

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje  
proteinu s ohledem na užitkovost a kvalitu masa kuřat**

**Diplomová práce**

**Bc. Nikola Javorská**

**Chov hospodářských zvířat**

**doc. Ing. Darina Chodová, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu s ohledem na užitečnost a kvalitu masa kuřat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. dubna 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Darině Chodové, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, a to nejen za velmi cenné rady a připomínky, které mi během mého zpracování diplomové práce poskytla, ale i za její vstřícný přístup. Dále bych chtěla poděkovat své babičce za podporu v průběhu celého studia.

# Kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu s ohledem na užitkovost a kvalitu masa kuřat

## Souhrn

Z důvodu úspory nákladů na krmné směsi a z důvodu snížení dopadů na životní prostředí se stále častěji nejen pro lidskou spotřebu, ale i pro hospodářská zvířata hledají vhodné alternativní zdroje proteinů. Provedený experiment v rámci diplomové práce měl za cíl posoudit vliv kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu v podobě hmyzí moučky na užitkovost a kvalitu masa. Do výkrmového pokusu byly vybráni kohoutci genotypu Ross 308 (celkem 1680 ks). Tato kuřata byla rozdělena do čtyř skupin, a to dle složení krmné směsi, kdy experimentální skupiny měly v krmné směsi přísávek 3 % hmyzí moučky a na základě techniky krmení (*ad libitum* a restrikce). Z každé skupiny bylo vybráno náhodným výběrem osm kohoutků, kteří byli po provedené porážce podrobeni jatečnému rozboru. Také došlo k odebrání svalů *pectoralis major* pro následnou analýzu kvality masa, tedy ke zhodnocení fyzikálních vlastností a chemického složení.

Jak se dalo předpokládat, statistická průkaznost techniky krmení byla vyhodnocena jako významná ( $P < 0,001$ ), a to v rámci konverze krmiva. Nejvyšší konverze krmiva, tedy 1,26 kg/kg byla u skupiny kuřat, která byla krmena *ad libitum* krmnou směsí s přísávkem hmyzí moučky (3 %). U této skupiny kuřat byla i další významná průkaznost techniky krmení, tedy ( $P < 0,001$ ) na denní přírůstky ve věku 7-14 dnů, kdy kuřata s restrikcí krmiva měla nižší přírůstky.

V rámci fyzikálních vlastností kvality byl vyhodnocen významný vliv techniky krmení ( $P < 0,001$ ) na ztrátu odkapem, přičemž skupina s restrikcí na 70 % *ad libitum* od 7. do 14. dne věku krmena běžnou krmnou měla ztráty odkapem nejvyšší (0,58 %). U skupiny krmených s přísávkem hmyzí moučky nebyl pokles vaznosti tak výrazný. Tímto pokusem byla potvrzena hypotéza, že kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu má spolu s užitkovostí vliv i na kvalitu masa.

Zařazení hmyzí moučky do krmiva kuřat se jeví jako vhodný alternativní zdroj proteinu, především z důvodu vysoké reprodukční schopnosti hmyzu a díky jeho příznivé konverzi krmiva. Lze očekávat i celkově nižší náklady na krmiva pro kuřata oproti jiným bílkovinným zdrojům.

**Klíčová slova:** kuře, restrikce krmiva, hmyzí moučka, kvalita masa, užitkovost

# Interaction of feed restriction and an alternative protein source on performance and meat quality of chicken

## Summary

On the grounds of saving on compound feed costs and to reduce environmental impacts, suitable alternative protein sources are increasingly being sought not only for human consumption but also for livestock. The experiment conducted in this thesis aimed to assess the effect of a combination of feed restriction and an alternative protein source in the form of insect meal on utility and meat quality. Roosters of Ross 308 genotype (1680 birds in total) were selected for the fattening experiment. These chickens were divided into four groups according to the composition of the feed mixture, with the experimental groups having 3 % insect meal added to the feed mixture, and on the basis of feeding technique (*ad libitum* and restriction). Eight cockerels were randomly selected from each group and subjected to carcass analysis after slaughter. The pectoralis major muscle was also removed for subsequent analysis of meat quality, i.e. to assess physical characteristics and chemical composition.

As expected, the statistical significance of the feeding technique was found to be significant ( $P < 0.001$ ) in terms of feed conversion. The highest feed conversion, i.e., 1.26 kg/kg, was observed in the group of chickens fed *ad libitum* feed mixture supplemented with insect meal (3 %). In this group of chickens, there was also another significant conclusiveness of feeding technique, i.e., ( $P < 0.001$ ) on daily gain at 7-14 days of age, where chickens with feed restriction had lower gains.

Within the physical quality trait, a significant effect of feeding technique ( $P < 0.001$ ) on drip loss was evaluated, with the group restricted to 70% *ad libitum* from 7. to 14. days of age fed a conventional diet having the highest drip loss (0.58%). For the group fed with the addition of insect meal, the decrease in binding was not as pronounced. This experiment confirmed the hypothesis that the combination of feed restriction and alternative protein source has an effect on meat quality along with utility.

The inclusion of insect meal in chicken feed appears to be a suitable alternative source of protein, mainly due to the high reproductive capacity of insects and its favourable feed conversion. Overall lower feed costs for chickens can also be expected compared to other protein sources.

**Keywords:** chicken, feed restriction, insect meal, meat quality, livestock performance

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Hypotéza</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Cíle práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Drůbeží maso</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Spotřeba drůbežího masa</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Popis výživových manipulací</b>	<b>12</b>
3.3.1	Restrikce krmiva	13
<b>3.4</b>	<b>Krmné směsi a jejich složení</b>	<b>14</b>
3.4.1	Doplňkové látky	16
<b>3.5</b>	<b>Zdroje proteinů</b>	<b>16</b>
3.5.1	Rostlinné zdroje bílkovin v krmivech pro kuřata	16
3.5.1.1	Sója	17
3.5.1.2	Slunečnice	18
3.5.1.3	Hrách	18
3.5.1.4	Vlčí bob	19
3.5.1.5	Bob obecný	20
3.5.2	Alternativní zdroje proteinů	20
3.5.2.1	Hmyz jako složka krmiv	21
3.5.2.2	Technologie výroby hmyzí moučky	22
3.5.2.3	Negativa hmyzí moučky	23
3.5.2.4	Legislativa	24
3.5.2.5	Chov hmyzu	26
3.5.2.6	Druhy hmyzu a jejich produkce	26
3.5.2.6.1	Moucha bráněnka	27
3.5.2.6.2	Potemník moučný	29
3.5.2.6.3	Cvrček domácí	30
3.5.2.6.4	Moucha domácí	31
3.5.2.6.5	Bourec morušový	31
<b>3.6</b>	<b>Vliv alternativních zdrojů proteinu na užitkovost masa</b>	<b>32</b>
3.6.1	Živá hmotnost	32
3.6.2	Růst	33
3.6.3	Mortalita	35
3.6.4	Spotřeba krmiva	36

<b>3.7</b>	<b>Vliv alternativních zdrojů proteinu na jatečné parametry .....</b>	<b>36</b>
3.7.1	Jatečná výtěžnost .....	36
3.7.2	Podíl prsou a stehen .....	37
3.7.3	Podíl tuku.....	38
<b>3.8</b>	<b>Vliv alternativních zdrojů proteinu na kvalitu .....</b>	<b>39</b>
3.8.1	Fyzikální vlastnosti .....	39
3.8.1.1	<b>Textura</b> .....	39
3.8.1.2	<b>Křehkost</b> .....	39
3.8.2	Senzorické vlastnosti .....	40
3.8.2.1	<b>Barva</b> .....	40
3.8.2.2	<b>Chut' a vůně</b> .....	41
3.8.3	Technologické vlastnosti .....	42
3.8.3.1	<b>Hodnota pH</b> .....	42
3.8.3.2	<b>Vaznost</b> .....	42
3.8.4	Chemické složení masa.....	43
<b>3.9</b>	<b>Vnímání spotřebitelů .....</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>46</b>
4.1	<b>Materiál a metody .....</b>	<b>46</b>
4.2	<b>Fyzikální vlastnosti masa.....</b>	<b>48</b>
4.3	<b>Chemické složení .....</b>	<b>49</b>
4.4	<b>Statické hodnocení výsledků .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>51</b>
5.1	<b>Užitkovost.....</b>	<b>51</b>
5.2	<b>Jatečné parametry.....</b>	<b>53</b>
5.3	<b>Fyzikální vlastnosti kvality.....</b>	<b>55</b>
5.4	<b>Chemické složení .....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých obrázků a tabulek.....</b>	<b>82</b>

# 1 Úvod

Celosvětově dochází ke zvyšování počtu obyvatel a s tím je spojena zvyšující se poptávka po masu a jeho zvýšená spotřeba, přičemž drůbeží maso je u spotřebitelů velmi oblíbené, především z důvodu nižší prodejní ceny oproti jiným druhům masa a díky jeho dietetickým vlastnostem a obsahu bílkovin, které jsou lehce stravitelné a také velmi kvalitní (Henchion et al. 2014). Očekává se, že do roku 2050 bude na zemi devět až deset miliard lidí a dojde tak ke zvýšení spotřeby všech živočišných produktů, a to až do výše 60–70 % (Barragán-Fonseca et al. 2020). S tímto tedy přichází značný problém ohledně zajištění dostatku krmiva pro hospodářská zvířata, tedy i pro kuřata, aby byla zajištěna jejich plnohodnotná výživa (Shiavone et al. 2019). Předpokládá se, že do roku 2025 dojde ke značnému zvýšení celé živočišné výroby a bude tedy nezbytné zvýšit světovou nabídku krmiv až na 7,3 miliard tun sušiny (Mottet et al. 2017). Nejvíce využívaným bílkovinným krmivem je v chovech kuřat sója, především sójový extrahovaný šrot a také také rybí moučka. Půda vhodná k pěstování sóji je ale velmi omezená a dále jejím pěstováním dochází k zatěžování životního prostředí. Zkrmování sóji představuje problémy především z hlediska její vysoké ceny a také její špatné dostupnosti na trhu (Bouravel et al. 2014). Z těchto důvodů se hledají vhodné alternativní zdroje proteinů, které by se mohly v krmivech využít. Hledají se dostupná krmiva, která mají vysokou nutriční hodnotu a budou především kvalitní, chutná a nebudou mít žádné negativní vlivy, které by mohly ovlivnit užitek z chovu zvířat či následnou kvalitu jejich masa. Hmyz se skládá z bílkovin a tuku ve vysokých koncentracích a je tak velmi životaschopnou alternativou pro výživu zvířat (Avedaño et al. 2020). Produkce hmyzu je velmi výhodná, díky jeho rychlému růstu a množení, nízkým požadavkům na jeho chov a velkou výhodou je nižší cena oproti jiným zdrojům bílkovin (Hidayat 2019). Chov hmyzu je šetrný pro životní prostředí, z hlediska nízkých emisí skleníkových plynů a také díky vysoké účinnosti konverze krmiv (Van Huis 2016). Bylo provedeno mnoho studií, na základě kterých byla přidávána hmyzí moučka do krmiv brojlerovým kuřatům a byla zjištěna řada pozitiv, mezi které patří zlepšení růstové výkonnosti a kvality jatečně upraveného těla kuřat (Gajana et al. 2016).



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

### **2.1 Hypotéza**

Užitkovost kuřat je ovlivňována především výživou. Z hlediska zlepšování užitkových vlastností může být u kuřat využívána restrikce krmiva. V krmivech pro drůbež je hlavním zdrojem proteinu sója, která má ale nevýhody, jako jsou vysoké náklady na její produkci a také konkurence ve spotřebě mezi hospodářskými zvířaty a lidmi. Proto se hledají alternativní zdroje, kdy v současnosti jako nejvíce efektivní se jeví hmyzí moučka. Kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu může mít spolu s užitkovostí vliv i na kvalitu masa.

### **2.2 Cíle práce**

Cílem práce bylo posoudit vliv kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu v podobě hmyzí moučky na užitkovost a kvalitu masa kuřat.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Drůbeží maso

Celosvětově dochází k nárůstu spotřeby drůbežního masa, které je u lidí velice oblíbené nejen kvůli jeho příznivé ceně, ale také především díky dietetickým vlastnostem a snadné a rychlé kulinářské úpravě (Henchion et al. 2014). Toto maso představuje snadno dostupný zdroj velmi kvalitních bílkovin, které jsou nezbytné pro správné fungování celého organismu.

Z důvodu jeho hojného využití se průmysl zabývající produkcí drůbeže zaměřil na výběr rychle rostoucích brojlerových kuřat, která jsou schopna již během šesti týdnů intenzivního výkrmu dosáhnout tělesné hmotnosti okolo 2,5 kilogramů (Grashorn 2007).

Kuřecí maso je velice oblíbené mezi konzumenty, a to především z hlediska nízké prodejní ceny, která je podstatně nižší než cena masa jiných druhů zvířat. Má velice bohaté nutriční hodnoty, jelikož obsahuje bílkoviny, které jsou lehce stravitelné a velice kvalitní. Proto je toto maso oblíbené u sportovců či dětí, kteří dbají na zdravý životní styl či jej konzumují z důvodu redukce tělesné hmotnosti (Kralik et al. 2018). Dle Feskens et al. (2013) existuje mnoho důkazů o tom, že životní styl má značný vliv na zvýšení či snížení výskytu onemocnění, jako je například cukrovka. Pokud tedy budeme žít zdravěji a konzumovat kvalitní stravu můžeme tak ovlivnit výskyt těchto onemocnění. Zdravým životním stylem je myšleno zařazení, a tedy i konzumace kuřecího masa, ořechů, ovoce, dále i celozrnných výrobků (Sluik et al. 2014).

Kvalita masa je závislá na podmínkách zvířat, ve kterých jsou zvířata chována a také na úpravě a složení jejich krmiva. Velmi důležitý je též správný transport zvířat na porážku a manipulace před porážkou, kdy by měl být minimalizován stres, který má značný vliv na následnou kvalitu masa. Jak bylo již uvedeno, kvalitu masa lze ovlivnit především složením krmiva, krmnou dávku můžeme obohatit například přidáním různých druhů olejů, mikroprvků či aminokyselin a v neposlední řadě se nesmí zapomínat zvířatům doplňovat nezbytné vitamíny a minerální látky (Kralik et al. 2018).

Pokud se podíváme na složení kuřecího masa, tak z minerálních látek obsahuje 15 mg vápníku, 1,04 mg železa, 29 mg hořčíku, 228 mg fosforu, 256 mg draslíku, 74 mg sodíku a 1,00 mg zinku. Z vitamínů je kuřecí maso bohaté na vitamíny A, D, E, K, thiamin (vitamín B1), riboflavin (vitamín B2), niacin (vitamín B3), vitamin B6 a kyselinu listovou (Kralik et al. 2018). Niacin, který patří do skupiny vitamínů B3 má největší zastoupení z vitamínů v mase a je důležitý pro správné fungování metabolismu sacharidů, hraje

významnou roli při tvorbě energie, ale také je velmi důležitý i pro správné fungování celého nervového systému (Marangoni et al. 2015). Kuřecí maso obsahuje více vápníku, sodíku a fosforu ve srovnání s hovězím masem. Obsah železa je velmi důležitý pro tvorbu hemoglobinu, tedy působí jako prevence proti anémii a je nezbytný pro správné fungování svalů. Přítomnost hořčíku je třeba pro syntézu bílkovin a také pro svalovou činnost. Vápník a fosfor je důležitý pro zdraví kostí a zubů (Kralik et al. 2018).

Kuřecí maso je vhodné konzumovat preventivně při kardiovaskulárních onemocněních, jelikož obsahuje méně cholesterolu a železa než hovězí maso. Tyto prvky hrají roli jako důležitý faktor při vzniku kardiovaskulárních chorob nebo v případě, pokud dochází ke zvyšování cholesterolu v krvi (Bernstein et al. 2010).

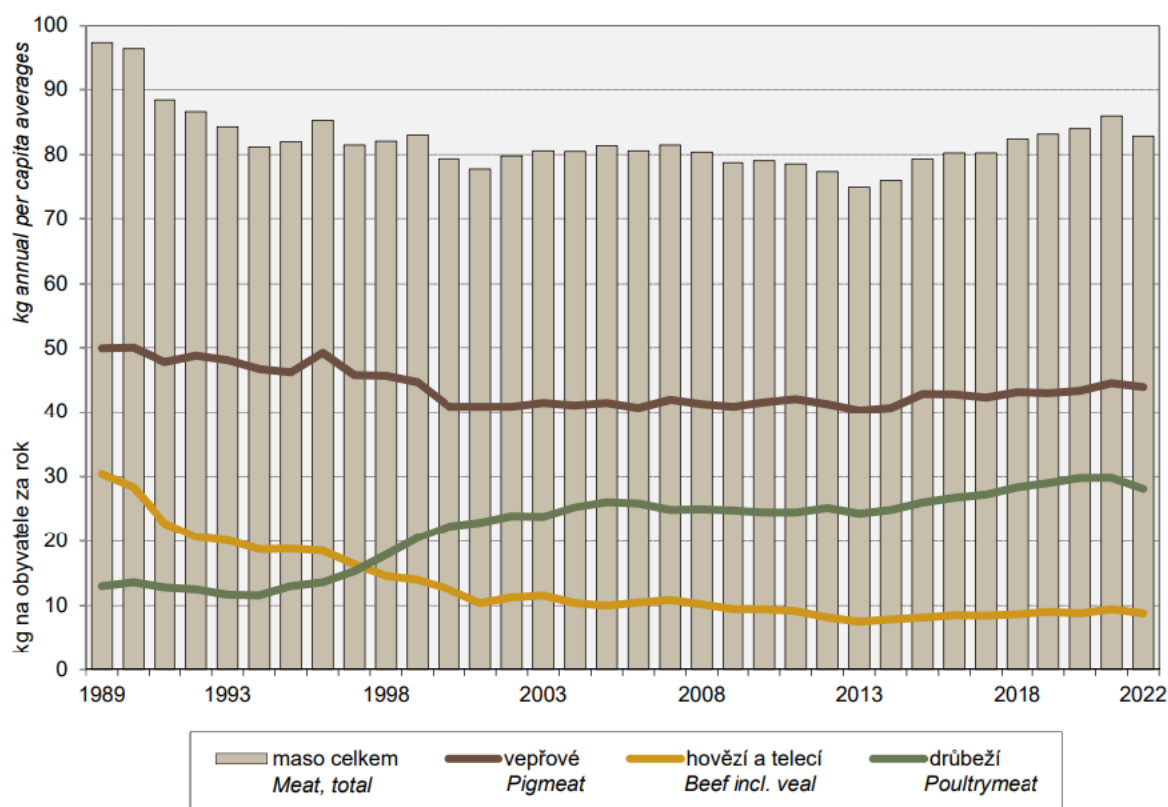
U brojlerových kuřat kvalitu masa ovlivňuje především systém chovu a délka výkrmu. Dále na tuto kvalitu má vliv pohlaví křížence, tvorba a způsob zmrazování jatečně upravovaných těl. Velmi důležitá je také jejich doba a způsob skladování (Petracci et al. 2010). Dle Petracciho et al. (2019) vysoká poptávka ze strany konzumentů po kuřecím masu vedla k ovlivnění vědců, kteří následně vyšlechtili kuřata, která se vykazují značně rychlým růstem. Zaměřili se především na dobrou konverzi krmiva a celkové zlepšení tvorby jatečně upravovaných těl, jelikož vznikl požadavek na větší podíl prsního masa a zároveň byl žádoucí pokles břišního tuku. Dále bylo cílem vyšlechtit zvířata, která budou mít celkově lepší odolnost, a bude docházet k méně úhynům. Bylo však zjištěno, že kromě řady pozitiv má rychlý růst kuřat i svá negativa, jako je náchylnost k většímu stresu, snižuje se jejich celková odolnost a díky jejich rychlému růstu se u nich objevují modifikace svalové tkáně, a to buď biochemické či histologické.

Dransfield & Sosnicki (1999) provedeným výzkumem zjistili, že selekce rychle rostoucích kuřat měla spoustu negativních vlivů na následnou kvalitu masa. Bylo zjištěno, že maso rychlerostoucích kuřat mělo sníženou vaznost a také docházelo ke vzniku vad masa PSE. Tedy maso bylo bledé, suché a vodnaté. Vzhled masa hraje velmi důležitou roli při nákupu u spotřebitelů, přičemž barva masa je u nich často spojována s jeho čerstvostí.

Spotřebitelé často hledají i méně tradiční produkty, které jsou, jak již vyplývá z názvu něčím obohaceny. Tyto výrobky jsou zdravější a jsou ochotni za ně připlatit více peněz. Proto by tedy mohly být budoucností takzvané funkční potraviny, které jsou obohaceny některými prospěšnými látkami, jako jsou například  $\omega$ -3 mastné kyseliny, alfa-tokoferol či selen (Grashorn 2007).

## 3.2 Spotřeba drůbežního masa

Dle Českého statistického úřadu byla v České republice v roce 1989 spotřeba drůbežního masa 13 kilogramů na osobu, přičemž v roce 2020 vzrostla až na 30 kilogramů na osobu (ČSÚ 2024). Na celém světě dochází k nárůstu spotřeby drůbežního masa, a to nejen ve vyspělých zemích, ale i v zemích rozvojových. Drůbeží maso zaujímá přední pozice, co se týče této spotřeby všech zemích po světě (Bilgili 2002). Poptávka po drůbežím mase se v posledních letech značně zvýšila, především kvůli rostoucí populaci. Dochází ke zvyšování spotřeby masa na osobu. Následkem je nárůst produkce kuřat masného typu, což vede chovatele k zvyšování rychlosti růstu zvířat, především prsního masa (Havenstein et al. 2003).



Obrázek 1 - Spotřeba masa v hodnotě na kosti (ČSÚ 2024)

## 3.3 Popis výživových manipulací

Výživa drůbeže je jako u všech jiných zvířat velmi důležitá. Zdraví zvířat a jejich následná pohoda patří mezi hlavní priority moderních výživových postupů. Díky správnému

obsahu energie, aminokyselin a bílkovin v krmivech, lze u zvířat dosáhnout rychlejšího růstu či větší hmotnosti vajec u nosnic. Rozhodující je dostatek vitamínů a minerálních látek, neboť jejich nedostatek může vést ke vzniku zdravotních problémů. Metabolické poruchy u drůbeže nemusí být způsobovány vždy jen výživou, ale správná výživa může zmírňovat jejich dopady. V neposlední řadě můžeme správným krmením pomoci drůběži se lépe vyrovnat se stresem (Whitehead 2002).

Výživové manipulace můžeme rozdělit na adlibitní, kdy podáváme krmivo *ad libitum*, tedy zvířata dostávají krmivo bez omezení a přijímají krmivo tak často a v takovém množství, které chtějí. Další styl krmení je pomocí takzvané restriktce, kdy dochází k omezování krmiva a zvíře dostává pouze předem stanovenou dávku. Krmení pomocí restriktce se provádí především z důvodu zamezení výskytu reprodukčních poruch či výskytu nadměrného přírůstku tělesné hmotnosti (Remena & Robinson 2019). Bylo zjištěno, *ad libitní* krmení slepic může vést ke vzniku zdravotních problémů. Má závažný vliv na psychickou pohodu slepic a jejich krmení v době pohlavního dospívání může vést k obezitě, namožení kloubů nohou a dochází ke špatnému uvolňování ovariálních folikulů v reprodukčním období. Dochází u nich ke změnám jak metabolickým, tak i reprodukčním. Zvířata, která jsou krmena pomocí restriktce, tedy s omezeným příjmem krmiva nemají hlad, dochází u nich ke snížení metabolických poruch a dochází k nižší úmrtnosti. Z tohoto hlediska se tedy restriktce krmiva zvířat zdá výhodnější, než adlibitní krmení (Whitehead 2002).

