuřat krmených přídatkem 3% moučky z larev *Hermetia illucens* diskutovaná v předchozí části se přenesla do lepšího přežití kuřat, když byla experimentálně infikována bakterií *Salmonella Gallinarum* (Lee et al. 2018) (Tabulka 2). (Islam a Yang 2017) prokázali, že 0,4 % plnotučné moučky *Tenebrio molitor* nebo *Zophobas moris* snížilo úmrtnost a zvýšilo hladiny imunoglobulin G a imunoglobulin A u brojlerových kuřat vystavených bakteriím *Salmonella* a *E. coli*. Autoři spekulovali, že chitin v moučce larev *Tenebrio molitor* a *Zophobas morio* měl probiotický účinek, který byl schopen působit jako přírodní antibiotikum (Tabulka 2).

Tabulka 2. Imunologický stav drůbeže při využití hmyzu v jejich výživě [Gasco et al. 2020].

Druh drůbeže [IBW FBW, kg] {č. dny}	Hmyz [forma]	Hmyz složení (% sušiny) CP-CL	% hmyzu v krmivu	Imunologický stav
Jumbo křepelky {42}	HIL[DF]	55,5-11,1	2,5 5 7,5 10	Zvýšení poměru albumin/globulin.
Nosnice (Hy-line Brown) [1,410-1,857] {140}	HIL[DF]	60,0-9,0	7,3 14,6	Snížení poměru albumin/globulin. Snížení hladiny cholesterolu a triglyceridů.
Nosnice Lohmann Lochmann Brown [1 790-1 890] {140}	HIL[DF]	62,7-4,7	17	Zvýšená hladina globulinu. Snížen poměr albumin/globulin.
Brojlerová kuřata (Ross) {30}	HIL[FF]	___ - ___	1 2 3	Zvýšení frekvence CD4+ T lymfocytů, aktivita lysozymu a proliferace lymfocytů sleziny
Brojlerová kuřata (Ross 308) [70,7-2,554] {35} [40,2-2,278] {35}	HIL[DF]	55,3-18,0	5 10 15	Žádné rozdíly v hematologických vlastnostech Žádné rozdíly v histopatologickém vyšetření
Kachny pižmové ( <i>Cairina moschata domestica</i> ) [70,4-2,554] {47}	HIL[DF]	56,7-10,7	3 6 9	Žádné rozdíly v hematologických vlastnostech
Brojlerová kuřata (Ross 308) [42-2,104] {35}	TMM[FF]	47,0-29,6	0,2 0,3	Významně snížené hladiny IgM., zvýšení IL-2 a TNF- $\alpha$ při 0,3 %. Žádné významné změny v hladinách IgY, IgA a IL-6. Snížení Fabriciově burze snížený poměr albumin/globulin
Brojlerová kuřata (hnědá na holení) [1 760-3 470] {32}	TMM[FF]	55,3-23,0	30	Zvýšení aspartátaminotransferázy a alaninu aminotransferáza.
Brojlerová kuřata (Ross 708) {40}	TMM[FF]	55,3-25,1	5 10 15	Korelace mezi rostoucí TMM a změnami v krevní testech: zvýšená hladina erytrocytů a albuminu, zatímco gamaglutamyltransferáza poklesla.
Brojlerová kuřata (Ross 308) [422,253/2,273] {42}	TMM[FF]	20,15-11,49	10,48	Žádné rozdíly v hematologických vlastnostech.
Brojlerová kuřata (Ross 708) {53}	TMM[FF]	57,5-30,05	5 10 15	Histopatologické změny ve slezině, brzlíku, Fabriciově burze a játrech se při každé dietě lišily od nepřítomných/minimálních až po závažné.
Brojlerová kuřata (Ross 308) [42-2,122] {35}	ZMM[FF]	49,3-33,6	0,2 0,3	Významný pokles IgY při 0,2 % ZMM, IgM při 0,2 a 0,3 % ZMM. Významné zvýšení IL2. Žádné změny v hladině IgA a TNF $\alpha$ . Snížení <i>Bursa of Fabricius</i>
Brojlerová kuřata (Ross 308) 5 [421 555/1 566] {28}	TMO,ZMO	___ - ___	5	Játra: ZMO: gen APOA1 byl zvýšen ; TMO: gen HNF4A byl snížen; ZMO a TMO: gen GIMPA5 byl významně sniženy.
Brojlerová kuřata (Ross 308 [817,8-3751,3] {27}	HIF	___ - ___	3,43 6,87	Bez vlivu na hematologické znaky

