



VĚDECKÝ VÝBOR VÝŽIVY ZVÍŘAT

Vliv hmyzí moučky na kvalitu masa vykrmovaných kuřat

doc. Ing. Darina Chodová, Ph.D.

prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.

Praha, červen 2024



ISBN 978-80-7403-316-2

Obsah

1.	Úvod	4
2.	Hmyz jako složka krmiv pro drůbež.....	5
3.	Vliv hmyzu na užitkovost drůbeže	6
4.	Vliv hmyzí moučky na jatečné parametry kuřat	7
5.	Vliv hmyzí moučky na kvalitu masa	8
5.1.	Fyzikální parametry kvality masa	8
5.2.	Senzorické hodnocení masa	10
5.3.	Chemické složení masa	10
6.	Materiály a metody	12
6.1.	Fyzikální vlastnosti masa	15
6.2.	Chemické složení	15
6.3.	Mastné kyseliny	16
6.4.	Statistické hodnocení výsledků	16
7.	Výsledky a diskuze.....	17
8.	Závěr	22
9.	Souhrn.....	23
10.	Summary	24
11.	Seznam literatury.....	25

1. Úvod

Celosvětové navyšování živočišné výroby se odráží v rostoucí poptávce po krmivech. Nejvíce využívaným rostlinným zdrojem bílkovin v krmivech je sója, především ve formě sójového extrahovaného šrotu. Na druhou stranu je sója využívána i pro lidskou potřebu. V současné době se ale až 97 % sójových bobů používá jako složka krmiva pro zvířata. Její zkrmování je spjato s problémy, jako je konkurence mezi hospodářskými zvířaty a lidmi, vysoká cena nebo dopad na životní prostředí vlivem jejího pěstování jako je ztráta biodiverzity, odlesňování a s těmito jevy související globální oteplování a zvyšující se emise skleníkových plynů. Z těchto důvodů se hledají alternativní zdroje proteinů do krmiv pro hospodářská zvířata. Jedním z těchto alternativních zdrojů, který se zdá být nejvhodnějším pro drůbež hmyzí moučka, která má vysokou nutriční hodnotu, začíná být snadno dostupná, je kompatibilní s automatizovanými krmnými systémy a nemá negativní dopad na životní prostředí. Dne 7. září 2021 vstoupilo v platnost nařízení Komise EU 2021/1372, kterým se změnila příloha IV nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.999/2001 a díky tomu je v rámci Evropské unie umožněno mimo jiné i zkrmování zpracovaných živočišných proteinů z hmyzu pro drůbež. Zpracované bílkoviny určené k výrobě krmiv pro drůbež a další hospodářská zvířata je podle Nařízení komise EU č. 2017/893 možné získávat pouze z následujících druhů hmyzu: moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), moucha domácí (*Musca domestica*), potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*), cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček krátkokřídlý (*Grylloides sigillatus*) a cvrček banánový (*Gryllus assimilis*). Toto nařízení navíc stanovuje kvalitu substrátu, na kterém se hmyz chová. Substrát nesmí obsahovat produkty živočišného původu, hnůj či jiný druh odpadů.

S uvolněním legislativy ve prospěch možnosti zkrmování hmyzu drůbeži souvisí možnost využití hmyzí moučky, která je nejvhodnější formou, neboť je kompatibilní s automatizovanými krmnými systémy a lze ji tak snadno zakomponovat do krmných směsí. Výhodou hmyzí moučky je příznivá nutriční hodnota, neboť obsahuje 40 – 60 % bílkovin a 30 – 35 % tuku a také potenciál pro snadnou a rychlou produkci této moučky s ohledem na snadné rozmnožování a rychlý růst hmyzu. Navíc, je chov hmyzu šetrný pro životní prostředí, z hlediska nízkých emisí skleníkových plynů a také díky vysoké účinnosti konverze krmiv (Van Huis 2016). Ze všech druhů hmyzu se jeví jako nevhodnější pro komerční využití v krmivech pro drůbež potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), moucha bráněnka (*Hermetia illucens*) a moucha domácí (*Musca domestica*). Pro vlastní produkci je nejefektivnější *Hermetia illucens*, kdy za 42 dnů je možné na 1 m² vyprodukovat více než 180 kg larev (Józefiak et al. 2016).

Bylo provedeno mnoho studií s nahrazováním bílkovinných zdrojů v krmivech drůbeže hmyzí moučkou, ve kterých byla zjištěna řada pozitiv jako je například zlepšení růstu a také jatečných parametrů brojlerových kuřat (Gajana et al. 2016).

2. Hmyz jako složka krmiv pro drůbež

Hmyz má vysokou nutriční hodnotu, která je ale ovlivněna i řadou faktorů, jako je například technologie chovu, složení substrátu pro chov hmyzu nebo životní cyklus hmyzu. Nejčastější období získávání hmyzu je ve stádiu larvy či kukly. Hmyzí moučka je bohatým zdrojem bílkovin (40 – 60 %; Tran et al. 2015), podobně jako sójový extrahovaný šrot. Všechny druhy hmyzu jsou zároveň dobrým zdrojem esenciálních aminokyselin (Al-Qazzaz et al. 2016). 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. Rumpold a Schluter (2013) uvádějí, že hmyz má lepší poměr methioninu a lysinu než některé obiloviny.

Kromě bílkovin je hmyzí moučka pro vykrmovaná kuřata i dobrým zdrojem metabolizovatelné energie (Schiafone et al. 2017). Obsah tuku v sušině se u hmyzí moučky pohybuje v rozmezí 30 – 35 % (Kieronczyk et al. 2018). Podíl tuku je velmi závislý na substrátu, na kterém jsou larvy chovány a na krmivu, které se larvám podává a také na stádiu vývoje. Dle Karvan et al. (2018) obsah tuku je nejvyšší ve stádiu larvy a kukly hmyzu a v dospělosti je obsah tuku již relativně nižší.

Z mastných kyselin jsou v moučce z larev bráněnky zastoupeny nasycené mastné kyseliny z 58 – 72 %, mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny v rozsahu 19 – 40 % (Makkar et al. 2014). Z nasycených mastných kyselin obsahuje zejména kyselinu palmitovou (C16:0) a stearovou (C18:0). V larvách bráněnky je také vysoký podíl kyseliny laurové (C12:0), která tvoří až 67 % celkového obsahu nasycených mastných kyselin (Surendra et al. 2016), ale na druhou stranu, má antimikrobiální účinky a u drůbeže se může využívat z důvodu snížení používání antibiotik během výkrmu (Dicke 2018). Z mononenasycených mastných kyselin převažuje kyselina olejová (C18:1, n-9; Al-Quazzaz et al. 2016). Nenasycené mastné kyseliny jsou podobné jako v případě rybí moučky, ale u hmyzu je více polynenasycených mastných kyselin. Larvy potemníka moučného mají příznivý poměr nenasycených a nasycených mastných kyselin (Finke 2002). Naopak larvy bráněnek mají nevýhodný poměr n-6/n-3

mastných kyselin. Jednotlivé podíly a složení mastných kyselin jsou ale podobně jako celkový tuk závislé na substrátu, ve kterém se hmyz chová. Kieronczyk et al. (2020) uvádějí, že obsah kyseliny laurové lze snížit například přidávkem zelí či mrkve do krmného substrátu pro bráněnky.

