

Michaela Englmaierová

Věra Skřivanová

Miloš Skřivan

VLIV MOUČKY Z CVRČKA DOMÁCÍHO (ACHETA DOMESTICUS) NA KVALITU MASA KUŘAT



ISBN 978-80-7403-259-2

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

VLIV MOUČKY Z CVRČKA DOMÁCÍHO (*ACHETA DOMESTICUS*) NA KVALITU MASA KUŘAT

Autoři

Ing. Michaela Englmaierová, Ph.D.

prof. Ing. Věra Skřivanová, CSc.

prof. Ing. Miloš Skřivan, DrSc.

Oponenti

doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU)

Ing. Robert Tůma

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ)

Výstup z řešení projektu NAZV QK1910387 a podpory na rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0718.

Kontaktní adresa

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.

Oddělení fyziologie výživy a jakosti produkce, Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Tel.: +420 267 009 547, e-mail: englmaierova.michaela@vuzv.cz

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

UKZUZ 203492/2021

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: **Vliv moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*)
na kvalitu masa kuřat**

Autor/autoři: **Ing. Michaela Englmaierová, Ph.D.; prof. Ing. Věra Skřivanová, CSc.;**
prof. Ing. Miloš Skřivan, DrSc.

Název organizace/cí: **Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.**

Místo vydání: **Praha**

Rok vydání: **2021**

Metodika byla vypracovaná v rámci výzkumného projektu/podpory na rozvoj výzkumné organizace č. NAZV QK1910387 a MZE-RO0718.

Brno 11.11.2021

Ing. Daniel Jurečka

ředitel ústavu

.....
Podpis/elektronický podpis
zástupce odborného útvaru státní správy

Souhlas ředitele Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe:

V dne

Mgr. Jan Radoš

Digitální podpis: 16.11.2021 16:36

.....
Podpis/elektronický podpis
ředitele/ředitelky Odboru vědy, výzkumu
a vzdělávání

OBSAH

1. CÍL METODIKY	6
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY	6
2.1. Současný stav sledované problematiky	6
2.2. Materiál a metody	7
2.3. Výsledky a diskuze	10
3. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	16
4. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	17
5. EKONOMICKÉ ASPEKTY	17
6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	17
7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	20
8. Oponenti	21
9. DEDIKACE	21

1. CÍL METODIKY

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. v Praze Uhřetěvesi se dlouhodobě zabývá výzkumem v oblasti výživy masných kuřat. Pokus zaměřený na začlenění hmyzí moučky do krmných směsí pro kuřata na výkrm je ale prvním realizovaným na tomto pracovišti. V posledních letech nabývá hmyzí moučka stále více a více na významu z důvodu vysokého zastoupení bílkovin. Mohla by totiž být alternativou k běžným komponentům krmných směsí např. sójovému extrahovanému šrotu nebo rybí moučce, jejichž cena může v budoucnu růst. Legislativa Evropské unie ale byla donedávna proti zkrmování živočišných bílkovin získaných z faremně chovaného hmyzu drůbeží. V současné době existuje zatím pouze omezené množství informací týkajících se vhodnosti zkrmování moučky z cvrčka domácího a jeho vlivu na kvalitu masa.

Cílem metodiky bylo zjistit vliv různých hladin moučky z cvrčka domácího v dietě vykrmovaných kuřat na jejich užitkovost a vybrané ukazatele kvality masa. Metodika tak přinese chovatelům kuřat, zpracovatelům masa a výrobcům krmných směsí nové informace a možnosti týkající se přidávku hmyzí moučky do krmiva kuřat určených pro výkrm a kvality jejich masa pro zpracování v masném průmyslu.

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1. Současný stav sledované problematiky

Celosvětovým trendem je stále zvyšování lidské populace a s tím související růst trhu s drůbežími produkty. Důležitou součástí výživy drůbeže, ale i lidí, jsou bílkoviny. V případě krmných směsí pro drůbež představují zdroje bílkovin primární výrobní náklady. Nejpoužívanějším zdrojem rostlinných bílkovin v dietě kuřat a nosnic je sójový extrahovaný šrot z důvodu vysoké kvality a množství bílkovin a odpovídajícímu profilu aminokyselin (Veldkamp et al., 2012). Živočišná výroba na západní polokouli spotřebovává 85 % celosvětové produkce sóji (Stamer, 2015). Dalším vysoce ceněným zdrojem bílkovin je rybí moučka, která vyniká vysokým zastoupením esenciálních aminokyselin, zejména lyzinu a aminokyselin obsahujících síru, a stravitelností. Produkce těchto zdrojů však přináší závažné ekologické problémy. Pěstování sóji vyžaduje odlesňování, vysokou spotřebu vody a energie z fosilních paliv potřebných k extrakci proteinového izolátu ze sójové moučky a použití chemikálií a následně způsobuje zvyšování emisí skleníkových plynů, globální oteplování, změnu klimatu a ztrátu biologické rozmanitosti (FEFAC, 2012; Conway, 2012; Nijdam et al., 2012). Produkce rybí moučky zase negativně ovlivňuje původní stavy ryb (Veldkamp et al., 2012; Sánchez-Muros et al., 2014). Proto je současný stav produkce bílkovin neudržitelný a je nezbytné najít alternativní zdroje bílkovin, které budou šetrné k životnímu prostředí a pomohou snížit jeho znečištění.

Vhodnou alternativou k sóji a rybí moučce by mohl být hmyz a produkty z něj. Hmyz je přirozenou součástí potravy divokých ptáků a drůbeže chované ve venkovních výběžích (Biasato et al., 2018). Hmyz se vyznačuje rychlým růstem a snadnou reprodukční schopností. Z hlediska produkce vykazuje hmyz vysokou výtěžnost a tedy i příznivou konverzi krmiva. Například cvrčci potřebují šestkrát méně krmiva než skot, čtyřikrát méně krmiva než ovce a polovinu krmiva ve srovnání s prasaty a brojlerovými kuřaty (Van Huis et al., 2013). Pozitivem je i to, že se může chovat na biologickém odpadu (FAO, 2013; Makkar et al., 2014; Sánchez-Muros et al., 2014). Hmyz je bohatým zdrojem vysoce kvalitních bílkovin (40 – 60 %), antimikrobiálních peptidů, minerálů, vitaminů, energie či nenasycených mastných kyselin (Tran et al., 2015; Schiavone et al., 2017). Nevýhodou ale je, že hmyz obsahuje větší množství

prozánětlivých n-6 polynenasycených mastných kyselin a zanedbatelné množství eikosapentaenové a dokosahexaenové mastné kyseliny. Další významnou látkou je polysacharid chitin, což je nejběžnější forma vlákniny u hmyzu. Trávicí trakt kuřat produkuje enzym chitinázu, která degraduje chitin na jeho deriváty, které jsou jednoduše absorbovány do krevního řečiště (Tabata et al., 2017). Jedním z derivátů je chitosan jež vykazuje imunomodulační, antioxidantivní, antimikrobiální a hypocholesterolemické účinky (Światkiewicz et al., 2015).