**APOA1** = apolipoprotein AI; **CF** = surový tuk; **CP** = surový protein; **DF** = odtučněný; **DM** = sušina; **FBW** = konečná tělesná hmotnost; **FF** = plnotučné; **GIMPA5** = guanosin trifosfatázy imunitně asociovaného proteinu; **HIL** = moučka z larev *Hermetia illucens* ; **HIF** = tuk *Hermetia illucens* ; **HNF4A** = hepatocytární nukleární faktor 4 alfa; **IBW** = počáteční tělesná hmotnost;

**IgA** = imunoglobulin A; **IgM** = imunoglobulin M; **IgY** = imunoglobulin Y; **IL-2** = interleukin2; **IL-6** = interleukin-6; **SBO** = sójový olej; **TMM** = moučka z larev *Tenebrio molitor* ; **TMO** = olej *Tenebrio molitor* ; **TNF** = tumor nekrotizující faktor-alfa; **ZMM** = moučka z larev *Zophobas morio* ; **ZMO** = olej *Zophobas morio* [Gasco et al. 2020].

Tabulka 3. Antimikrobiální účinky a odolnost vůči chorobám vyvolaným hmyzími produkty u drůbeže [Gasco et al. 2020].

Druh drůbeže [IBW-FBW, kg] {č. dny}	Hmyz [forma]	Složení hmyzu (% sušiny) CP-CL	% hmyzu v krmivu	Antimikrobiální odolnost a odolnost vůči chorobám
Brojlerová kuřata (Ross) {30}	HIL [FF]	— - —	1 2 3	Posílená bakteriální tolerance a zvýšená imunita proti <i>Salmonella Gallinarum</i> . Profylaktické vlastnosti: Zvýšená odolnost kuřat experimentálně infikovaných <i>S. Gallinarum</i> ve skupině s 3 % HIL.
Brojlerová kuřata (Ross 308) [39,3-74,8] {7}	TMM[FF] ZMM[FF]	27,26-11,50 27,15-8,7	0,4	Hmyzí moučka byla fermentována <i>Lactobacillus plantarum</i> a <i>Saccharomyces cerevisiae</i> za vzniku probiotik. Zvýšení míry odolnosti u ptáků vystavených <i>Escherichia coli</i> a <i>Salmonella spp.</i>

**CL** = surový lipid; **CP** = surový protein; **DM** = sušina; **FBW** = konečná tělesná hmotnost; **FF** = plnotučné; **HIL** = moučka z larev *Hermetia illucens* ; **IBW** = počáteční tělesná hmotnost; **TMM** = moučka *Tenebrio molitor* ; **ZMM** = moučka z larev *Zophoba morio* [Gasco et al. 2020].