Jedním z možných negativ zkrmování hmyzu je přítomnost chitinu, který může ovlivňovat stravitelnost a nutriční vlastnosti hmyzu. Chitin je polysacharid exoskeletu hmyzu (Sanchez-Muros et al. 2014), který byl dlouho považován za nestravitelnou vlákninu. Nicméně, u kuřat produkuje gastrointestinální trakt, zejména žlázatý žaludek a hepatocyty, enzym chitinázu (Suzuki et al. 2002), která degraduje chitin na chitosan, chitooligosacharidy a chitooligomery, které jsou snadno absorbovány do krevního řečiště (Tabata et al. 2017). Obsah chitinu závisí na druhu hmyzu a stádiu jeho vývoje. Například u larev potemníka moučného je obsah chitinu cca 18 % ze sušiny exoskeletu a 4,92 % ze sušiny celého těla larvy (Song et al. 2018). Chitin má ale také pozitivní vliv na imunitu a zdravotní stav kuřat, kdy Khempaka et al. (2011) pozorovali probiotický účinek chitinu prostřednictvím zvýšené produkce kyseliny máselné ve slepém střevě a zlepšením imunitní odpovědi kuřat (Bovera et al. 2015). Chitin a jeho deriváty mohou udržovat vyváženou a zdravou mikroflóru trávicího traktu, která udržuje množství potenciálně patogenních bakterií, jako např. *Escherichia coli* nebo *salmonella typhimurium* na nízké hladině (Benhabiles et al., 2012) a snižuje tak riziko střevních onemocnění. Chitin má také pozitivní vliv na populaci bifidobakterií a *Lactobacillus* spp. (Lee et al. 2002; van Huis et al. 2013). Hmyzí moučka ale může ovlivňovat vývoj střevní stěny, kdy brojlerová kuřata krmená hmyzí moučkou měla kratší klky, což vedlo ke snížení funkce střev ve vztahu ke vstřebávání živin (Dabbou et al. 2018). Míra vlivu ale závisí na použitém druhu hmyzu a koncentraci v krmivu.

3. Vliv hmyzu na užítkovost drůbeže

Většina ukazatelů užítkovosti a jatečných parametrů kuřat závisí na výživě, v tomto případě na množství přidané hmyzí moučky. Podle dostupných studií, nízké množství hmyzí moučky v krmivu drůbeže (nahrazení 5 – 10 % sójové moučky hmyzí moučkou) nemělo vliv na růst kuřat (Schivavone et al. 2019), ale vyšší podíl hmyzí moučky v krmné směsi (nahrazení 30 % sójové moučky moučkou hmyzí) zvýšil denní přírůstky u těchto kuřat (Bovera et al. 2016). Podobné hodnoty uvádějí i Altmann et al. (2018), která uvádějí, že přidání hmyzí moučky z bráněnky zvýšilo živou hmotnost kuřat o 150 – 200 g na 2,48 kg v porovnání s kuřaty krmenými směsmi se sójovou nebo rybí moučkou, která měla ve stejném věku živou hmotnost

2,28 kg. Na druhou stranu kuřata krmená směsí s vyšším obsahem bráněnky (50 %) měla nižší živou hmotnost (1,76 kg) v porovnání s kontrolní krmnou směsí bez hmyzí moučky (1,80 kg; Kim et al. 2021). V případě krmné směsi s přídavkem mouchy domácí ve výši 5 % byla živá hmotnost kuřat vyšší než u kontrolní skupiny (Radulovic et al. 2018). Englmaierová et al. (2021) provedli výzkum se cvrčkem domácím, kdy při krmné směsi s obsahem hmyzí moučky ve výši 30 g/kg, měla kuřata v 35 dnech vyšší živou hmotnost (2446 g), než při vyšší dávce (90 g/kg), kdy kuřata dosáhla hmotnosti 2001 g.

Porážková hmotnost kuřat závisí na průměrných denních přírůstcích, kdy Schiavone et al. (2018) nezjistili změny v denním přírůstku kuřat s krmivem obsahujícím 10 % hmyzí moučky z larev bráněnky v porovnání s kuřaty krmenými standardní krmnou směsí. Podobně také Murawska et al. (2021) uvádějí, že při dávkách hmyzí moučky okolo 10 % v krmivu nedošlo ke změně denních přírůstků, ale vyšší dávky hmyzí moučky (50 – 100 %) měly negativní vliv na růst kuřat. V případě moučky z potměníka moučného rovněž nebyl zjištěn vliv na přírůstky, pokud byla koncentrace hmyzí moučky v krmivu od 5 do 10 % (Ramos-Elorduy et al. 2002; Biasato et al. 2016; Kieronczyk et al. 2018). Někteří autoři uvádějí lepší přírůstky v případě vyšší koncentrace hmyzí moučky z potměníka moučného v krmivu (Bovera et al. 2016; Khan et al. 2018; Benzertiha et al. 2020; Hong et al. 2020). Jak je patrné z předchozího odstavce, průměrné denní přírůstky a porážková hmotnost v daném věku záleží především na použité koncentraci hmyzí moučky v krmivu a také na tom, z jakého druhu hmyzu je moučka vyrobená.

Spotřeba krmiva ani konverze krmiva nebyla podle Wang et al. (2005), Kieronczyk et al. (2018) a Schiavone et al. (2018) ovlivněna náhradou sójového extrahovaného šrotu hmyzí moučkou. Naproti tomu, Englmaierová et al. (2021) zjistili u kuřat s rostoucím obsahem moučky z cvrčka domácího snižování spotřeby krmiva a zvyšování konverze krmiva. Tito autoři přičítají nižší spotřebu krmiva menší chutnosti krmiva nebo přítomnosti antinutričních látek.

4. Vliv hmyzí moučky na jatečné parametry kuřat

Většina studií nenalezla průkazné rozdíly v jatečných charakteristikách vykrmovaných kuřat pokud byl sójový extrahovaný šrot nahrazen hmyzí moučkou. Pieterse et al. (2014) zaznamenali vyšší hmotnost jatečně opracovaného trupu u kuřat s krmených hmyzí moučkou oproti těm, která měla v krmné směsi sójový extrahovaný šrot. V souladu s předchozí studií byly i výsledky Altmann et al. (2018), kteří zjistili těžší jatečné trupy kuřat s 50% náhradou sójového

šrotu moučkou z larev bráněnky a uvádějí, že příčinou byla pravděpodobně vyšší koncentrace bílkovin a tuku v krmivu s hmyzí moučkou. Na druhou stranu, Kim et al. (2021) pozorovali nižší hmotnost jatečně opracovaného trupu u kuřat, kterým byl do krmné směsi přidán hmyzí olej (150 g/kg) z larev bráněnky. Englamierová et al. (2021) zjistili, že koncentrace hmyzí moučky z cvrčka domácího v krmivu má vliv na hmotnost jatečně opracovaného trupu, kdy nižší koncentrace (30 g/kg) měla za následek zvýšení hmotnosti jatečně opracovaného trupu, zatímco vyšší koncentrace (60 g/kg) hmotnost jatečně opracovaného trupu snížila.

Nejdůležitějším ukazatelem jatečných parametrů je jatečná výtěžnost. Většina studií uvádí, že částečné či úplné nahrazení sójové moučky moučkou hmyzí nemělo vliv na jatečnou výtěžnost kuřat (Bovera et al. 2016; Cullere et al. 2016; Biasato et al. 2018).

Částečné nahrazení původního zdroje proteinu hmyzí moučkou zvýšilo hmotnost stehen a prsou kuřat (Hwangbo et al. 2009). Pieterse et al. (2014), Altmann et al. (2018) a Heuel et al. (2022) pozorovali vyšší podíl prsou u kuřat krmených směsí s hmyzí moučkou. Vyšší podíl hmyzí moučky (nad 50 %) měl ale negativní vliv na podíl prsou kuřat (Murawska et al. 2021). Podíl stehen kuřat nebyl zařazením hmyzí moučky do krmiva ovlivněn (Dabbou et al. 2020; De Souza Vilela et al. 2021).

5. Vliv hmyzí moučky na kvalitu masa

Zdroj a množství proteinů a tuků v krmivu může mít kromě ukazatelů užitkovosti a jatečných parametrů vliv i na kvalitu masa. Kvalita masa může být popisována fyzikálními vlastnostmi (pH, barva, vaznost, textura), chemickým složením nebo senzorickými charakteristikami.