### 3.3.1 Restriktce krmiva

Cílem restriktce krmiva je zajištění dostatečného příjmu krmiva tak, aby jejich příjem odpovídal požadavkům na růst, reprodukci a nedocházelo k nadměrné konzumaci krmiva, která je poté spojována se zdravotními problémy a s rozvojem obezity. Je proto vhodné začít s restrikcí krmiva již v raném věku zvířete, aby nedocházelo ke kritickým fázím především v reprodukčním období (Richards et al. 2010). Krmivo může být podáváno buď v mokré či suché formě. Snadněji přijímají brojlerová kuřata krmivo ve formě mokré. Při krmení mokré formy krmiva dochází ke zlepšení denního přírůstku hmotnosti kuřat. Toto však neplatí u krmení na bázi obilovin, kdy naopak dochází k neúměrnému nárůstu příjmu krmiva (Yasar & Forbes 2000).

### 3.4 Krmné směsi a jejich složení

Ve velkochovech brojlerových kuřat se nejčastěji využívají kompletní krmné směsi obsahující všechny potřebné živiny, které jsou třeba na pokrytí denní potřeby zvířat v krmné dávce. Aby bylo možné správně zvolit krmnou směs je potřeba znát potřeby živin zvířat a celkově znát nutriční obsahy těchto směsí. Neméně důležitá je volba vhodného dodavatele. Krmných směsí je na trhu již celá řada a nejčastěji se lze setkat s krmnými směsi, které jsou v sypké či granulované podobě (Brouček et al. 2011). Granulované směsi mohou být i ve formě drcených granulí a někdy se využívají i krmné směsi expandované. Granulované krmivo je více využívané, neboť v případě sypké směsi si kuře vyzobává jen tu část krmné směsi, kterou více preferuje. U granulí se toto nestává a dochází tak k omezení vyzobávání krmné směsi, navíc jsou tato krmiva méně prašná. Granulovaná krmiva mají však vyšší ceny, jelikož jejich výroba je nákladná a tím narůstají provozní náklady více než u sypkých směsí (Zelena 2014). Dle Massuquetto et al. (2020) se krmiva granulují především z toho důvodu, aby docházelo ke zvyšování příjmu krmiva.

Krmivo, které je určené pro drůbež se skládá z 34 % z pšenice, 27 % kukuřice, 27 % sójového šrotu a dalších 12 % tvoří další suroviny jako například olej, řepkový či slunečnicový šrot nebo mláto (Bouravel et al. 2014). Je velice důležité zvolit správnou recepturu krmiva, aby nedocházelo ke ztrátám v produkci kuřat a byla tak zajištěna celková rentabilita chovu. Dalším parametrem, který je potřeba sledovat, je přiměřený poměr aminokyselin v krmivech. Mezi nejdražší, a tedy i limitující složky krmiva se řadí proteinové doplňky. Nejvíce využívanou rostlinnou bílkovinou je sójový šrot, přičemž cca 97 % sójových bobů se používá jako složka krmiva pro zvířata. 685 milionů z 2,5 miliardy hektarů celkové zemědělské půdy se využívá pro výrobu krmiv, která jsou následně zkrmována hospodářským zvířatům (Mottet et al. 2017). Důležitou složkou krmiva je energie, která zahrnuje tuky, sacharidy a vlákninu. Mezi hlavní funkce bílkovin patří zajištění optimální hodnoty aminokyselin. Obsah tuků v krmné dávce by neměl přesáhnout 4–5 %, protože drůbež vlákninu relativně nestráví. Vyšší obsah vlákniny v krmné dávce snižuje celkově energetickou hodnotu krmiva. Požadavky na bílkoviny se liší dle produkce drůbeže. Například brojlerová kuřata vyžadují značný příjem aminokyselin a bílkovin, a to z důvodu, aby uspokojila veškeré požadavky na rychlý růst. Proteinové doplňky, jako jsou různé sójové či rybí moučky mohou překročit i 50 % krmné dávky (Jankowski et al. 2021).

Z obilovin se často využívá oves, který zlepšuje vývoj střev, žaludku a také zvyšuje stravitelnost (Scholey et al. 2020). Toto krmivo se řadí do sacharidových krmiv a v porovnání s ostatními obilninami je lépe stravitelný. V krmných směsích se doporučuje jeho zařazení v menším množství, neboť obsahuje hodně vlákniny, která odpovídá hodnotě 10 %. Vysoká koncentrace ovsa v krmné směsi brojlerů vedla k jejich nízké užitkovosti (Friesen et al. 1992).

Kukuřice obsahuje hodně tuku, ale je velmi dobrým energetickým zdrojem. Obsahuje méně dusíkatých látek než oves. V krmné směsi by neměla přesáhnout doporučený obsah, který je v maximální výši 60-70 %. Zahnutí vyšší dávky kukuřice do krmiva brojlerových kuřat, způsobilo narušení vývoje tenkého střeva, což mělo za následek horší retenci živin v trávicím traktu a s tím spojené i horší přírůstky tělesné hmotnosti (Liu et al. 2019).

Pšenice je velmi bohatá na aminokyseliny, minerály a vitamíny. Také má vysoký obsah dusíkatých látek a v krmivu se doporučuje obsah v rozmezí 20–25 % (Shewry 2009).

Mezi nejvíce používané luštěniny patří sója, která je v chovech velmi hojně využívána díky vysokému obsahu bílkovin, který může být až 21 %. Tu je ale třeba před zkrmováním drůbeží tepelně opracovat, jelikož obsahuje antinutriční látky (Dostálová 2017). Dále se v krmivech využívá hrách, který je velmi bohatý na bílkoviny. Obsah bílkovin dosahuje 20–34 %. Do krmné směsi je dobré ho zahrnovat v maximální výši 5–10 % (Bouravel et al. 2014). Krom těchto dvou luštěnin se dále v krmivech využívá například lupina (Hejdysz 2020). V chovech se často zkrmují i extrahované šroty, které vznikají po lisování, po kterém se provádí extrace pomocí organických rozpouštědel. Nejčastěji se užívá sójový a řepkový extrahovaný šrot. Bylo zjištěno, že užití sójového šrotu ve stravě brojlerových kuřat především v počátečním období zvýšilo jejich tělesnou hmotnost (Irawan et al. 2022). Pro výrobu krmiv se využívá rybí či vojtěšková moučka. Přidáním rybí moučky garra ve výši 30 % do krmiva brojlerovým kuřatům mělo vliv na jejich růstovou výkonnost, ale bylo zjištěno, že u kuřat docházelo k efektivnějšímu trávení, k lepšímu metabolismu a vstřebávání živin (Mebratu et al. 2022). V neposlední řadě se do krmných směsích přidává celá řada rostlinných olejů, které jsou významným zdrojem esenciálních mastných kyselin. Využívá se například palmový olej, který je přírodním zdrojem energie ve výživě a má řadu příznivých účinků na užitkovost především brojlerových kuřat (Saminathan et al. 2022).

### 3.4.1 Doplnkové látky

Velmi důležité je přidávání minerálních látek a vitamínů do krmné dávky zvířat, a to především vápníku, fosforu a manganu, které vyžadují především mladá zvířata. Bylo zjištěno, že v období zvýšeného růstu dochází ke zvyšování potřeb vápníku a fosforu. Vápník je velmi důležitý pro nosnice, u kterých ovlivňuje kvalitu skořápky vajec. Bylo prokázáno, že doplňování těchto látek do krmiva drůbeže podporuje jejich růst, dochází k posílení jejich imunity a k celkovému zlepšování jejich zdravotního stavu (Alagawany et al. 2018). U drůbeže se používá celá řada doplňkových látek, mezi která patří antibiotika, probiotika, oligosacharidy, enzymy a organické sloučeniny (Bin-jumah et al. 2020). Tyto látky se používají pro podporu růstu zvířat a při jejich užívání dochází ke zvyšování příjmu krmiv. Bylo zjištěno, že přidávání probiotik do krmiv zvyšuje zdraví a výkonnost zvířat a přispívá ke správnému fungování střev, zlepšuje tak trávení i vstřebávání živin (Mohamed et al. 2020). Obsahem krmiv je také anorganický fosfor, tedy fosforečnan vápenatý, který je však velmi nákladný a může mít negativní dopad na životní prostředí. Krmné směsi musí být doplňovány o vitamíny především vitamíny skupiny B, a to 1,2,6,12, a dále o vitamíny, které jsou rozpustné v tucích, tedy vitamíny A, D, E, K (Zelena 2014).

## 3.5 Zdroje proteinů

Tyto zdroje lze dělit na rostlinné zdroje bílkovin, mezi které se v krmivech brojlerových kuřat využívá nejvíce především sója a potom také slunečnice hrách či vlnička (Dostálová 2017). Dalším druhem zdroje proteinu jsou takzvané alternativní zdroje, tedy hmyz. Nejvíce je do krmiv brojlerových kuřat přidávána hmyzí moučka z bráněnky, nebo z potměníka moučného, mouchy domácí či cvrčka domácího (Caruso et al. 2014).

### 3.5.1 Rostlinné zdroje bílkovin v krmivech pro kuřata

Jak již bylo uvedeno výše, mezi nejvíce využívaný zdroj bílkovin v krmivech pro brojlerová kuřata patří sója, která je do krmiv přidávána především z důvodu vysokého obsahu bílkovin. Ten je zdrojem energie a jedná se o živinu, která je potřebná pro správný vývoj a růst zvířat (Dostálová 2017). Jako bílkovinné zdroje mohou být v krmivech



využívány hrách, slunečnice a vlní bob, který je též velmi bohatý na bílkoviny a dále také na vlákninu, lipidy a v neposlední řadě na minerální látky a vitamíny.

### 3.5.1.1 Sója

Tato luštěnina má vysoký obsah proteinů. Jedná se o jednoletý druh, který je z čeledi Fabaceae, řádu Rosales. Dorůstá do výšky 0,2-1,5 metrů. Pochází z Číny, a to konkrétně z údolí Huang-Huai. Zde byla objevena více než před 5000 lety, kdy následně došlo k jejímu rozšíření do Japonska, jižní a východní Asie a také do Severní a Jižní Ameriky. V současné době se sója využívá již po celém světě (Fang & Kong 2022).

Sójové boby obsahují 33-42 % bílkovin, kdy jejich obsah je velmi závislý na místě, ve kterém je pěstována a na povětrnostních podmínkách. Obsahuje 20-30 % tuku, který je složen z esterů kyselin, konkrétně kyseliny linolové, alfa linolenové a olejové, přičemž nejvíce je zde zastoupena kyselina linolová ve výši až 50 %. Obsah sacharidů je ve výši zhruba 30 %, přičemž nejvíce je tvořen vlákninou. Z vitamínů je sója nejvíce bohatá na vitamíny skupiny B a E. Obsahuje minerální látky jako hořčík, vápník a také železo (Dostálová 2017).

Produkty vyrobené ze sójových bobů jsou hlavním zdrojem bílkovin a aminokyselin, které jsou velmi využívány v krmivech určených pro drůbež, a to nejen v České republice, ale i po celém světě. Jak již bylo uvedeno, jedná se o krmivo, které je velmi bohaté na bílkoviny. Její zkrmování však představuje problémy, především z hlediska ceny a z hlediska dopadů na životní prostředí. Tyto plodiny jsou na trhu dosti špatně dostupné (Bouravel et al. 2014).

Byla provedena studie, na základě které byl zařazen sójový šrot do krmiva brojlerových kuřat. Živá hmotnost kuřat v době ukončení výkrmu byla vyšší než u kontrolní skupiny, a to v průměru o 135 gramů (Galkin et al. 2020). Při krmení drůbeže se využívá i řada olejů, kdy se používá například sójový olej. Využití olejů má řadu výhod, přičemž tyto oleje poskytují cenný zdroj energie a užívají se z důvodu zvýšení energetických poměrů v krmivech. Dochází tak ke zlepšení růstu zvířat a zároveň dochází ke snižování tepelného stresu. Tato zvířata jsou poté více odolná. Nevýhodou těchto olejů je však jejich skladování, kdy často dochází ke žluknutí. Vznikají tak další požadavky na další vybavení chovů a je zde potřeba větší kontrola krmiv (Aardsma et al. 2017). Proteinový koncentrát, který se získává ze sóji se vyrábí pomocí ethanolové reakce, a to při teplotě, která je vyšší než 50 °C

(Sissons et al. 1982). Bylo také zjištěno, že syrové sójové boby mají škodlivé účinky, a to na kosterní systém kuřat (Olkowski et al. 2016).

### 3.5.1.2 Slunečnice

Tato olejnatá plodina pochází z Jižní Ameriky a je hojně využívána po celém světě nejen jako krmivo pro hospodářská zvířata, ale má značné využití pro lidskou stravu. Řadí se mezi takzvané funkční potraviny, především díky jejím příznivým účinkům zdraví (Adeleke & Babalola 2020). Tato krátkosezónní rostlina je z čeledi *Asteraceae*, rodu *Helianthus* a po celém světě se vyskytuje více než sedmdesát různých druhů této rostliny (Vilvert et al. 2018). Slunečnicová moučka je vyráběna jako vedlejší produkt, který vznikne při zpracování slunečnicových semen. Obsahuje bílkoviny, aminokyseliny jako například cystein a methionin a esenciální mastné kyseliny, jako jsou například valin, alanin, leucin, tryptofan a fenylalanin. Z vitamínů a minerálních látek je ve slunečnici zastoupen vitamín B, E, niacin, vápník, železo, draslík, fosfor, sodík, zinek, mangan a selen (Laguna et al. 2018). Semena obsahují přibližně 25 % oleje, který se ale v současné době vlivem šlechtění rostlin zvýšil až na 40 %. Slunečnicové slupky představují přibližně 25 % hmotnosti semene, které obsahuje 10 % proteinů (Peyronnet et al. 2012).

Brojlerová kuřata, která byla krmena slunečnicovou stravou, vykazovala velmi dobrou kvalitu jatečně upravovaného těla, která obsahovala vysoký podíl svalů a nízký obsah břišního tuku, který byl menší než 0,05. Došlo také ke zvýšení hladiny železa v krevní plazmě. Slunečnici lze považovat za skvělou dietní složku, která má vliv na hodnotu drůbežního masa (Zajac et al. 2020). Berwanger et al. (2017) podávali brojlerovým kuřatům vyrobený takzvaný koláč, který obsahoval 15 až 20 % slunečnice ve věku 22 až 42 dnů. Bylo zjištěno, že došlo ke zhoršení hmotnostních přírůstků a tato zvířata vykazovala horší hodnoty než kontrolní skupina, která byla krmena kontrolní stravou. Slunečnici je vhodné přidávat do krmiva zvířat, ale pouze do výše 10 %.

### 3.5.1.3 Hrách

Jedná se o velmi využívanou luštěninu, která je rozšířena po celém světě. Tato plodina má na trhu průměrný obsah bílkovin v rozmezí od 20–34 % (Bouravel et al. 2014). Hrachový protein obsahuje čtyři složky a to albumin, globulin, glutelin a také prolamin. Hlavním

zásobním proteinem u semen hrachu je albumin a také globulin. Obsahuje též aminokyseliny, a to s vysokým podílem lysinu. Je dobře dostupný na trhu a díky jeho nízkým nákladům na pěstování by mohl sloužit jako alternativní zdroj proteinu a dal by se využívat i jako náhrada za sójové či jiné živočišné proteiny v krmivech určených pro zvířata (Lu et al. 2020). Dle Fatica et al. (2022) příjem hrachu v dietě neovlivnil růst brojlerových kuřat, která byla chována v semiintenzivních podmínkách. Strava s obsahem hrachových bobů za zkoumané období byla levnější než strava, která obsahovala sóju. Přítomnost hrachu ve stravě však zvýšila roční emise oxidu dusného, což je jedno z negativ z hlediska dopadu na životní prostředí. Byla provedena studie, která zhodnotila vliv hrachového šrotu na fyzikálně-chemické vlastnosti a také organoleptické vlastnosti prsních svalů, tedy ty vlastnosti, které jdou hodnotit lidskými smysly. Výzkum byl proveden na 120 brojlerových kuřatech, konkrétně genotypu Ross 308, která byla rozdělena do třech skupin. Do 21 dnů věku byla tato zvířata krmena *ad libitum*, tedy bez omezení, kdy dostávala startovací krmnou směs. Od 22. dne byla krmena směsí, která obsahovala sójovou moučku, kukuřici, sójové oleje a také byla doplněna o minerály a vitamíny. U experimentální skupiny pak došlo ke změně krmiva, kdy sójová moučka byla nahrazena šrotem z hrachových semen. Bylo zjištěno, že hrách neměl žádný vliv na hmotnost kuřat, ale došlo ke zvýšení jejich osvalení. Zvířata, která dostávala hrách, měla méně hrubého tuku v prsních svalech. Mimo jiné došlo ke zvýšení pH ve svalech těchto kuřat a jejich maso bylo světlejší barvy. Byla zaznamenána změna v chuti masa, kdy toto maso bylo křehké (Janocha et al. 2021).

#### **3.5.1.4 Vlčí bob**

O tuto luštěninu, tedy o její semena či zrna vzrůstá zájem. Má velmi dobré nutriční vlastnosti, a to především díky vysokému obsahu bílkovin a zároveň díky nízkému obsahu tuku. Jedním z druhů vlčího bobu je lupina bílá, která je z kmene *Genistea*, čeledi *Leguminosae*. Tato jednoletá luštěnina dosahuje výšky až do 120 cm. Semena lupiny jsou velká a krémové barvy. Mají zploštělý tvar, kdy 1000 semen váží okolo 350-400 gramů (Tadele 2015). Tato semena jsou bohatá na bílkoviny, vlákninu, minerální látky, vitamíny, ale také na lipidy. Obsahují značné množství oleje a jsou hořké chuti. Z důvodu této chuti se začaly produkovat i odrůdy, které mají sladkou chuť. Pro hospodářská zvířata jsou vysokým zdrojem bílkovin a také vlákniny. Výhodou je také nízká hladina antinutričních faktorů, mezi které patří fytáty a lektiny (Uauy et al. 1995). Rozpustnost proteinu, sklon ke gelovatění či bobnání jsou její funkční vlastnosti. Obsahuje přibližně 34-44 % bílkovin

a dosahuje tak skoro stejných hodnot jako sója. Má však nedostatek aminokyselin, které obsahují síru, cystin a methionin (Kohajdová et al. 2011). Semena neobsahují šrob, tedy obsahuje pouze rezistentní šrob, který se pomalu tráví a dochází k postupnému uvolňování glukózy do krve (Pihlanto et al. 2017). Mezi hlavní složku vlákniny patří celulóza ve výši 79 %. Jak již bylo uvedeno výše, má nízký obsah tuku a to 2-3g/100g. Z nenasycených mastných kyselin je zde nejvíce zastoupena kyselina olejová a linolová. Za zdraví prospěšné je považováno nízké množství nasycených mastných kyselin a zároveň vysoké množství polynenasycených mastných kyselin. Poměr polynenasycených kyselin v semenech lupiny je 1,3 až 2,9:1 (Chiofalo et al. 2012). Obsah minerálních látek a vitamínů je zde ale malý. Například obsah vápníku je od 2,1 do 4,7 g/kg, obsah hořčíku od 1,2 do 2,2 g/kg a obsah sodíku od 0,1-0,2 g/kg (Sedláková et al. 2016).

### **3.5.1.5 Bob obecný**

*Vicia faba* se užívají v krmivech kuřat jako náhrada za sójový šrot. Tyto fazole však mají vysokou hodnotu antinutričních faktorů a obsahují šrob a mohly by tak mít nepříznivý vliv na užitkovost brojlerových kuřat. Hejdysz et al. (2019) provedli studii, kterou zjišťovali vliv různých druhů faba fazolí na užitkovost brojlerů, využití živin a na kvalitu masa. K tomuto pokusu bylo využito 160 kusů brojlerových kuřat Ross 308, která byla stará jeden den. První skupina zvířat byla krmena 300 gramy/kilogram stravy syrových semen a druhá skupina byla krmena stejným množstvím semen, ale tato semena byla extrudovaná. U skupiny, která byla krmena extrudovanými semeny, se snížil příjem krmiva a to na 2299 gramů. Druhá skupina přijímala krmivo podstatně lépe, kdy příjem krmiva byl 2466 gramů. Extrudovaná semena neměla žádný vliv na kvalitu masa a mohla by se tak využívat v krmivech určených pro brojlerová kuřata.

### **3.5.2 Alternativní zdroje proteinů**

Využití hmyzu jako potravy jak pro hospodářská zvířata, tak pro lidskou spotřebu se v současné době začíná stávat celosvětovým trendem. Hmyz může poskytovat velmi kvalitní bílkoviny s poměrně nízkými pořizovacími náklady na jejich chov, a jelikož produkují málo odpadních látek, má to také dobrý dopad na životní prostředí (Barragán-Fonseca 2020).

Z důvodu celosvětového nárůstu poptávky po mase a poklesu ploch půd se hledají alternativní zdroje proteinů, které by se mohly zařadit do krmiva zvířat. Využití hmyzu jako

složky potravy je vhodné z hlediska nízkých emisí skleníkových plynů a díky jejich vysoké účinnosti konveze krmiva (Van Huis 2016). Pro zvířata se alternativní zdroj proteinů vyskytuje především ve hmyzí moučce, v koncentrované potravě a v dehydrovaných či živých larvách.

Hmyz se skládá především z bílkovin a tuku, a to ve vysokých koncentracích a je tak životaschopnou alternativou pro výživu (Avedaño et al. 2020). Dle Karvan et al. (2018) obsah tuku je nejvyšší ve stádiu larvy a kukly hmyzu a v dospělosti je obsah tuku již relativně nižší. Dále bylo zjištěno, že samice hmyzu obsahují více tuku než samci. V roce 2011 byla světová produkce krmných směsí ve výši 870 milionů tun. Organizace OSN, která se zabývá výživou a zemědělstvím po celém světě odhadla, že do roku 2050 bude třeba vyrobit o cca 70 % potravin více, což představuje vážné problémy pro zajištění dostatku krmiva pro zvířata. Předpokládají, že dojde i k růstu populace, která by se v roce 2050 měla pohybovat k 9-10 miliardám lidí (Barragán-Fonseca 2020).

Mottet et al. (2017) předpokládá, že mezi rokem 2010 až 2025 dojde ke zvýšení živočišné výroby, a to způsobí nutnost zvýšení světové nabídky krmiva, a to z 6 na 7,3 miliard tun sušiny. V současné době se nejvíce využívá jako krmivo pro drůbež sójový extrahovaný šrot a rybí moučka. Rybí moučka se však stává velmi omezeným zdrojem, neboť dochází k omezení její nabídky a také dochází ke zdražování moučky na celém trhu. Sója se také hojně využívá v potravinách, které jsou určené pro lidskou spotřebu, a proto je třeba ji pěstovat ve větším množství, aby se pokryl i požadavek na krmiva pro hospodářská zvířata (Veldkamp & Bosh 2015).

### **3.5.2.1 Hmyz jako složka krmiv**

Některé druhy hmyzu jako například mouchy, cvrčci, termity, švábi či kobylky mají vysoký obsah bílkovin, který je v rozmezí 10,3 – 76,2 %. V krmivu pro brojlerová kuřata je hmyz přidáván v rozmezí od 4 do 29,65 %. Je velmi bohatý na vitamíny a minerální látky jako je vápník, dále pak také na tuky. Obsah aminokyselin, který je obsažen v tělech hmyzu, je dán především druhem a také jejich životním cyklem. Nejčastěji se u hmyzu z esenciálních aminokyselin vyskytuje arginin, leucin, lysin, threonin a valin. Z neesenciálních aminokyselin pak kyselina glutamová, kyselina asparagová a serin s alaninem. Nejvíce je zde zastoupena kyselina glutamová (Sitompul 2004). Zvířata chovaná v extenzivním chovu jsou přirozeně zvyklá hmyz konzumovat, a to z volné přírody, kde jej konzumují v různých fázích jejich

cyklu (Boveta et al. 2015). Několik druhů hmyzu jako je například bráněnka (*Hermetia illucens*), moucha domácí (*Musca domestica*), potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) a včela medonosná vlašská (*Apis mellifera ligustica*) má vysoký potenciál pro zařazení do krmné složky zvířat z důvodu vysokého obsahu hrubých bílkovin, které jsou srovnatelné s kvalitou rybí či sójové moučky (Bosh et al. 2014).