V roce 2021 Evropská komise navrhla nařízení, kterým se mění příloha IV nařízení (ES) č. 999/2001 a které by zrušilo zákaz používání zpracovaných živočišných bílkovin získaných z faremně chovaného hmyzu v krmivech pro drůbež a prasata. Dosud se totiž mohla takto získaná bílkovina používat pouze ke krmení živočichů pocházejících z akvakultury, tedy vodních živočichů, a zvířat v zájmovém chovu. Zpracované živočišné bílkoviny získané z faremně chovaného hmyzu určené k výrobě krmiv pro hospodářská zvířata mohou být získány pouze z těchto druhů hmyzu: a) bráněnka (*Hermetia illucens*) a moucha domácí (*Musca domestica*), b) potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) a potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*), c) cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček krátkokřídý (*Grylloides sigillatus*) a cvrček banánový (*Gryllus assimilis*). Rovněž Józefiak et al. (2016) uvádějí, že moučku z hmyzu, který je členem řádu dvoukřídli (např. moucha, bráněnka), brouci (např. potěmníci) a rovnokřídli (např. cvrčci), lze úspěšně použít jako krmné suroviny v dietách pro drůbež.

Ve formě moučky by tedy mohl být hmyz přidáván do krmných směsí pro drůbež jako alternativa k běžným komponentům krmných směsí např. sójovému extrahovanému šrotu nebo rybí moučce, neboť se zvyšující se poptávkou po sójových bobech se do budoucna budou zvyšovat také náklady na krmivo a tím i cena masa. FAO (2010) předpokládá zvýšení cen masa o více než 30 % do roku 2050. Navíc Evropská unie dováží více krmiv, než produkuje, a právě hmyzí moučky by tento deficit bílkovin v Evropské unii mohly pomoci snížit. Proto hledání alternativních krmiv stále více nabývá na významu. Pro zajištění perspektivy produkce hmyzích bílkovin, je důležitá komerční výroba ve velkém objemu (van Huis et al., 2015). Aby se v budoucnu radikálně zvýšila produkce hmyzu je nutný další výzkum týkající se jeho vlivu na užitkovost a ukazatele kvality masa a odvození tak vhodného dávkování. V současné době totiž existuje pouze omezené množství informací týkajících se vhodnosti zkrmování cvrččí moučky a vlivu na kvalitu masa.

2.2. Materiál a metody

Kohoutci, ustájení, krmení

Pokus byl realizován s jednodenními kohoutky Ross 308 v počtu 340 kusů. Kohoutci byli rozděleni do čtyř skupin po 90 kusech se třemi opakováními (30 ks/box) dle množství moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) v krmivu. Testovaná hmyzí moučka byla do krmiva přidávána na úrovni 0, 30, 60 a 90 g/kg. Během výkrmu trvajících 35 dní byli kohoutci krmeni a napájeni *ad libitum*. Receptury krmných směsí a živinové zastoupení jsou uvedeny v tabulce 1. Obsah metabolizovatelné energie byl v jednotlivých směsích 12,9 MJ/kg, obsah dusíkatých látek 212 – 214 g/kg a poměr n6/n3 8,0, 8,1, 11,1 a 15,3. Během pokusu byla kuřata vážena 0., 14. a 35. den. Dále byl sledován zdravotní stav kuřat, pohoda zvířat a příjem krmiva kuřaty. Během výkrmu byly dodrženy standardní mikroklimatické a technologické podmínky pro kuřata Ross 308. Pokus byl ukončen v 35. dni věku kuřat.

Tabulka 1. Složení krmných směsí (%)

Obsah moučky z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90
Pšenice	30,00	31,25	34,00	33,30
Kukuřice	32,61	34,90	35,15	38,56
Sójový extrahovaný šrot	28,00	22,80	17,75	13,08
Moučka z cvrčka domácího	0,00	3,00	6,00	9,00
Sójový olej	5,00	3,50	2,40	1,20
Dihydrogenfosforečnan vápenatý	1,56	1,57	1,57	1,60
Chlorid sodný	0,30	0,30	0,30	0,30
Vápenec mletý	1,39	1,40	1,44	1,46
L-Lys hydrochlorid	0,33	0,42	0,50	0,57
DL-Met	0,21	0,23	0,24	0,26
L-Threonin	0,10	0,13	0,15	0,17
Vitaminominerální doplněk	0,50	0,50	0,50	0,50
MEN (MJ/kg)	12,9	12,9	12,9	12,9
NL (g/kg)	213	214	212	214
Lys (g/kg)	12,2	12,1	12,2	12,3
Met + cys (g/kg)	8,9	9,1	9,0	9,2
Thr (g/kg)	8,2	8,3	8,3	8,4

Na konci pokusu byla všechna kuřata zvážena. Na základě průměrné živé hmotnosti bylo vybráno 9 kuřat z každé skupiny (3 ks/box), která byla porážena. Po porážce kuřat, vykrevení a oškubání byly odříznuty běháky a hlava a vyjmuty vnitřnosti. Jatečně opracované trupy byly uskladněny 24 h v chladicím boxu při teplotě 4 °C. Po vychlazení byla stanovena hmotnost jatečně opracovaného trupu a byl realizován jatečný rozbor. Prsní svalovina byla oddělena na hrudi od ramenního kloubu a hrudní kosti. Stehenní svalovina byla oddělena od trupu v kyčelním kloubu. Jatečná výtěžnost byla vypočtena jako podíl hmotnosti jatečně opracovaného trupu ze živé hmotnosti. Pro další analýzy bylo odebráno prsní svalstvo (*pectoralis major*).

Fyzikální analýzy

Hodnota pH masa byla měřena 24 hodin *post mortem* pomocí 330i pH metru (WTW, Weilheim, Německo). Barva masa na řezu byla stanovena 24 hodin *post mortem* pomocí přístroje Minolta SpectraMagic™ NX (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonsko) a byla vyjádřena hodnotami L*, a* a b*. Síla stříhu u masa byla zjišťována Warner-Bratzlerovým nožem na přístroji Instron Model 3342 (Instron, Norwood, USA). Odkap masové šťávy se stanovoval u vzorků o hmotnosti cca 150 g po 24 hodinovém uložení v chladničce při teplotě 4 °C a po 60 minutách vaření při 80 °C. Z naměřených hodnot byly vypočteny procentuální rozdíly mezi hmotností masa před skladováním/vařením a po jeho skladování/vaření.