5.1. Fyzikální parametry kvality masa

Z fyzikálních vlastností masa je hodnota pH důležitá pro detekci vad masa, jako je například PSE (bledé měkké, vodnaté maso). Cullere et al. (2016) zjistili u křepelek krmených krmivem s 10 – 15 % moučky z larev bráněnky, nižší hodnotu pH než v případě směsi se sójovým extrahovaným šrotem. Na rozdíl od těchto autorů, Bovera et al. (2016) uvádějí u drůbeže krmené se zařazením hmyzí moučky vyšší pH a Pieterse et al. (2019) nezjistili rozdíly mezi kontrolním krmivem a krmivem se zastoupením hmyzí moučky na pH stehenní svaloviny. I přes tyto rozdíly, zařazení hmyzí moučky nevedlo k negativním změnám v hodnotě pH, které by indikovaly přítomnost vad masa.

Barva masa velmi ovlivňuje zákazníka při jeho koupi, proto je důležité hodnotit také tuto vlastnost. Barvu masa ovlivňuje koncentrace pigmentů myoglobinu a hemoglobinu ve svalech. Pigmenty v krmivu drůbeže pocházejí ze všech složek potřebných pro jeho výrobu. Secci et al. (2018) zjistili, že 1 kg hmyzí moučky z larev bráněnky obsahuje 42 g tokoferolů a 2 mg karotenoidů. Na druhou stranu, Fletcher (1999) nezaznamenali rozdíly v barvě prsní svaloviny při zkrmování hmyzí moučky. Podobně i Altmann et al. (2018), Cullere et al. (2019), Pieterse et al. (2019) a De Souza Vilela et al. (2021) nepozorovali vliv přídatku moučky z larev bráněnky na charakteristiky barvy masa brojlerových kuřat. V dalším výzkumu ale Altmann et al. (2020) a Kim et al. (2021) uvádějí, že se zastoupení hmyzí moučky z larev bráněnky v krmivu odrazilo ve žlutějším odstínu barvy masa kuřat. Při vyšším zastoupení hmyzí moučky z larev bráněnky v krmivu došlo ke zvýšení červeného odstínu a snížení žlutého odstínu v prsním svalstvu (Schiavone et al. 2019). Toto potvrzují i výsledky Daszkiewicz et al. (2022), kteří pozorovali zvyšující se obsah pigmentů v mase kuřat krmených krmnou směsí s vyšším obsahem hmyzí moučky (50 – 100 %). Intenzivnější červenost svaloviny může být způsobena akumulací pigmentů z hmyzí moučky v intramuskulárním tuku kuřat (Schiavone et al. 2019). Rozdílné výsledky barevných parametrů v jednotlivých studiích mohou být dány nejen různými koncentracemi hmyzí moučky v krmné směsi, ale také rozdíly v komponentech použitých v těchto krmivech.

Dalším důležitým ukazatelem kvality masa pro zákazníka je křehkost neboli textura masa, která je při instrumentálním stanovením vyjádřena silou stříhu neboli silou potřebnou pro přerušování svalových vláken v mase. Zastoupení hmyzí moučky v krmivu nemá podle mnoha studií vliv na texturu masa (Butzen et al. 2013; Bovera et al. 2016; Gratta et al. 2019; Pieterse et al. 2019; Schiavone et al. 2019).

Vaznost masa může být hodnocena ztrátou masové šťávy odkapem, kdy Pieterse et al. (2019), Altmann et al. (2020) a Heuel et al. (2022) detekovali podobnou ztrátu masové šťávy u kuřat krmených s přídatkem hmyzí moučky a standardní krmnou směsí. V případě tepelně upraveného masa se pro hodnocení jeho vaznosti využívá ztrát masové šťávy varem. Podobně jako u předchozí metody hodnocení vaznosti, ani po tepelné úpravě neměla hmyzí moučka v krmivu vliv na ztrátu masové šťávy varem (Pieterse et al. 2019; Schiavone et al. 2019; Altmann et al. 2020; De Souza Vilela et al. 2021; Heuel et al. 2022).

5.2. Senzorické hodnocení masa

Kvalita masa může být hodnocena senzoryckými vlastnostmi prostřednictvím panelu hodnotitelů, kteří se zaměřují na chuť, vůni, křehkost, šťavnatost a další vlastnosti masa. Chuť masa kuřat krmených hmyzí moučkou z bráněnky byla podle výsledků Altmann et al. (2018) intenzivnější než u kontrolní skupiny. Při vyšších koncentracích hmyzí moučky (50 %) byla tato chuť velmi intenzivní (Murawska et al. 2021). Na druhou stranu, Radulovic et al. (2018) zjistili u masa z kuřat krmených moučkou z mouchy domácí rozdíly v chuti, kdy mělo maso nádech kovové chuti, ale tato odlišnost byla v hodnotách, které běžný spotřebitel ani nezaznamená.

Cullere et al. (2018) a Altmann et al. (2020) při senzoryckém vyhodnocení zjistili, že maso kuřat krmených směsí se zastoupením hmyzí moučky z larev bráněnky mělo příznivější vůni, než u kuřat krmených komerční krmnou směsí. Englmaierová et al. (2021) uvádějí vysokou intenzitu vůně u kuřat krmených krmivem se zastoupením moučky z cvrčka domácího.

5.3. Chemické složení masa

Chemické složení masa určuje jeho nutriční hodnotu a je ovlivněno především obsahem a složením živin v krmivu a také jeho energetickou hodnotou.

Pieterse et al. (2014, 2019) a Bovera et al. (2016) neshledali rozdíly v základním chemickém složení masa při plné náhradě sójového extrahovaného šrotu hmyzí moučkou. Naopak Daszkiewicz et al. (2022) zjistili u kuřat s větší koncentrací hmyzí moučky v krmivu (náhrada 50 – 100 % sójové moučky) výraznější vliv na chemické složení masa. Tito autoři uvádějí nižší obsah tuku a popelovin u kuřat krmených krmivem s přídavkem hmyzí moučky oproti kontrolní skupině, ale bez průkazného vlivu na obsah bílkovin. Schiavone et al. (2019) uvádějí, že obsah vody v prsní svalovině se lineárně snižoval a zastoupení proteinu rostlo se stoupající koncentrací hmyzí moučky v krmivu kuřat, zatímco obsah tuku a popelovin zůstával neměnný. Rozdíly ve výsledcích chemického složení masa by mohly být způsobeny rozdílnou koncentrací hmyzí moučky v krmivech jednotlivých experimentů a také tím, z jakého druhu hmyzu byla moučka vyrobena. Mohou být rozdíly mezi moučkou z larev bráněnky (*Hermetia illucens*) a moučkou z larev potemníka (*Tenebrio molitor*), které jsou do směsí přidávány nejčastěji. Další možnou příčinou je i konkrétní forma hmyzí moučky (plnotučná, odtučněná apod.).

Zařazení hmyzí moučky do krmiva ovlivňuje více než předešlé chemické parametry kvality masa zastoupení mastných kyselin, neboť u monogastrů, mezi které patří i drůbež, je složení

masných kyselin v mase ovlivněno hlavně složením krmné směsi (Schiavone et al. 2019). Složení masných kyselin v hmyzí moučce se může lišit v závislosti na druhu hmyzu a způsobu jeho zpracování a následně použitím produktu z hmyzu. Obecně hmyzí moučka obsahuje v porovnání se sójou vyšší podíl nasycených masných kyselin, proto může její přidání do krmiva ovlivnit poměr a zastoupení jednotlivých masných kyselin v mase kuřat, která jsou tímto doplňkem krmna. Hmyz obsahuje vysoké množství nasycené kyseliny laurové, která má silné antimikrobiální vlastnosti, které pomáhají larvám hmyzu vyrovnat se s potenciálními riziky životního prostředí, jakými mohou být např. patogenní mikroorganismy (Gasco et al. 2018). Největší zastoupení této nasycené kyseliny je v larvách *Hermetia illucens*. Schiavone et al. (2019), De Souza Vilela et al. (2021) a Daszkiewicz et al. (2022) při zastoupení moučky z larev bráněnky v krmivu kuřat pozorovali zvýšení koncentrace kyseliny laurové a myristové v kuřecím mase. Heuel et al. (2022) dokonce uvádí, že podíl kyseliny laurové v mase pomalu rostoucích kuřat krmených směsí se zařazenou moučkou z bráněnky mělo 80 x vyšší koncentraci kyseliny laurové než u kontrolní skupiny kuřat. I přestože je kyselina laurová považována za nepříznivou pro lidskou spotřebu z důvodu zvyšování cholesterolu a následných možných kardiovaskulárních obtíží, Lappano et al. (2017) uvádějí její příznivou regulační funkci na rakovinné buňky. Spolu s kyselinou laurovou obsahuje hmyz také další nasycené masné kyseliny, což se projevuje na jejich vyšším zastoupení ve svalech brojlerových kuřat a japonských křepelek krmených hmyzí moučkou (Cullere et al. 2018; Popova et al. 2020; Daszkiewicz et al. 2022).