### 3.5.2.2 Technologie výroby hmyzí moučky

Larvy, které mohou být obsahem krmiv drůbeže, se sklízí z krmného substrátu, a to v šestém larválním instaru. Jejich tělo obsahuje 35 % bílkovin. Sušina těchto larev obsahuje vysoký podíl tuku, který je v rozmezí 7-58 %. Podíl tohoto tuku je velmi závislý na substrátu, na kterém jsou larvy chovány a na krmivu, které se larvám podává. Odpadní produkt z produkce hmyzu se využívá jako biohnojivo, které je velmi bohaté na dusík, fosfor a draslík a toto hnojivo má veliký potenciál v nahrazení minerálních hnojiv (Kebli & Sinaj 2017). Kyselina laurová, která je v larvách obsažena má antimikrobiální účinky a užívá se u drůbeže z důvodu snížení používání antibiotik během produkce drůbeže (Dicke 2018). Před použitím hmyzu jako složky krmiva je důležité jej zpracovat. Hmyz obsahuje chitin a vysoké množství hrubého tuku. Před jeho použitím v krmivu je nejdříve potřeba chitin oddělit a snížit obsah tuku (Hossain & Blair 2007).

U produkce hmyzu je výhodou jeho rychlý růst, snadné množení, a především nízká cena nákladů na jejich chov. Při produkci hmyzu je třeba vybrat druh, který má krátký reprodukční cyklus a lze tedy dosáhnout jeho velké produkce v krátkém časovém období. Dále je třeba vybrat hmyz, který má vysoký obsah živin, zejména bílkovin a aminokyselin, které obsahují síru. Dalším důležitým faktorem je jeho produkce udržitelným způsobem. Je třeba hledět na zdravotní stav zvířete, tedy aby mu konzumace hmyzu nezpůsobovala žádné alergické reakce a nedocházelo k otravám zvířete a následným ztrátám v produkci (Hidayat 2019).

U hmyzu jako je bráněnka, tedy (*Hermetia illucens*) dochází k životnímu cyklu larvy v délce osmnácti dnů. Poté přechází do fáze kukly, která je dlouhá čtrnáct dnů a tento cyklus končí vývinem v dospělého jedince (Wardhana 2016). Larvy jsou krmeny stravou, která pochází z odpadu, složeného z rostlinných složek. Po sedmi dnech krmení jsou larvy odděleny od trusu a od zbytků krmiva a jsou omyté vodou. Následně dochází k sušení larev, a to při teplotě 80°C a poté jsou vloženy do lisu a vzniká z nich moučka (Khairiyah et al. 2021).

U výroby hmyzí moučky z potměníka moučného dochází nejdříve k oddělení larev od trávy, které jsou poté zabaleny do mrazicích sáčků a dále zmrazeny a skladovány při teplotě 20°C. Poté dochází k rozmixování zmrazených larev, a to s destilovanou vodou v poměru 1:1 při teplotě 4°C. Larvy je třeba dále usušit, tím dochází k lyofilizaci. Následně je tuk odstraňován dvoukrokovou extraxí tuku pomocí hexanu, přičemž tento postup je opakován dvakrát. Zbytkový hexan je poté odstraněn, a to díky jeho odpařování, které trvá celou noc. V poslední fázi dochází k velmi jemnému namletí nízkotučných frakcí. K tomuto se využívá klasický mlýnek používaný na kávu. Vodnou extrakcí rozpustných proteinů pomocí destilované vody v poměru 1:25 byla získána frakce s vysokým obsahem bílkovin. Dále došlo k centrifugaci, tedy k procesu rozdělení částic při 4000 g a 20 °C po dobu 20 minut. Proteiny byly dále zamrazeny při -80 °C a došlo k jejich rozemletí, a to na velmi jemné části (Bubler et al. 2016). Šťastník et al. (2020) vyvinuli krmné směsi s podílem moučných červů a snažili se doporučit vhodnou dávku pro výkrm kuřat a pro slepice, která produkují konzumní vejce. K výrobě krmné směsi použili kukuřici, pšenici a červy potměníka moučného, které semleli pomocí kladívkového šrotovníku za použití 3 mm síta. Z důvodu, že tyto červi obsahují 30 % tuku, byli šrotováni společně se šrotem, který byl získán z pšenice. Tato vzniklá směs byla následně promíchána s podílem kukuřice a také byl přidán extrahovaný sójový šrot, řepkový olej a minerální doplňky, které byly promíchány v horizontální míchačce, dokud se nevytvořila homogenní krmná směs.

### 3.5.2.3 Negativa hmyzí moučky

Hmyzí moučka může negativně ovlivňovat vývoj střevní stěny, kdy brojlerová kuřata, která byla krmena hmyzí moučkou, měla kratší klky, což vede ke zmenšenému prostoru, ve kterém se vstřebávají živiny a také se snižuje jejich funkce (Dabbou et al. 2018). Jelikož není maso, které pochází ze zvířat krmených hmyzí moučkou, popřípadě i další výrobky z něj vyprodukované a určené pro lidskou spotřebu, tak rozšířené, vznikají obavy, že by hmyz mohl způsobovat alergické reakce především u lidí, ale i u zvířat, která jsou hmyzem krmena. Na základě toho byla moučka z mouchy domácí podávána brojlerovým kuřatům, u kterých ale nebyly zaznamenány žádné negativní účinky. U zvířat se neprojevila žádná alergická reakce a ani nedocházelo k výtoku z očí (Hall et al. 2018).

Pokud je hmyz využíván jako složka krmiva či přidáván do potravin, které jsou určeny pro lidskou potřebu, je zde potenciální nebezpečí, a to díky dvěma typům mikroflóry. První

typ této mikroflóry je přítomen v jejich trávicím ústrojí, který tento hmyz potřebuje pro metabolismus. Problém tedy spočívá v tom, že se hmyz zpracovává i s obsahem střev a ikdyž dojde k jejich odstranění, tak může dojít ke kontaminaci ze substrátu. Další mikroflóra je naopak přenesena na hmyz v době jejich chovu, ale také i při zpracování hmyzu či při jejich přepravě (EFSA 2015). Agabou a Alloui (2010) uvedli, že mikrobiální flóra hmyzu se skládá z různých bakterií, mezi které patří například *Bacillus*, *Escherichia*, *Lactobacillus* či *Streptococcus*.

Spousta druhů hmyzu jako například švábi či mouchy mají schopnost působit jako přenašeči patogenů jako je například *Salmonella*. Na základě provedeného výzkumu mouchy domácí, kterým bylo podáváno krmení s obsahem bakterií bylo zjištěno, že bakterie *E. coli* byly vyloučeny po asi 72 hodinách po požití hmyzem. Mouchy domácí nejsou tedy přenašeči (Kobayashi et al. 1999). Hmyz je také nositelem virů, které v chovech mohou způsobovat značné ztráty v jejich produkci. Hmyz se infikuje virem hlavně orálním příjmem, kdy dochází k nabobtnání larvy, která je infikovaná. Také může docházet k abnormálnímu vývoji různých částí hmyzu nebo dochází k deformaci křídel dospělců (Eilenberg et al. 2015). Pro hmyz jsou velmi nebezpečné houby, konkrétně entomopatogenní, které produkují toxiny, které jsou pro hmyz specifické a způsobují jim smrt. Pro lidi představuje nebezpečí ve formě přenašeče plísní a kvasinek, které se vyskytují jak u živého, tak i u zmrazeného či lyofilizovaného hmyzu. Pokud je ale hmyz chován v podmínkách, které jsou kontrolovatelné, tak nepředstavuje žádná další nebezpečí (Belluco et al. 2015).

Hmyzí protein vyrábí například společnost Hipromine, která sídlí v Polsku, ve městě Robakowa (Prímas 2023). Tato společnost zpracovává hmyz a nabízí různé varianty moučky. Vyrábí odtučněnou hmyzí moučku, která obsahuje minimálně 50 % bílkovin a slouží jako skvělá alternativa k rybím či drůbežím moučkám. Je vhodná pro krmivo domácích zvířat, ale také zvířat, nebo pro zvířata pocházející z akvakultury. Hmyzí moučka je vysoce stravitelná a hypoalergenní. Také obsahuje peptidy, které mohou urychlovat hojení ran a mají protizánětlivé účinky (Hipromine 2021).

#### **3.5.2.4 Legislativa**

Každý chovatel či zpracovatel hmyzích produktů musí dodržovat určitá legislativní nařízení. V zákoně č. 368/2019 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a některé související zákony (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů musí každá



osoba splňovat požadavky související s produkcí živočišných výrobků. Nařízení komise Evropské unie 2017/893, ze které vyplývá, že bílkoviny, které jsou získané z hmyzu a krmné směsi, které tyto bílkoviny obsahují, by měly být povoleny ke krmení živočichů, které pocházejí z akvakultury. Dle nařízení č. 1069/2009 má být hmyz považován za hospodářské zvíře a vztahují se na něj pravidla, stanovená v článku 7 a také v příloze IV nařízení č. 999/2001 ohledně zákazu krmení. Zpracované bílkoviny získané z farmově chovaného hmyzu musí být vyrobeny v zařízeních, které se výhradně zabývají výrobou produktů z farmově chovaného hmyzu. Dále bylo stanoveno, že bílkoviny, které jsou získány z chovaného hmyzu a jsou tedy určené k výrobě krmiv pro hospodářská zvířata, se mohou získávat pouze z druhů bráněnka (*Hermetia illucens*), moucha domácí (*Musca domestica*), potemník moučný (*Tenebrio molitor*), potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*), cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček krátkokřídý (*Gryllobates sigillatus*) a cvrček banánový (*Gryllus assimilis*) (Nařízení komise EU č. 2017/893). Substrát, kterým může být hmyz krměn, nesmí obsahovat produkty, které jsou živočišného původu mimo rybí moučku, med, vejce či vaječné výrobky, mléko a mléčné výrobky, krevní výrobky z nepřezhývkavců, želatinu a kolagen z nepřezhývkavců, tavené či škvařené tuky, hydrolizované bílkoviny z nepřezhývkavců, hydrogenufosforečnan vápenatý. Substrát nesmí obsahovat hnůj či jiný druh odpadů. Jsou stanoveny požadavky na prostory, ve kterých je možné hmyz chovat, což stanovuje vyhláška č. 268/2009 Sb. Nařízení č. 1069/2009 stanovuje značení etiket bílkovin získané z farmově chovaného hmyzu, kdy tyto produkty musí být zřetelně označeny, že obsahují zpracované bílkoviny z nepřezhývkavců a nejsou tak určeny pro krmení hospodářských zvířat. Toto však neplatí pro živočichy, které pocházejí z akvakultury a také pro kožesinová zvířata (Nařízení č. 1069/2009). Od roku 2021 je zkrmování hmyzí moučky povoleno i drůbeži a prasatům (Nařízení komise EU č. 2021/1372). Komise (ES) č. 152/2009 stanovuje metody odběrů vzorků a také postupy laboratorního zkoušení pro účely úřední kontroly krmiv (Šťastník et al. 2020).

Jeli hmyz chován za účelem přidání do krmiv hospodářských zvířat, nebo je určen k lidské spotřebě, tak je hmyz označován jako hospodářské zvíře. Jejich chov se tak pojí s celou řadou omezení a přísné legislativě. Může být krměn pouze těmi krmivy, která mohou být podávána všem hospodářským zvířatům (Prímas 2023).

### 3.5.2.5 Chov hmyzu

V současné době nejen v České republice, ale také ve světě se hmyz chová na farmách, a to v převážně v uzavřených prostorech. V těchto prostorech je hmyz umístěn do boxů. V nabídce jich je celá řada. Pro chov hmyzu je nejdůležitější správné mikroklima prostředí a dostatek vody a vhodný substrát, který je používán jako hlavní zdroj krmiva (Eyer & Vargo 2021). V České republice se můžeme setkat s malými chovy hmyzu, které produkují jen několik litrů hmyzu za měsíc. Tato produkce je určena pro chovatele ptactva či terarijních zvířat. Tento chov spravuje zpravidla pouze jeden majitel. Dále jsou chovy střední, které produkují několik set litrů za měsíc, těchto je v České republice velice málo, jedná se o desítky chovů. Největší chovy jsou již farmy, které za měsíc vyprodukují i několik tisíc kilogramů hmyzu. K tomu se využívají například velké staré zemědělské usedlosti. Těchto farem je v Česku pouze 20. Nejvíce se u nás chová moučný červ (*Tenebrio molitor*) a potěmník stájový či potěmník brazilský, tyto se řadí do skupiny potěmnicí. Dále se také chová rovnokřídlý hmyz, do kterého patří cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček banánový, ale i saranče všežravá či saranče stěhovaná a v neposlední řadě také chov švába argentinského (SVZH 2023). Největší farma, která se vyskytuje v České republice, je farma nacházející se v Jaroměřicích nad Rokytnou, která je největší producent hmyzu ve střední a ve východní Evropě. Tato farma produkuje až 12 tun hmyzu měsíčně. Nejvíce zastoupený druh v tomto chovu je potěmník moučný (Jakubcová 2020).

Výhodou chovu hmyzu je především to, že z něj nevzniká skoro žádný odpad, a navíc je krmem právě organickým odpadem (Prímas 2023). Stále se hledají nové zdroje alternativních proteinů, a proto se uvažuje o zařazení hmyzu nebo i vodních řas do krmiva brojlerů, ale i do krmiva nosnic. Kuřata, která byla krmena alternativními zdroji proteinů, konkrétně hmyzem měla v masě zvýšený obsah mastných kyselin, především omega 3 mastné kyseliny, které jsou pro zdraví velmi prospěšné (Ježková 2023).

### 3.5.2.6 Druhy hmyzu a jejich produkce

Jak již bylo uvedeno výše, dle Nařízení komise Evropské unie 2017/893 bylo povoleno využívat a zpracovávat živočišné bílkoviny z farmově chovaného hmyzu pouze pro akvakulturu. V roce 2021 však došlo ke změně, kdy Evropská komise vydala nařízení, kterým se mění příloha č. IV nařízení (ES) č. 999/2001, na základě, které byl zrušen zákaz používání živočišných bílkovin, které byly získané z faremně chovaného hmyzu pro prasata a drůbež.

Pro tato krmiva lze získávat pouze jen z některých druhů hmyzu, kdy se jedná konkrétně o následující:

- bráněnka (*Hermetia illucens*)
- moucha domácí (*Musca domestica*)
- potěmník moučný (*Tenebrio molitor*)
- potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*)
- cvrček domácí (*Acheta domestica*)
- cvrček krátkokřídý (*Grylloides sigillatus*)
- cvrček banánový (*Gryllus assimilis*)

#### 3.5.2.6.1 Moucha bráněnka

Pochází z tropických a subtropických oblastí amerického kontinentu. Po druhé světové válce však došlo k jejímu rozšíření po celém světě. Nejčastěji se vyskytuje v oblastech mezi 40 stupni jižní a 45 stupni severní šířky. Dále se také hodně vyskytuje v Turecku (Diener et al. 2011). Jedná se o mouchu z řádu Diptera, čeledi Stratiomyidae, podčeledi Hermetiinae, rodu *Hermetia*. Velice jí prospívají vyšší teploty v rozmezí 27 až 30 °C a dále vlhkost, která je ve výši 60–70 %. Produkce těchto much je velice výhodná, neboť nepotřebují značné množství energie, prostoru, vody ani žádné další speciálního vybavení. Dokáže se velmi rychle rozmnožovat a při jejím zkrmování nezpůsobuje emise metanu ani další skleníkové plyny. K produkci larev bráněnky lze využít i hnůj, který je vyprodukovaný z farmy dobytka (Amatya 2009). K chovu tohoto hmyzu je zapotřebí zajistit dostatečné teplo, vlhkost a větrání. Velice důležité je také sluneční záření. Na jejich chov je třeba mít nádoby, které jsou určené na produkci larev a poté boxy, které se využívají již pro dospělé jedince (Caruso et al. 2014).

Bráněnka, tedy *Hermetia illucens* má cyklus, který je složen z pěti fází vejce, larva, prekukla, kukla a následuje dospělý jedinec. Velmi záleží na teplotě a na prostředí, ve kterém je chována. Fáze kuklení nastává nejčastěji na jaře a tato fáze je různě dlouhá, nejčastěji trvá od 9 dnů do 5 měsíců. Někteří jedinci se tak mohou vyskytovat již v dubnu a někteří až v srpnu či ke konci léta. Pro tyto larvy je typické, že si hledají suchá místa, ve kterých dochází k jejich zakuklení. Po vylíhnutí je pro ně typická matná až bělavá barva a mají větší vyčnívající hlavu s vyvinutým žvýkacím ústrojím. Tyto larvy potřebují pro

dokončení svého vývoje asi 30 dní. V dospělosti se nepotřebují živit a jsou živeny z tuků, které si uložili během larválního vývoje (Olivera et al. 2015). Toto tvrzení také potvrdil Spranghers et al. (2018), kteří uvedli, že bráněnka v dospělosti již přijímá pouze vodu. Co se týče dospělých jedinců, tak samice klade již dva dny po oplodnění, přičemž je oplodněna samcem v letu. Je schopna naklást až 639 vajíček. Samice poté vajíčka klade v blízkosti hnoje či kompostu. Pokud má jedinec dostatek energie potřebné pro přežití, tak přechází do fáze pre-kukly. Proto tuto fázi je typické změna jejich zbarvení. Doba vývoje od vajíčka do dospělého jedince, kteří byli chováni v teplotě 27 °C, se pohybovala od 40 do 43 dnů. 55-60 % tvořily samice, které byly větší než sami, ale samice žili o jeden den méně než samci, tedy 8 dní (Tomberlin et al. 2022).

Obsahy živin bráněnky se mohou lišit dle toho, čím se živí, nebo čím je krmena. V některých případech má i na toto značný vliv prostředí. Bylo zjištěno, že obsah bílkovin se u bráněnky moc nemění, oproti obsahu bílkovin v rybí či sójové moučce. *Hermetia illucens* obsahuje 20–70 % bílkovin, zatímco rybí či sójová moučka obsahuje bílkovin v rozmezí 43-56 % (Bosh et al. 2014). Hmyzí proteiny vykazují vyšší obsah methioninu a tyrosinu. Bráněnka obsahuje 30-60 % aminokyselin, 10-50 % tuku a 2-10 % cukru. Mimo jiné obsahuje i mastné kyseliny, minerální prvky a vitamíny (Liu et al. 2019). Moučka vyrobená z bráněnky má vysoký obsah aminokyselin a bylo zjištěno, že ji brojlerová kuřata velmi dobře přijímají a také dobře tráví. Jedná se o velmi cenný zdroj bohatý na bílkoviny (Schiavone et al. 2019). Dle Ewald et al. (2020) larvy, které mají vyšší hmotnost, obsahují více nasyčených mastných kyselin než kyselin nenasycených. Například obsahují 58,9 % kyseliny laurové. Z minerálních látek je hmyzí moučka z bráněnky velmi bohatá na vápník, který může dostahovat až 9 %. Ten je velmi důležitý pro tvorbu kostí a jeho nedostatek tak může způsobit různá onemocnění, jako například onemocnění zvané křivice. Díky tomu, by se mohlo jednat o skvělou alternativu za krmný vápenec a mohlo by tak dojít k jeho snížení v krmivech či úplnému nahrazení (Makkar et al. 2014). Také obsahuje fosfor v rozmezí 0,7 až 1,5 %, který je podstatný při metabolických reakcích jako například na produkci energie a jeho nedostatek může způsobit vady v růstu, ale i ve vývoji či produkci vajec a je velmi dobře stravitelný (Valable et al. 2018). Kromě fosforu a vápníku obsahuje minerály, jako například zinek, sodík, selen, mangan, draslík, hořčík, železo. Obsah těchto esenciálních kyselin se velmi liší podle druhu substrátu, na kterém je hmyz chován a také na jeho celkovém zpracování. Esenciální kyseliny hrají důležitou roli při imunitní odpovědi a také při krvetvorbě. Jejich optimální hladiny však v krmné dávce drůbeže nejsou doposud přesně stanoveny a je třeba provést další výzkumy (Seyedalmoosavi et al. 2022).

### 3.5.2.6.2 Potemník moučný

Tento druh hmyzu pochází z čeledi *Tenebrionidae* a prochází čtyřmi fázemi vývoje. Fáze vajíčka trvá přibližně 7–14 dní, ale toto není pevně dáno, jelikož tato fáze může trvat až 8 týdnů. Obdobně jako u bráněnky velice záleží na teplotě a na vlhkosti ve kterých jsou vajíčka chována. Špatné podmínky mohou prodloužit inkubační dobu, a to až dvojnásobně. Larva bývá žluté, ale někdy i bílé barvy. Další fází je fáze kukly, která je ukončena vývojem v dospělého jedince. Tato fáze je dlouhá 3 až 30 dnů. Proces páření je u potemníka proces velmi zdoluhavý, který může trvat až dva týdny. Obvykle samice naklade okolo 100–200 vajíček. Po dosažení dospělosti jsou samci připraveni k páření přibližně za dva týdny. Samice poté zahrabávají svá vajíčka do substrátu, který je pro ně dostupný (Riaz et al. 2023).

Larvy *Tenebrio molitor* jsou někdy označovány jako žlutý či moučný červ a patří mezi velmi cenné zdroje především díky jejich nutriční hodnotě, dobré stravitelnosti a díky vysokému obsahu bílkovin, který je ve výši 65,6 % a v neposlední řadě také díky obsahu aminokyselin. Nahrazuje tak zcela rybí či sójovou moučku. Dále obsahuje nestravitelnou vlákninu chitin, která má velice pozitivní účinky na imunitní systém. Obsah hrubého proteinu larev se pohybuje okolo 52,4 % nebo v rozmezí od 47 do 60,2 %, což je méně než u rybí moučky, kde je obsah hrubého proteinu ve výši 67,5 %. V průměru obsahují 30,8 % hrubého tuku, který se pohybuje v rozmezí od 19,1 do 36,7 %, kdy tento je vyšší než u rybí moučky, kde je pouze 10,4 %. Také obsahuje surový popel ve výši 4,2 %. Obsah hrubé vlákniny se pohybuje v rozmezí od 4,19 do 22,35 %, kdy v průměru dosahuje 7,43 % (Jonas-Levi & Martinez 2017). Dle Lee et al. (2019) je potemník moučný považován za vysoce udržitelný zdroj proteinů. Leucin, valin a lysin jsou nejvíce zastoupené aminokyseliny, zatímco histidin, methionin a tryptofan jsou zde již zastoupeny méně. Obsah lysinu se pohybuje v rozmezí 1,58-5,76 %, methioninu 0,52-2,20 %. Z nasycených mastných kyselin pak obsahuje kyselinu myristovou v rozmezí od 2,12 do 5,21 %, kyselinu palmitovou v rozmezí od 9,33 % do 17,24 %, kyselinu palmitolejovou v rozmezí od 9,33 % do 17,24 % a také kyselinu linolovou a linolenovou. Z esenciálních polynenasycených mastných kyselin obsahuje 46,1 až 47,3 gramů na 100 gramů omega n-3 mastných kyselin a také 31,1-31,6 gramů na 100 gramů omega n-6 mastných kyselin. Z minerálních látek obsahuje fosfor, sodík, draslík, hořčík, železo a také zinek a měď (Hong et al. 2020).

Dle Šťastník et al. (2020) lze krmné směsi s obsahem moučných červů používat ve všech obdobích, ve kterých dochází k výkrmu kuřat. Mohou být užity buď v granulované či drcené

formě granulí. Dále mohou být použity i v negranulované formě. Bylo zjištěno, že je vhodné do krmných směsí přidávat moučné červy do výše 2 %.

### 3.5.2.6.3 Cvrček domácí

*Acheta domestica*, tedy cvrček domácí pochází z jižní Evropy, ale vyskytoval se i v severní Africe a v teplých oblastech, tedy i například v Asii. Tento druh hmyzu patří do čeledi *Gryllidae*, kmen *Arthropoda* (Englmaierová et al. 2021).