Chemické analýzy

Odebrané vzorky prsní svaloviny byly uloženy v plastových sáčkích a skladovány při -20 °C do začátku analýz. Sušina byla stanovena sušením v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti. Etherový extrakt byl získán extrakcí petroleterem v zařízení Soxtec 1043, obsah proteinu pomocí analyzátoru Kjeltac Auto 1030 (oba FOSS Tecator AB, Švédsko). Obsah popele byl zjištěn po spálení vzorků v muflové peci při 500 °C po dobu 12 hodin. Složení mastných kyselin bylo stanoveno po extrakci celkových lipidů chloroform metanolem (Folch, et al. 1957). Aterogenní (AI) a trombogenní index (TI) byl vypočten v souladu s metodikou Ulbricht a Southgate (1991). Poměr mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami

(HH) byl spočítán dle vzorce uveřejněném ve studii Santos-Silva et al. (2002). Index peroxidace (PI) byl vypočítán z procent mastných kyselin jak uvedli Witting a Horwitt (1964).

Obsah retinolu a tokoferolů v prsním svalstvu byl stanoven dle evropských norem EN 12823-1 (2000) a EN 12822 (2000) pomocí HPLC (VP series, Shimadzu, Kyoto, Japonsko). Obsah luteinu a zeaxantinu byl měřen kapalinovou chromatografií (HPLC) dle metody Froescheis et al. (2000). Jeden gram homogenizovaného vzorku byl umístěn do plastové zkumavky spolu s 20 ml acetonu. Po mixování ve vortexu (2 minuty) se vzorek chladil v ledu po dobu 10 minut a odstředil se při 13000 g po dobu 10 minut při teplotě 4 °C. Supernatant byl přenesen do skleněné baňky a zbytek se extrahoval ještě jednou postupem popsáním výše. Spojené extrakty byly odpařeny do sucha při teplotě 50 °C s profouknutím N₂, zbytek se rozpustil ve 2 ml směsi ethanol-voda (1:1, v/v) a extrahoval se dvakrát s hexanem (4 a 2 ml). Každý krok extrakce se provedl mixováním ve vortexu po dobu 2 minut s následným odstředěním při 13000 g (10 min, 4 °C). Po odpaření spojených organických fází do sucha při 50 °C a profouknutí N₂ byl zbytek rozpuštěn v 1 ml směsi hexan/dichlormethan (1:1, v/v). Alikvotní část 60 ml byla analyzována HPLC (VP series, Shimadzu, Kyoto, Japonsko). Byla použita kolona Kinetex C18 (100 x 4,6 mm, 2,6 μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA). Gradientová eluce zahrnovala jako mobilní fázi A acetonitril:voda:ethylacetát (88:10:2) a jako mobilní fázi B acetonitril:voda:ethylacetát (88:0:15).

Peroxidace lipidů v prsním svalstvu byla měřena u čerstvého a 5 dní skladovaného masa při teplotě 4 °C. Byla použita modifikovaná metoda Czauderna et al. (2011). Půl gramu vzorku bylo zmýdelněno působením 5 ml 1 M KOH a 50 μl 0,02 M 2,6-di-tert-butyl-p-cresolu (BHT) v metanolu. Směs byla v plastové zkumavce umístěna na 1 hodinu do vodní lázně o teplotě 60 °C, kde byla kontinuálně míchána za temna. Poté se nechal výsledný roztok zchladnout a okyselil se koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou přibližně na pH 2. Následně byl okyselený roztok hydrolyzátu 10 min odstředován. K odebranému supernatantu (500 μl) byl přidán roztok 2,4-dinitrophenylhydrazinu (DNPH). Výsledná směs byla intenzivně míchána při teplotě 50 °C po dobu 1 hodiny ve tmě. Čirý roztok byl přenesen do vialky a pak 40 μl roztoku bylo nastříknuto do kolony za účelem chromatografické analýzy (HPLC). Byl použit kapalinový chromatograf (VP series, Shimadzu, Kyoto, Japonsko) vybavený detektorem s diodovým polem. Kolona byla zvolena Phenomenex C18 (Synergi 2.5 μm, Hydro-RP, 100 Å, 100 mm x 3 mm). Vzorky byly analyzovány pomocí binárního gradientu acetonitrilu ve vodě. Solvent A se sestával z voda-acetonitril (95:5, v/v) a solvent B z acetonitrilu. Látky reaktivní s kyselinou thiobarbiturovou byly vyjádřeny v miligramech malondialdehydu (MDA) na kilogram.

Senzorická analýza

Prsní svalstvo pro senzorickou analýzu bylo před analýzou uchováváno ve zmraženém stavu (- 20 °C). Pro hodnocení byl použit postup Bureš et al. (2014). Kuřecí prsa bez kůže byla hodnocena porotou složenou z deseti školených hodnotitelů. Hodnocení se provádělo v senzorické laboratoři vybavené kabinkami. Vzorky byly vařeny při teplotě 180 °C po dobu 1 hodiny bez koření a dalších přísad. Vzorky byly nařezány na přibližně 2 cm x 2 cm x 2 cm kostky, vloženy do skleněných nádob s víčky a označeny třemi číslicemi náhodných čísel a servírovány při 50 °C. Pro hodnocení byla použita devítibodová stupnice: velmi nízké (1) a velmi vysoké (9).

Statistické vyhodnocení výsledků

Zjištěné výsledky byly zpracovány analýzou variance (ANOVA) pomocí general linear modelu (GLM) programem SAS. Hlavní efekt byl množství cvrččí moučky v krmné směsi pro kuřata. Experimentální jednotkou byl box (n = 3). Hodnota P≤0,05 byla považována za průkaznou. Průkaznost rozdílů mezi skupinami je označena různými písmeny. Výsledky v tabulkách jsou prezentovány formou průměru a střední chyby průměru (SEM).