Podle výsledků experimentů Popova et al. (2020) a Daszkiewicz et al. (2022) zařazení hmyzí moučky neovlivnilo celkový podíl mononenasycených masných kyselin v mase. Větší vliv byl zaznamenán u polynenasycených masných kyselin (PUFA), kdy kuřata krmená směsí s hmyzí moučkou měla nižší zastoupení PUFA (Schiavone et al. 2019; De Souza Vilela et al. 2021). Příčinou snížení celkových PUFA je nízký obsah těchto nenasycených masných kyselin v hmyzí moučce, které jsou navíc zastoupeny téměř výhradně kyselinou linolovou a α -linolenovou (Schiavone et al. 2019).

Navíc, Schiavone et al. (2019) a De Souza Vilela et al. (2021) uvádějí, že při zkrmování krmné směsí s hmyzí moučkou měla kuřata vyšší aterogenní index než při zkrmování kontrolní krmné směsí. Aterogenní index vyjadřuje vztah mezi součtem masných kyselin, které podporují adhezi lipidů k buňkám krevního oběhu a hromadění aterogenních plátů a snižují hladiny fosfolipidů a esterifikovaných masných kyselin a celkovou sumou nenasycených masných kyselin (Omri et al. 2019). Pro lidské zdraví je žádoucí jeho nižší hodnota (Dal Bosco et al. 2022).

Pro získání lepšího profilu mastných kyselin v larvách hmyzu, které následně ovlivňují i profil mastných kyselin v mase by mělo být sledováno a modifikováno hlavně složení substrátu pro chov larev (Schiavone et al. 2019).

6. Materiály a metody

Pro analytickou část studie byl realizován výkrmový pokus v státním podniku Mezinárodní testování drůbeže Ústrašice (MTD Ústrašice), v rámci, kterého byly hodnoceny parametry užitkovosti, jatečné charakteristiky a kvalita masa kuřat. Do pokusu bylo zařazeno celkem 840 jednodenních kohoutků genotypu Ross 308. Kuřata byla na základě složení krmné směsi náhodně rozdělena do 2 skupin po 70 kusech s šesti opakováními. Kontrolní skupina byla vykrmována třífázově krmnou směsí pro výkrm kuřat. Skupina H měla v krmné směsi podávané zařazeno 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky (*Hermetia illucens*). Hmyzí moučka byla nakoupena z firmy Hipromine (Robakowo, Polsko) a následně v MTD Ústrašice zakomponována do krmné směsi pro kuřata.

Krmná směs BR1 byla zkrmována do 14 dnů věku, BR2 od 15 do 28. dne věku a BR 3 od 29. dne věku do konce výkrmu. Nutriční složení krmných směsí je uvedeno v Tabulce 1. Kuřata byla krmená *ad libitum*. Voda byla po celou dobu experimentu kuřatům dostupná neomezeně.

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
AMV BR1 plus	0,50	-	-	0,50	-	-
AMV BR2 plus	-	0,50	-	-	0,50	-
AMV BR3 plus	-	-	0,50	-	-	0,50
Nutriční složení – výpočet						
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

SEŠ – sójový extrahovaný šrot, NL – dusíkaté látky, ME – metabolizovatelná energie

Výkrm kohoutků probíhal na podestýlce s hustotou osazení 15,9 kuřat/1 m² za identických podmínek odpovídajících požadavkům pro výkrm kuřat. Po celou dobu experimentu byla v týdenních intervalech sledována živá hmotnost kuřat, průměrné denní přírůstky a spotřeba krmiva. Z výsledků spotřeby krmiva a živé hmotnosti byla spočítána konverze krmiva.

Tabulka 2: Zastoupení vybraných mastných kyselin v krmných směsích (g/100 g)

Mastné kyseliny (g/100 g)	Kontrolní krmná směs			Krmná směs s přídatkem 3 % hmyzí moučky		
	BR1	BR2	BR3	BR1	BR2	BR3
C12:0	0,02	0,03	0,01	6,64	14,88	9,20
C14:0	0,20	0,19	0,22	1,35	2,65	1,67
C16:0	18,79	16,14	17,69	12,88	16,61	15,44
C18:0	2,62	2,89	2,80	3,52	2,32	2,52
C20:0	0,05	0,03	0,08	0,28	0,90	0,35
C22:0	0,13	0,08	0,03	0,19	0,25	0,10
C18:1	18,40	18,75	18,84	18,93	13,49	16,77
C18:2	53,25	54,88	53,61	49,87	40,52	47,14
C18:3(9)	5,95	6,64	6,36	5,57	4,70	5,66
C20:4	0,17	0,02	0,02	0,05	0,37	0,06
SFA	21,98	19,49	20,96	25,19	38,81	29,77
MUFA	18,54	18,91	18,96	19,17	14,11	16,96
PUFA	59,48	61,61	60,09	55,64	47,08	53,27

Triviální názvy mastných kyselin: C12:0 – laurová, C14:0 – myristová, C16:0 – palmitová, C18:0 – stearová, C20:0 – arachová, C22:0 – behenová, C18:1 – olejová, C18:2 – linolová, C18:3(9) – α -linolenová, C20:4 – arachidonová, SFA – nasycené mastné kyseliny, MUFA – mononenasycené mastné kyseliny, PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

Pokus byl ukončen v 35. dni věku, kdy bylo z každé skupiny náhodně vybráno 10 kohoutků pro porážku a následné analýzy. Po porážce kuřat byly trupy vykrveny, oškubány, zbaveny hlavy, běháků a vnitřností. Jatečně opracované trupy byly poté zchlazeny při teplotě 4 °C po dobu 24 hodin. Byla vypočítána jatečná výtěžnost, tj. procentuální podíl jatečně opracovaného trupu po vychlazení ze živé hmotnosti a následoval samotný jatečný rozbor. Z hmotnosti jatečně opracovaného trupu bez vnitřností a příslušných partií byl vypočítán podíl prsou bez kůže, podíl stehenního a abdominálního tuku. Pro analýzy kvality masa (fyzikální vlastnosti a chemické složení) byl odebrán sval *pectoralis major* a pro analýzy mastných kyselin stehenní svalstvo.

6.1. Fyzikální vlastnosti masa

Fyzikální vlastnosti masa (pH, barva, vaznost, textura) byly stanovovány v prsní svalovině (pravé prso). Hodnota pH, která udává míru okyselení svalu v průběhu postmortálních změn, byla měřena 45 minut a následně 24 hodin po porážce s použitím pH metru Jenway 3510 (Jenway, Essex, Anglie) se skleněnou vpichovou sondou, která byla zaváděna minimálně 1 cm hluboko do řezu svalu.

Barva masa byla detekována na příčném řezu svalem *pectoralis major* 24 hodin *post mortem* pomocí spektrometru Konica Minolta CM-700 (Konica Minolta Sensing, Inc. Osaka, Japonsko) systémem CIE (1976) Lab. Barva masa byla vyjádřena charakteristikami L* (světlost), a* (poloha barvy mezi červenou a zelenou) a b* (poloha barvy mezi žlutou a modrou).