Tak jako u předchozích druhů hmyzu začíná vývojový cyklus cvrčků z vajíčka. V chovech cvrčků se vajíčko přesune do inkubační místnosti, kde je velmi sledována teplota a také vlhkost. Teplota by zde měla být pokojová, tedy cca 18–25 °C. Po cca jednom týdnu dojde k přesunutí vajíčka do takzvané líhnoucí místnosti, kde je již vyžadována teplota nižší. V této místnosti je vajíčko cca 2–3 dny a následně dojde k jeho vylíhnutí. Po jednom dni se vylíhlý cvrček již přesouvá do hlavní místnosti produkční části, a to do modrého boxu, ve kterém má dostatek potravy a také dostatečný příděl vody. Uvnitř boxu jsou umístěné prázdné kartonové krabice od vajíček, které poskytují cvrčkům úkryt. U cvrčků, kteří jsou staří 32 dnů, a jsou vybráni k výrobě hmyzí moučky, dochází k hibernaci. V modrých boxech jsou přesunuti do další místnosti, ve které jsou následně schlazeni. Hibernace je pro cvrčky přirozená. Setkávají se s ní i ve volné přírodě, kdy ranní teploty jsou nízké a cvrčci tak přechází do hibernace. Díky tomuto schlazení dojde k zastavení metabolických činností a přechází se na proces plného zmrazení (SENS 2020).

*Acheta domesticus* je velmi bohatý na bílkoviny a vlákninu, ale obsahuje nižší procento tuku a také nižší energii, než jiné druhy hmyzu (Harsányi et al. 2020). Jedná se o nejvíce produkováný druh hmyzu ve Spojených státech amerických. Zde se využívá jako složka krmiv pro zvířata, či je přidáván do potravin, které jsou určeny pro lidskou spotřebu. Cena hmyzí moučky je však mnohem vyšší ve srovnání s jinými zdroji hmyzu (Morales-Ramos et al. 2018). U cvrčků domácích byl prozkoumán vliv teploty na jejich celkový vývoj. Bylo zjištěno, že jedinci, kteří byli chováni při teplotě 25 °C, rostli pomaleji a déle trval jejich celkový vývoj, který byl dlouhý asi 119 dnů. Tito jedinci dosahovali větších tělesných rozměrů než ti, kteří byli chováni ve vyšších teplotách, konkrétně ve 28 °C. U této skupiny hmyzu docházelo k delšímu vývojovému období a tím se zvyšovaly i celkové náklady na jejich chov (Booth & Kiddley 2007).

#### 3.5.2.6.4 Moucha domácí

Tento druh hmyzu je hojně rozšířen po celém světě a nevadí mu ani nízké teploty. Můžeme ho najít i v Arktidě. Moucha domácí je z čeledi *Muscidae* (Hamani et al. 2022).

Vývojový cyklus mouchy domácí je tvořen čtyřmi fázemi, stejně jako vývoj potemníka. První fáze je fáze vajíčka, kdy samice mouchy domácí jsou schopné naklást až 500 vajíček, a to ve velmi krátké době, tedy již během tří dnů. K největší produkci vajíček dochází při vyšších teplotách, které mohou dosahovat až 25–30 °C. Vajíčka musí být neustále vlhká, jinak nedojde k jejich vylíhnutí (Lynsk 1993). Z toho důvodu samice vyhledává vlhké prostředí, do kterého klade vajíčka. Ideálním prostředím je například hnůj, který se jeví jako skvělý substrát a je vhodný pro jejich následný vývoj. Larvy jsou v raném stádiu velké 3–9 milimetrů a mají krémově bílou barvu. Optimální teplota pro jejich vývoj je vyšší a vyhovují jim vysoké teploty, které mohou dosahovat až 38 °C. Ve stádiu kukly dochází ke změně barvy jejich těla. Barva může být velmi variabilní, a to od žlutých odstínů až po černou barvu. Poslední stádium je stádium dospělého jedince, přičemž samice dosahují větší velikosti než samci. Samice má široký prostor mezi očima a díky tomu ji můžeme snadno odlišit od samce. Samci mají navíc spodní stranu těla žlutě zbarvenou (Krafsur et al. 1985).

Hall et al. (2018) provedli nutriční analýzu larev mouchy domácí, na základě, které bylo zjištěno, že její larvy jsou velice bohaté na bílkoviny a na aminokyseliny, především lysin a methionin. V chovu brojlerů ve Spojeném království byla dále odebrána trávenina a byly měřeny zánětlivé reakce. Zaměřili se hlavně na erozi žaludku a také na výtoky z očí. Nebyly pozorovány žádné rozdíly ve stravitelnosti, takže se tento alternativní zdroj jeví jako vhodný a mohl by se tak využívat v krmivech, které jsou určeny pro brojlerová kuřata.

#### 3.5.2.6.5 Bourec morušový

*Bombyx mori* někdy označován jako noční motýl, pochází z čeledi *Bombycidae*. Poprvé byl jeho chov zaznamenán v Číně, a to již před 5200 lety (Makkar et al. 2014). Housenka bource během 4-6 týdnů dosáhne velikosti až deseti centimetrů. Je zajímavým alternativním zdrojem bílkovin, ale nejsou však dostatečně prozkoumány jeho nežádoucí či vedlejší účinky, aby se mohl plně zařadit do krmné dávky, nebo aby se mohla určit jeho celková vhodnost právě pro hospodářská zvířata.

I jako u předchozích druhů hmyzu se vývojový cyklus bource skládá ze čtyř fází, tedy vajíčka, larvy a poté následuje kukla a v konečné fázi dospělý jedinec. Samice bource kladou

asi 300 až 400 vajíček, která jsou na listech moruše, což je rostlina z čeledi morušovníkovité a jejich plodem je ovoce moruše (Maqsood et al. 2022). Tato vajíčka jsou velmi malá a jsou žluté barvy. Druhou fází je larva housenky, která je dlouhá asi 4–6 milimetrů. Její tělo je drsné a bez srsti (He et al. 2021). Ve fázi dospělosti tyto larvy dosahují až 8 centimetrů. Ve fázi kukly se vyvíjejí orgány, mezi které patří kopulační aparát, křídla a tykadla. Tato fáze trvá asi 2 až 3 týdny, než se promění v dospělého jedince (Nwibo et al. 2015).

Kukly bource jsou velmi bohaté na omega 3 mastné kyseliny, které jsou důležité pro zdraví člověka. Složení moučky je srovnatelné se složením rybí moučky, kdy bylo zjištěno, že obsahuje 57,21 % bílkovin, 31,29 % tuku 6,27 % bezdusíkového extraktu, 2,39 % vlákniny, 6,65 % vlhkosti, 4,01 % popela a obsah sušiny je ve výši 94,45 % (Bhagat & Barat 2017). Z minerálních látek je nejvíce bohatý na draslík, ale obsahuje i vápník, železo a fosfor. Mimo jiné obsahuje také esenciální mastné kyseliny, a to kyselinu alfa linolenovou a kyselinu linolovou ve výši 19 %. Z neesenciálních mastných kyselin kyselinu eikosapentaenovou ve výši 0,3 %. Z vitamínů je velmi bohatý na vitamín B2, tey riboflavin, B1 thiamin, B6 pyridoxin a také na kyselinu listovou (Koundinya & Thangavelu 2005).

## **3.6 Vliv alternativních zdrojů proteinu na užitkovost masa**

### **3.6.1 Živá hmotnost**

Brojlerová kuřata, kterým byla do krmné dávky přidána hmyzí moučka z bráněnky dosahovala vyšších hmotností. Byla o 150-200 g těžší než ta kuřata, která byla krmena například sójovou, rybí moučkou či spirulinou, tedy druhem sinice (Altmann et al. 2018). Toto potvrdili také Altmann et al. (2020) v dalším výzkumu, kdy bylo zjištěno, že kuřata dosahovala vyšší živé hmotnosti. U brojlerových kuřat zaznamenali rozdíly v živé hmotnosti, kdy kuřata, která byla krmena sójou, měla živou hmotnost okolo 2,28 kg, zatímco ta kuřata, která byla krmena hmyzem, konkrétně bráněnkou měla hmotnost cca 2,48 kg. Bylo zjištěno, že zařazování bráněnky do výživy kohoutků brojlerových kuřat vedlo ke zlepšení živé hmotnosti zvířat. Na druhou stranu bylo zjištěno, že negativně docházelo k ovlivnění konverze krmiva a také morfologii střev. Z tohoto důvodu je lepší zařazovat tento hmyz do krmných dávek v nižších poměrech.

Brojlerová kuřata, která byla krmena krmivem s 50 % obsahem bráněnky měla nižší živou hmotnost, která odpovídala 1,76 kg. Zvířata v kontrolní skupině dosahovala mírně vyšších hodnot, jejich hmotnost byla oproti kontrolní skupině, kdy tato zvířata měla hmotnost



1,80 kg (Kim et al. 2021). Schiavone et al. (2019) uvedli, že zařazení bráněnky do krmiva ve výši 10 % nemělo žádný vliv na živou hmotnost.

Byl proveden výzkum ohledně zařazení potemníka moučného do krmné dávky brojlerových kuřat. Tato kuřata byla rozdělena do třech skupin po pěti kusech a dále byla krmena rozdílným krmivem, a to po dobu šesti týdnů. První skupina zvířat byla krmena stravou, která je běžně dostupná a další byla krmena stejným typem krmiva, ale došlo k jeho obohacení ve formě sušených moučných červů, a to ve výši 3 %. Poslední, tedy třetí skupina byla krmena formulovaným krmivem z potemníka. Na základě toho bylo zjištěno, že zvířata ve všech třech skupinách měla skoro shodnou průměrnou hmotnost, a to 2,375 kg a 2,3762 kg. Druhá skupina, tedy ta, které byla krmná dávka doplněna o moučné červy ve výši 3 %, vykazovala o něco vyšší hmotnost 2,52 kg (Machona et al. 2022).

Další výzkum byl proveden u 100 jednodenních brojlerových kuřat, která byla rozdělena do dvou skupin po padesáti kusech. 42 dnů byla tato kuřata krmena směsí s obsahem mouchy domácí, který byla zařazena do krmiva ve výši 5 %. Byla sledována jejich průměrná tělesná hmotnost, která byla významně vyšší oproti kontrolní skupině zvířat (Radulović et al. 2018).

Kuřatům, kterým byla podávána krmná směs s obsahem moučky z cvrčka domácího ve výši 30 g/kg měla ve 14 dnech věku vyšší živou hmotnost než ta kuřata, kterým byla podávána vyšší dávka, a to 90 g/kg. Byla u nich zjištěna i vyšší hmotnost ve věku 35 dní, kdy vážila 2446 g. Kuřata s vyšší dávkou cvrčků v krmivu měla hmotnost 2001 g (Englmaierová et al. 2021). Z výše uvedeného je tedy patrné, že zařazování alternativního zdroje proteinu, tedy různého druhu hmyzu vedlo ke zvyšování živé hmotnosti brojlerových kuřat. Ovšem pokud byla kuřatům podávána vyšší dávka hmyzu, vedlo to naopak ke snížení jejich hmotnosti.

### 3.6.2 Růst

Z důvodu celosvětové rostoucí produkce se velmi intenzivně hledají krmiva, která by mohla nahradit sóju ve stravě určené drůbeži. Larvy mouchy bráněnky, tedy *Hermetia illucens* mají velký potenciál a mohly by tak plně nahradit sójové boby (Bosh et al. 2014).

Moula et al. (2018) kteří zahrnuli bráněnku do krmné dávky ve výši 15 % zjistili následující denní přírůstky: u zvířat věku 1-10 dní byl denní přírůstek 22,77 g, v 10-24 dnech 59,1 g, a u zvířat ve věku 24–35 dnů byl zjištěn denní přírůstek ve výši 88,81 g (Dabbou et al. 2018). Hmotnost kuřat, která byla krmena standardním krmivem, ve kterém

došlo ve výši 8 % k nahrazení larev bráněnky byla mírně vyšší než u kuřat, která byla krmena pouze standardním krmivem, bez obsahu hmyzu. Oproti tomu Schiavone et al. (2018) uvedli, že zařazení bráněnky do krmiva ve výši 10 % nemělo vliv na denní přírůstek a živou hmotnost.

Murawska et al. (2021) provedli výzkum, při kterém zaznamenávali živou tělesnou hmotnost, průměrný denní přírůstek a průměrný denní příjem krmiva, a to pomocí elektronické váhy. Počáteční růstová výkonnost mezi různými dietami brojlerových kuřat se nelišila, ale v následujících fázích došlo ke změnám. Brojlerová kuřata, která byla krmena bráněnkou ve výši 10 % měla ve 14 dnech věku nejvyšší hmotnost 446,57 g, zatímco ta, která byla krmena bráněnkou ve výši 100 % měla hmotnost 337,53 g, což je o dost nižší hodnota. Bylo zjištěno, že čím více se tento hmyz přidával do krmiv, tím menší měla kuřata hmotnost. Nahrazení krmiva hmyzí moučkou z bráněnky vysokou hladinou, tedy 50–100 % v krmivu brojlerových kuřat v období odchovu je značně nepříznivé, jelikož to negativně ovlivňuje růst kuřat (Murawska et al. 2021).

Heuel et al. (2022) zkoumali nutriční hodnotu bráněnky, aby zjistili, zdali je její zařazení do stravy drůbeže vhodné. K tomuto pokusu bylo vybráno 80 pomalu rostoucích kuřat, která se vykrmovala 63 dnů. Pro toto bylo vytvořeno celkem pět diet. Dvě skupiny diet byly vytvořené na bázi sóji a zbylé tři diety obsahovaly hmyzí mouku z *Hermetia illucens*. Následně se u zvířat hodnotil jejich růst. Brojlerová kuřata, která byla krmena dietou s obsahem hmyzu, lépe rostla.

Bylo zjištěno, že zařazení hmyzí moučky z potměníka moučného do krmiva drůbeže má pozitivní vliv na růstovou schopnost brojlerových kuřat (Hong et al. 2020). U brojlerových kuřat je velice důležité takzvané startovací období, protože v tomto období dochází k velmi rychlému růstu a dochází i k velmi rychlému celkovému vývoji. V tomto období se hmotnost zvířat může až čtyřikrát zvětšit a značně to ovlivňuje jejich další růst (Gajana et al. 2016).

Byla provedena studie, na základě, které se bourec morušový zařadil do krmné dávky drůbeže, a to konkrétně brojlerovým kuřatům Ross 308. Celkem 90 jednodenních kuřat bylo rozděleno do třech dietních skupin, přičemž v jednom kotci bylo vždy šest kuřat. Jedna ze skupin byla krmena klasickým krmivem s obsahem sóji, další skupina konzumovala startovací dietu. Na konci každé fáze krmení pak docházelo k převážení zvířat, aby se stanovila jejich živá hmotnost. Kuřata byla utracena ve věku 42 dnů a následně bylo provedeno fyzikálně-chemické hodnocení kvality masa. Výsledkem tohoto výzkumu bylo zjištění, že krmení bourcem morušovým mělo vliv na růstovou výkonnost, tedy tato zvířata lépe rostla a také měla velmi dobrou kvalitu masa (Zsedeli et al. 2022).

Zařazením potemníka moučného do krmiva brojlerovým kuřatům zlepšilo přírůstek tělesné hmotnosti (Benzertiha et al. 2020). Ullah et al. (2017) uvedli, že pokud byl do krmné dávky brojlerovým kuřatům přidán bourec morušový, projevila se u těchto kuřat rychlejší růstová schopnost.

Hamani et al. (2022) nepozorovali žádné změny v nárůstu hmotnosti a tím pádem nebylo zjištěno, že by hmyz, tedy přidání mouchy domácí do krmné dávky měl nějaký vliv na růst zvířat a ani nebyly také zjištěny žádné negativní účinky. Toto tvrzení vyvrátil Hamani et al. (2022) v dalším výzkumu, ve kterém bylo zjištěno, že tento druh krmiva měl vliv na růst kuřat, která rychleji rostla. U brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z mouchy domácí byly zjištěny vyšší denní přírůstky oproti kontrolní skupině zvířat (Radulović et al. 2018).

Wang et al. (2005) přidávali do krmné směsi moučku s obsahem cvrčka domácího brojlerovým kuřatům, přičemž nebyly zjištěny žádné větší rozdíly v přírůstku hmotnosti.

V Nigérii byl proveden výzkum na místních chovech kuřat, kde nahrazovali rybí moučku za larvy mouchy domácí. Sestavili pět krmiv, která obsahovala 25 % sušených larev, 50 % sušených larev, 25 % čerstvých larev, 50 % čerstvých larev a poslední obsahovala 50 % sušených a čerstvých larev zároveň. Tento výzkum byl proveden na celkem 165 kuřatech, která byla stará tři týdny. Ta byla rozdělena do 15 boxů, a to po jedenácti kusech zvířat. Bylo zjištěno, že nebyl pozorován a ani zaznamenán žádný účinek na růst těchto zvířat a ani nedošlo ke změně jejich fyzického stavu. Z tohoto byl vyhotoven závěr, že moučka z těchto larev je levný zdroj bílkovin, který by mohl sloužit jako částečná náhrada za rybí moučku (Hamani et al. 2022).

### **3.6.3 Mortalita**

Zařazení bráněnky do krmné dávky brojlerovým kuřatům vedlo k velmi dobré užitkovosti, přičemž kuřata byla zdravá a vyskytovala se u nich nízká úmrtnost (Astuti & Komalasari 2020). Mortalita byla také sledována u brojlerových kuřat v Nigérii, kde těmto kuřatům přidávali do krmné směsi larvy mouchy domácí. Hamani et al. (2022) nezjistili žádné významné rozdíly v mortalitě, tedy toto krmivo nemělo vliv na úhyny kuřat. Englmaierová et al. (2021) uvedli, že pokud byl do krmné dávky zařazen alternativní zdroj proteinu, konkrétně moučka z cvrčka domácího mělo to za následek vyšší úhyny brojlerových kuřat.

### 3.6.4 Spotřeba krmiva

Schiavone et al. (2018) uvedli, že zařazení bráněnky do krmiva ve výši 10 % nemělo žádný vliv na konverzi krmiva. Pokud byla *hermetia illucens* přidána do krmné dávky nosnicím vedlo to ke zvyšování hmotnosti vajec a také ke zvětšování tloušťky skořápek. Nebyli u nich zjištěny významné rozdíly v příjmech krmiva (Kawasaki et al. 2019).

Čím více byla bráněnka obsažena v krmivu, tím byl nižší denní příjem krmiva, a i nižší celková hmotnost jatečně upraveného těla. Také bylo zjištěno, že dochází ke zvyšování tukových zásob kuřat v oblasti břicha. Toto však platí pouze v případě, kdy je do krmiva zařazena bráněnka, která nebyla odtučněná (Shiavone et al. 2018).

Hamani et al. (2022) uvedli, že u brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z mouchy domácí se zvýšila spotřeba krmiva. Oproti tomu Radulović et al. (2018) uvedli, že se u brojlerových kuřat, která byla krmena moučkou z mouchy domácí, spotřeba krmiva značně lišila.

Pokud byla brojlerovým kuřatům do krmné směsi přidávána moučka s obsahem cvrčka domácího, došlo ke zvýšení konverze krmiva a také se snížila celková spotřeba krmné směsi (Englmaierová et al. 2021). Oproti tomu Wang et al. (2005), kteří se zaměřili na ukazatele užitečnosti brojlerových kuřat, nezaznamenali žádné významné rozdíly v konverzi krmiva a ani ve spotřebě krmné směsi.

Benzertiha et al. (2020) uvedli, že zařazením potměníka moučného do krmné dávky brojlerových kuřat se zlepšil jejich celkový příjem krmiva.

Ullah et al. (2017) zjistili, že v případě přidání bource morušového do krmné dávky brojlerových kuřat došlo nejen ke zlepšení konverze krmiva, ale také k celkovému poklesu nákladů na krmiva.

## 3.7 Vliv alternativních zdrojů proteinu na jatečné parametry

### 3.7.1 Jatečná výtěžnost

Bylo zjištěno, že zařazení *hermetia illucens* do diety brojlerovým kuřatům značně ovlivnilo nejen živou, ale i jatečnou výtěžnost. Maso dosahovalo větší hmotnosti (Altmann et al. 2020). Oproti tomu Kim et al. (2021) uvedl, že kuřata, která byla krmena bráněnkou měla nižší hmotnost jatečně upraveného těla, která byla 1,03 kilogramů. Pokud byla použita dávka s vyšším obsahem bráněnky například 150 gramů/kilogram došlo

ke snížení hmotnosti jatečně opracovaného trupu a také byla snížena celková jatečná výtěžnost (Biasato et al. 2018). Složení tkáně jatečně upravovaných těl se vyhotovuje pomocí počítačového tomografického snímku, který je trojrozměrný. Po naskenování jatečně upravených těl dojde k vyjmutí prsních svalů a svalů stehen, které jsou zváženy, aby se stanovila jejich výtěžnost. Tato výtěžnost je vyjádřena jako procento živé tělesné hmotnosti (Souza Vilela et al. 2021). Nahrazení krmiva hmyzí moučkou z bráněnky vysokou hladinou, tedy 50–100 % v krmivu brojlerových kuřat v období odchovu je značně nepříznivé, jelikož to ovlivňuje kvalitu jatečně upraveného těla. (Murawska et al. 2021).

Výtěžnost jatečně upraveného těla brojlerových kuřat, která byla krmena alternativním zdrojem proteinu, konkrétně mouchou domácí byla ve výši 66 % (Hamani et al. 2022). Oproti tomu v jiném výzkumu, konkrétně u 165 brojlerových kuřat, která byla stará tři týdny Hamani et al. (2022) sledovali účinky larev mouchy na jatečně upravený výtěžek a bylo zjištěno, že znaky jatečně upravených těl nebyly tímto krmivem ovlivněny.

Brojlerovým kuřatům, kterým byla do krmiva přidána cvrččí moučka ve výši 30 g/kg měla nejvyšší hmotnost jatečně opracovaného trupu, kdy jejich hmotnost byla 1862 g. Naopak ta brojlerová kuřata, která dostala tuto moučku ve vyšší dávce až 60 g/kg, tak měla hmotnost nižší, přičemž tato kuřata vážila 1772 g (Englmaierová et al. 2021).

Ullah et al. (2017) uvedli, že pokud byl do krmné dávky brojlerovým kuřatům přidán bourec morušový, tak nedocházelo k žádným změnám kvality jatečně upravených těl.

### **3.7.2 Podíl prsou a stehen**

Dle Altmann et al. (2018) sledovali poměr prsou k živé hmotnosti a také poměr stehen po přidání bráněnky do krmiva brojlerovým kuřatům. Bylo zjištěno, že docházelo ke zvyšování výtěžnosti prsních filetů. Pokud byla použita dávka s vyšším obsahem bráněnky například 150 gramů/kilogram došlo naopak ke snížení podílu prsního svalstva (Biasato et al. 2018). U brojlerových kuřat ve věku 42 dnů, která byla krmena v počátečním období 75 % bráněnky a poté došlo ke snížení její dávky na 10 %, byla zjišťována výtěžnost. Byla zjištěna hmotnost prsou 325 g a 313 g vážila stehna. Bovera et al. (2016) nezjistili žádné významné vlivy na přidání moučky z bráněnky do krmiv na sílu stříhu prsní svaloviny. Kuřecí prsa kuřat, která nebyla krmena hmyzem, měla hmotnost 368 gramů, oproti tomu ta, která krmena hmyzem byla, měla hmotnost kuřecích prsou 381 gramů (Cullere et al. 2019). Pokud byla zařazena moučka nad 50 %, mělo to negativní vliv na podíl prsních svalů a také na celkovou živou hmotnost, včetně průměru svalových vláken (Murawska et al. 2021).

Heuel et al. (2022) zařazovali bráněnku do krmiva osmdesáti pomalu rostoucím kuřatům, která byla vykrmována po dobu 63 dnů. U těchto kuřat byla zjištěna vyšší výtěžnost prsního masa.

Gawaad & Brune (1979) provedli výzkum, kdy prsní filety zabalili stejnou metodou, která se využívá při balení masa pro maloobchodní prodejny. Toto maso bylo uchováno sedm dnů a byly sledovány změny, které by mohly ovlivnit kvalitu masa. Nebyly však žádné změny pozorovány.

Dabbou et al. (2020) hodnotili účinky zařazení potemníka moučného do krmiva kuřatům, která byla chována ve volném výběhu. Těmto 140 středně rostoucím kuřatům bylo přidáno do krmiva 75 g/kg hmyzí moučky jako náhrada za kukuřici. Ve věku 97 dnů byla tato zvířata poražena a bylo zjišťováno složení jejich masa a také kvalitativní parametry. Bylo zjištěno, že kvalita masa kuřat, konkrétně prsou a stehen nebyla tímto krmivem nijak ovlivněna.