2.3. Výsledky a diskuze

Zařazení moučky z cvrčka domácího do krmné směsi pro kuřata významně ($P < 0,001$) ovlivnilo ukazatele užitkovosti. Vyšší živá hmotnost kuřat stanovovaná ve 14. dni věku byla zaznamenána u kuřat z kontrolní skupiny a u těch, která dostávala směs s 30 g/kg cvrččí moučky oproti kuřatům, kterým byla podávána směs s nejvyšší dávkou (90 g/kg). Na konci pokusu, tedy ve věku 35 dní, byla rovněž zjištěna nejvyšší živá hmotnost u kuřat z kontroly (2446 g) a s 30 g/kg cvrččí moučky v krmivu (2454 g), následovala skupina s 60 g/kg (2316 g) a nejnižší hmotnost měla kuřata s 90 g/kg (2001 g). Nejvyšší dávka cvrččí moučky také snížila spotřebu krmné směsi na kus a den a zvýšila konverzi a úhyn kuřat ve srovnání s ostatními skupinami. Většina prací zabývajících se zkrmováním hmyzích mouček nepozorovala prokazatelný negativní vliv diety na ukazatele užitkovosti. Wang et al. (2005) a Finke et al. (1985), kteří sledovali vliv zkrmování moučky z cvrčka *Gryllus testaceus* Walker a z cvrčka *Anabrus simplex* H. na ukazatele užitkovosti kuřat, nezaznamenali významné rozdíly u přírůstku, spotřeby krmiva a konverze. Rovněž Cullere et al. (2016) nezjistili významné rozdíly u ukazatelů užitkovosti brojlerových křepelek po částečné náhradě sójového extrahovaného šrotu a sójového oleje moučkou z odtučněných larev bráněnky (*Hermetia illucens*) v množství 10 a 15 %. Obdobně tomu bylo v práci Bovera et al. (2016), která testovala moučku z larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). Výjimkou bylo pouze snížení konverze krmiva u skupiny s moučkou z larev v dietě. Podle Poorghasemi et al. (2013) může nižší spotřeba krmiva u kuřat souviset s vysokým obsahem lipidů v hmyzí moučce. Nebo ji lze přičíst vyššímu zastoupení hrubého proteinu v krmivu z hmyzí moučky (Makkar et al., 2014). V našem experimentu byl ale obsah dusíkatých látek a tuku v krmných směsích vyrovnaný. Ve studii Biasato et al. (2018) docházelo ke zvýšení hodnot konverze krmné směsi se zvyšujícím se přídatkem moučky z larev potemníka moučného do krmiva kuřat. Zatímco Ramos-Elorduy et al. (2002) nezaznamenal průkazné rozdíly u přírůstku, spotřeby krmiva i konverze u kuřat ve věku od 7. do 21. dne krmených třemi úrovněmi moučky z larev potemníka moučného v krmivu (0, 5 a 10 %). Hmyz v krmivech nemění ukazatele užitkovosti, pokud nahrazuje méně než 10 % konvenčních zdrojů bílkovin a nejedná se o kobylky (Moula a Detilleux, 2019). Negativní vliv vyšších dávek cvrččí moučky ve zde prezentované studii mohl být způsoben nižší chutností či přítomností antinutričních látek, které mohly snížit příjem krmiva a následně i růst kuřat. Mimoto Testa et al. (2016) uvádějí, že pro radikální zvýšení produkce hmyzu je nutný další výzkum bezpečnosti a alergenicity hmyzu.

Tabulka 2. Ukazatele užitkovosti

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Živá hmotnost 0.den (g)	41,0	39,8	40,4	41,8	0,18	NS
Živá hmotnost 14.den (g)	505 ^a	517 ^a	483 ^{ab}	400 ^b	3,8	<0,001
Živá hmotnost 35.den (g)	2446 ^a	2454 ^a	2316 ^b	2001 ^c	19,2	<0,001
Konverze (kg/kg)	1,41 ^b	1,43 ^b	1,44 ^b	1,55 ^a	0,032	<0,001
Spotřeba krmiva/ks/den (g)	96,1 ^a	95,7 ^a	91,9 ^b	83,1 ^c	2,10	<0,001
Úhyn (%)	2 ^b	4 ^b	3 ^b	8 ^a	0,4	<0,001

^{a-c}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Ukazatele jatečného rozboru jsou uvedeny v tabulce 3. Nejvyšší hmotnost jatečně opracovaného trupu ($P < 0,001$) byla zjištěna u kontroly (1862 g) a skupiny, která dostávala 30 g/kg cvrččí moučky do krmiva (1896 g). U kuřat krmených dávkou 60 g/kg bylo zaznamenáno snížení na 1772 g a nejnižší hmotnost jatečně opracovaného trupu vykazovala kuřata ze skupiny s nejvyšší dávkou cvrččí moučky v dietě (1487 g). V případě hmotnosti prsního svalstva, podílu prsního svalstva z jatečně opracovaného trupu

a hmotnosti stehen byl negativní vliv stanoven pouze u nejvyššího zastoupení hmyzí moučky v dietě (90 g/kg). Jatečná výtěžnost, podíl stehen z jatečně opracovaného trupu a hmotnost kůže z prsou nebyly dietou ovlivněny. V případě zařazení 100 a 150 g odtučněné moučky z larev bráněnky do kg krmné směsi nebyla ovlivněna hmotnost jatečně opracovaného trupu, jatečná výtěžnost, ani hmotnost a výtěžnost prsního svalstva křepelek (Cullere et al., 2016). Rovněž Onsongo et al. (2018) a Kareem et al. (2018) nezjistili vliv přídavku moučky z bráněnky na podíl prsního svalstva. Dále Schiavone et al. (2019) uvádějí, že odtučněná moučka z larev bráněnky představuje cenný zdroj bílkovin pro brojlerová kuřata, pokud je v jejich dietě obsažena až do 100 g/kg. Dávka 150 g již významně snížila hmotnost jatečně opracovaného trupu, jatečnou výtěžnost i podíl prsního svalstva. Mimoto přídavek moučky z larev potemníka moučného do krmiva kuřat v množství 50, 100 a 150 g/kg neovlivnil ukazatele jatečného rozboru (Biasato et al., 2018).

Tabulka 3. Jatečný rozbor

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Živá hmotnost 35. den (g)	2509 ^a	2521 ^a	2357 ^b	2031 ^c	38,2	<0,001
Hmotnost JOT (g)	1862 ^a	1896 ^a	1772 ^b	1487 ^c	32,1	<0,001
Jatečná výtěžnost (%)	74,2	75,2	75,1	73,2	0,32	NS
Hmotnost prsou (g)	482 ^a	516 ^a	471 ^a	354 ^b	14,0	<0,001
Podíl prsou z JOT (%)	25,8 ^{ab}	27,2 ^a	26,6 ^a	23,8 ^b	0,46	0,044
Hmotnost kůže z prsou (g)	42,4	45,0	44,6	39,4	1,13	NS
Hmotnost 2 stehen s kostí a kůží (g)	531 ^a	550 ^a	531 ^a	446 ^b	8,6	<0,001
Podíl stehen z JOT (%)	28,6	29,0	30,0	30,0	0,25	NS

^{a-c}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný; JOT = jatečně opracovaný trup.