Vaznost masa je jeho schopnost zadržovat vodu. V našem experimentu byla charakterizována ztrátou masové šťávy odkapem, která byla vypočítána z rozdílu mezi hmotností vzorku prsní svaloviny v době porážky a po skladování při 4 °C po dobu 24 hodin. Z hlediska kvality masa při dlouhodobém uchování byla zjišťována ztráta masové šťávy mrazem. Hodnoty byla vypočítána z hmotnosti vzorku prsní svaloviny před zamražením (při -18 °C) a po rozmražení (při 4°C po dobu 24 hodin). Vaznost masa při tepelném opracování vzorku byla hodnocena ztrátou masové šťávy varem, která byla vypočítána z hmotnosti vzorku před varem a po varu. Jednotlivé vzorky byly uzavřeny do zipových plastických sáčků a vařeny ve vodní lázni při 75 °C po dobu 1 hodiny. Poté byly vzorky zchlazeny, vyndány ze sáčků, lehce osušeny a zváženy pro zjištění hmotnosti po varu.

Textura masa vyjadřuje křehkost masa měřenou instrumentální metodou. Vzorky masa pro analýzy textury byly odebrány 24 hod *post mortem* při jatečném rozboru a zamrazeny při -20°C až do analýz. Před samotným stanovením byly rozmrazeny při 4 °C po dobu 24 hod, poté umístěny do plastových sáčků se zipem a vařeny ve vodní lázni při 75 °C po dobu 1 hod. Vzorky byly poté zchlazeny na pokojovou teplotu a nařezány na řezy 2 x 1 cm² řezem, který vedl podél svalových vláken. Samotná textura masa byla měřena silou stříhu za použití přístroje Instron Model 3342 (Instron, Norwood, Anglie) nožem Warner Bratzler s trojúhelníkovou čepelí.

6.2. Chemické složení

Část prsní svaloviny (levé prso) byla odebrána při jatečném rozboru pro stanovení chemického složení masa, které udává jeho nutriční hodnotu. Po odběru byly vzorky homogenizovány, zamrazeny a při -20 °C uchovány až do samotných analýz. Chemické analýzy

(obsah sušiny, N-látek, tuku, popelovin) byly provedeny dle metod AOAC (1995). Sušina byla stanovena sušením vzorků při 105 °C až do konstantní hmotnosti v horkovzdušné sušárně. N-látky byly detekovány Kjeldahlovou metodou (s přepočítávacím faktorem 6,25) přístrojem Kjeltec Auto 1030 Analyzer (Tecator, AB, Sweden) a intramuskulární tuk Soxhletovou metodou extrakcí pomocí petroletheru (AOAC 1995) na přístroji Soxhlet 1043 (FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden). Obsah popelovin byl hodnocen po spálení vzorku při 550 °C v muflové peci.

6.3. Mastné kyseliny

Ve stehenním svalstvu bylo zjišťováno zastoupení mastných kyselin, jejichž methylestery byly stanoveny po extrakci lipidů podle metodiky Folch et al. (1957). Methanolýza byla katalyzována hydroxidem draselným a kyseliny byly extrahovány ve formě methylesterů do heptanu a následně byly stanoveny plynovým chromatografem Master GC (Dani Instruments S.p.A., Itálie) (split režim, detektor FID) na koloně se stacionární fází polyethylen glycol (FameWax – 30 m x 0,32 mm x 0,25 μm). Nosným plynem bylo helium o průtoku 5 ml/1 minutu. Podmínky analýzy byly následující: teplota nástřiku 50 °C (2 minuty), po 10 °C/1 minutu až na 230 °C (výdrž 8 minut), teplota detektoru 220 °C. Výsledky byly vyhodnoceny programem Clarity 2.5. a kvantifikovány na základě retenčních časů známých ze standardu Food Industry FAME Mix od firmy Restek. Podle Chilliard et al. (2003) byl vypočítán aterogenní index: $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\text{mononenasyčené} + \text{polynenasycené mastné kyseliny})$. Trombogenní index byl stanoven metodikou podle Ulbrichta a Southgata (1991) následovně: $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \text{mononenasyčené mastné kyseliny} + 0,5 \times (n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + 3 \times (n-3) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + (n-3/n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny})$.

6.4. Statistické hodnocení výsledků

Výsledky užítkovosti, jatečné hodnoty, fyzikálních a chemických vlastností kvality masa byly statisticky zhodnoceny metodou GLM programem SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., 2013). Hodnota $P \leq 0,05$ byla považována za průkaznou. Průkaznost rozdílů mezi skupinami je označena různými písmeny.

7. Výsledky a diskuze

Výsledky vlivu náhrady sójového extrahovaného šrotu za hmyzí moučku na výkrmnostní ukazatele kuřat jsou uvedeny v Tabulce 3. Živá hmotnost kuřat nebyla hmyzí moučkou ovlivněna, podobně jako v experimentu Schiavone et al. (2018), kteří nezaznamenali vliv zařazení bráněnky do krmiva ve výši 10 % na živou hmotnost a dále i Machona et al. (2022) při zkrmování hmyzí moučky z potemníka moučného. Nízké zastoupení hmyzí moučky ve výši 3 % nemělo vliv na průměrný denní přírůstek brojlerových kuřat a stejné výsledky pozorovali i Wang et al. (2005) a Schiavone et al. (2018). Naproti tomu, Attivi et al. (2020), Elahi et al. (2020) a Elangovan et al. (2021) uvádějí, že přídavek hmyzí moučky z larev bráněnky může podpořit růst kuřat z důvodu vysokého obsahu proteinu a vhodného složení aminokyselin, což se ale v našem experimentu nepotvrdilo.

Tabulka 3: Vliv hmyzí moučky na výkrmnost kuřat

Ukazatel	Kontrola	Hmyzí moučka	SEM	Průkaznost
Živá hmotnost 35. den (g)	2316	2319	14,90	0,915
Průměrný denní přírůstek (g)	64,84	61,78	0,34	0,142
Spotřeba krmiva/ks/den (g)	101,9	100,6	0,40	0,078
Konverze krmiva (kg)	1,54	1,59	0,02	0,253

Hmyzí moučka neměla vliv ani na spotřebu či konverzi krmiva, což je v souladu s prací Schiavone et al. (2018). Na druhou stranu výzkumy Boverly et al. (2016) a Attivi et al. (2020) vedly ke zlepšení konverze krmiva u vykrmovaných kuřat. Rozdílné výsledky výkrmnosti kuřat jsou pravděpodobně způsobeny odlišnou koncentrací hmyzí moučky v použitých krmivech u jednotlivých autorů.

Hmotnost jatečně opracovaného trupu koresponduje se živou hmotností, a pravděpodobně i proto se skupiny mezi sebou nelišily. Většina studií uvádí, že hmyzí moučka nemá vliv na jatečnou výtěžnost (Cullere et al. 2016; Kareem et al. 2018; Onsongo et al. 2018) a toto se

potvrdilo i v našem experimentu, jak je patrné z Tabulky 4. Také podíl hlavních masitých částí kuřat krmených se zastoupením hmyzí moučky nebyl odlišný od kontrolní skupiny, podobně jako v experimentech Altmann et al. (2018), Biasato et al. (2018) a Pieterse et al. (2019). Zjištění, že hlavní ukazatelé jatečných parametrů nebyli negativně ovlivněni složením krmné směsi může být důležité z hlediska ekonomické stránky.

Tabulka 4: Vliv hmyzí moučky na vybrané jatečné parametry

Ukazatel	Kontrola	Hmyzí moučka	SEM	Průkaznost
JOT (g)	1734	1716	13,03	0,493
Jatečná výtěžnost (%)	73,86	72,79	0,33	0,107
Stehna (%)	27,59	27,45	0,18	0,706
Prsa (%)	29,25	29,34	0,32	0,892
Abdominální tuk (%)	1,59	1,56	0,09	0,870

SEM – střední chyba průměru; JOT – jatečně opracovaný trup

Fyzikální vlastnosti prsní svaloviny, konkrétně svalu *pectoralis major* jsou uvedeny v Tabulce 5. Hodnota pH měřená 45 minut *post mortem* byla nižší u skupiny krmené směsí s hmyzí moučkou ($P=0,004$), ale po 24 hodinách se již hodnoty pH mezi skupinami nelišily a maso neinklinovalo k vadám. Podobně jako pH nebyly ovlivněny hmyzí moučkou ani parametry barvy masa, nicméně kuřata krmená směsí s hmyzí moučkou měla neprůkazně žlutější maso v porovnání s kontrolou. Žlutější odstín masa měla i kuřata v provedeném výzkumu Kim et al. (2021). V souladu s našimi výsledky je i výzkum Shaviklo et al. (2021), kteří zjistili, že zařazení moučky z potměníka moučného nemělo žádný vliv na změny v barvě masa. Schiavone et al. (2019) uvedli, že pokud byla bráněnka v krmivech brojlerových kuřat ve vyšším zastoupení, měla kuřata červenější odstín masa. 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).