Krmivem s obsahem alternativního zdroje proteinu, tedy s obsahem moučky z cvrčka domácího nebyla ovlivněna hmotnost kůže prsou, podíl stehen (Englmaierová et al. 2021). Ovšem co se týče sensorických vlastností, tak maso brojlerových kuřat, která byla krmena moučkou cvrčka domácího s obsahem 90 g/kg měla nejchutnější prsní svalstvo (Englmaierová et al. 2021).

Dle Souza Vívela et al. (2021) zahrnutí bráněnky do diety brojlerovým kuřatům nemělo vliv na podíl stehenního svalstva. Toto také potvrdili Dabbou et al. (2020), kteří zařadili potemníka moučného do krmiva brojlerovým kuřatům a zjistili, že kvalita masa především i podíl stehen nebyl tímto krmivem nikterak ovlivněn.

### **3.7.3 Podíl tuku**

Dle Souza Vívela et al. (2021) zahrnutí bráněnky do diety brojlerů nemělo vliv na složení celkového tuku. Byl proveden výzkum u brojlerových kuřat, kdy k tomuto výzkumu bylo vybráno 400 kohoutků, kteří byli staří jeden den a následně byli rozděleni do čtyř skupin. Těmto se podávalo dietní krmivo od 1. do 24. dne věku s obsahem potemníka moučného, který byl přidáván do krmné dávky ve výši 1,2 a 3 %. Následně došlo k jejich poražení a byly hodnoceny sensorické vlastnosti a byly zjištěny rozdíly především v obsahu tuku (Shaviklo et al. 2021).

## **3.8 Vliv alternativních zdrojů proteinu na kvalitu**

Byla provedena celá řada studií, která se zabývala zařazením bráněnky do krmiva brojlerových kuřat, ale také i do krmiva nosných slepic. Z různých druhů hmyzu byl právě druh *Hermetia illucens* nejvíce pozorován a popsán a hodnotil se jeho vliv na růst, kvalitu masa a také na užitečnost brojlerových kuřat (Atlmann et al. 2018).

### **3.8.1 Fyzikální vlastnosti**

#### **3.8.1.1 Textura**

Dle Cullere et al. (2017) nebyla textura masa krmivem s obsahem hmyzí moučky z bráněnky ovlivněna. Shaviklo et al. (2021) provedli výzkum u brojlerových kuřat, kdy k tomuto výzkumu bylo vybráno 400 kohoutků, kteří byli krmeni krmivem s obsahem potměníka moučného. Následně došlo k vyhodnocení zaznamenaných dat a byly zjištěny změny v textuře masa.

#### **3.8.1.2 Křehkost**

Atlmann et al. (2018) zjistili, že maso brojlerových kuřat, kterým byla do krmné dávky přidávána alternativní složka proteinu, tedy hmyzí moučka mělo křehčí a jemnější maso, kdy toto maso se i lépe konzumovalo, tedy především se lépe žvýkalo. Sun et al. (2013) nezaznamenali žádný negativní vliv po zařazení 10 % moučky z larev bráněnky do krmiva. U masa kuřat byla ale zjištěna větší šťavnatost masa u kuřat. Pokud došlo k přidání vyšší dávky hmyzí moučky, a to ve výši 20 % nedocházelo k větší šťavnatosti masa, ale zvyšovala se jeho křehkost (Khan et al. 2016). Maso kuřat, která byla krmena moučkou z larev bráněnky a byla jim zařazena moučka 100 gramů/kilogram měla křehčí maso než ta skupina zvířat, kterým byla přidána vyšší dávka moučky, a to 150 gramů/kilogram (Cullere et al. 2016).

Shaviklo et al. (2021) provedli výzkum u brojlerových kuřat, kdy k tomuto výzkumu bylo vybráno 400 kohoutků, kteří byli krmeni krmivem s obsahem potměníka moučného. Bylo zjištěno, že pokud došlo k porážce zvířete až 42. den nebyl pozorován žádný významný rozdíl v sensorických vlastnostech, ale maso bylo více šťavnaté. Bylo zjištěno, že je vhodné zařazovat hmyzí moučku z tohoto druhu hmyzu ve výši 3 %.

Dle Hamani et al. (2022) maso brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z mouchy domácí, bylo více šťavnaté. Toto také potvrdili Radulović et al. (2018) kteří zjistili větší křehkost a šťavnatost masa.

Brojlerová kuřata, která byla krmena alternativním zdrojem proteinu, tedy hmyzí moučkou z cvrčka domácího měla zvýšenou křehkost masa. Velmi intenzivně bylo vnímáno to maso kuřat, kterým se přidala do krmiva moučka ve výši 60 g/kg. Bylo ale zjištěno, že nižší zastoupení cvrččí moučky v krmivu má za následek nejvíce šťavnaté maso (Englmaierová et al. 2021).

### **3.8.2 Senzorické vlastnosti**

Do tohoto hodnocení zahrnujeme hodnocení celkového vzhledu masa, chuti či pachuti, textury a vůně. Co se týče vůně, hodnotí se intenzita zápachu. Typický zápach je zvířecí či ten, který pochází z chovů nebo kovový zápach. Posuzuje se také barva masa, která může být od světlé až po tmavou barvu. Dále elasticita, vzhled a také celková chuť, která může být sladká, kyselá, hořká či kuřecí. V neposlední řadě také tvrdost masa a jeho šťavnatost, křehkost či drobivost (Altmann et al. 2018). Radulović et al. (2018) v rámci sensorického hodnocení masa brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou s obsahem mouchy domácí, nezjistili žádné škodlivé účinky na kvalitu masa.

#### **3.8.2.1 Barva**

Dle Altmann et al. (2020) mělo vliv přidání hmyzí moučky z bráněnky do krmné dávky brojlerovým kuřatům na barvu masa, přičemž toto maso bylo specifické více žlutou barvou. Toto potvrdili také Kim et al. (2021), kteří zjistili, že maso brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z bráněnky mělo žlutější barvu. Pokud došlo ke zvýšení zastoupení moučky z larev bráněnky v krmivu kuřat, tak prsní svalstvo bylo více červené a zároveň se snižovala jejich žlutost (Shiavone et al. 2019). Také bylo zjištěno, že menší množství moučky z bráněnky v krmivu, tedy ve výši 100 gramů/kilogram ovlivnilo hodnotu červenosti masa, která se zvýšila, zatímco paradoxně její větší dávka ve výši 150 gramů/kilogram na červenost masa vliv neměla (Cullere et al. 2016). Pieterse et al. (2019), Cullere et al. (2019) a Souza Vivela et al. (2021) ale nezaznamenali žádný vliv moučky z bráněnky na barvu masa. Nedochovalo tedy ke změnám barvy masa.



Dále byl sledován vliv zařazení moučky z potemníka moučného do krmné dávky brojlerovým kuřatům, kdy Boveta et al. (2016) také nezaznamenali žádné změny v barvě masa. Oproti tomu Shaviklo et al. (2021) provedli výzkum u brojlerových kuřat, kdy k tomuto výzkumu bylo vybráno 400 kohoutků, kteří byli krmeni krmivem s obsahem potemníka moučného, a byly zjištěny rozdíly v barvě masa, kdy toto maso bylo světlejší barvy.

V Nigérii brojlerová kuřata, která byla krmena larvami mouchy domácí a došlo u nich k nahrazení rybí moučky hmyzem až do výše 50 %, měla maso žlutější barvy a také prsní maso bylo více červené (Hamani et al. 2022).

Krmivo s obsahem cvrččí moučky mělo značný vliv na barvu prsního svalstva, přičemž došlo ke snížení světlosti a také žlutosti masa. Naopak došlo ke zvýšení červenosti (Englmaierová et al. 2021).

### **3.8.2.2 Chut' a vůně**

Altmann et al. (2018) se zaměřili na pozorování změny v chuti prsních filetů brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z bráněnky a zjistili, že chuť tohoto masa byla více intenzivní. Dále Altmann et al. (2020) provedli senzoričké hodnocení v laboratoři v Göttingenu. Senzoričké hodnocení bylo provedeno pomocí čárové stupnice, a tato data byla zaznamenána elektronicky. Vzorky masa byly vařeny metodou sous vide a poté byly nakrájeny na kostky, přičemž každý vzorek obsahoval dvě teplé kostky. Provedeným senzoričkým hodnocením bylo zjištěno, že maso zvířat, která byla krmena alternativním zdrojem proteinu, tedy bráněnkou měla lepší kuřecí chuť a také byl značně snížen zápach masa. Dle Altmann et al. (2018) toto krmivo nemělo vliv na kovovou chuť masa. Chuť a vůně masa nebyla krmivem s obsahem hmyzu bráněnky ovlivněna. Došlo naopak ke snížení pachu, jelikož jeho intenzita vnímání byla velice nízká (Cullere et al. 2017). Altman et al. (2018) uvedli, že pokud je bráněnka zařazena do krmiva ve výši 50 %, tak měla pozitivní vliv na chuť masa. Bylo ale zjištěno, že maso kuřat, která byla krmena 50 % hmyzí moučky, tak měla štavnatější maso, které mělo velmi intenzivní chuť (Murawska et al. 2021).

Gawaad & Brune (1979) uvedli, že maso kuřat, která byla krmena mouchou domácí, mělo jedinečnou vůni a také velmi intenzivní chuť. Tu preferují někteří spotřebitelé, kteří dávají přednost masu, které má silnější chuť. Radulović et al. (2018) zjistili u masa brojlerových kuřat, která byla krmena moučkou z mouchy domácí, značné rozdíly v chuti

i vůni masa, kdy se u tohoto masa vyskytovala kovová vůně i chuť. Tato chuť dosahovala pouze nízkých hodnot, které by spotřebitel ani nezaznamenal.

Brojlerová kuřata, která byla krmena alternativním zdrojem proteinu, tedy hmyzí moučkou z cvrčka domácího měla maso s vysokou hodnotou intenzity vůně a také chuti masa. Také byly zjištěny rozdíly v chuti a vůni masa kuřat, kterým byla cvrččí moučka zařazena do krmiva (Englmaierová et al. 2021).

### **3.8.3 Technologické vlastnosti**

#### **3.8.3.1 Hodnota pH**

Altmann et al. (2020) přidali brojlerovým kuřatům do krmné dávky hmyzí moučku z bráněnky a na základě provedeného výzkumu, ve kterém zkoumali vliv alternativních zdrojů proteinu, tedy užití tohoto druhu hmyzu na jejich následnou kvalitu masa a zjistili, že došlo ke snížení pH masa. Hodnota pH masa 20 min post mortem bylo 6,65 a 24 hodin post mortem 5,84. U brojlerových kuřat, která byla krmena sójou bylo pH masa vyšší. 20 min post mortem bylo pH masa 6,79 a 24 hodin post mortem 5,96. Kim et al. (2021) naměřili u masa kuřat, která byla také krmena bráněnkou pH 5,87. Pieterse et al. (2019) nezjistili žádný vliv na pH masa u kuřat, kterým byly do krmiva zahrnuty larvy bráněnky. Hodnoty pH masa nebyly vyšší než 6,2, kdy tato hodnota již naznačuje, že se jedná o maso s vadou DFD (Heuel et al. 2022). Dle Cullere et al. (2019) maso kuřat, která nebyla krmena hmyzí moučkou měla pH 6,24 a ta kuřata, kterým byla hmyzí moučka do krmiva přidávána měla pH masa 6,30. Souza Vivala et al. (2021) nepozorovali žádné změny v pH masa.

Shaviklo et al. (2021) provedli výzkum u brojlerových kuřat, kdy k tomuto výzkumu bylo vybráno 400 kohoutků, kteří byli krmeni krmivem s obsahem potměníka moučného. U těchto kuřat byly zjištěny rozdíly v pH masa.

Dle Hamani et al. (2022) u brojlerových kuřat, která byla krmena mouchou domácí byla zaznamenána pouze malá odchylka v pH masa, která byla v rozmezí od 5,63 do 5,55.

#### **3.8.3.2 Vaznost**

U masa brojlerových kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou z bráněnky byla zjištěna ztráta vařením ve výši 22,60 %, která byla nižší než u kontrolní skupiny, které do krmiva nebyl přidán žádný hmyz. U této skupiny kuřat byla ztráta ve výši 23,71 % (Kim et al. 2021).

Heuel et al. (2022) zjistili, že nedocházelo ke ztrátám vody odkapem ani ke ztrátám vody varem. Dle Cullere et al. (2019) maso nevykazovalo ani ztrátu při rozmrazování či při vaření. U kuřat, která nebyla krmena hmyzí moučkou z bráněnky byla ztráta rozmrazením 0,97 % a u kuřat, která krmena toutou moučkou byla ztráta rozmrazením 0,95 %, tedy byla o něco málo nižší. Dle Souza Vivala et al. (2021) krmení *Hermetia illucens* nemělo žádný vliv na ztrátu vařením. Také bylo zjištěno, že ztráta masové šťávy odkapem nebyla touto výživou ovlivněna (Altmann et al. 2020).

### 3.8.4 Chemické složení masa

Maso brojlerových kuřat, která byla krmena alternativním zdrojem proteinu, konkrétně bráněnkou vykazovalo průměrně 18,5 % bílkovin, 73,3 mg/ 100 gramů cholesterolu a 4,6 % lipidů (Cullere et al. 2017). Kim et al. (2021) zaznamenali odlišné hodnoty, konkrétně uvedli, že maso obsahovalo 75,75 % vlhkosti, 22,43 % proteinu a 0,95 % lipidů. Dle Cullere et al. (2019) náhrada bráněnky místo sójového oleje v krmivu neměla žádný vliv na obsah bílkovin, popela, lipidů ani na obsah vody v mase. Dále byly měřeny hodnoty prsního masa, které obsahovalo více vody, a to 76,27 %, 22,21 % proteinu a 0,87 % lipidů. Pro brojlerová kuřata je odtučněná moučka z larev bráněnky brána jako velmi cenný zdroj bílkovin, tedy pokud je v krmivu obsažena až do 100 gramů/kilogram (Biasato et al. 2018). Kuřecí prsa též obsahovala stejný obsah vody a proteinů, popela a lipidů. Nedošlo ani k ovlivnění oxidačního stavu masa, ale byl zjištěn nižší obsah cholesterolu. Toto byl překvapivý výsledek, jelikož bráněnka je velmi bohatá na cholesterol (Cullere et al. 2019). Prsní maso brojlerových kuřat, která nebyla krmena hmyzí moučkou z bráněnky obsahovalo 76,4 % vody, 18,4 % bílkovin, 4,02 % lipidů, zatímco ta, která krmena hmyzem byla, tak maso obsahovalo 76,1 % vody, 18,3 % bílkovin 4,30 % lipidů. Z tohoto je patrné, že kuřecí prsa měla vyšší obsah lipidů (Cullere et al. 2019). Machona et al. (2022) chovali potměníka moučného v Zimbabwe, a to za účelem zjištění jeho nutričních hodnot. Bylo zjištěno, že jejich obsah vody je ve výši 4,75 %, hrubý protein ve výši 4,125 %, obsah hrubé vlákniny 6,1 %, obsah hrubého tuku ve výši 26 % a dále také obsahuje 4,22 % sacharidů. Dle Sheikh et al. (2018) by nahrazení sójové či rybí moučky konkrétně moučkou z bource morušového, mohlo zlepšit celkovou ekonomiku celé farmy, jelikož se jedná o velmi levný a plnohodnotný zdroj bílkovin. Wang et al. (2005) zkoumali vhodnost cvrčků polních v krmivech pro drůbež a také zjišťovali jejich nutriční hodnoty. K tomuto pokusu byly vybráni cvrčci polní *Gryllus testaceus*, přičemž po závěrečném vyhodnocení bylo zjištěno, že

tento hmyz obsahoval protein ve výši 58,3 %. Zařazení moučky z cvrčků brojlerovým kuřatům ovlivnilo oxidační stabilitu masa, které bylo skladováno pět dnů.

Dle Bosh et al. (2014) je hmyz, především bráněnka u brojlerových kuřat velmi dobře stravitelný a úroveň stravitelnosti sušiny se pohybuje v rozmezí od 53–81 %. Dále bylo zjištěno, že chitin, který je schopný tvořit vazby s proteinem způsobuje, že protein se v trávicím traktu brojlerových kuřat není schopen trávit.

Bylo zjištěno, že u brojlerových kuřat, která byla krmena 50 % bráněnky se v masě vyskytovaly i nežádoucí látky, jako fluor, rtuť, arsen a také olovo, kdy tyto hodnoty byly vysoké a stoupaly až nad přípustné limity, které jsou stanoveny Evropskou komisí (Kim et al. 2021).

Došlo k nárůstu minerálních látek, především vápníku, který se zvýšil z 554 na 586 mg/kg. Naopak došlo ke snížení obsahu draslíku z 14925 na 13958 mg/kg.

Dále byly v masě zastoupeny nasycené mastné kyseliny, přičemž nejvíce byly zastoupeny mononenasycené mastné kyseliny a taky polynenasycené mastné kyseliny (Cullere et al. 2017). Dle Shiovone et al. (2019) pokud se do krmiva kuřat zařadila odtučněná hmyzí moučka z larev bráněnky ve výši 5 až 15 % došlo ke zvýšení mononenasycených mastných kyselin a zároveň tito autoři zaznamenali snížení polynenasycených mastných kyselin a také n-6 a n-3 mastných kyselin v prsním svalstvu. Oproti tomu, Pieterse et al. (2019) uvedli, že když zařadili moučku z bráněnky ve výši 15 %, tak to nemělo vliv na zastoupení mastných kyselin v masě.

Heuel et al. (2022) zařazovali bráněnku do krmiva 80 pomalu rostoucím brojlerovým kuřatům, která vykrmovala po dobu 63 dnů. Maso těchto kuřat obsahovalo vysoký podíl kyseliny laurové, který byl 80x vyšší než u brojlerových kuřat, která byla krmena dietou ze sóji, což by mělo negativní dopad na následnou kvalitu masa, které by bylo užito k lidské výživě.

Dle Souza Vivala et al. (2021) zařazení 15 % bráněnky do krmiva brojlerových kuřat vyvolalo u prsních svalů zvýšení kyseliny asparagové, větší obsah lysinu a také glutaminu. Bylo zjištěno, že vzorky masa obsahovaly zvýšené nasycené mastné kyseliny, konkrétně kyselinu myristovou, laurovou a také kyselinu pentadekovanou. Kyselina laurová vzrostla z 12,2 na 268,8 mg/100 gramů. Dabbou et al. (2020) uvedli, že zařazení potměníka moučného do krmné dávky brojlerovým kuřatům vedlo k procentuálnímu zvýšení obsahu kyseliny olejové a také a-linolenové. V prsním svalstvu brojlerových kuřat, kterým byla přidávána do krmiva hmyzí moučka cvrčka domácího byla z nasycených mastných kyselin nejvíce zastoupena kyselina stearová a také kyselina palmitová. Kyselina stearová byla

nejvíce zastoupena v mase kuřat, kterým se podávala směs s obsahem 60 g/kg moučky ze cvrčků. Z mononasyčených kyselin se nejvíce vyskytovala kyselina palmitoolejová a také kyselina olejová. Dále došlo k značnému ovlivnění zastoupení polynenasycených mastných kyselin, díky přidání právě cvrččí moučky, přičemž n-6 mastné kyseliny se snižovaly, pokud bylo do krmiva zařazeno více moučky (Englmaierová et al. 2021).

### **3.9 Vnímání spotřebitelů**

Konzumace hmyzu či hmyzích produktů u konzumentů vyvolává odpor, který je především způsoben negativními postoji lidí. Ty jsou založeny především na strachu z neznalosti či na znechucení. Bylo zjištěno, že maso s obsahem hmyzu je více vnímáno jako zdravé (Poortvliet et al. 2019). Ribeilo et al. (2022) provedli dotazníkové šetření u spotřebitelů, aby zjistili, zda jsou ochotni akceptovat hmyz v krmivech pro zvířata. Bylo zjištěno, že dvě třetiny spotřebitelů s tímto neměli problém. Ukazuje to však, že spotřebitelé mají stále pochybnosti o kvalitě masa u zvířat, která byla hmyzem krmena.

Spotřebitelé, kteří se zajímají o složení masa, byli příjemně překvapeni složením masa kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou, jelikož maso obsahovalo více n-3 mastných kyselin a uvedli, že to je jeden z důvodů, proč by si toto maso koupili. Naopak ti spotřebitelé, kteří blíže nesledují složení masa, uvedli, že pokud by bylo k prodeji určeno maso zvířat, která byla krmena hmyzem, tak by toto maso nechtěli koupit (Ježková 2023).

## 4 Metodika

Výkrmový pokus byl realizován ve státním podniku Mezinárodní testování drůbeže Ústrašice (MTD Ústrašice) z důvodu stanovení ukazatelů užitečnosti a také kvality masa kuřat. Do tohoto výkrmového pokusu bylo zařazeno 1680 kohoutků, kteří byli jednodenní. Jednalo se konkrétně o genotyp Ross 308.

### 4.1 Materiál a metody

Tato kuřata byla náhodně rozdělena do čtyř skupin po sedmdesáti kusech, a to dle techniky krmení a také dle složení krmné směsi a bylo provedeno šest opakování. U první skupiny kuřat, označena jako AL, tedy skupina (kontrolní) probíhal výkrm krmnou směsí, která byla určena pro výkrm kuřat. Tato kuřata byla vykrmována *ad libitum* třífázově krmnou směsí. Druhé skupině kuřat, označené jako ALH byla do výše uvedené

krmné směsi podávané *ad libitum* přidávána 3 % hmyzí moučka z larev bráněnky (*Hermetia illucens*). Třetí skupině kuřat, označené jako R70 bylo podáváno shodné krmivo určené pro výkrm kuřat AL, ale byla u nich realizovaná restrikce krmiva, a to na výši 70 % AL, kdy tato restrikce probíhala od 7. do 14. dne věku. U čtvrté skupiny kuřat, označené jako R70H byla aplikovaná také restrikce krmiva na výši 70 % jako u předchozí skupiny kuřat, která také probíhala od 7. do 14. dne věku ale byla kuřatům přidána

3 % hmyzí moučka z larev bráněnky. Tato hmyzí moučka byla zakoupena z firmy Hipromine (Robakowo, Polsko) a dále byla zakomponována do krmné směsi pro kuřata. Do 14. dnů věku kuřat byla zkrmována krmná směs BR1, dále od 15. do 28. dne věku byla zkrmována směs BR2 a v neposlední řadě od 29. dne věku byla kuřatům zkrmována krmná směs BR3, která jim byla podávána až do konce výkrmu. Přesné nutriční složení výše uvedených krmných směsí je uvedeno v Tabulce 1 a také v Tabulce 2. Množství krmiva, které bylo podáváno restringovaným skupinám, bylo vypočteno dle spotřeby krmiva kontrolní skupiny. Před, ale také i po provedené restrikci krmiva byla kuřata krmená *ad libitum* a také po celou dobu provádění experimentu měla kuřata vodu dostupnou neomezeně. Kohoutci byli během výkrmu umístěni na podestýlce, na které byla hustota osazení 15,9 kuřat/1 m<sup>2</sup>, a to za identických

podmínek, které odpovídaly požadavkům pro výkrm kuřat. V týdenních intervalech byla sledována jejich živá hmotnost, průměrné denní přírůstky a také spotřeba krmiva, a to po celou dobu experimentu. Následně byla spočítána konverze krmiva, a to z výsledků spotřeby krmiva a živé hmotnosti.