## 4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo shromáždění a ucelení informací ohledně využití hmyzu ve výživě drůbeže, jeho využití. Využití hmyzu je všestranné celá staletí člověk využíval hmyz v lékařství (antimikrobiální účinky, odolnost vůči chorobám), kosmetickém průmyslu průmyslové zpracování, potravinářství a považoval ho také za velikého škůdce. Kromě toho, že je hmyz považován za velkou obtíž pro moderní společnost, je také zodpovědný za produkci naší potravy, a to prostřednictvím opylování. Hmyz tvoří tři čtvrtiny všech organismů, je uspokojivým zdrojem živin bohatým na tuky a bílkoviny vitamíny a minerální látky. V moderní společnosti musíme na hmyz pohlížet i ze strany zákonů, kterými se řídí celá společnost. Zákon v nedávné době umožnil pohlížet na hmyz jako na možný zdroj potravy pro hospodářská zvířata. Zákon také uznává jen některé druhy hmyzu, které byly popsány v této práci a to například: potěmník moučný, potěmník brazilský, bourec morušový, moucha domácí, moucha bráněnka. Dále práce zajišťuje velice příznivý aspekt chovu hmyzu, a to vlivu na odpadní organický materiál z chovu hmyzu a jeho další využití jako velký vedlejší přínos pro ekologii. Výzkumy zaměřené na chemické vlastnosti nutriční kvality a sensorické vlastnosti poukázali na nahraditelnost dosud používaných krmných směsí za lepší alternativu jako je hmyzí moučka a olej. Nezaznamenaná změna v sensorických vlastnostech je velikým přínosem pro budoucí konzumenty, a to proto, že se nemusejí bát něčeho nového. Ze zdravotních aspektů využití hmyzích komponentů ve výživě drůbeže je znatelný pozitivní vliv na zdravotní stav drůbeže, což je také přínosem.



## 5 Literatura

- Antonella Dalle Zotte 2021 IOP Conf. Ser.: Meat quality of poultry fed with diets supplemented with insects- Earth Environ. Sci. University of Padova, Department of Animal Medicine, Production and Health, Agripolis, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy- 854 012019
- Altmann, B.A.; Neumann, C.; Velten, S.; Liebert, F.; Mörlein, D. Meat quality derived from high inclusion of a micro-alga or insect meal as an alternative protein source in poultry diets: A pilot study. *Foods* 2018, 7, 34. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
- Alvarez Daniela Kevin A Wilkinson, 2019 *Prospecting Peptides Isolated From Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) With Antimicrobial Activity Against Helicobacter pylori (Campylobacteriales: Helicobacteraceae)* [online]. *America: Journal of Insect Science*, Volume 19, Issue 6, November 2019, 17, <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez120>, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/19/6/17/5670786>
- Barragán-Fonseca K. Y., Azkia nurfikari, Els M. van de Zande, Marcel Dicke 2022 *Insect frass and exuviae to promote plant growth and health* *Trends in plant science* Volume 27, Issue 7, July 2022, Pages 646-654 [cit. 2023-10-4] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138522000073>
- Bayer, Robert H. Glew, YS Huang, Rebecca Bosse a Maurizio G. Paoletti . *HOUSECRICKET SMALLSCALE FARMING* [online]. USA: Science Publishers, [cit.2021-12-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/259852827\\_HOUSECRICKET\\_SMALLSCALE\\_FARMING](https://www.researchgate.net/publication/259852827_HOUSECRICKET_SMALLSCALE_FARMING)
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N., Menale, K., Muriithi, B., Kidoido, M., ... & Tanga, C. M. (2022). Economic and ecological values of frass fertiliser from black soldier fly agro-industrial waste processing. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(3), 245-254.[cit.2023-2-18] Dostupné z: <https://www.wageningenacademic.com/doi/abs/10.3920/JIFF2021.0013>
- Biasato I. E. Biasibetti, M.T. Capucchio, S. Bergagna, 2018 *Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source* [online]. *Italy: Animal* Volume 12, Issue 10, 2018, Pages 2032-2039, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731117003743?via%3Dihub>
- Bosch G. H.H.E. van Zanten, A. Zamprogna, J.J.A. van Loon, 2019 *Legislation, efficiency and environmental impact: Conversion of organic resources by black soldier fly larvae* [online]. *Journal of Cleaner Production*, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619306791?via%3Dihub>