Vaznost masa vyjádřená ztrátou masové šťávy odkapem se při zkrmování směsí s hmyzí moučkou zlepšila ($P=0,031$), tzn. hmyzí moučka snížila ztráty odkapem z 0,4 % u kontrolní skupiny na 0,28 %. Lepší hodnoty u ztráty mrazem a varem byly zaznamenány také u masa kuřat krmených hmyzí moučkou, i když v tomto případě nebyly rozdíly průkazné. De Souza Vilela et al. (2021) podobně jako v našem případě zjistili, že přídavek *Hermetia illucens* neměl

žádný vliv na ztrátu varem. Zařazení hmyzí moučky neovlivnilo ani ztráty masové šťávy varem, stejně jako v experimentech Pieterse et al. (2019), Schiavone et al. (2019) a Altmann et al. (2020).

Textura neboli křehkost masa vyjádřená instrumentálně pomocí síly stříhu se mezi oběma skupinami nelišila a je v souladu s výsledky, které uvádějí Bovera et al. (2016), Pieterse et al. (2019) a Schiavone et al. (2019).

Tabulka 5: Vliv hmyzí moučky na fyzikální vlastnosti kuřecího masa

Ukazatel	Kontrola	Hmyzí moučka	SEM	Průkaznost
pH45	6,50 ^a	6,20 ^b	0,06	0,004
pH24	6,02	5,99	0,03	0,617
L*	49,15	53,66	1,18	0,052
a*	-1,87	-1,97	0,14	0,711
b*	5,59	6,60	0,46	0,289
Ztráta odkapem (%)	0,40 ^a	0,28 ^b	0,03	0,031
Ztráta mrazem (%)	1,49	1,35	0,12	0,559
Ztráta varem (%)	24,83	23,36	0,53	0,173
Textura (N)	14,59	14,49	0,47	0,915

^{a,b} $P \leq 0,05$; SEM – střední chyba průměru

Chemické složení prsní svaloviny, které určuje její nutriční hodnotu nebylo zkrmováním hmyzí moučky průkazně ovlivněno (Tabulka 6). V souladu s našimi výsledky, Pieterse et al. (2014, 2019) a Bovera et al. (2016) neshledali rozdíly v chemickém složení masa při plné náhradě sójového extrahovaného šrotu hmyzí moučkou. Naopak Daszkiewicz et al. (2022) při větší koncentraci hmyzí moučky v krmivu (náhrada 50 – 100 % sójové moučky) zjistili u kuřat průkazný vliv na chemické složení masa, kdy uvádějí nižší obsah tuku a popelovin u kuřat krmených krmivem s přídatkem hmyzí moučky ve srovnání s kontrolní skupinou, ale bez výrazného vlivu na obsah bílkovin. Schiavone et al. (2019) v jejich publikaci poukazují na to, že obsah vody v prsní svalovině se lineárně snižoval a zastoupení proteinu rostlo se stoupající koncentrací hmyzí moučky v krmivu kuřat, zatímco obsah tuku a popelovin zůstával neměnný. Pro náš experiment byla využita plnotučná moučka z larev bráněnky (*Hermetia illucens*) s vyšším zastoupením oleje než moučka odtučněná. Toto může být hlavní příčinou obdobných

výsledků kontrolní a pokusné skupiny z hlediska nutričního složení masa. Toto tvrzení podporují i výsledky Schiavone et al. (2017) a Cullere et al. (2019), kteří nezjistili vliv přídavku hmyzího oleje do krmiva na základní chemické složení masa kuřat.

Tabulka 6: Vliv hmyzí moučky na nutriční složení prsní svaloviny

Ukazatel	Kontrola	Hmyzí moučka	SEM	Průkaznost
Voda (%)	72,75	73,36	0,21	0,151
Sušina (%)	27,25	26,64	0,21	0,151
Tuk (%)	3,67	2,84	0,24	0,080
Bílkoviny (%)	20,60	21,78	0,47	0,216
Popeloviny (%)	1,28	1,19	0,03	0,087

SEM – střední chyba průměru

V Tabulce 7 je uvedeno zastoupení hlavních skupin mastných kyselin stanovených v intramuskulárním tuku stehenní svaloviny. Složení mastných kyselin v mase monogastrů, kam řadíme i kuřata závisí především na profilu mastných kyselin v krmivu (Schiavone et al. 2010, 2019). Podíl nasycených mastných kyselin (SFA) byl vyšší ($P=0,002$) u skupin krmených směsmi s přídavkem hmyzí moučky, kde dominovala kyselina laurová, která je ve velké míře zastoupena v tuku larev bráněnky. Rovněž Schiavone et al. (2019), De Souza Vilela et al. (2021) a Daszkiewicz et al. (2022) při přídavku moučky z larev bráněnky pozorovali zvýšení koncentrace kyseliny laurové a myristové v kuřecím mase.

Celkový podíl mononenasycených mastných kyselin se nelišil mezi kontrolní a pokusnou skupinou podobně jako ve studii Popova et al. (2020) a Daszkiewicz et al. (2022).

Podíl polynenasycených mastných kyselin (PUFA) byl nižší ($P=0,012$) u skupin s přídavkem hmyzí moučky, podobně jako ve studii Schiavone et al. (2019) a De Souza Vilela et al. (2021), kteří jako důvod uvádějí nízkou koncentraci PUFA v moučce z larev bráněnky.

Z hlediska zdraví lidského organismu jsou důležité n-6 a n-3 polynenasycené mastné kyseliny. Suma n-6 i n-3 mastných kyselin byla při zkrmování směsí obsahující hmyzí moučku nižší ($P=0,012$; $P=0,013$) než při zkrmování běžné krmné směsi, což odpovídá předešlým výsledkům ohledně skladby a koncentrace mastných kyselin. Na druhou stranu, ale jejich vzájemný poměr nebyl složením krmné směsi ovlivněn.

Aterogenní index vyjadřuje vztah mezi součtem mastných kyselin, které podporují přilnavost lipidů k buňkám krevního oběhu a hromadění aterogenních plátů a celkovou sumou

nenasycených mastných kyselin (Omri et al. 2019). Kuřata krmená směsí s hmyzí moučkou měla aterogenní index vyšší ($P < 0,001$) než kontrolní skupina, což souhlasí s výsledky Schiavone et al. (2019) a De Souza Vilela et al. (2021).

Dalším důležitým ukazatelem pro zdraví člověka je trombogenní index, který je charakterizován poměrem mastných kyselin s potenciální předpokladem pro tvorbu trombů v cévách. Na rozdíl od aterogenního indexu, nebyl vliv hmyzí moučky na trombogenní index průkazný. V obou případech je žádoucí nižší hodnota indexu (Dal Bosco et al. 2022).