Tabulka 1 - Složení krmných směsí

Složení (%)	Kontrolní krmná směs			Krmná směs s hmyzí moučkou		
	BR1	BR2	BR3	BR1	BR2	BR3
Pšenice	46,00	60,00	61,51	45,62	59,00	62,88
SEŠ	30,55	24,80	22,00	27,50	22,00	19,00
Kukuřice	15,00	8,00	6,00	16,00	8,06	5,00
Sójový olej	4,20	4,00	6,50	3,60	3,80	6,10
Hmyzí moučka	-	-	-	3,00	3,00	3,00
Vápenec	1,52	1,40	1,15	1,54	1,40	1,17
Monocalciumfosfát	1,14	1,10	1,20	1,14	1,10	1,20
Sůl	0,29	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29
Krmná soda	0,12	0,15	0,15	0,12	0,15	0,15
L-Lysin	0,40	0,39	0,39	0,40	0,39	0,39
DL-methionin	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10
L-threonin	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

SEŠ – sójový extrahovaný šrot

Tabulka 2 - Nutriční složení krmných směsí

Nutriční složení	Kontrolní krmná směs			Krmná směs s hmyzí moučkou		
	BR1	BR2	BR3	BR1	BR2	BR3
NL (g/kg)	211,92	195,37	183,67	211,28	195,43	183,62
Tuk (g/kg)	55,36	52,49	76,92	55,68	56,58	78,86
Lysin (g/kg)	13,58	12,12	11,36	12,73	11,33	10,53
Methionin (g/kg)	6,07	5,64	5,18	5,88	5,46	5,00
Ca (g/kg)	9,60	8,86	7,90	9,60	8,76	7,90
P (g/kg)	6,61	6,38	6,46	6,41	6,19	6,28
ME (MJ/kg)	12,04	12,03	12,63	12,03	12,09	12,63

NL – dusíkaté látky; Ca – vápník; P – fosfor; ME – metabolizovatelná energie

Tento pokus byl ukončen náhodným výběrem osmi kohoutků z každé skupiny ve věku 35 dní věku, kdy tito byli vybráni pro porážku a následnou analýzu. Po provedené porážce byla tato kuřata vykrvena, oškubána a také zbavena hlavy, běháků a v neposlední řadě vnitřností. Následně došlo k zchlazení jatečně opracovaného trupu při teplotě 4 °C, a to po dobu 24 hodin. Dále byla vypočítána jatečná výtěžnost, tedy podíl jatečně opracovaného trupu po vychlazení ze živé hmotnosti, který byl vyjádřen v procentech a poté následoval samotný

jatečný rozbor. Také byl vypočítán podíl prsou bez kůže, podíl stehen a také abdominálního tuku, který byl vypočítán z hmotnosti jatečně opracovaného trupu bez vnitřností a příslušných partií. Dále byl odebrán i sval *pectoralis major* a stehenní svalstvo pro analýzy kvality masa, tedy fyzikální vlastnosti. V *pectoralis major* bylo zanalyzováno i základní chemické složení.

## 4.2 Fyzikální vlastnosti masa

V prsní svalovině (pravé prso) byly stanoveny fyzikální vlastnosti masa, konkrétně pH, barva, vaznost a textura masa. Hodnota pH byla měřena po porážce, tedy 24 hodin a byla měřena s použitím pH metru Jenway 3510 (Jenway, Essex, Anglie), který byl opatřen skleněnou vpichovou sondou. Tato sonda byla zavedena nejméně 1 cm hluboko do řezu svalu. Hodnota pH udává míru okyselení svalů v průběhu postmortálních změn.

Dále byla detekována barva masa, a to na příčném řezu svalem *pectoralis major*, a to také 24 hodin *post mortem*, která byla provedena pomocí spektrometru Konica Minolta CM-700 (Konica Minolta Sensing, Inc. Osaka, Japonsko) systémem CIE (1976) Lab. Dále byly vyjádřeny charakteristiky barvy masa, kdy  $L^*$  značí světlost,  $a^*$  polohu barvy mezi červenou a zelenou a  $b^*$  polohu barvy mezi žlutou a modrou.

Výpočtem z rozdílu mezi hmotnostmi vzorku prsní svaloviny byla v našem experimentu charakterizována ztráta masové šťávy odkapem, a to po skladování při 4 °C po dobu 24 hodin. Také byla zjišťována ztráta masové šťávy mrazem, kdy tato hodnota byla vypočítána z hmotnosti vzorku prsní svaloviny, a to v době před jejím zmražením, konkrétně při - 18 °C a také i po rozmrazení. Rozmrazení probíhalo po dobu 24 hodin při teplotě 4 °C. Vaznost masa je jeho schopnost zadržovat vodu. Také byla zjišťována ztráta masové šťávy varem, přičemž se zjišťovala vaznost masa při tepelném zpracování vzorku. Tato ztráta masové šťávy byla vypočítána z hmotnosti vzorku v době před varem, ale také i po varu. Tyto jednotlivé vzorky byly uloženy a uzavřeny do plastických zipových sáčků a dále byly vařeny ve vodní lázni po dobu jedné hodiny při teplotě 75 °C. Po provedeném uvaření došlo ke zchlazení vzorků, byly vyndány z výše uvedených sáčků a také lehce osušeny. V poslední fázi byly zváženy, aby byla zjištěna jejich hmotnost po varu.

Dále byla provedena analýza textury, přičemž textura masa vyjadřuje křehkost masa, která je měřena instrumentální metodou. Tyto vzorky byly odebrány 24 hodin *post mortem* v rámci jatečného rozboru a dále zmrazeny, a to při teplotě - 20 °C, přičemž toto zmrazení trvalo až do doby analýzy. Před stanovením této analýzy byly rozmrazeny. Rozmrazení bylo provedeno po dobu 24 hodin, při teplotě 4 °C. Po rozmrazení byly umístěny do plastových



sáčků opatřených zipem a byly vařeny po dobu jedné hodiny ve vodní lázni při 75 °C. Následně byly vzorky zchlazeny na pokojovou teplotu a došlo k jejich nařezání. Byly provedeny řezy 2 x 1 cm<sup>2</sup>, a to řezem, který vedl podél svalových vláken. Za použití přístroje Instron Model 3342 (Instron, Norwood, Anglie) nožem Warner-Bratzler s trojúhelníkovou čepelí byla měřena silou stříhu samotná textura masa.

### 4.3 Chemické složení

Pro stanovení chemického složení, které udává nutriční hodnotu masa, byla odebrána v rámci jatečného rozboru část prsní svaloviny, konkrétně levé prso. Po provedeném odběru došlo k homogenizování vzorků, které byly zmrazeny při teplotě – 20 °C a dále uchovány až do doby samotné analýzy. Stanovoval se obsah sušiny, tuku, popelovin a obsah dusíkatých látek. Tyto obsahy byly provedeny dle metod AOAC (1995). Obsah sušiny byl stanoven sušením vzorků, a to při teplotě 105 °C až do konstantní hmotnosti v horkovzdušné sušárně. Intramuskulární tuk byl určen pomocí Soxhletovi metody extrakcí, která byla provedena pomocí petroletheru (AOAC 1995), a to na přístroji Soxhlet 1043 (FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden). Po spálení vzorku při teplotě 550 °C v muflové peci byl hodnocen obsah popelovin. Dále Kjeldahlovou metodou (s přepočítávacím faktorem 6,25) pomocí přístroje Kjeltec Auto 1030 Analyzer (Tecator, AB, Sweden) byly detekovány N-látky.

Zastoupení mastných kyselin bylo zjišťováno ve stehenním svalstvu, přičemž methylestery mastných kyselin byly stanoveny po extrakci lipidů, a to dle metodiky Folch et al. (1957). Tato methanolýza byla katalyzována konkrétně hydroxidem draselným a dále byly extrahovány kyseliny, a to ve formě methylesterů do heptanu a byly stanoveny plynovým chromatografem Master GC (Dani Instruments S.p.A., Itálie). (Split režim, detektor FID) na koloně se stacionární fází polyethylen glycol (FameWax – 30m x 0,32mm x 0,25µm). Helium bylo nosným plynem o průtoku 5 ml/1 minutu. Analýza byla provedena za následujících podmínek: teplota nástřiku 50 °C po dobu dvou minut, po 10 °C /1 minutu až na 230 °C (výdrž 8 minut), kdy teplota detektoru byla 220 °C. Dané výsledky byly vyhodnocovány pomocí programu Clarity 2.5. a byly kvantifikovány na základě retenčních časů známých ze standardu Food Industry FAME Mix, které jsou od firmy Restek. Dále byl vypočítán aterogenní index:  $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\text{mononenasyčené} + \text{polynenasycené mastné kyseliny})$ , a to dle Chilliard et al. (2003). Metodikou podle Ulbrichta a Southgata (1991) byl stanoven trombogenní index, který byl stanovennásledovně:  $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \text{mononenasyčené mastné kyseliny} + 0,5 \times (n-6))$

polynenasycené mastné kyseliny – 3 x (n-3) polynenasycené mastné kyseliny – (n-3/n-6)  
polynenasycené mastné kyseliny.

#### **4.4 Statistické hodnocení výsledků**

Statisticky zhodnoceny analýzou variace, pomocí programu SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., 2013) metodou ANOVA s interakcemi mezi technikou krmení a krmnou směsí byly výsledky užitkovosti, jatečné hodnoty, chemické a také fyzikální vlastnosti kvality masa. Hodnota  $P \leq 0,05$  byla považována za průkaznou. Tato průkaznost rozdílů mezi jednotlivými skupinami byla označena různými písmeny.

## 5 Výsledky

Výsledky provedeného experimentu jsou znázorněny v následujících tabulkách, přičemž v nich jsou uvedeny rozdíly v užitkovosti, jatečných parametrech, fyzikálních vlastnostech kvality a také v chemickém složení u kontrolních a experimentálních skupin genotypu Ross 308.

### 5.1 Užitkovost

V Tabulce č. 3 je prvním pozorovacím parametrem porovnání počáteční živé hmotnosti a také porážkové hmotnosti kohoutků v 35 dnech věku. Počáteční živá hmotnost kuřat byla u všech skupin obdobná, to znamená, že další parametry užitkovosti nebyly ovlivněny hmotností kuřat zařazených do jednotlivých skupin.

Kuřata byla poražena ve 35 dnech věku a byla zjišťována jejich porážková hmotnost, u které byly zaznamenány průkazné interakce techniky krmení a krmné směsi ( $P=0,005$ ). Nejvyšší porážkovou hmotnost měla kuřata, krmená AL, tedy ta, která byla krmena *ad libitum* standardní krmnou směsí. O 112 g nižší porážkovou hmotnost pak měla kuřata, u kterých byla prováděna restrikce na 70 %. Stejnou hmotnost, tedy 2227 gramů měla i kuřata, u kterých byla také restrikce krmné směsi, ale byla jim obohacena krmná směs o hmyzí moučku ve výši 3 %. Nejnižší porážkovou hmotnost, tedy 2195 gramů měla kuřata, kterým byla také přidávána hmyzí moučka, ale byla krmena *ad libitum*. Technika krmení byla vyhodnocena jako neprůkazná ( $P=0,064$ ). U složení krmné směsi byly zjištěny průkazné rozdíly ( $P=0,026$ ), s nižší hmotností u směsi s hmyzí moučkou.

Dalším vyhodnoceným parametrem byla spotřeba krmiva, která se příliš u všech čtyřech skupin kuřat značně nelišila. Rozdíl u *ad libitního* krmení krmnou směsí a krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky byl pouze 2,54 gramů. Rozdíl vyšší byl u skupin zvířat, u kterých byla prováděna restrikce, kdy kuřata krmená bez přídatku hmyzí moučky měla spotřebu krmiva 100,88 g a ta, kterým byla přidána 3 % hmyzí moučka, měla denní spotřebu krmiva 99,96 gramů. Rozdíl byl pouze 8,92 gramů. I přesto byla zjištěna průkazná interakce mezi technikou krmení a krmnou směsí ( $P=0,039$ ).

Statisticky průkazná interakce techniky krmení a krmné směsi byla zjištěna u konverze krmiva ( $P<0,001$ ), a to u techniky krmení, přičemž nejlepší konverze krmiva byla zjištěna u skupiny zvířat, která byla krmena *ad libitum* krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky.

Interakce techniky krmení a složení krmné směsi byly zjištěny i u průměrných denních přírůstků ( $P=0,005$ ). Nejvyšší denní přírůstek byl u kuřat, která byla krmena *ad libitum* krmnou směsí bez přídavku hmyzí moučky. Tento přírůstek odpovídal výši 65,55 gramů. Druhý nejvyšší denní přírůstek, tedy 62,35 gramů měla skupina zvířat s restrikcí s přídavkem hmyzí moučky bráněny. Samotná technika krmení byla vyhodnocena jako neprůkazná ( $P=0,063$ ).

Tabulka 3 - Vyhodnocení užítkovosti kuřat

	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
<b>Počáteční živá hmotnost (g)</b>	45,09	44,86	45,54	45,31	0,26	0,419	0,684	1,000
<b>Porážková hmotnost v 35 dnech (g)</b>	2339 <sup>a</sup>	2195 <sup>ab</sup>	2227 <sup>b</sup>	2227 <sup>b</sup>	17,49	0,064	0,026	0,005
<b>Spotřeba krmiva/ks/den (g)</b>	104,47 <sup>b</sup>	101,93 <sup>a</sup>	100,88 <sup>bc</sup>	99,96 <sup>c</sup>	1,14	0,008	0,077	0,039
<b>Konverze krmiva (kg/kg)</b>	1,21 <sup>a</sup>	1,26 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,16 <sup>b</sup>	0,01	<0,001	0,408	0,008
<b>Průměrný denní přírůstek (g)</b>	65,55	61,44	61,74	62,35	0,50	0,063	0,028	0,005

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přídavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená krmnou směsí s přídavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; <sup>a b c</sup>  $P \leq 0,05$  - průměry parametru ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně odlišují; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

V Tabulce 4 jsou znázorněny denní přírůstky kuřat za jednotlivá období během jejich výkrmu. Statistická průkaznost byla vyhodnocena jako velice významná ( $P<0,001$ ), a to u techniky krmení mezi 7-14 dnem věku kuřat. V ostatních obdobích nebyla zaznamenána žádná významná průkaznost.

Tabulka 4 - Denní přírůstky v jednotlivých období

Období (dny)	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
1-7	19,96	19,73	20,00	20,20	0,32	0,716	0,984	0,764
7-14	40,42	39,32	31,97	33,67	0,99	<0,001	0,806	0,261
14-21	73,11	69,11	70,92	72,25	0,79	0,761	0,404	0,105
21-28	92,31	90,08	92,02	97,26	1,77	0,336	0,683	0,318
28-35	101,94	88,95	93,82	88,35	2,78	0,432	0,107	0,497

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

## 5.2 Jatečné parametry

Tabulka 5 uvádí výsledky měření jatečných parametrů. Nejvyšší hmotnost jatečně opracovaného trupu, tedy 1724 g měla kuřata, která byla krmena standardní krmnou směsí *ad libitum*. Druhé nejvyšší hmotnosti trupu, tedy 1699 gramů dosahova kuřata, která byla krmena také *ad libitum* a byla jim do krmiva přidávána hmyzí moučka. Skoro stejnou hmotnost (1690 g) měla i skupna zvířat krmena restrikcí s přidavkem hmyzí moučky. Technika krmení i složení krmné směsi bylo vyhodnoceno jako statisticky neprůkazné.

U skupin kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou byla zjištěna následující jatečná výtěžnost. U skupiny, u které proběhla restrikce, dosahovala výtěžnost 72,93 % a krmení *ad libitum* dosahovala 73,11 %. Průkaznost vlivu techniky krmení na jatečnou výtěžnost byla vyhodnocena jako neprůkazná, zatímco u vlivu složení krmné směsi byly zjištěny rozdíly signifikantní ( $P=0,035$ ) s nižší jatečnou výtěžností u kuřat krmených s přidavkem hmyzí moučky.

Dalším vyhodnoceným parametrem byl podíl prsou a podíl stehen všech pokusných skupin. Pokud jde o podíl prsního svalstva, tak nejvyšší zastoupení podílu prsního svalstva (29,43 %) měla skupina kuřat, která byla krmena *ad libitum* s přidavkem hmyzí moučky z bráněnky ve výši 3 %. Kuřata krmena *ad libitum* standardní krmnou směsí měla podíl prsního svalstva 29,41 % a u kuřat, u kterých byla prováděna restrikce krmiva od 7. do 14. dne věku 29,18 %. Nejnižší % zastoupení prsního svalstva vykazovala skupina s restrikcí

krmiva na 70 % krmena krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky ve výši 3 %. Tyto rozdíly nebyly ale průkazné.

Procentuální podíl stehen se mezi jednotlivými skupinami příliš nelišil. Avšak nejvyšší zastoupení stehenního svalstva (28,06 %) měla skupina kuřat, která byla krmena hmyzí moučkou a byla u nich prováděna restrikce krmiva. Druhý nejvyšší podíl stehen (27,69 %) byl zjištěn u kuřat, která byla krmena *ad libitum*, a to standardní krmnou směsí. Poté následoval podíl stehen (27,27 %) u kuřat, která byla krmena *ad libitně* a byla jim podávána krmná směs s přidavkem hmyzí moučky a nejnižší zastoupení stehenního svalstva (27,08 %) byl u kuřat, u kterých byla prováděna restrikce krmiva od 7. do 14. dne standardní krmnou směsí bez přidavku alternativního zdroje proteinu. Z uvedených hodnot je patrné, že rozdíly nebyly příliš velké a byly vyhodnoceny jako neprůkazné.

V případě podílu masa/kost byly zjištěny pouze malé rozdíly u jednotlivých skupin. Nejvyšší zastoupení stejně tak jako u podílu prsního svalstva měla první skupina kuřat, která byla krmena *ad libitum* standardní krmnou směsí. Podíl masa byl 3,85 % a o 0,17 % méně, tedy 3,68 % měla kuřata, u kterých byla provedena restrikce krmiva standardní krmnou směsí. O 0,2 % byl zjištěn podíl masa/kosti, tedy 3,48 % u kuřat s restrikcí krmiva a s přidavkem hmyzí moučky. Nejnižší hodnota, tedy 3,45 % byla zjištěna u skupiny, které byla také podávána hmyzí moučka, ale *ad libitum*. V tomto případě podíl masa a kosti ovlivnilo ( $P=0,019$ ) složení krmné směsi s nižším podílem při zkrmování moučky.

V neposlední řadě byl zjišťován podíl abdominálního tuku, který byl vyjádřen v procentech. Technika krmení a složení krmné směsi byli vyhodnoceny jako neprůkazné. Podíl abdominálního tuku (1,81 %) byl nejvyšší u skupiny zvířat, u které byla prováděna restrikce krmiva standardní krmnou směsí a nejnižší hodnota (1,58 %) byla u kuřat, u kterých byla prováděna restrikce krmiva, ale do krmné směsi byla přidána hmyzí moučka.

Tabulka 5 - Jatečné parametry

Ukazatel	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
<b>Živá hmotnost (g)</b>	2327	2324	2248	2317	12	0,073	0,167	0,133
<b>Hmotnost JOT (g)</b>	1724	1699	1659	1690	11	0,086	0,889	0,193
<b>Jatečná výtěžnost (%)</b>	74,09	73,11	73,81	72,93	0,22	0,589	0,035	0,913
<b>Podíl prsou (%)</b>	29,41	29,43	29,18	28,22	0,32	0,272	0,473	0,454
<b>Podíl stehen (%)</b>	27,69	27,27	27,08	28,06	0,21	0,833	0,502	0,099
<b>Podíl maso/kost (%)</b>	3,85	3,45	3,68	3,48	0,06	0,566	0,019	0,413
<b>Podíl abdominálního tuku (%)</b>	1,62	1,63	1,81	1,58	0,09	0,697	0,541	0,495

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přísadkou hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená krmnou směsí s přísadkou hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

### 5.3 Fyzikální vlastnosti kvality

Tabulka 6 uvádí výsledky měření fyzikální vlastnosti prsního svalstva. Nejdříve byly vyhodnoceny výsledné hodnoty pH, které byly měřeny pH metrem 24 hodin po porážce. U žádné skupiny kuřat se nevyskytovala vada masa DFD, která se projevuje vyšší hodnotou pH, tedy hodnotou přesahující 6,2. Nejvyšší hodnoty vykazovaly skupiny, které byly krmeny *ad libitum*, a to skupina kuřat, které byla podávána standardní krmná směs a také druhá skupina, které byla do krmné dávky přidávána hmyzí moučka (6,02; 5,97). Interakce techniky krmení a složení krmné směsi nebyla průkazná. U žádné skupiny kuřat nebyla naměřena hodnota pH nižší než 5,8. Můžeme proto říct, že se u nich nevyskytovala ani vada masa PSE.

Kuřata, která byla krmena přísadkou hmyzí moučky ať už restrikcí či *ad libitum*, měla světlejší prsní svalovinu. U *ad libitum* krmení byla zjištěna nejvyšší hodnota světlosti, tedy 53,84 a u prováděné restrikce krmení hodnota 51,68. Nebyla zde zjištěna žádná interakce techniky krmení a složení krmné směsi, ani vliv samostatných faktorů.

U hodnoty a\*, která označuje červenost masa a u hodnoty b\*, která označuje žlutost masa, nebyla zjištěna žádná průkazná interakce. Všechny skupiny kuřat dosahovaly minusových hodnot v případě červenosti masa. Nejvyšší hodnota žlutosti, tedy 6,66 byla naměřena u skupiny kuřat, u která byla krmená *ad libitum*, s přidavkem hmyzí moučky. Naopak nejnižší hodnotu žlutosti měla také skupina kuřat, která byla krmena *ad libitum*, ale pouze standardní krmnou směsí, ovšem tyto rozdíly nebyly statisticky průkazné.

U ztráty odkapem byl prokázán významný vliv techniky krmení ( $P < 0,001$ ), kdy nejnižší % ztráty byly u skupin kuřat krmených *ad libitum*. Také ztráty mrazem byly u skupin kuřat, které byly krmeny *ad libitum* s obsahem hmyzu nižší ( $P = 0,001$ ) než u restringovaných kuřat. Naopak u ztráty varem nebyl prokázán žádný vliv. Ztráty varem se pohybovaly v obdobných hodnotách, přičemž nejvyšší ztráta varem dosahovala 25,64 %, a to u restrikce kuřat s obsahem hmyzí moučky a nejnižší ztráta, tedy 23,47 % byla také zaznamenána u kuřat s přidavkem hmyzu, ale u adlibitního krmení.

Tabulka 6 - Prsní svalovina

	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
<b>pH 24</b>	6,02	5,97	5,86	5,89	0,02	0,009	0,790	0,361
<b>L*(D65)</b>	49,46	53,84	50,16	51,68	0,83	0,656	0,081	0,386
<b>a*(D65)</b>	-1,99	-2,08	-1,36	-1,85	0,13	0,117	0,281	0,455
<b>b*(D65)</b>	5,60	6,66	6,42	6,03	0,35	0,896	0,646	0,332
<b>Ztráta odkapem (%)</b>	0,44	0,32	0,58	0,55	0,03	<0,001	0,126	0,361
<b>Ztráta mrazem (%)</b>	1,50	1,40	2,66	2,91	0,21	0,001	0,843	0,636
<b>Ztráta varem (%)</b>	24,70	23,47	25,21	25,64	0,42	0,119	0,638	0,330

L\* - světlost; a\* červenost; b\* žlutost; AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

V tabulce 7 došlo k vyhodnocení fyzikálních vlastností stehenní svaloviny. Tyto hodnoty byly měřeny pH metrem 24 hodin po porážce. Tak jako v předchozí části, tedy u prsní svaloviny se u žádné ze skupin kuřat nevyskytovala vada masa DFD ani vada masa PSE. Nejvyšší hodnoty pH také vykazovaly skupiny kuřat, které byly krmeny *ad libitum*.



U těchto skupin bylo naměřeno pH 5,97 a pH 6,00. Naopak nižší hodnoty pH masa byly zjištěny u skupiny kuřat s restrikcí krmiva. Zde bylo naměřeno pH 5,82 a pH 5,92.

Dále byly zjišťovány hodnoty barvy masa, přičemž opět byla zjišťována světlost, červenost a žlutost masa. U světlosti masa nebyla zjištěna žádná průkazná interakce, která byla u techniky krmení ( $P=0,613$ ) a u složení krmné směsi ( $P=0,909$ ). U hodnoty červenosti, ale také i u hodnoty žlutosti však průkazná interakce zjištěna byla, a to u složení krmné směsi. V případě červenosti ( $P=0,015$ ) a v případě žlutosti ( $P=0,022$ ). Nejvyšších hodnot žlutosti dosahovala adlibitní skupina kuřat, kterým byla přidávána do krmné směsi hmyzí moučka. Nejnižší hodnotu měla kuřata krmená *ad libitum*, ale bez přídavku alternativního zdroje proteinu.