- Bovera Fulvia Monica Isabella Cutrignelli, 2018 *Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens* [online]. Italy: Research in Veterinary Science Volume 117, April 2018, Pages 209-215, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528817306380?via%3Dihub>
- Cutrignelli, M. I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivotto, I., Gasco, L., ... & Bovera, F. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal as a dietary protein source for broiler: Effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 204-212.
- Cutrignelli, M. I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivotto, I., Gasco, L., ... & Bovera, F. (2018). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal as a dietary protein source for broilers: Effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 204-212.
- Cullere, Marco, Giulia Tasoniero a Riccardo Miotti Scapin. 2016 *Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/304358176\\_Black\\_soldier\\_fly\\_as\\_dietary\\_protein\\_source\\_for\\_broiler\\_quails\\_Apparent\\_digestibility\\_excreta\\_microbial\\_load\\_feed\\_choice\\_performance\\_carcass\\_and\\_meat\\_traits](https://www.researchgate.net/publication/304358176_Black_soldier_fly_as_dietary_protein_source_for_broiler_quails_Apparent_digestibility_excreta_microbial_load_feed_choice_performance_carcass_and_meat_traits)
- Dabbou S. A. Schiavone , , M. De Marco , M. Cullere , I. Biasato, 2018 *Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source* [online]. *Animal* Volume 12, Issue 10, 2018, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731117003743?via%3Dihub>
- Dalle Zotte A, Singh Y, Squartini A, Stevanato P, Cappellozza S, Kovitvadhi A, Subaneg S, Bertelli D and Cullere M 2021 Effect of a dietary inclusion of full-fat or defatted silkworm pupa meal on the nutrient digestibility and faecal microbiome of fattening quails *Animal* 15 100112
- DeFoliart, G. R. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, 44(1), 21-50. Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 1(1), 11-20.
- Di Rosa Michelino Katarzyna Zorena, 2016 *Chitinases and immunity: Ancestral molecules with new functions* [online]. Italy, Poland: *Immunobiology* Volume 221, Issue 3, March 2016, Pages 399-411, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0171298515301005?via%3Dihub>

- Elahi Usman Elahi, Jing Wang, Shu-geng Wu, 2020 *Evaluation of Yellow Mealworm Meal as a Protein Feedstuff in the Diet of Broiler Chicks* [online]. China: *Animals*, 10(2), 224; <https://doi.org/10.3390/ani10020224>, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/2/224>
- EL-Hack, Mohamed, Manal Shafi a Sameh Abdelnour 2020 *Soldier Fly (Hermetia illucens) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/343484894\\_Black\\_Soldier\\_Fly\\_Hermetia\\_illucens\\_Meal\\_as\\_a\\_Promising\\_Feed\\_Ingredient\\_for\\_Poultry\\_A\\_Comprehensive\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/343484894_Black_Soldier_Fly_Hermetia_illucens_Meal_as_a_Promising_Feed_Ingredient_for_Poultry_A_Comprehensive_Review)
- FAO Food Chain Crisis 2020 Early Warning Bulletin No. 34 January-March 2020: Forecasting threats to the food chain affecting food security in countries and regions. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [online]. Řím, Itálie, [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/ca7582en/>
- Gariglio Marta Sihem Dabbou, Manuela Crispo, Ilaria Biasato, 2019 *Effects of the Dietary Inclusion of Partially Defatted Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Meal on the Blood Chemistry and Tissue (Spleen, Liver, Thymus, and Bursa of Fabricius) Histology of Muscovy Ducks (Cairina moschata domestica)* [online]. Slovak Republic, Italy: *Animals* 2019, 9(6), 307, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/20762615/9/6/307>
- Gärtling D., Schulz H., 2022 *Compilation of Black Soldier Fly Frass Analyses*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 22, 937-943 [cit. 2023-2-18] Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00703-w>
- Gasco l., Jozefiak, A. a M. Henry, 2018a Health aspects of using edible insects as food and feed in a circular economy. *Journal of Insects as food and feed : Special Issue: Enhancing Insects as food and feed in a circular economy* [online]. Wageningen Academic Publishers, , 10.6.2020 [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: <https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/JIFF2020.0077?role=tab>
- Gasco Laura Ilaria Biasato, Sihem Dabbou, 2020 *Antimicrobial Effects of Black Soldier Fly and Yellow Mealworm Fats and Their Impact on Gut Microbiota of Growing Rabbits* [online]. Italy: *Animals* 2020, 10(8), 1292; <https://doi.org/10.3390/ani10081292>, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/8/1292>
- Gasco Laura Sihem Dabbou, Francesco Gai, Ilaria Biasato, Maria Teresa Capucchio, Elena Biasibetti, 2018b *Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features* [online]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-018-0266-9>