Tabulka 7: Vliv hmyzí moučky na zastoupení mastných kyselin ve stehenní svalovině kuřat

Mastné kyseliny	Kontrola	Hmyzí moučka	Průkaznost
SFA (g/100 g)	34,36 ^b	36,70 ^a	0,002
MUFA (g/100 g)	41,42	40,76	0,282
PUFA (g/100 g)	24,22 ^a	22,54 ^b	0,012
n-6 (g/100 g)	21,85 ^a	20,33 ^b	0,012
n-3 (g/100 g)	2,11 ^a	1,95 ^b	0,014
n-6/n-3(g/100 g)	10,36	10,39	0,903
AI (g/100 g)	0,50 ^b	0,59 ^a	<0,001
TI (g/100 g)	0,88	0,92	0,123

^{a,b} $P \leq 0,05$; SEM – střední chyba průměru; SFA – nasycené mastné kyseliny; MUFA – mononenasyčené mastné kyseliny; PUFA – polynenasycené mastné kyseliny; AI – aterogenní index; TI – trombogenní index

8. Závěr

Předložená studie řeší vliv zařazení hmyzí moučky, jako náhrady za sójový extrahovaný šrot v krmivu brojlerových kuřat, na užitkové vlastnosti, jatečné parametry, a především kvalitu masa vykrmovaných kuřat.

Lze shrnout, že zařazení moučky z larev bráněnky (*Hermetia illucens*) ve výši 3% nemělo negativní vliv na užitkovost a jatečné vlastnosti. Z fyzikálních parametrů kvality byla příznivě ovlivněna vaznost masa, zatímco ostatní parametry zůstaly obdobné jako u skupiny krmené běžnou směsí pro výkrm kuřat. Větší vliv byl zaznamenán na složení mastných kyselin, které je dáno především složením tuků v larvách, ze kterých je moučka vyrobena. V tomto ohledu jsou larvy bráněnky bohatší na nasycené mastné kyseliny, což se orazilo i na profilu mastných kyselin masa kuřat vykrmovaných hmyzí moučkou z *Hermetia illucens*. V případě využití odtučněné moučky z larev by se tento negativní vliv na mastné kyseliny mohl částečně zredukovat.

9. Souhrn

Rostoucí produkce drůbežího masa bude do budoucna vyžadovat alternativní a snadno dostupné zdroje proteinu jako náhradu za sójový extrahovaný šrot či rybí moučku. Nejvhodnější alternativou se zdá být hmyzí moučka, přičemž pro drůbež jsou nejvyužívanějšími a nejdostupnějšími druhy hmyzu moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), potěmnik moučný (*Tenebrio molitor*) nebo moucha domácí (*Musca domestica*). Mnoho vědeckých publikací se zabývalo nutričním složením hmyzí moučky, kdy bylo zjištěno, že obsahuje dostatečné množství živin (především vysoce kvalitní protein v koncentraci 40 – 60 % a také tuk 30-35 % v sušině). Použití hmyzí moučky v krmné směsi může ovlivnit růst kuřat z důvodu vlivu na mikrobiotu a anatomii trávicího traktu. Na druhou stranu, vliv hmyzí moučky na samotný růst kuřat není jasný a záleží především na procentuálním nahrazení sójové moučky moučkou hmyzí.

Z předběžné studie vyplývá, že zařazení plnotučné hmyzí moučky z larev mouchy bráněnky (*Hermetia illucens*) ve výši 3 % jako náhrady sójového extrahovaného šrotu nemělo průkazný vliv na užitkové vlastnosti vykrmovaných kuřat, podobně jako na jatečné charakteristiky. Z kvalitativních vlastností masa nebyl zjištěn vliv hmyzí moučky na většinou fyzikálních parametrů, kromě ztrát masové šťávy odkapem, kdy se u kuřat s hmyzí moučkou v krmivu zlepšila vaznost masa. Nutriční vlastnosti masa rovněž nebyly složením krmné směsi ovlivněny. Větší vliv byl zaznamenán u zastoupení mastných kyselin. Vyšší podíl nasycených mastných kyselin v moučce z larev bráněnky se negativně odrazil na jejich vyšším zastoupení v kuřecím masu na úkor polynenasycených mastných kyselin. Je třeba se tedy zabývat především použitým druhem hmyzu a také složením substrátu, na němž je chován, neboť tyto faktory mohou významně ovlivnit konečné zastoupení mastných kyselin v hmyzí moučce a tím i kvalitu masa.

10. Summary

Increasing chicken meat production needs an alternative and easily available protein source as a potential substitute for soybean meal or fishmeal. The insect meals seem to be the most appropriate alternative. Of all insect species, *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* and *Musca domestica* are the most suitable species for commercial exploitation in poultry feed. On the basis of numerous studies, insect meals contain sufficient nutrients (mainly high quality protein in a concentration of 40 – 60 % and also fat 30 – 35 % of dry matter) for broiler production. The use of insect meal in feed mixtures can influence the growth of chickens due to its effects on the microbiota and the anatomy of the digestive tract. On the other hand, the impact of insect meal on the growth of chickens itself is unclear and primarily depends on the percentage of replacement of soybean meal with insect meal.

Preliminary present study results indicate that including 3% full-fat insect meal from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as a replacement for extracted soybean meal did not have a significant effect on the performance characteristics of broiler chickens, nor on carcass characteristics. Regarding meat quality traits, insect meal did not affect most physical parameters, except for drip loss, where chickens fed with insect meal showed improved water-holding capacity of the meat. Nutritional properties of the meat were also not influenced by the feed mixture composition. A greater effect was observed in the fatty acid composition. The higher proportion of saturated fatty acids in the meal from black soldier fly larvae negatively reflected their higher presence in chicken meat at the expense of polyunsaturated fatty acids. Therefore, it is essential to consider the type of insect used and the composition of the substrate on which it is reared, as these factors can significantly influence the final fatty acid profile in insect meal and thereby the quality of the meat.

11. Seznam literatury

- Al-Qazzaz MFA, Ismail D, Akit H, Idris LH. 2016. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia* **45**:518–523.
- Altmann BA, Neumann C, Velten S, Liebert F, Mörlein 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* **7**:34.
- Altmann BA, Wigger R, Ciulu M, Mörlein D. 2020. The effect of insect or microalga alternative protein feeds on broiler meat quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **100**:4292-4302.
- AOAC - Association of Official Analytic Chemists. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Attivi K, Agboka K, Mlaga GK, Oke OE, Teteh A, Onagbesan O, Tona J. 2020. Effect of black soldier fly (*Hermetia Illucens*) maggots meal as a substitute for fish meal on growth performance, biochemical parameters and digestibility of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* **19**:75–80.
- Benhabiles MS, Salah R, Lounici H, Drouiche N, Goosen MFA, Mameri N. 2012. Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste. *Food Hydrocolloids* **29**:48–56.
- Benzertiha A, Kierończyk B, Rawski M, Mikołajczak Z, Urbański A, Nogowski L, Józefiak D. 2020. Insect fat in animal nutrition – A review. *Annals of Animal Science* **20**:1217–1240.
- Biasato I, De Marco M, Rotolo L, Renna M, Dabbou S, Capucchio MT, Biasibetti E, Costa P, Gai F, Pozzo L, Dezzutto D, Bergagna S, Martinez S, Tarantola M, Gasco L, Schiavone A. 2016. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **100**:1104–1112.
- 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, Bergagna S, Dezzutto D, Zoccarato I, Schiavone 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.
- Bovera 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 a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science* **56**, 569–575.

- 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.
- Butzen FM, Ribeiro AML, Vieira MM, Kessler AM, Dadalt JC, Della MP. 2013. Early feed restriction in broilers. I-Performance, body fraction weights, and meat quality. *Journal of Applied Poultry Research* **22**:251–259.
- Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, Dalle Zotte 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, Dalle Zotte A. 2018. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal* **12**:640–647.
- Cullere M, Schiavone A, Dabbou S, Gasco L, Dalle Zotte A. 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* **9**:140.
- Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, Meneguz M, Plachà 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* **9**:49.
- 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.
- Dal Bosco A, Cartoni Mancinelli A, Vaudo G, Cavallo M, Castellini C, Mattioli S. 2022. Indexing of fatty acids in poultry meat for its characterization in healthy human nutrition: A comprehensive application of the scientific literature and new proposals. *Nutrients* **14**:3110.
- Daszkiewicz T, Murawska D, Kubiak D, Han J. 2022. Chemical composition and fatty acid profile of the pectoralis major muscle in broiler chickens fed diets with full-fat black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Animals* **12**:464.