Tabulka 7 - Stehenní svalovina

	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
<b>pH 24</b>	5,97	6,00	5,82	5,92	0,02	0,003	0,053	0,287
<b>L*(D65)</b>	53,87	53,27	52,31	53,26	0,74	0,613	0,909	0,618
<b>a*(D65)</b>	-2,05	-0,22	-1,68	-0,96	0,26	0,721	0,015	0,266
<b>b*(D65)</b>	8,42	10,73	8,37	9,31	0,36	0,281	0,022	0,314

L\* - světlost; a\* červenost; b\* žlutost; AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přídavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená krmnou směsí s přídavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

## 5.4 Chemické složení

Tabulka 8 znázorňuje výsledky rozboru chemického složení prsní svaloviny, která byla odebrána v rámci jatečného rozboru. Technika krmení a složení krmné směsi bylo u všech níže uvedených ukazatelů vyhodnoceno jako neprůkazné. Co se týče % zastoupení vody, tak nejvyšší obsah vody byl zjištěn u skupiny kuřat, u kterých byla provedena restrikce krmiva pouze standardní krmnou směsí 73,63 % a s přídavkem hmyzí moučky 73,41 %.

Obsah sušiny byl nejvyšší naopak u kuřat, která byla krmena *ad libitum*, a to standardní krmnou směsí ve výši 27,34 %. O trochu nižší % zastoupení bylo zjištěno u kuřat s přídavkem hmyzí moučky ve výši 26,78 %. U skupiny kuřat s restrikcí se hodnoty však příliš neodlišovaly a byly pouze o 0,97 % a o 0,19 % nižší.

Dále byly zjištěny následující hodnoty obsahu tuku: kuřata, kterým byla podávána standardní krmná směs, měla obsah tuku u adlibitního krmení 3,91 % a u restrikce krmiva

2,57 %. Těm kuřatům, kterým byla do této směsi přidána hmyzí moučka, byl naměřen obsah tuku u *ad libitního* krmení 2,91 % a u restriktce 3,30 %.

U vyhodnocení obsahu dusíkatých látek měla nejvyšší zastoupení, tedy 22,04 % kuřata krmená standardní krmnou směsí s restrikcí krmiva, a naopak nejnižší hodnota 20,07 % byla také naměřena u této skupiny kuřat, ale tato byla krmena *ad libitum*.

V obsahu popelovin byl značný rozdíl, kdy nejvyššího zastoupení dosahovala skupina kuřat krmená *ad libitně* s přídatkem hmyzí moučky, tedy bráněnky. U této skupiny byl zjištěn obsah popelovin až ve výši 2,64 %, přičemž u skupiny kuřat, kterým byla zkrmována standardní směs, měla obsah popelovin nižší, tedy ve výši 1,21 %. Uvedené hodnoty chemického složení se ale navzájem statisticky nelišily.

Tabulka 8 - Chemické složení

Ukazatel	Skupiny				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	KS	TK*KS
Voda (%)	72,66	73,22	73,63	73,41	0,18	0,112	0,635	0,284
Sušina (%)	27,34	26,78	26,37	26,59	0,18	0,112	0,635	0,284
Tuk (%)	3,91	2,91	2,57	3,30	0,23	0,304	0,767	0,069
N-látky (%)	20,07	21,84	22,04	21,45	0,16	0,194	0,329	0,058
Popeloviny (%)	1,21	2,64	0,96	0,89	0,19	0,184	0,399	0,352

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14 dne věku krmená krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, KS – složení krmné směsi

## 6 Diskuze

V tomto experimentu byla sledována kombinace restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu s ohledem na užitkovost a kvalitu masa kuřat, konkrétně u kohoutů genotypu Ross 308, kterým byla do krmné směsi přidávána hmyzí moučka z larev bráněnky (*Hermetia illucens*). Nejvíce využívaným druhem hmyzu v krmivech pro brojlerová kuřata je právě výše uvedená bráněnka, která je považována za velmi cenný zdroj bohatý na bílkoviny (Shiavone et al. 2019).

V první řadě byl provedený výzkum zaměřen na užitkovost kuřat. Bylo zjištěno, že pokud byla bráněnka přidána do krmné dávky kuřatům, nebyla zjištěna průkaznost vlivu krmné směsi ani vliv složení krmné směsi na živou hmotnost kuřat. Toto potvrdil také Shiavone et al. (2018) ve svých pokusech, který uvedl, že zařazení bráněnky do krmiva ve výši 10 % nemělo žádný vliv na živou hmotnost a dále i Machona et al. (2022), kteří do krmiva brojlerovým kuřatům přidávali hmyzí moučku z potemníka moučného. Oproti tomu bylo zjištěno, že pokud byla do krmné dávky přidána hmyzí moučka s obsahem cvrčka domácího, docházelo u kuřat k nárůstu živé hmotnosti. Složení krmné směsi mělo vliv na porážkovou hmotnost kuřat, která byla v případě krmení *ad libitum* nižší. Toto potvrdil také Kim et al. (2021) a Murawska et al. (2021), kteří uvedli, že brojlerová kuřata, která byla krmena bráněnkou ve výši 10 % měla nižší porážkovou hmotnost. Oproti tomu Ullah et al. (2017) uvedli, že pokud byl do krmné dávky zařazen jiný druh hmyzu, tedy bourec morušový projevila se u kuřat vyšší růstová schopnost a také jejich vyšší porážková hmotnost. Provedeným výzkumem bylo zjištěno, že se spotřeba krmiva mezi jednotlivými skupinami kuřat příliš nelišila. Rozdíl u *ad libitum* krmení standardní krmnou směsí a krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky z bráněnky byl pouze 2,54 g. Žádné významné rozdíly v příjmech krmiva nezjistili ani Kawasaki et al. (2019). Pokud byla do krmiva zařazena moučka domácí, mělo to značný vliv na zvýšení spotřeby krmiva (Hamani et al. 2022). V případě, že do krmné dávky byla zahrnuta hmyzí moučka z cvrčka domácího, došlo ke snížení celkové spotřeby krmné směsi (Englmaierová et al. 2021). Zlepšení příjmu krmiva potvrdili Benzertiha et al. (2020), kteří uvedli, že se u brojlerových kuřat zlepšil celkový příjem krmiva, pokud byl do krmné dávky zařazen potemník moučný. Statistická průkaznost konverze krmiva byla v našem pokusu vyhodnocena jako významná, a to u techniky krmení, přičemž nejlepší konverze krmiva byla zjištěna u skupiny zvířat, která byla krmena *ad libitum* s přídatkem hmyzí moučky. Englmaierová et al. (2021) uvedli, že zařazení cvrčka domácího do krmné dávky zvyšovalo také konverzi krmiva. Toto

potvrdili také Ullah et al. (2017), kteří do krmné dávky přidávali bource morušového. Oproti tomu Shrivastava et al. (2018) uvedli, že zařazení bráněnky do krmné dávky nemělo žádný vliv na tuto konverzi. Kuřata, u kterých byla prováděna restrikce krmiva s přídatkem hmyzí moučky, měla denní přírůstek ve výši 62,35 g. Dabbou et al. (2018) zjistili u brojlerových kuřat ve věku 24–35 dnů denní přírůstek ve výši 88,81 g. Oproti tomu Shrivastava et al. (2018) uvedli, že hmyzí moučka z bráněnky neměla žádný vliv na denní přírůstky kuřat. Wang et al. (2005) přidávali do krmné směsi brojlerovým kuřatům moučku s obsahem cvrčka domácího a nezjistili žádné větší rozdíly v přírůstku hmotnosti. Provedeným výzkumem byla zjištěna velice významná statistická průkaznost techniky krmení mezi 7-14 dnů věku kuřat. Denní přírůstky v tomto období byly u krmení *ad libitum* s přídatkem hmyzí moučky ve výši 39,32 g a u restrikce s hmyzí moučkou 33,67 g.

Dále byly vyhodnoceny jatečné parametry. Průkaznost vlivu techniky krmení a složení krmné směsi na jatečnou výtěžnost byla vyhodnocena jako neprůkazná. Dle Hamani et al. (2022) přídatkem mouchy domácí neměl na výtěžnost žádný vliv. Toto se potvrdilo i v případě zařazení bource morušového do krmné dávky brojlerovým kuřatům. Altmann et al. (2020) však uvedli, že krmení hmyzem bráněnkou na jatečnou výtěžnost vliv mělo. Složení krmné směsi ani technika krmení neměla vliv na hmotnost jatečně opracovaného trupu. V našem výzkumu došlo k vyhodnocení ukazatelů prsního svalstva, přičemž nejvyšší zastoupení podílu prsního svalstva, tedy 29,43 % měla skupina kuřat, která byla krmena *ad libitum* s přídatkem hmyzí moučky. Altmann et al. (2018) uvedli, že docházelo ke zvyšování prsních filetů. Pokud však byl do krmné dávky zahrnut vyšší obsah bráněnky například 150 g/kg docházelo naopak ke snížení podílu. V případě zařazení do krmné dávky moučky z potemníka moučného nebyla hmotnost prsního svalstva ovlivněna (Dabbou et al. 2020). Tato hmotnost nebyla ovlivněna ani v případě, že do krmné dávky byla zařazena moučka z cvrčka domácího (Englmaierová et al. 2021). Dále došlo také k vyhodnocení podílu stehen, masa/kost a podílu abdominálního tuku. Podíl stehen se mezi jednotlivými skupinami příliš nelišil. Nejvyšší zastoupení stehenního svalstva měla skupina kuřat, u kterých byla prováděna restrikce krmiva s přídatkem hmyzí moučky. Zastoupení tohoto svalstva bylo ve výši 28,06 %. Podíl stehenního svalstva a také podíl abdominálního tuku, nebyl technikou krmení ani složením krmné směsi ovlivněn. Toto potvrdili také Souza Vivala et al. (2021), kteří zahrnovali bráněnkou do krmné dávky brojlerovým kuřatům. U podílu masa/kost byla zjištěna průkazná interakce mezi složením krmné směsi. Shrivastava et al. (2021) zjistili, že pokud je do krmné dávky zařazen potemník moučný, tak to na rozdíl v obsahu tuku má.

Dále byl výzkum zaměřen na zhodnocení fyzikálních vlastností kvality masa. Nejdříve byla vyhodnocena prsní svalovina a poté také svalovina stehenní. Bylo zjištěno, že ani u jedné z uvedených svalovin se nevyskytovala vada masa DFD ani PSE. U skupiny kuřat, která byla krmena *ad libitně* s přidavkem hmyzí moučky bylo naměřeno pH 5,97 a u skupiny s restrikcí a přidavkem hmyzí moučky pH 5,89. Bylo zjištěno že pH masa u kuřat, která byla krmena sójou, bylo vyšší. 20 minut *post mortem* bylo pH 6,79 a 24 hodin *post mortem* bylo pH masa 5,96 (Kim et al. 2021). Rozdíly v pH masa zaznamenali také Shaviklo et al. (2021), kteří provedli výzkum u kohoutků, kterým do krmné dávky přidávali moučku z potemníka moučného. Pouze malá odchylka v pH byla pak zjištěna u kuřat, která byla krmena mouchou domácí. U těchto kuřat byly zaznamenány hodnoty v rozmezí od 5,63 do 5,55. V případě hodnoty žlutosti nejvyšších hodnot (6,66) dosahovala *ad libitně* krmená kuřata, který byla do krmné směsi přidávána hmyzí moučka. Naopak nejnižší hodnoty žlutosti měla skupina kuřat, kterým tato hmyzí moučka do krmiva přidávána nebyla. Hodnoty červenosti se mezi jednotlivými skupinami příliš nelišily. Maso více žluté barvy měla i kuřata v provedené výzkumu Kim et al. (2021). Shrivastava et al. (2019) dále uvedli, že pokud byla bráněnka v krmivech brojlerových kuřat ve vyšším zastoupení ovlivnilo to jejich barvu prsního svalstva, které bylo více červené. Zařazení moučky z potemníka moučného nemělo žádný vliv na změny v barvě masa (Shaviklo et al. 2021). Maso více žluté barvy také zaznamenali Hamani et al. (2022), kteří do krmné dávky kuřatům přidávali hmyzí moučku z mouchy domácí. Zároveň zaznamenali i větší červenost u prsní svaloviny. V případě zahrnutí cvrčka domácího do krmné dávky docházelo naopak ke snížení světlosti masa a zároveň se u masa zvyšovala jeho červenost (Englmaierová et al. 2021). Dále byla vyhodnocena ztráta odkapem, u které byla zjištěna významná interakce u techniky krmení ( $P < 0,001$ ). Cullere et al. (2019) uvedli, že maso nevykazovalo ani ztrátu rozmrazením či ztrátu vody odkapem. Souza Vivala et al. (2021) uvedli, že přidavek *Hermetia illucens* nemělo žádný vliv na ztrátu vařením. Ovšem dle Atlmann et al. (2020) měla tato výživa vliv na ztrátu odkapem. U kuřat, u kterých byla provedena restrikce krmiva s obsahem hmyzí moučky bylo naměřeno pH 5,92 a u adlibitního krmení s obsahem bráněnky bylo pH 6,00, tedy bylo naměřeno vyšší pH masa než u prsní svaloviny. Dále byly u stehenní svaloviny zjišťovány hodnoty barvy masa. Nejvyšších hodnot žlutosti dosahovala adlibitní skupina kuřat s přidavkem alternativního zdroje proteinu.

U chemického složení byla technika krmení a také složení krmné směsi vyhodnocena jako neprůkazná, přičemž v rámci toho složení byl vyhodnoceno % složení vody, sušiny, tuku, dusíkatých látek a popelovin. V případě adlibitního krmení skupiny kuřat s obsahem

hmyzí moučky byly zjištěny tyto obsahy: 73,22 % vody, 26,78 % sušiny, 2,91 % tuku, 21,84 % N-látek a také 2,64 % popelovin. U kuřat s provedenou restrikcí a obsahem bráněčky 73,41 % vody, 26,59 % sušiny, 3,30 % tuku, 21,45 % N-látek a 0,89 % popelovin. Obdobný obsah vody zjistili také v provedeném výzkumu Kim et al. (2021) konkrétně 75,75% vody. Cullere et al. (2019) uvedli, že prsní maso brojlerových kuřat, která byla krmena bráněčkou obsahovalo 76,1 % vody, 18,3 % bílkovin, 4,30 % lipidů. Pokud byla do krmné dávky zahrnuta hmyzí moučka z bráněčky došlo ke snížení polynenasycených mastných kyselin a také n-6 a n-3 mastných kyselin v prsním svalstvu (Shiavone et al. 2019).

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnotit kombinaci restrikce krmiva a alternativního zdroje proteinu a jeho vliv spolu s užítkovostí na kvalitu masa. Do krmné směsi byla přidávána kuřatům hmyzí moučka z larev *Hermetia illucens* ve výši 3 %, a to po celou dobu výkrmu. Do 14. dnů věku kuřat byla zkrmována krmná směs BR1 a dále od 15. do 28. dne věku BR2. V neposlední řadě byla od 29. dne kuřatům zkrmována krmná směs BR3, která jim byla podávána až do konce výkrmu, tedy do 35 dnů.

Výsledky této práce vyhodnotily techniku krmení jako faktor ovlivňující užítkovost kuřat, tedy konkrétně konverzi krmiva, přičemž nejnižší konverzi krmiva 1,16 kg/kg měla skupina kuřat s restrikcí krmiva na 70 % ad libitum od 7. do 14. dne věku krmená krmnou směsí s přídatkem hmyzí moučky. Skupiny kuřat se statisticky průkazně nelišily v rámci porovnání hodnot počáteční živé hmotnosti a spotřeby krmiva. Staticky průkazné rozdíly byly zjištěny v rámci složení krmné směsi u porážkové hmotnosti v 35 dnech a také u průměrného denního přírůstku.

V rámci vyhodnocení jatečných parametrů se skupiny kuřat staticky průkazně nelišily, ale byly zjištěny průkazné rozdíly v rámci vlivu složení krmné směsi na jatečnou výtěžnost a také na podíl masa/kost s nižšími hodnotami u kuřat krmených hmyzí moučkou.

Z fyzikálních vlastností byl zjištěn významný vliv u prsní svaloviny v rámci techniky krmení na ztrátu odkapem a průkazné rozdíly ztráty mrazem. U ztráty varem, u pH masa, ale také i u světlosti, červenosti a žlutosti masa se skupiny kuřat statisticky průkazně nelišily. U stehenní svaloviny byly zjištěny průkazné rozdíly u techniky krmení a jejího vlivu na pH masa a také složení krmné směsi ovlivňovalo červenost a žlutost stehenního svalstva s vyšší intenzitou barvy u skupin s přídatkem hmyzu.

U chemického složení se skupiny kuřat průkazně statisticky nelišily.

Hmyzí moučka, nejen z bráněnky, ale i z jiných druhů hmyzu se jeví jako vhodný alternativní zdroj bílkovin, který by mohl být využíván v krmných směsích určených pro kuřata. Nejen, že by mohlo docházet k úsporám nákladů na krmné směsi, zároveň by mohlo dojít ke snižování dopadu na životní prostředí.

## 8 Literatura

Aardsma MP, Mitchel RD, Parcons CM. 2017. Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poult Sci* **96**:2320-2329.

Adeleke BS, Babalola OO. 2020. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food science & Nutrition* DOI: 10.1002/fsn3.1783.

Agabou A, Alloui N. 2010. Importance of *Aphitobius diaperinus* (Panzer) as a Reservoir for Pathogenic Bacteria in Algerian Broiler House. *Veterinary World* Vol. **3**:71-73.

Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR. 2018. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. *Iranian journal of veterinary research* **19**:157-164.

Altmann BA, Wigger R, Ciulu M, Morlein D. 2020. The effect of insect or microalga alternative protein feeds on broiler meat quality. *J Sci Food Agric* **100**:4292-4302.

Altmann BA, Neumann C, Velten S, Liebert F, Morlein D. 2018. 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* DOI:10.3390/foods7030034.

Amatya P. 2009. Economics of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in dairy waste management. Stephenville, Texas.

Astuti DA, Komalasari K. 2020. Feed and animal nutrition: insect as animal feed. *Environmental Science* DOI:10.1088/1755-1315/465/1/012002.

Avedaño C, Sánchez M, Valenzuela C. 2020. Insect: an alternative for animal and human feeding. *Revista chilena de nutrición* **47**:1029-1037.

Barragán-Fonseca K, Barragán-Fonseca KB, Verschoor G, Loon JJV, Dicke M. 2020. Insects for peace. *Insect science* **40**:85-93.



Bhagat RP, Barat S. 2017. Effect of Artificial Feed on Survival and Growth of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) During Exogenous Feeding in the Raceways of Kathmandu, Nepal. *International journal of fisheries and aquatic studies* **5**:149-156.

Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi C, Ricci A, Paoletti MG. 2015. Edible insects: a food security solution or food safety concern?. *Animal Frontiers* **5**:25-30.

Benzertiha A, Kierończyk B, Kolodziejcki P, Pruszyńska-Osmalek E, Rawski M, Józefiak J, Józefiak A. 2020. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. *Poultry science* **99**:196-206.

Bernstein AM, Sun Q, Stampfer MJ, Manson JE, Willet WC. 2010. Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in woman. *Circulation* **122**:876-883.

Berwarnger E, Nunes RV, Pasquetti TJ, Murakami AE, Moraes de Oliveira TM, Bayerle DF, Frank R. 2017. Sunflower cake with or without enzymatic complex for broiler chickens feeding. *Asian-Australas J Anim Sci* **30**:410-416.

Biasato I, Gasco L, De Marco M, Renna M, Rotolo L, Dabbou S, Capucchio MT, Biasibetti E, Tarantola M, Sterpone L, Cavallarin L, Gai F, Pozzo L, Bergana S, Dezzutto D, Zoccarato I, Shiavone A. 2018. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science* **97**:540-548.

Bilgili SF. 2002. Poultry meat processing and marketing – what does the future hold?. *Poultry international* **10**:12-22.

Bin-Jumah M, El-Hack A, Abdelnour SA, Hendy YA, Ghanem HA, Alsafy SA, Khafaga AF, Noreldin AE, Shaneen H, Samak D, Momenah MA, Allam AA, Alkahtane AA, Alkahtani S, Abdel-Daim MM, Aleya L. 2020. Potential use of chromium to combat thermal stress in animal. *Science of the total environment* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135996>.

Booth D, Kiddell K. 2007. Temperature and the energetics of development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of Insects Physiology* **9**:950-953.

Bosh G, Zhang S, Oonincx DGAB, Hendriks WH. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science* **3**:1-4.

Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, Gasco L, Nizza A. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *Journal of Animal Science* **94**:639-647.

Boveta F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, Mastellone V, Lombardi P, Attia YA, Nizza A. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L) as possible alternative to soybean meal in broiler diets. *Br Poult Sci* **56**:569-575.

Bouravel I, Lessire M, Narcy A, Duval E, Grasteau S, Quinsac A, Peyronnet C, Tran G, Heuze V. 2014. Des sources de protéines locales pour l'alimentation des volailles: quelles voies de progrès? *EDP sciences* DOI: 10.1051/oc1/2014014.

Brouček J, Benková J, Šoch M. 2011. Technologie a technika chovu drůbeže při splnění podmínek welfare. Jihočeská univerzita. České Budějovice.

Bubler S, Rumpold BA, Jander E, Rawel HM, Schlüter OK. 2016. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Institute of Nutritional science* <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00218>.

Caruso D, Devic E, Subamia IW, Talamond P, Baras E. 2014. Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, *Stratiomyidae*. IRD editions, Bogor.

Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, Dalle A. 2016. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed, choice, performance, carcass and meat traits. *Animal* **10**:1923-1930.

Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Acuti G, Marangon A, Zotte AD. 2017. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino profile, oxidative status and sensory traits. *Animal* **12**:640-647.

Cullere M, Schiavone A, Dabbou S, Gasco L, Zotte AD. 2019. Meat Quality and Sensory Traits of Finisher Broiler Chickens Fed with Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* L.) Larvae Fat as Alternative Fat Source. *Animals* DOI:10.3390/ani9040140.

ČSÚ. 2024. Spotřeba potravin 2022. Český statistický úřad, Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2022> (accessed January 2024).

Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, Meneguz M, Plachá I, Gasco L, Schiavone A. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology* <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>.

Dabbou S, Gasco L, Loussiana C, Brugiapaglia A, Biasato I, Renna M, Cavvalarin L, Gai F, Schiavone A. 2020. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae inclusion in diets for free-range chickens: effects on meat quality and fatty acid profile. *Renewable Agriculture and Food Systems* **35**:571-578.

Dicke M. 2018. Insect as feed and the sustainable development goals. *Insects food feed* **4**:147-156.

Diener S, Solano NMS, Gutierrez FR, Zurbruegg C, Tockner K. 2011. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste biomass valorization* **2**:357-363.

Dostálová R. 2017. Sója a výrobky ze sóji. Sdružení českých spotřebitelů, z.ú. Praha.

Dransfield E, Sosnicki AA. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry science* **78**:743-746.

EFSA. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *Efsa Journal* <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>.

Eilenberg J, Vlcek JM, Nielsen-LeRoux C, Cappellozza S, Jensen AB. 2015. Diseases in insects produced for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:67-102.

Englmaierová M, Skřivanová V, Skřivan M. 2021. Vliv moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) na kvalitu masa kuřat. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha.

Evropská komise, Generální ředitelství pro zdraví a bezpečnost potravin. 2019. Nařízení komise (EU) 2017/893 ze dne 24. května 2017, kterým se mění přílohy I a IV nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 999/2001 a přílohy X, XIV, a XV nařízení Komise (EU) č. 142/2011, pokud jde o ustanovení týkající se zpracování živočišných bílkovin. Pages 92-116 in *Věstník Evropské unie* L 155/24. Evropská unie.

Evropská komise. 2021. 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 kozešinových zvířat živočišnými bílkovinami. Pages 1-17 in *Úřední věstník Evropské unie* L295, Evropská unie.

Evropský parlament, Rada Evropské unie. 2009. Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (Nařízení o vedlejších produktech živočišného původu). Pages 425-457 in *Úřední věstník Evropské unie* L300, Evropská unie.