- Goulson, 2019 *The insect apocalypse, and why it matters* [online]. Oxford: Current Biology, [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: [https://www.cell.com/currentbiology/fulltext/S09609822\(19\)30796-1?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982219307961%3Fshowall%3Dtrue#articleInformation](https://www.cell.com/currentbiology/fulltext/S09609822(19)30796-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982219307961%3Fshowall%3Dtrue#articleInformation)
- Goy Rejane C. A Douglas de, Britto Odilio B. G. Assis, 2009 *review of the antimicrobial activity of chitosan* [online]. Brazil: Polímeros 19 (3) • 2009 • <https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000300013>, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.scielo.br/j/po/a/LKwBpFnrWSJ3JwFXzwMNpgF/?lang=en>
- Huis, Arnold van. 2012 Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual reviews* [online]. Nizozemsko, [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Józefiak A. and Engberg 2017 *Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production*. [online]. Poznań University of Life Sciences, Institute of Veterinary Sciences, Wołyńska 35, 60-637 Poznań, Poland: Journal of Animals and Feed Sciences, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <http://www.jafs.com.pl/Insect-proteins-as-a-potential-source-of-antimicrobial-peptides-in-livestock-production,69998,0,2.html>
- Józefiak Agata Silvia Nogales-Mérida, Mateusz Rawski, Bartosz Kierończyk & Jan Mazurkiewicz, 2019 *Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (Acipenser baerii Brandt, 1869)* [online]. Poland: BMC Part of Springer Nature, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-2070-y>
- Jozefiak D. 2020 *Replacement of soybean oil by Hermetia illucens fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality* [online]. Poland: British Poultry Science Volume 61, - Issue 3, , J. Sypniewski, 2020 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00071668.2020.1716302>
- Józefiak Damian Bartosz Kierończyk, 2018 *Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers* [online]. Animal Feed Science and Technology Volume 240, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840117314815?via%3Dihub>
- Klammsteiner T., Veysel Turan, Marina Fernández-Delgado Juárez, Heribert Insam 2020 *Suitability of Black Soldier Fly Frass as Soil Amendment and Implication for Organic Waste Hygienization Agronomy* 2020, 10(10), 1578; [cit. 2022-9-20] Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1578>
- Klasing K.C A 2005 *Comparative Approach: Informal Nutrition Symposium Poultry Nutrition* [online]. Journal of Applied Poultry Research,., [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119318252?via%3Dihub>