Jak je patrné z tabulky 4, zařazení cvrččí moučky do krmiva kuřat prokazatelně ovlivnilo barvu prsního svalstva na řezu. Snížilo hodnoty světlosti (L*; P=0,001) a žlutosti (b*; P=0,020) a zvýšilo hodnoty červenosti (a*; P<0,001) již při nejnižší dávce 30 g/kg. Změny v barvě prsního svalstva pravděpodobně souvisí s akumulací pigmentů z hmyzí moučky v intramuskulárním tuku. Rovněž Schiavone et al. (2019) uvádějí, že se zvyšujícím se zastoupením odtučněné moučky z larev bráněnky v krmivu pro kuřata rostla červenost a snižovala se žlutost prsního svalstva. Mimoto ve studii Cullere et al. (2016) dávka odtučněné moučky z larev bráněnky v množství 100 g/kg významně zvýšila hodnotu červenosti masa oproti vyšší dávce moučky 150 g/kg. Obě hodnoty se ale nelišily od kontrolní skupiny bez přídavku hmyzí moučky. Na druhou stranu Bovera et al. (2016) a Pieterse et al. (2019) nezaznamenali průkazný vliv moučky z larev bráněnky a potemníka moučného na barvu masa kuřat. Na pH masa, které bylo měřené po 24 hodinách od zabíjení a ztrátu vody odkapem a varem neměl přídavek hmyzí moučky vliv. Hodnota pH měřená po 24 hodinách od zabíjení slouží k detekci vady masa DFD. Hodnoty pH vyšší než 6,2 naznačují, že se jedná o maso s touto vadou. Hodnoty pH masa kuřat ze všech sledovaných skupin byly pod touto hranicí. Tato zjištění jsou v souladu s pracemi Pieterse et al. (2019) a Schiavone et al. (2019), kdy shodně nebyl zaznamenán významný vliv moučky z bráněnky v krmivu na pH masa kuřat a ztrátu vody odkapem a varem. Naopak Cullere et al. (2016) a Bovera et al. (2016) popisují zvýšení ztrát vody varem při zkrmování 150 g/kg moučky z larev bráněnky u křepelek a 300 g/kg moučky z larev potemníka moučného u kuřat. V případě pH se výsledky studií rozcházejí. Cullere et al. (2016) uvádí snížení, zatímco Bovera et al. (2016) zvýšení hodnoty pH masa po přídavku hmyzí moučky do krmiva. Křehčí maso po uvaření (síla stříhu; P=0,032) měla kuřata z kontrolní skupiny oproti těm, která byla krmena směsí obohacenou o cvrččí moučku. V porovnání s našimi výsledky, Bovera et al. (2016) a Schiavone et al. (2019) naopak

nezjistili významný vliv hmyzí moučky v krmivu na sílu stříhu prsní svaloviny. Kdežto Cullere et al. (2016) zaznamenal výrazně křehčí maso u skupiny krmené 100 g/kg moučky z larev bráněnky ve srovnání s vyšší hladinou 150 g/kg.

Tabulka 4. Fyzikální ukazatele kvality prsního svalstva

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Barva masa na řezu						
L*	57,6 ^a	51,9 ^b	52,3 ^b	51,6 ^b	0,66	0,001
a*	-0,79 ^b	0,15 ^a	0,60 ^a	0,33 ^a	0,129	<0,001
b*	9,82 ^a	8,98 ^b	8,87 ^b	8,86 ^b	0,133	0,020
pH ₂₄	5,86	5,94	5,93	5,98	0,024	NS
Ztráta vody odkapem (%)	1,16	0,91	0,96	1,07	0,074	NS
Ztráta vody varem (%)	27,7	26,3	26,1	26,2	0,46	NS
Síla stříhu (Warner-Bratzlerův nůž, N)	19,7 ^b	20,6 ^a	20,8 ^a	21,5 ^a	0,43	0,032

^{a-b}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Obsahy vybraných karotenoidů a vitaminů a oxidační stabilita tuků v prsním svalstvu jsou uvedeny v tabulce 5. Spotřebitelé považují barvu masa za důležitý ukazatel jeho kvality (Fletcher, 1999). Jelikož drůbež není schopná fotosyntézy, tedy i syntézy pigmentů, je odkázána na jejich příjem ze stravy. Rostlinné složky potravy a býložravý hmyz jsou primárními zdroji karotenoidů u většiny ptáků (Brush, 1990). Ve zde prezentované studii byla koncentrace luteinu a zeaxantinu ve cvrččí moučce 0,15 a 0,26 mg/kg. Finke (2015) uvádí, že obsah luteinu a zeaxantinu u nymf cvrčků byl na úrovni 0,204 a <0,20 mg/kg. Zařazení cvrččí moučky do krmiva pro kuřata významně ovlivnilo obsah luteinu (P=0,003) a zeaxantinu (P=0,030), kdy u skupiny s dávkou 30 g/kg byla zaznamenána lepší schopnost ukládání těchto karotenoidů (0,145 a 0,106 mg/kg) oproti vyšším dávkám 60 (0,112 a 0,073 mg/kg) a 90 g/kg (0,094 a 0,066 g/kg). Moučka z dospělých cvrčka domácího použitá v této studii obsahovala 51,7 mg/kg α -tokoferolu. Ve srovnání s našimi výsledky, Pennino et al. (1991), Finke et al. (2002) a Orkus (2021) uvádějí nižší obsah vitaminu E a to 13,2, 42,6 a 22,6 mg/kg v tělech dospělých cvrčků. Obsah α -tokoferolu v mase (P=0,038) se s přidáním cvrččí moučky do krmiva v množství 30 a 60 g/kg zvýšil. Nejvyšší dávka (90 g/kg) měla již retardační účinek. Naopak se zvyšující se dávkou cvrččí moučky doprovázené snižujícím se množstvím sójového oleje, který je přirozeným zdrojem γ -tokoferolu, v krmné směsi, se postupně snižoval i obsah γ -tokoferolu v prsním svalstvu. Prokazatelně (P<0,001) nižší obsah byl stanoven u kuřat krmených 90 g/kg cvrččí moučky (0,516 mg/kg) oproti kuřatům z kontrolní skupiny (0,937 mg/kg) či těch, která dostávala směs se 30 g/kg cvrččí moučky (0,852 mg/kg). V případě zastoupení retinolu, nebyl zjištěn prokazatelný vliv cvrččí moučky na obsah retinolu v prsním svalstvu. Zařazení cvrččí moučky do krmiva pro brojlerová kuřata rovněž ovlivnilo oxidační stabilitu 5 dní skladovaného masa (P=0,001). Nejnižší obsah malondialdehydu v mase, a tedy nejvyšší oxidační stabilitu, vykazovalo maso kuřat, kterým byla podávána směs se 30 g/kg cvrččí moučky oproti ostatním skupinám. Na tento výsledek mělo pravděpodobně vliv více faktorů. U této skupiny bylo totiž zaznamenáno prokazatelně nejvyšší zastoupení antioxidantů, karotenoidů a tokoferolů, v mase a ti obvykle snižují citlivost nenasycených mastných kyselin na oxidaci. Současně je cvrččí moučka přidávána do krmiva zdrojem nenasycených mastných kyselin, které jsou odolnější vůči oxidaci než nenasycené mastné kyseliny (Kamal-Eldin, 2006).