Eyer P, Vargo EL. 2021. Breeding structure and invasiveness in social insects. *Curr Opin Insect Sci.* **46**:24-30

Fang CH, Kong F. 2022. Soybean. *Curr Biol.* DOI:10.1016/j.cub.2022.06.054.

Fatica A, Fantuz F, Wu M, Tavaniello S, Maiorano G, Salimei E. 2022. Soybean vs Pea Bean in the Diet Of Medium-Growing Broiler Chickens Raised under Semi-Intensive Condition of Inner Mediterranean Areas: Growth Performance and Environmental Impact. *Animals* DOI:10.3390/ani12050649.

Feskens EJ, Sluik D, Woudenberg GJ. 2013. Meat consumption, diabetes and its complication. *Current diabetes reports* **13**:1088-1096.

Friesen OD, Guenter W, Marquardt RR, Rotter BA. 1992. The effect of Enzyme Supplementation on the Apparent Metabolizable energy and Nutrient Digestibilities of Wheat, Barley, Oats, and Rye for the Young Broiler Chick. *Poultry Science* **71**:1710-1721.

Gajana CS, Nkukwana TT, Chimonyo M, Muchenje V. 2016. Effect of altering the starter and finisher dietary phases on growth performance of broilers. *Afr J Biotechnol* **10**:14203-14208.

Galkin V, Vorobyova N, Chichaeva V. 2020. Efficiency of using high-protein soybean meal in feeding broilers of cross-breed ROSS-PM3. *BIO web of conferences* **27**:00102.

Gawaad A, Brune H. 1979. Insect protein as a possible source of protein poultry. *Tierphysiol* **42**:216-222.

Grashorn MA. 2007. Functionality of Poultry meat. *Poultry science* **16**:99-106.

Guverin MT, Martin SV, Reiersen J, Berke O, McEwen SA, Fridriksdóttir V, Bisailon JR, Lowman R, Consortium C. 2008. Temperature-related risk factors associated with the colonization of broiler-chicken flocks with *Campylobacter* spp. in Iceland, 2001-2004. *Prev Vet Med* **86**:14-29.

Hall NH, O'Neill HVM, Scholey D, Burton E, Dickinson M, Fitches EC. 2018. Amino acid digestibility of larval meat (*Musca domestica*) for broiler chickens. *Poult Sci* **97**:1290-1297.

Hamani B, Taffa AG, Issa S, Mahamadou Ch, Detilleux J, Moula N. 2022. Effects of Feeding Housefly (*Musca domestica*) Larvae on the Butchery Skills and Meat Sensory Characteristics of Local Chickens in Niger. *Vet Sci* DOI:10.3390/vetsci9100553.

Hamani B, Moula N, Taffa AG, Leyo IH, Mahamadou CH, Dettileux J, Van QCD. 2022. Effects of housefly (*Musca domestica*) larvae on the growth performance and carcass characteristics of local chickens in Niger. *Vet World* **15**:1738-1748.

Harsányi E, Juhász C, Kovács E, Huzsvai L, Pintér R, Fekete G, Varga ZI, Aleksza L, Gyuricza C. 2020. Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects* DOI:10.3390/insects11090604.

Havenstein GB, Ferret PR, Qureshi MA. 2003. Growth, livability and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science* **82**:1500-1508.

He W, Li S, He K, Sun F, Mu L, Li Q, Yi J, He Z, Liu Z, Wu X. 2021. Identification of potential allergens in larva, pupa, moth, silk, slough and feces of domestic silkworm (*Bombyx mori*). *Food Chem.* DOI:10.1016/j.foodchem.2021.130231.

Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Adamski M, Perz K, Rutkowski A. 2019. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *Animal* **13**:1583-1590.

Hejdysz M, Kaczmarek SA, Kubiś M, Wiśniewska Z, Peris S, Budnik S, Rutkowski A. 2020. The effect of protease and *Bacillus licheniformis* on nutritional value of pea, faba bean, yellow lupin and narrow-leaved lupin in broiler chicken diets. *Br Poult Sci.* **61**:287-293.

Henchion M, McCarthy M, Resconi VR, Troy D. 2014. Meat consumption: Trend and quality matters. *Meat Science* **98**:561-568.

Heuel M, Sandrock C, Leiber F, Mathys A, Gold M, Zurbrüegg C, Gangnat DM, Kreuzer M, Terranova M. 2022. Black soldier fly larvae meal and fat as a replacement for soybeans in organic broiler diets: effects on performance, body N retention, carcass and meat quality. *British Poultry Science* <https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2053067>.

Hidayat C. 2019. The utilization of insects as feedstuff in broiler diet. Indonesian bulletin of animal and veterinary sciences DOI:10.14334/wartazoa.v.28i4.1875.

Hipromine. 2021. Hipromine Sustainable. Copyright, Robakowo. Available from <https://hipromine.com/hipromeal/> (accessed January 2024).

Hong J, Han T, Kim YY. 2020. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for monogastric Animal: a review. *Animals* DOI: 10.3390/ani10112068.

Hossain M, Blair R. 2007. Chitin utilisation by broilers and its effect on body composition and blood metabolites. *Brit poult science* **48**:33-38.

Chiofalo B, Presti VL, Chiofalo V, Gresta F. 2012. The productive traits, fatty acid profile and nutritional indices of three lupin (*Lupinus* spp.) species cultivated in a Mediterranean environment for the livestock. *Anim. Feed Sci. Technol.* **171**:230-239.

Ipema AF, Bokkers EAM, Gerrits WJJ, Kemp B, Bolhuis JE. 2020. Long-term access to live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) stimulates activity and reduces fearfulness of broilers, without affecting health. *Scientific reports* <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74514-x>.

Irawan A, Ratriyanto A, Respati AN, Ningsih N, Fitriastuti R, Suprayogi WPS, Hadi RF, Setyono W, Akhirini N, Jayanegara A. 2022. Effect of feeding fermented soybean meal on broiler chickens' performance: a meta-analysis. *Anim Biosci.* **35**:1881-1891.

Jakubcová H. 2020. Největší hmyzí farma střední Evropy. V Jaroměřicích chovají tuny červů i švábů. Copyright. Available from <https://www.denik.cz/ekonomika/tuny-potemniku-i-argentinske-svaby-chova-nejvetsi-hmyzi-farma-v-jaromericich-20200110.html> (accessed February 2024).

Jankowski J, Kozłowski K, Zduńczyk Z, Stepniowska A, Ognik K, Kierończyk B, Józefiak D, Juśkiewicz. 2021. The effect of dietary full-fat *Hermetia illucens* larvae meal on gut physiology and growth performance in young turkeys. *Agricultural and Food Sciences* DOI:10.116/J.ANIFEEDSCI.2021.114879.

Janocha A, Milczarek A, Laski K, Gluchowska J. 2021. Slaughter value and meat quality of broiler chickens fed with rations containing a different share of pea seed meal. *Acta Sci Pol Technol Aliment* **20**:265-276.

Ježková A. 2023. Drůbež, welfare a životní prostředí – téma posledních desetiletí. Profi Press. Available from <https://naschov.cz/drubez-welfare-a-zivotni-prostredi-tema-poslednich-desetileti/> (accessed December 2023).

Jonas-Levi A, Martinez JJI. 2017. The high level of protein content reported in insects food and feed is overestimated. *Food Compos. Anal.* **62**:184-188.

Karvan M, Cupina AL, Petric D. 2018. Edible insect – safe food for humans and livestock. Ecological and economic significance of fauna of Serbia **171**:251-300.

Kawasaki K, Hashimoto Y, Hori A, Kawasaki T, Hirayasu H, Iwase S, Hashizume A, Ido A, Miura CH, Miura T, Nakamura S, Seyama T, Matsumoto Y, Kasai K, Fujitani Y. 2019. Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed. *Animals* doi:10.3390/ani9030098.

Kebli H, Sinaj S. 2017. Agronomic potential of a natural fertiliser based on fly larvae frass. *Agrarforschung Schweiz* **8**:88-95.

Khairiyah M, Zulhisyam AK, Dini R, Mohammad MR, Hasnita CH, Syed MA, Mohamad FMN, Mahmoud OAD, Azizza MH. 2021. Effect of the inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal on growth performance and blood plasma constituents in broiler chicken (*Gallus gallus domesticus*) production. *Saudi journal of biological sciences* **29**:809-815.

Khan S, Khan RU, Sultan A, Khan M, Hayat SU, Shahid MS. 2016. Evaluating the suitability of maggot meal as a partial substitute of soya bean on the productive traits, digestibility indices and organoleptic properties of broiler meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **100**:649-656.



- Kim B, Bang HT, Jeong JY, Kim M, Kim KH, Chun JL, Ji SY. 2021. Effects of Dietary Supplementation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae oil in Broiler Health. *J Pout sci* **4**:222-229.
- Kobayashi M, Sasaki T, Saito N, Tamura K, Suzuki K, Watanabe H, Agui N. 1999. Houseflies: not simple mechanical vectors of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. *Am J Trop Med Hyg.* **61**:625-629.
- Kohajdová Z, Karovičová J, Schmidt Š. 2011. Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech J. Food Sci* **29**:203-211.
- Koundinya PR, Thangavelu K. 2005. Silk Proteins in Biomedical Research. *Indian Silk* **43**:5-8.
- Krafsur ES, Black IVWC, Church CJ, Barnes DA. 1985. Age structure and reproductive biology of a natural house fly (*Diptera:Muscidae*) population. *Environmental Entomology* **14**:159-164.
- Kralik G, Kralik Z, Grčević M, Hanžek D. 2018. Quality of chicken meat. *Animal Husbandry and nutrition* <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72865>.
- Laguna O, Barakat A, Alhamada H, Durand E, Baréa B, Fine F, Lecomte J. 2018. Production of proteins and phenolic compounds enriched fractions from rapeseed and sunflower meals by dry fractionation processes. *Industrial Crops and Products* **118**:160-172.
- Lee HJ, Kim JH, Ji DS, Lee CH. 2019. Effects of heating time and temperature on functional properties of proteins of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Sci. Anim. Resoure* **39**:296-308.
- Liu C, Wang C, Yao H. 2019. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.)) (*Diptera: Statiomyidae*). *Animals* [doi:10.3390/ani9060349](https://doi.org/10.3390/ani9060349).

Liu YS, Zhang YY, Li JL, Wang XF, Xing T, Zhu XD, Zhang L. 2019. Growth performance, carcass traits and digestive function of broiler chickens fed diets with graded levels of corn resistant starch. *Br. Poult Sci* **61**:146-155.

Lu ZX, He JF, Zhang YC, Bing DJ. 2020. Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Crit Rev Food Sci Nutr.* **60**:2593-2605.

Lynsk TJ. 1993. Adult resting and larval development sites of stable flies and house flies (Diptera:Muscidae) on dairies in Alberta. *Journal of Economic Entomology* **86**:1746-1753.

Machona O, Matongorere M, Mangoyi R. 2022. Evaluation of Nutritional of the Larvae of *Tenebrio Molitor*, and Formulation of Broiler Stockfeed. *Entomology and applied science letters* **9**:48-56.

Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. 2014. State of the art on use insects animal feed. *Anim feed sci tech* **197**:1-33.

Maqsood M, Saeed RA, Sahar A, Khan MI. 2022. Mulberry plant as a source of functional food with therapeutic and nutritional applications: A review. *J Food Biochem* DOI:10.1111/jfbc.14263.

Marangoni F, Corsello G, Cricelli C, Ferrata N, Ghiselli A, Lucchin L, Poli A. 2015. Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing. *Food and nutrition reserarch* **59**:1-11.

Massuquetto A, Durau JF, Barrilli LNE, Fernandes dos Santos RO, Krabbe EL, Maiorka A. 2020. Thermal processing of corn and psysical formo f broiler diets. *Poultry Science* **99**:3188:3195.

Mebratu AT, Asfaw YT, Janssens GPJ. 2022. Exploring the funcional and metabolic effects of adding garra fish meal to a plant-based broiler chicken diet. *Trop Anim Health Prod.* DOI:10.1007/s11250-022-03200-z.

Ministerstvo zemědělství 2019. Předpis 368/2019 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Pages 3740-3763 in Sběrka zákonů České republiky, 2019. Česká republika.

Mohamed EAE, Mohamed TE, Manal ES, Shaza YAQ, Gaber EB, Asmaa FK, Abdel-Moneim EAM, Mahmoud A. 2020. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. *J. anim. Physiol. Anim. Nutr.* **104**:1835-1850.

Morales-Ramos JA, Rojas MG, Dossey AT. 2018. Age-dependent food utilisation of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) in small groups at two temperatures. *Journal of Insects as Food and feed* **4**:51-56.

Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, Gerber P. 2017. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Food Secur* **14**:1-8.

Moula N, Scippo ML, Douny C, Degant G, Dawans E, Cabaraux JF, Honick JL, Medigo RC, Leroy P. 2018. Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. *Animal Nutrition* **4**:73-78.

Murawska D, Daszkiewicz T, Sobotka W, Gesek M, Witkowska D, Matusевич P, Bakula T. 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. *Animals* DOI:10.3390/ani11092715.

Nwibo DD, Hamamoto H, Matsumoto Y, Kaito C, Sekimizu K. 2015. Current use of silkworm larvae (*Bombyx mori*) as an animal model in pharmaco-medical research. *Drug Discov Ther.* **9**:133-135.

Olivera F, Doelle K, List R, O'Reilly JR. 2015. Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **3**:147-152.

Olkowski B, Charuta A, Radzki R, Bieńko M, Toczko R. 2016. Skeletal response to diet with soya bean seeds used as primary source of protein in growing broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr* **100**:731-737.

Petracci M, Bianchi M, Cavani C. 2010. Preslaughter handling and slaughtering factors influencing poultry quality. *World's poultry science journal* **66**:17-26.

Peyronnet C, Pressenda F, Ponchant P, van der Werf HMG. 2012. Impact du décortilage du tournesol sur la valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des tourtes en fabrication d'aliments composés. *OCL* **19**:341-346.

Pieterse E, Erasmus SW, Uushona T, Hoffman LC. 2019. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**:893-903.

Pihlanto A, Matilla P, Makinen S, Pajari AM. 2017. Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food Funct.* **8**:3443-3458.

Poortvliet PM, Van der Pas L, Mulder BC, Fogliano V. 2019. Healthy, but Disgusting: An Investigation Into Consumers' Willingness to try Insect Meat. *J Econ Entomol.* **112**:1005-1010.

Prímas L. 2023. Zdroj bílkovin pro krmivo budoucnosti. Profi Press, Praha Available from <https://trvaleudrzitelnezemedelstvi.cz/clanky/zdroj-bilkovin-pro-krmivo-budoucnosti/> (accessed February 2024).

Prímas L. 2023. Pár slov k výživě zvířat a lidí. Profi Press. Available from <https://naschov.cz/par-slov-k-vyzive-zvirat-i-lidi/> (accessed November 2023).

Radulović S, Pavlović M, Šefer D, Katoch S, Hadži-Milić M, Jovanović D, Grović S, Marković R. 2018. Effects of housefly larvae (*Musca domestica*) dehydrated meal on production performances and sensory properties of broiler meat. *Thai J Vet Med.* **48**:63-70.

Rafiullah M, Khan S, Khan RU, Ullah Q. 2020. Does the gradual replacement of spent silworm (*Bombix mori*) pupae affect the performance, blood metabolites and gut functions in White Leghorn laying hens?. *Res Vet Sci* **132**:574:577.

Riaz K, Iqbal T, Khan S, Usman A, Al-Ghamdi MS, Shami A, Mohamed RAEL, Almadiy AA, Galil FMAA, Alfuhaid NA, Ahmed A, Alam P. 2023. Growth Optimization and Rearing of Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as a Sustainable Food Source. *Foods* DOI:10.3390/foods12091891.

Ribeiro JC, Goncalves ATS, Moura AP, Varela P, Cunha LM. 2022. Insects as food and feed in Portugal and Norway – Cross-cultural comparison of determinants of acceptance. *Food Quality and Preference* <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104650>.

Richards MP, Rosebrough RW, Coon CN, McMurtry JP. 2010. Feed intake regulation for the female broiler breeder: In theory and in practise. *Journal of applied poultry reserch* **19**:182-193.

Remena RA, Robinson FE. 2019. Defining normal: comparison of feed restriction and full feeding of female broiler breeders. *Worlds poultry science journal* **60**:508-522.

Saminathan M, Mohamed WNW, Noh AM, Ibrahim NA Fuat MA, Ramiah SK. 2022. Effects of dietary palm oil on broiler chicken productive performance and carcass characteristics: a comprehensive review. *Trop Anim Health Prod*. DOI:10.1007/s11250-022-03046-5.

Sedgh-Gooya S, Torki M, Darbemamieh M, Khamisabadi H, Torshizi MAK, Abdolmohamadi A. 2021. Yellow mealworm, *Tenebrio molitor* (Col: Tenebrionidae), larvae powder as dietary protein sources for broiler chickens: Effects on growth performance, carcass traits, selected intestinal microbiota and blood parameters. *J Anim Physiol Anim Nutr* **105**:119-128.

Sedláková K, Straková E, Suchý P, Krejcarová J, Herzig I. 2016. Lupin as a perspective plan for animal and human nutrition – A Review. *Acta Vet* **85**:165-175.

SENS. 2020. Zákulisí cvrčcí farmy – Jak vypadá životní cyklus cvrčka? In: Sens (online), 24.05.2020, Dostupné z: <https://damesens.cz/blogs/news/zakulisi-cvrcci-farmy-jak-vypada-zivotni-cyklus-cvrcka>.

Seyedalmoosavi MM, Mielenz M, Veldkamp T, Das G, Metges CC. 2022. Growth efficiency, intestinal biology and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: A review. *Journal of animal science and biotechnology* doi: 10.1186/s40104-022-00682-7.

Shaviklo AR, Alizadeh-Ghamsari AH, Hosseini SA. 2021. Sensory attributes and meat quality of broiler chickens fed with mealworm (*Tenebrio molitor*). *J Food Sci* **58**:4587-4597.

Sheikh IU, Banday MT, Baba IA, Adil S, Nissa SS, Zaffer B, Bulbul KH. 2018. Utilization of Silkworm Pupae Meal as an Alternative Source of Protein in the Diet of Livestock and Poultry: A Review. *Journal of entomology and zoology* **6**:1010-1016.

Shewry PR. 2009. Wheat. *J Exp Bot.* **60**:1537-1553.

Shiavone A, Dabbou S, De Marco M, Cullere M, Biasato I, Biasibetti E, Capucchio M, Bergagna S, Dezzuto D, Meneguz M. 2018. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal* **12**:2032-2039.

Shiavone A, Dabbou S, Petracci M, Zampiga M, Sirri F, Biasato I, Gai F, Gasco L. 2019. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breasts meat quality and safety. *Animam* **13**:2397-2405.

Sholey DV, Marschall A, Cowan AA. 2020. Evaluation of oats with varying hull inclusion in broiler diets up to 35 days. *Poultry Sci* **99**:2566-2572.

Sissons JW, Nyrop A, Kilshaw PJ, Smith RV. 1982. Ethanol denaturation of soya bean protein antigens. *J. Sci. Food* **33**:706-710.

Sitompul S. 2004. Analisis asam amino dalam tepung ikan dan bungkil kedelai. *Buletin teknik pertanian* **9**:33-37.

Sluik D, Boeing H, Li K, Kaaks R, Johnsen NF, Tjønneland A. 2014. Lifestyle factors and mortality risk in individuals with diabetes? *Diabetologia* **57**:63-72.

Souza Vilela J, Alvarenga TIRC, Andrew NR, PcPhee M, Kolakshyapati M, Hopkins DL, Ruhnke I. 2021. Technological Quality, Amino Acid and Fatty Acid Profile of Broiler Meat.

Sprangers T, Michiels J, Vrancx J, Owyn A, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S. 2018. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology* **235**:33-42.

SVZH. 2023. Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu. Copyright, Praha. Available from *Perspektivy chovu hmyzu – Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu (svzh.cz)* (accessed February 2024).

Šťastník O, Novotný J, Roztočilová A, Kouřil P, Pavlata L, Mrkvicová E. 2020. Technika přípravy krmných směsí s podílem moučných červů (*Tenebrio molitor* L.) pro výkrm kuřat. Agronomická fakulta, MENDELU. Brno.

Enhanced by Dietary Inclusion of Black Soldier Fly Larvae. *Foods* DOI: 10.3390/foods10020297.

Sun T, Long RJ, Liu ZY. 2013. The effect of a diet containing grasshoppers and access to freerange on carcass and meat physiochemical and sensory characteristics in broilers. *British Poultry Science* **54**:130-137.

Tadele Y. 2015. White Lupin (*Lupinus albus*) grain, a potential source of protein for ruminants. *Res. J. Agric. Environ. Manag.* **4**:180-188.

Tomberlin JK, Sheppard DC, Joyce JA. 2022. Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets. *Annals of the Entomological Society of America* **95**: 379-386.

Uauy R, Gattas V, Yañez E. 1995. Sweet lupins in human nutrition. *World Rev. Nutr. Diet* **77**:75-88.

Ullah R, Khan S, Khan NA, Mobashar M, Lohakare J. 2017. Replacement of Soybean Meal with Silkworm Meal in the Diets of White Leghorn Layers and Effects on Performance, Apparent Total track Digestibility, Blood Profile and Egg Quality. *International Journal of Veterinary and Health Science Research* **5**:200-207.

Valable AS, Narsy A, Duclos MJ, Pomar C, Page G, Nasir Z, Magnin M, Létourneau-Montminy MP. 2018. Effects of dietary calcium and phosphorum deficiency and subsequent recovery on broiler chicken growt performance and bone characteristics. *Animal* **12**:1555-1563.

Van Huis A. 2016. Edible insects are the future?. *Proceedings of the nutrition society* **75**:294-305.

Veldkamp B, Bosh G.2015. Insect: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diet. *Animal frontiers* DOI:10.2527/af.2015-0019.

Vilvert E, Lana M, Zandler P, Sieber S. 2018. Multi-model approach for assessing the sunflower food value chain in Tanzania. *Agricultural Systems* **159**:103-110.

Wang D, Zhai SW, Zhang CX, Bai YY, An SH, Xu YN. 2005. Evaluation on Nutritional Value of Field Crickets as a Poultry Feedstuff. *J. Anim. Sci.* **5**:667-670.

Wardhana AH. 2016. Black soldier fly (*hermetia illucens*) as an alternative protein source for animal feed. *Indonesian bulletin of animal and veterinary sciences* **26**:69-78.

Whitehead CC. 2002. Nutrition and poultry welfare. *Worlds poultry science journal* **58**: 349-356.

Yasar S, Forbes JM. 2000. Enzyme supplementation of dry and wet wheat-based feeds for broiler chickens: performance and gut responses. *British journal of nutrition* **84**:297-307.



Zajac M, Kiczorowska B, Samolińska W, Klebaniuk R. 2020. Inclusion of Camelina, Flax, and Sunflower Seeds in the Diet for Broiler Chickens: Apparent Digestibility of Nutrients, Growth Performance, Health Status, and Carcass and Meat Quality Traits DOI:10.3390/ani10020321.

Zelena J. 2014. Výživa a krmení drůbeže. Agriprint. Olomouc.

Zsedeli E, Cullere M, Takacs G, Herman Z, Szalai K, Singh Y. 2022. Dietary Inclusion of Defatted Silkworm (*Bombyx mori* L.) Pupa Meal for Broiler Chickens at Different Ages: Growth Performance, Carcass and Meat Quality Traits. *Animals* <https://doi.org/10.3390/ani13010119>.

## 9 Seznam použitých obrázků a tabulek

Obrázek 1 - Spotřeba masa v hodnotě na kosti (ČSÚ 2024) .....	12
Tabulka 1 - Složení krmných směsí.....	47
Tabulka 2 - Nutriční složení krmných směsí .....	47
Tabulka 3 - Vyhodnocení užítkovosti kuřat .....	52
Tabulka 4 - Denní přírůstky v jednotlivých obdobích.....	53
Tabulka 5 - Jatečné parametry .....	55
Tabulka 6 - Prsní svalovina .....	56
Tabulka 7 - Stehenní svalovina.....	57
Tabulka 8 - Chemické složení .....	58