- Lee Sang-Min Zohreh Sankian, 2018 *Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles* [online]. South Korea: Department of Marine Biotechnology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618302631?via%3Dihub>
- Liu X., Jiaqi Liang, Xiaobo Wang, Nan Wu, Xiaoyu Xu 2022 *Bioconversion of chicken meat and bone meal by black soldier fly larvae: Effects of straw addition on the quality and microbial profile of larval frass* Journal of Environmental Management Volume 307, 1 April 2022, 114579 [cit. 2022-9-21] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479722001529>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Mangová Barbara, Petr Takáč a Milan Kozánek 2020 *Mičiar obyčajný (*tenebrio molitor*) a jeho potencionálne využití v potravinárskom priemysle: Entomofauna carpathica* [online]. Bratislava: Ústav zoológie SAV, [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: [http://www.ses.entomology.sk/entomofaunacarthica/pdf/volume32/32\\_2\\_08\\_mangova\\_et\\_al\\_2020\\_2\\_ec.pdf](http://www.ses.entomology.sk/entomofaunacarthica/pdf/volume32/32_2_08_mangova_et_al_2020_2_ec.pdf)
- Marono S, 2017 *Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age* [online]. *Poultry Science* Volume 96, Issue 6, 1 June, Pages 1783-1790, , R. Loponte, 2017 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119313628?via%3Dihub>
- Marono, S., R. Loponte a P. Lombardi 2017 *Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age.* *ScienceDirect* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119313628>
- Mbhele A Fezile G. T., Caven Mgvane Mnisi, Victor Mlambo, 2019 *Nutritional Evaluation of Insect Meal as a Sustainable Protein Source for Jumbo Quails: Physiological and Meat Quality Responses* [online]. South Africa: *Sustainability* 2019, 11(23), 6592; <https://doi.org/10.3390/su11236592>, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/23/6592>
- McCarville, JL Chen, GY, Cuevas, VD, Troha, K. a Ayres, JS, 2020 *Metabolism mikrobioty ve zdraví a nemoci.: Annual Review of Immunology 38* [online]., [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev>

- Mlaga KG, K. Agboka, K. Attivi, K. Tona, E. Osseyi, 2022 *Assessment of the chemical characteristics and nutritional quality of meat from broiler chicken fed black soldier fly (Hermetia illucens) larvae meal* [cit. 2023-4-18] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022030067>
- Moniello Giuseppe Andrea Ariano, Valentina Panettieri, Francesca Tulli, 2019 *Intestinal Morphometry, Enzymatic and Microbial Activity in Laying Hens Fed Different Levels of a Hermetia illucens Larvae Meal and Toxic Elements Content of the Insect Meal and Diets: Insects: Alternative Protein Source for Animal Feed* [online]. *Animals* 2019, 9(3), 86, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/3/86>
- Morales-Ramos J.A., Cortes Ortiz J.A., Ruiz A.T., Thomas M., Rojas M.G, 2016 *Insect Mass Production Technologies* [online] *Insects as Sustainable Food Ingredients* Production, Processing and Food Applications 2016, Pages 153-201 France, Spain [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128028568000065>
- Murawska D., Daszkiewicz T., Sobotka W., Gesek M. 2021 Partial and Total Replacement of Soybean Meal with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Meal in Broiler Chicken Diets: Impact on Growth Performance, Carcass Quality and Meat Quality -Poland *Animals* 2021, 11(9), 2715; <https://doi.org/10.3390/ani11092715>
- Mushambanyi, T. a Balezi, 2002 Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République démocratique du Congo. *ResearchGate* [online]. [cit. 20211212]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/45266325\\_Utilisation\\_des\\_blattes\\_et\\_d\\_es\\_termites\\_comme\\_substituts\\_potentiels\\_de\\_la\\_farine\\_de\\_viande\\_dans\\_l'alimentation\\_des\\_poulets\\_de\\_chair\\_au\\_Sud-Kivu\\_Republique\\_democratique\\_du\\_Congo](https://www.researchgate.net/publication/45266325_Utilisation_des_blattes_et_d_es_termites_comme_substituts_potentiels_de_la_farine_de_viande_dans_l'alimentation_des_poulets_de_chair_au_Sud-Kivu_Republique_democratique_du_Congo)
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283.
- Nařízení Ministerstva zemědělství ČR č. 30/2015 Sb.
- Nogales-Mérida Silvia Damian Józefiak, Jan Mazurkiewicz, 2019 *Insect meals in fish nutrition* [online]. Poland: Wiley Online Library, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12281>
- Oonincx van Broekhoven S, van Huis A, van Loon, 2015 *Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food ByProducts: PLOS ONE 14* [online]., [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0144601>
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271-288. Razowski, J., & Trematerra, P. (2010). Two new species of Micropterix Hübner (Lepidoptera: Micropterigidae) from Thailand. *Zootaxa*, 2500(1), 45-50