Tabulka 5. Obsah karotenoidů a vitaminů a oxidační stabilita tuků v prsním svalstvu (mg/kg)

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Lutein	0,130 ^{ab}	0,145 ^a	0,112 ^b	0,094 ^b	0,0054	0,003
Zeaxantin	0,094 ^{ab}	0,106 ^a	0,073 ^b	0,066 ^b	0,0055	0,030
Retinol	0,0574	0,0513	0,0622	0,0607	0,00311	NS
α-Tokoferol	5,63 ^b	7,38 ^a	6,82 ^a	6,49 ^{ab}	0,225	0,038
γ-Tokoferol	0,937 ^a	0,852 ^a	0,650 ^{ab}	0,516 ^b	0,0347	<0,001
MDA 0. den	0,438	0,406	0,437	0,471	0,0095	NS
MDA 5. den	0,522 ^a	0,448 ^b	0,517 ^a	0,542 ^a	0,0100	0,001

^{a-b}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Obsah látek reaktivních s kyselinou thiobarbiturovou byl vyjádřen v miligramech malondialdehydu (MDA) na kilogram masa.

Na základě výsledků sensorického hodnocení kvality prsního svalstva je zřejmé, že nejchutnější maso měla kuřata krmená směsí s 90 g/kg cvrččí moučky (tabulka 6). Celková přijatelnost tohoto masa (6,29) byla statisticky průkazně vyšší ($P=0,005$) oproti skupině s 30 g/kg cvrččí moučky v krmivu (5,50) a kontrole (5,13). Toto maso vykazovalo nejvyšší hodnoty u celkové intenzity vůně ($P=0,028$), intenzity vůně kuřecího masa ($P=0,026$), křehkosti masa ($P=0,012$) a intenzity chuti kuřecího masa ($P=0,049$). Navíc maso takto krmených kuřat mělo nejjemnější vláknitost ($P=0,019$). Vysoká intenzita chuti byla zaznamenána i u masa kuřat krmených dietou s 60 g/kg cvrččí moučky. Naopak prokazatelně ($P=0,021$) nejšťavnatější maso měla kuřata s nejnižším zastoupením cvrččí moučky v krmivu (30 g/kg; 5,35) ve srovnání s vyššími dávkami 60 (4,65) a 90 g/kg (4,51). Nebyly zjištěny významné rozdíly u intenzity abnormální vůně i chuti a intenzity kovové vůně i chuti. Rovněž žvýkatelnost nebyla zařazením cvrččí moučky do krmiva ovlivněna. Jak je evidentní z dříve publikované studie, nahrazení sójového extrahovaného šrotu cvrččí moučkou v krmné směsi pro kuřata nemělo negativní vliv na chuť masa (Finke et al., 1985). Rovněž Sun a kol. (2013) nebo Pieterse et al. (2019) zjistili, že dieta obsahující kobylinky nebo moučku z larev bráněnky podávaná kuřatům neměla žádný negativní vliv na sensorickou kvalitu masa a neovlivní tak preference spotřebitelů při výběru masa. Naopak Khan et al. (2016) stanovili vyšší šťavnatost u masa kuřat krmených 10 % moučky z larev mouchy a vyšší křehkost u skupiny s 20 % této moučky v krmivu. Prokazatelný pozitivní vliv zkrmování moučky z larev mouchy (4 – 5 %) na vůni, chuť i celkovou přijatelnost masa je patrný z práce Radulović et al. (2018). Částečně odtučněná moučka z larev bráněnky, kterou bylo nahrazeno 50 % bílkovin na bázi sóji zvýšila chutnost kuřecího masa ve studii Altmann et al. (2018). V případě použití moučky z larev mouchy je pak u kuřecího masa popisována kovová chuť i vůně (Pieterse et al., 2014). S vyšší sušinou se zvyšuje i obsah bílkovin v mase, a to zvýrazňuje kuřecí aroma a chuť (Pieterse et al., 2019). V našem pokusu, ale obsah sušiny ani bílkovin nebyl ovlivněn, a i tak došlo k významným rozdílům v chuti i vůni kuřecího masa mezi skupinami.

Tabulka 6. Senzorické hodnocení kvality prsního svalstva

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)	0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Celková intenzita vůně	5,83 ^a	5,18 ^b	5,88 ^a	6,04 ^a	0,109	0,028
Intenzita vůně kuřecího masa	5,28 ^b	5,41 ^b	5,81 ^{ab}	6,18 ^a	0,116	0,026
Intenzita kovové vůně	2,75	2,46	2,41	2,19	0,085	NS
Intenzita abnormální vůně	2,38	2,25	2,34	2,11	0,082	NS
Křehkost	6,14 ^b	6,03 ^b	6,47 ^{ab}	6,90 ^a	0,103	0,012
Šťavnatost	5,20 ^{ab}	5,35 ^a	4,65 ^b	4,51 ^b	0,114	0,021
Vláknitost	5,74 ^b	6,30 ^{ab}	5,94 ^b	6,59 ^a	0,104	0,019
Žvýkatelnost	6,18	6,44	6,16	6,80	0,098	NS
Celková intenzita chuti	6,30	6,06	6,10	6,74	0,104	NS
Intenzita chuti kuřecího masa	5,95 ^{ab}	5,65 ^b	6,25 ^a	6,44 ^a	0,107	0,049
Intenzita kovové chuti	2,96	2,86	2,63	2,59	0,100	NS
Intenzita abnormální chuti	2,76	2,89	2,48	2,24	0,101	NS
Celková přijatelnost	5,13 ^b	5,50 ^b	5,69 ^{ab}	6,29 ^a	0,117	0,005

Stupnice byla devítibodová od velmi nízké (1) po velmi vysoké (9); n=9; ze zmraženého masa; 10 hodnotitelů.