- De Sousa Vilela J, Alvarenga TIRC, Andrew NR, McPhee M, Kolakshyapati M, Hopkins DL, Ruhnke I. 2021. Technological quality, amino acid and fatty acid profile of broiler meat enhanced by dietary inclusion of black soldier fly larvae. *Foods* **10**:297.
- Dicke M. 2018. Insects as feed and the sustainable development goals. *Journal of Insects as Food and Feed* **4**:147–156.
- Elahi U, Wang J, Ma Y, Wu S, Wu J, Qi G, Zhang H. 2020. Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks. *Animals* **10**:224.
- Elangovan AV, Udayakumar A, Saravanakumar M, Awachat VB, Mohan M, Yandigeri MS, Krishnan S, Mech A, Rao SBN, Giridhar K, Bhatta R. 2021. Effect of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus) prepupae meal on growth performance and gut development in broiler chicken. *International Journal of Tropical Insect Science* **41**:2077–2082.
- 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.
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269–285.
- Fletcher D. 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science* **78**:1323–1327.
- Folch JM, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* **226**:497–509.
- Gajana CS, Nkukwana TT, Chimonyo M, Muchenje V. 2016. Effect of altering the starter and finisher dietary phases on growth performance of broilers. *African Journal of Biotechnology* **10**:14203–14208.
- Gasco L, Finke M, Van Huis A. 2018. Can diets containing insects promote animal health? *Journal of Insects as Food and Feed* **4**:1–4.
- Gratta F, Birolo M, Sacchetto R, Radaelli G, Xiccato G, Ballarin C, Bertotto D, Piccirillo A, Petracci M, Maertens L, Trocino A. 2019. Effect of feed restriction timing on live performance, breast myopathy occurrence, and muscle fiber degeneration in 2 broiler chicken genetic lines. *Poultry Science* **98**:5465–5476.
- 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, cascade and meat quality. *British Poultry Science* **63**:650–66.
- Hong J, Han T, Kim YY. 2020. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: a review. *Animals* **10**:2068.

- Hwangbo J, Hong E, Jang A, Kang H, Oh J, Kim B, Park BS. 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology* **30**:609–614.
- Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J, Lamberett G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science* **86**:1751–1770.
- Józefiak D, Józefiak A, Kierończyk B, Rawski M, Świątkiewicz S, Długosz J, Engberg RM. 2016. Insects – A natural nutrient source for poultry – a review. *Annals of Animal Science* **6**:297–313.
- Kareem KY, Abdulla NR, Foo HL, Mohd AN, Zamri NS, Loh TC, Alshelmani MI. 2018. Effect of feeding larvae meal in the diets on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in broiler chicken. *Indian Journal of Animal Sciences* **88**:1180–1185.
- 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.
- Khan S, Khan RU, Alam W, Sultan A. 2018. Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **102**:e662–e668.
- Khempaka S, Chitsatchapong C, Molee W. 2011. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* **20**:1–11.
- Kieronczyk B, Rawski M, Józefiak A, Mazurkiewicz J, Swiatkiewicz S, Siwek M, Bednarczyk M, Szumacher-Strabel M, Cieslak A, Benzertiha A, Józefiak D. 2018. Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Animal Feed Science and Technology* **240**:170–183.
- Kierończyk B, Sypniewski J, Rawski M, Czekala W, Świątkiewicz S, Józefiak D. 2020. From waste to sustainable feed material: The effect of oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. *Annals of Animal Science* **20**:157–177.
- 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. *The Journal of Poultry Science* **4**:222–229.

- Lappano R, Sebastiani A, Cirillo F, Rigracciolo DC, Galli GR, Curcio R, Malaguarnera R, Belfiore A, Cappello AR, Maggiolini M. 2017. The lauric acid-activated signaling prompts apoptosis in cancer cells. *Cell Death Discovery* **3**:17063.
- Lee HW, Park YS, Jung JS, Shin WS. 2002. Chitosan oligosaccharides, dp 2-8, have prebiotic effect on the *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus sp.* *Food Microbiology* **8**:319–324.
- 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 HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* **197**:1–33.
- Murawska D, Daszkiewicz T, Sobotka W, Gesek M, Witkowska D, Matusevičius 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* **11**:2715.
- Omri B, Chalghoumi R, Izzo L, Ritieni A, Lucarini M, Durazzo A, Abdouli H, Santini A. 2019. Effect of dietary incorporation of linseed alone or together with tomato-red pepper mix on laying hens' egg yolk fatty acids profile and health lipid indexes. *Nutrients* **11**:813.
- Onsongo VO, Osuga IM, Gachuri CK, Wachira AM, Miano DM, Tanga CM, Ekesi S, Nakimbugwe D, Fiaboe KKM. 2018. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. *Journal of Economic Entomology* **111**:1966–1973.
- Pieterse E, Pretorius Q, Hoffman LC, Drew D. 2014. The carcass quality, meat quality and sensory characteristics of broilers raised on diets containing either *Musca domestica* larvae meal, fish meal or soya bean meal as the main protein source. *Animal Production Science* **54**:622–628.
- Pieterse E, Erasmus SW, Uushona T, Hoffman LC. 2019. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae 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.
- Popova TL, Petkov E, Ignatova M. 2020. Effect of black soldier fly (*Hermetia illucens*) meals on the meat quality in broilers. *Agricultural and Food Science* **29**:177–188.
- 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. *The Thai Journal of Veterinary Medicine* **48**:63–70.
- Ramos-Elorduy J, Gonzalez EA, Hernandez AR, Pino JM. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology* **95**:214–220.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* **57**:802–823.
- SAS Institute Inc. 2013. Statistical analysis system, system for Windows. version 9.4. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Sánchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* **65**:16–27.
- Secchi G, Bovera F, Nizza S, Baronti N. 2018. Quality of eggs from Lohmann Brown classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal* **8**:1–7.
- Shaviklo AR, Alizadeh-Ghamsari AH, Hosseini SA. 2021. Sensory attributes and meat quality of broiler chickens fed with mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Food Science and Technology* **58**:4587–4597.
- Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, Hernandez F, Rotolo L, Costa P, Gai F, Gasco L. 2017. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **8**:1–9.
- Schiavone A, Dabbou S, De Marco M, Cullere M, Biasato I, Biasibetti E, Capucchio MT, Bergagna S, Dezzutto D, Meneguz M, Gai F, Dalle Zotte A, Gasco L. 2018. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal* **12**:2032–2039.
- Schiavone 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, breast meat quality and safety. *Animal* **13**:2397–2405.
- Song YS, Kim MW, Moon C, Seo DJ, Han YS, Jo YH, Noh MY, Park YK, Kim SA, Kim YW, Jung WJ. 2018. Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, *Tenebrio molitor*. *Entomological Research* **48**:227–233.
- Surendra KC, Olivier R, Tomberlin JK, Jha R, Khanal SK. 2016. Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy* **98**:197–202.

- Suzuki M, Fujimoto W, Goto M, Morimatsu M, Syuto B, Toshihiko I. 2002. Cellular expression of gut chitinase mRNA in the gastrointestinal tract of mice and chickens. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry* **50**:1081–1089.
- Tabata E, Kashimura A, Wakita S, Ohno M, Sakaguchi M, Sugahara Y, Kino Y, Matoska V, Bauer PO, Oyama F. 2017. Gastric and intestinal proteases resistance of chicken acidic chitinase nominates chitin-containing organisms for alternative whole edible diets for poultry. *Scientific Reports* **7**:6662.
- Tran G, Heuzé V, Makkar HPS. 2015. Insects in fish diets. *Animal Frontiers* **5**:37–44.
- Ulbricht TLV, Southgate DAT. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* **338**:985–992.
- Van Huis A, van Itterbeeck J, Van Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G. 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. Forestry paper 171. Food and Agriculture Organization, Rome, 187 pp.
- Van Huis A. 2016. Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society* **75**:294–305.
- Wang D, Zhai SW, Zhang CX, Bai YY, An SH, Xu YN. 2005. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **5**:667–670.