- Pietras M, Orczewska-Dudek S, Szczurek W and Pieszka M 2021 Effect of dietary lupine seeds (*Lupinus luteus* L.) and different insect larvae meals as protein sources in broiler chicken diet on growth performance, carcass, and meat quality *Livest. Sci.* 250 104537
- Prýmas Lukáš 2022 Hmyzí moučky jako krmná surovina pro brojlerová kuřata NÁŠ CHOV [cit. 2023-04-10] Dostupné z: <https://naschov.cz/hmyzi-moucky-jakokrmnasurovinapro-brojlerova-kurata/>
- Richard T.L. 2004 *COMPOST Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Soils in the Environment 2005, Pages 294-301* USA [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B0123485304001429?via%3Dihub>
- Ringø Einar He Zhigang Zhou, 2013 *effect of dietary chitin on the autochthonous gut bacteria of Atlantic cod (Gadus morhua L.)* [online]. Australia: Volume 44, Issue 12 November 2013, Wiley Online Library, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2012.03194.x>
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.
- Shin Weon-Sun Chae-Shim Shin, Do-Yeong Kim, , 2019 *Characterization of chitosan extracted from Mealworm Beetle (Tenebrio molitor, Zophobas morio) and Rhinoceros Beetle (Allomyrina dichotoma) and their antibacterial activities* [online]. Republic of Korea: International Journal of Biological Macromolecules Volume 125, 15 March 2019, Pages 72-77, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018331441?via%3Dihub>
- Schiavone A. S. Dabbou, M. Petracci, M. Zampiga, F. Sirri, I. Biasato, L. Gasco, 2019 *Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety* [online]. Animal Volume 13, Issue 10, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731119000685?via%3Dihub>
- Schiavone A., L. Gasco, M. Cullere, 2018 *Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source* [online]. Italy: Animal Volume 12, Issue 10, 2018, Pages 2032-2039, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731117003743?via%3Dihub>
- Souza-Vilela J. de N. R. Andrew and I. Ruhnke, 2019 *Insect protein in animal nutrition* [online]. Australia: Animal Production Science 59(11) 20292036 <https://doi.org/10.1071/AN19255>, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.publish.csiro.au/an/AN19255>

- Suchý, Pavel, Eva Straková a Ivan Herzing 2017 Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě. *Výzkumný ústav živočišné výroby* [online]. Praha, , 2017 [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wpcontent/uploads/2018/03/StudieStrakov%C3%A1-hmyz.pdf>
- Suresh Arumugham Felix Lewis Oscar, Ramasamy Thangaraj, 2014 *Microalgal fatty acid methyl ester a new source of bioactive compounds with antimicrobial activity* [online]. South Korea, India: Asian Pacific Journal of Tropical Disease Volume 4, Supplement 2, September 2014, Pages S979-S984, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2222180814607696?via%3Dihub>
- Teguia, Alexis. 2002 The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *ResearchGate* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/45266465\\_The\\_Production\\_Performance\\_of\\_Broiler\\_Birds\\_as\\_Affected\\_by\\_the\\_Replacement\\_of\\_Fish\\_Meal\\_by\\_Maggot\\_Meal\\_in\\_the\\_Starter\\_and\\_Finisher\\_Diets](https://www.researchgate.net/publication/45266465_The_Production_Performance_of_Broiler_Birds_as_Affected_by_the_Replacement_of_Fish_Meal_by_Maggot_Meal_in_the_Starter_and_Finisher_Diets)
- Tian Zhong Qun Feng, 2018 *Isolation and Purification of Active Antimicrobial Peptides from Hermetia illucens L., and Its Effects on CNE2 Cells* [online]. China: Department of Immunology and Pathogenic Biology, Zhuhai Campus of Zunyi Medical University, Zhuhai 519041, P. R. China, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/353367v1>
- Tulliová Cutrignelli, Monica Isabella, Maria Messina a Francesca 2018 *Evaluation of an insect meal of the black soldier fly (Hermetia illucens) as soybean substitute: intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29304440/>
- Turck D, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst K I, Kearney J, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle H J, Naska A., et al. 2021 Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA J. 19 6343
- Ullah, Rafi, Sarzamin Khan a Abdul Hafeez. , 2017 *Silkworm (Bombyx mori) Meal as Alternate Protein Ingredient in Broiler Finisher Ration* [online]. Pakistan: Pakistan Journal of Zoology [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/search?q=the%20effect%20of%20insect%20meal%20on%20slaughter%20parameters%20and%20quality%20of%20poultry%20meat>