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Zastoupení mastných kyselin v kuřecím mase v zásadě odráží profil mastných kyselin diety. Cvrččí moučka použitá v této studii byla zdrojem zejména kyseliny palmitové (6628 mg/100 g), stearové (2593 mg/100 g), olejové (5886 mg/100 g) a linolové (8803 mg/100 g). To odpovídá zjištěním uveřejněným v pracích Udomsil et al. (2019) a Orkus (2021). Sójový olej navíc kromě zmíněných mastných kyselin (9904, 4025, 20657 a 50975 mg/100 g) obsahoval i vyšší množství α -linolenové kyseliny (7378 mg/100 g). Obsahy jednotlivých mastných kyselin a cholesterolu v prsním svalstvu kuřat jsou uvedeny v tabulce 7. Z nasycených mastných kyselin byly v prsním svalstvu nejvíce zastoupeny kyselina palmitová a stearová. Obsah kyseliny stearové byl průkazně ($P=0,041$) redukován v mase kuřat, kterým byla podávána směs s 60 g/kg cvrččí moučky oproti kontrole. Mononenasyčené mastné kyseliny reprezentovaly zejména kyselina palmitoolejová, olejová a vakcenová. Zařazení vyšších dávek cvrččí moučky do diety (60 a 90 g/kg) zvýšilo pouze obsah kyseliny palmitoolejové ($P=0,004$) v mase ve srovnání s přídatkem 30 g/kg a kontrolou bez přídatku hmyzí moučky. Všechny polynenasycené mastné kyseliny, které byly v kuřecím mase zastoupeny ve vyšší míře, byly významně ($P=0,017 - <0,001$) ovlivněny přídatkem moučky z cvrčků do krmiva. Kromě kyseliny arachidonové, byl zaznamenán klesající trend obsahu jednotlivých polynenasycených mastných kyselin v mase s růstem hmyzí moučky v dietě. V případě kyseliny arachidonové byla nejnižší hodnota zjištěna po podání 60 g/kg cvrččí moučky oproti ostatním třem skupinám. Celkový obsah nasycených a mononenasyčených mastných kyselin nebyl dietou ovlivněn. Suma polynenasycených ($P=0,001$), n3 ($P<0,001$) a n6 mastných kyselin ($P=0,001$) se se zvyšujícím se zastoupením cvrččí moučky v krmivu snižovala, zatímco poměr n6/n3 naopak rostl. Poměr n6/n3 má být dle světové zdravotnické organizace do 5. Vyšší hodnota poměru n6/n3 u skupin ve zde prezentovaném pokusu byla zapříčiněna sójovým olejem jako zdrojem tuku v krmných směsích pro kuřata. Se zvyšujícím se přídatkem hmyzí moučky do krmiva tato hodnota ještě více rostla. To koresponduje s hodnotami indexů mastných kyselin. Aterogenní a trombogenní index odráží pravděpodobnost nárůstu patogenních jevů, jako je tvorba ateromů a trombů a žádoucí je právě nižší hodnota. Naopak u HH indexu, poměru mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami, který zvažuje specifické účinky mastných kyselin na metabolismus cholesterolu, je žádoucí vyšší hodnota. Dále index peroxidace vyjadřuje míru náchylnosti mastných kyselin k oxidaci. Čím je tato hodnota

vyšší, tím je i vyšší riziko oxidace. Aterogenní a trombogenní index se významně ($P < 0,001$) zvyšoval, zatímco hodnoty HH indexu a indexu peroxidace se se zvyšujícím se zastoupením cvrččí moučky v dietě snižovaly ($P < 0,001$). Výsledky týkající se vlivu hmyzí moučky na profil mastných kyselin v mase jsou kontroverzní. K obdobným závěrům, jako ve zde prezentované studii, došli i Schiavone et al. (2019), kteří zaznamenali prokazatelné zvýšení celkových mononenasycených mastných kyselin a aterogenního indexu a snížení celkových polynenasycených, n6 a n3 mastných kyselin v prsním svalstvu po zařazení 5 – 15 % odtučněné moučky z larev bráněnky. Zatímco Pieterse et al. (2019) uvádějí, že moučka z larev bráněnky v dávce do 15 % v dietě neovlivnila zastoupení mastných kyselin v mase. Naopak prokazatelně vyšší zastoupení n3 mastných kyselin a snížení aterogenního a trombogenního indexu v prsním svalstvu zjistili Dabbou et al. (2020) po podání moučky z larev potemníka moučného (7,5 %) do krmiva kuřatům vykrmovaným volně ve výběhu s pastvou. Aby došlo k překonání negativních efektů souvisejících se zařazením hmyzí moučky do krmiva, měl by být zvolen vhodný substrát pro chov larev a dospělců, který zajistí zlepšení profilu mastných kyselin hmyzu a následně poskytne zdravější maso potenciálnímu spotřebiteli. Dietní zásah neovlivnil obsah cholesterolu v prsním svalstvu kuřat.

Tabulka 7. Koncentrace vybraných mastných kyselin (mg/100g), sumy jednotlivých kategorií mastných kyselin (mg/100g), indexy mastných kyselin a obsah cholesterolu (mg/kg) v prsním svalstvu

Moučka z cvrčka domácího (g/kg)		0	30	60	90	SEM	Průkaznost
Palmitová	C 16:0	196	183	191	207	5,3	NS
Stearová	C 18:0	83,3 ^a	74,9 ^{ab}	71,4 ^b	79,9 ^{ab}	1,64	0,041
Palmitoolejová	C 16:1-n7	24,1 ^b	24,5 ^b	31,0 ^a	33,7 ^a	1,21	0,004
Olejová	C 18:1-n9	230	211	223	230	6,6	NS
Vakcenová	C 18:1-n7	22,3	21,0	21,1	23,5	0,66	NS
Linolová	C 18:2-n6	316 ^a	242 ^b	233 ^b	232 ^b	9,6	0,001
Eikosadienová	C 20:2-n6	8,73 ^a	7,05 ^b	6,47 ^b	7,05 ^b	0,242	0,003
α -Linolenová	C 18:3-n3	28,5 ^a	18,9 ^b	15,1 ^b	8,8 ^c	1,49	<0,001
γ -Linolenová	C 18:3-n6	7,44 ^a	5,88 ^b	5,24 ^b	4,42 ^c	0,227	<0,001
Arachidonová	C 20:4-n6	42,0 ^a	41,5 ^a	34,2 ^b	40,0 ^a	1,01	0,017
DHA	C 22:6-n3	8,98 ^a	7,75 ^{ab}	6,12 ^b	6,81 ^b	0,288	0,001
SFA		289	267	272	296	6,9	NS
MUFA		280	260	279	291	8,3	NS
PUFA		427 ^a	336 ^b	311 ^b	312 ^b	12,5	0,001
n3		44,7 ^a	32,7 ^b	25,8 ^c	20,6 ^c	1,91	<0,001
n6		381 ^a	303 ^b	285 ^b	290 ^b	10,7	0,001
n6/n3		8,6 ^d	9,4 ^c	11,1 ^b	14,2 ^a	0,40	<0,001
AI		0,301 ^d	0,334 ^c	0,354 ^b	0,372 ^a	0,0049	<0,001
TI		0,613 ^d	0,692 ^c	0,743 ^b	0,826 ^a	0,0143	<0,001
HH		3,15 ^a	2,82 ^b	2,64 ^c	2,47 ^d	0,047	<0,001
PI		70,0 ^a	67,2 ^b	59,0 ^c	58,8 ^c	0,93	<0,001
Cholesterol (mg/kg)		593	565	546	573	10,3	NS