- Urbanek Aleksandra Ryszard Szadziewski, Piotr Stepnowski, 2012 *Composition and antimicrobial activity of fatty acids detected in the hygroscopic secretion collected from the secretory setae of larvae of the biting midge Forcipomyia nigra (Diptera: Ceratopogonidae)* [online]. Poland: Journal of Insect Physiology Volume 58, Issue 9, September 2012, Pages 1265-1276, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022191012001618?via%3Dihub>
- van der Heide M E, Stodkilde L, Norgaard J V and Studnitz M 2021 The potential of locally sourced European protein sources for organic monogastric production: a review of forage crop extracts, seaweed, starfish, mussel, and insects Sustainability 13 2303
- van Huis A. 2017, *Did early humans consume insects?* [online].: Journal of Insects as Food and Feed: 3 (3)- Pages: 161 - 163, [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2017.x006>
- van Huis A. 2020 *Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review* [online]., Journal of Insects as Food and Feed: 6 (1)- Pages: 27 - 44, [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2019.0017>
- Vogel Heiko Ariane Müller, David G. Heckel, Herwig Gutzeit, Andreas Vilcinskas, 2018 *Diversification and diet-dependent expression of antimicrobial peptides in the black soldier fly Hermetia illucens: Nutritional immunology* [online]. Developmental & Comparative Immunology, , [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0145305X1730424X?via%3Dihub>
- Wen Liu-Fa and Jian-Guo He 2012 *Dose–response effects of an antimicrobial peptide, a cecropin hybrid, on growth performance, nutrient utilisation, bacterial counts in the digesta and intestinal morphology in broilers* [online]. Camgrige: Published online by Cambridge University Press: 17 January, , 2012 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/journals/britishjournalofnutrition/article/dose-response-effects-of-an-antimicrobial-peptide-acecropin-hybridongrowth-performance-nutrient-utilisation-bacterial-counts-inthe-digesta-andintestinalmorphology-inbroilers/D2BB53BBE64710CBEB485112D8594700>
- WHO, 2015 *World Malaria Report* [online]. Ženeva, Švicarsko:, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2015/report/en/>

Yang Chul-Ju 2017 *Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks* [online]. Poland: Poultry Science Volume 96, Issue 1, January, Pages 27- 34, Md. Manirul Islam, , 2017 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911931243X?via%3>

Dihub Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích.

Zákon č. 246/1992 Sb., o ochraně zvířat proti týrání.

Zhang Ling-juan Richard L. Gallo, 2016 *Antimicrobial peptides* [online]. China: PRIMER| VOLUME 26, ISSUE 1, PR14-R19, JANUARY 11, 2016, , [cit. 2023-04-11].

Dostupné z: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S09609822\(15\)01409-8?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982215014098%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S09609822(15)01409-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982215014098%3Fshowall%3Dtrue)