^{a-f}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; EPA = eikosapentaenová; DHA = dokosahexaenová; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = mononenasycené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; AI = aterogenní index; TI = trombogenní index; HH = poměr mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami; PI = index peroxidace; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

3. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Metodika je zaměřena na porovnání ukazatelů užitkovosti a kvality masa kuřat krmených dietou s různými úrovněmi přídatku moučky z cvrčka domácího. Hmyz je významným zdrojem bílkovin, antimikrobiálních peptidů, minerálů, vitaminů a tuku. A vzhledem k jeho rychlému růstu, snadné reprodukční schopnosti a příznivé konverzi krmiva může být považován za důležitý alternativní zdroj bílkovin v krmivech pro drůbež, pro níž je při venkovním chovu přirozenou součástí potravy. Zatím je ale jen málo dostupných informací týkajících se této problematiky. Metodika tedy přináší nové informace s ohledem na vhodnost zařazení moučky z cvrčka domácího do krmných směsí pro brojlerová kuřata stanovenou na základě míry ovlivnění užitkovosti a kvality masa takto vykrmovaných kuřat.

1. Vyšší dávky cvrččí moučky v krmivu (60 a 90 g/kg) významně snížily živou hmotnost kuřat ve 35. dni věku a spotřebu krmiva na kus a den. Nejvyšší dávka cvrččí moučky zvýšila i konverzi a úhyn kuřat. Negativní vliv vyšších dávek cvrččí moučky mohl být způsoben nižší chutností či přítomností antinutričních látek ve výsledné krmné směsi.
2. Nejvyšší zastoupení moučky z cvrčků v dietě (90 g/kg) rovněž negativně ovlivnilo hmotnost jatečně opracovaného trupu, hmotnost prsního svalstva, podíl prsního svalstva z jatečně opracovaného trupu a hmotnost stehen. Jatečná výtěžnost se mezi skupinami nelišila.
3. Zařazení cvrččí moučky do krmiva kuřat prokazatelně ovlivnilo barvu prsního svalstva na řezu. Maso těchto kuřat vykazovalo nižší hodnoty světlosti a žlutosti a vyšší hodnoty červenosti. Změny v barvě prsního svalstva pravděpodobně souvisí s akumulací pigmentů z hmyzí moučky v intramuskulárním tuku. Křehčí maso po uvaření měla naopak kuřata z kontrolní skupiny.
4. Lepší schopnost ukládání karotenoidů luteinu a zeaxantinu a α -tokoferolu byla zaznamenána u skupiny s dávkou 30 g/kg. To se odrazilo i na vyšší oxidační stabilitě 5 dní skladovaného masa.
5. Dle sensorického hodnocení kvality prsního svalstva je zřejmé, že nejchutnější maso měla kuřata krmená směsí s 90 g/kg cvrččí moučky. Maso mělo nejvyšší celkovou intenzitu vůně, intenzitu vůně kuřecího masa, křehkost a intenzitu chuti kuřecího masa a nejjemnější vláknitost, což může částečně souviset s retardací růstu u této skupiny. Zatímco nejšťavnatější maso měla kuřata s nejnižším zastoupením cvrččí moučky v dietě (30 g/kg).
6. Příklad cvrččí moučky do krmiva snížil obsah polynenasycených mastných kyselin v prsním svalstvu, především kyseliny linolové, eikosadienové, α -linolenové a γ -linolenové a HH index. Kdežto poměr n6/n3 a aterogenní a trombogenní index se se zvyšující se dávkou moučky z cvrčků v krmivu zvyšoval. Toto zjištění je velkým úskalím pro zařazení cvrččí moučky do krmných směsí pro kuřata z hlediska zdraví lidí jakožto konzumentů jejich masa. Řešením by byla volba vhodného substrátu pro chov larev a dospělců za účelem zlepšení profilu mastných kyselin nebo používání odtučněné moučky či přídatku zdroje n3 polynenasycených mastných kyselin např. lněného oleje do krmiva, což by ale zvýšilo náklady na produkci masa.
7. Obsah cholesterolu v prsním svalstvu nebyl zařazením cvrččí moučky do krmiva kuřat nijak ovlivněn.

4. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

V metodice byla porovnávána užitkovost a kvalita masa kuřat, kterým byla podávána krmná směs s odstupňovanou hladinou moučky z cvrčka domácího. Metodika je proto určena chovatelům kuřat, zpracovatelům masa a výrobcům krmných směsí. Nové informace a výsledky uvedené v metodice mohou být také využívány ve státní správě, výzkumu a vzdělávání a mohou být poskytovány i v rámci poradenství, které je poskytováno ve Výzkumném ústavu živočišné výroby, v.v.i.

5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Na zavedení postupů uvedených v metodice není třeba speciálních nákladů. Metodika nabízí možnost využití moučky z cvrčka domácího jako alternativní zdroj bílkovin v krmné směsi pro kuřata. Cena cvrččí moučky se bude odvíjet od intenzity chovu. Vzhledem k vysoké reprodukční schopnosti hmyzu, jeho rychlému růstu a příznivé konverzi krmiva lze očekávat nižší náklady na tuto komponentu oproti sójovému extrahovanému šrotu. Ve vztahu ke kvalitě masa a zdraví lidí ale nelze doporučit v krmných směsích pro kuřata dávku vyšší než 3 %. Přídavek cvrččí moučky totiž negativně ovlivňuje poměr n6/n3 polynenasycených mastných kyselin. Dávka 3 % cvrččí moučky ve srovnání s běžným obsahem sójového extrahovaného šrotu, jako zdroje bílkovin, v krmivu pro kuřata, který dosahuje úrovně až 30 %, je ale naprosto zanedbatelná. Potencionální ekonomický přínos pro uživatele metodiky je odhadován na základě úspory nákladů na krmnou směs. Za předpokladu využití nové krmné směsi se 3 % cvrččí moučky pro výkrm kuřat, a to u 1 % z celkové produkce kuřecího masa v ČR, tj. u 2,7 tis. tun živé hmotnosti, lze odhadnout roční spotřebu krmné směsi na 4,05 tis. tun (předpokládaná konverze krmiva ve velkochovu je 1,5 kg). V případě snížení nákladů na krmnou směs, díky zařazení moučky z cvrčka domácího, o 1 % by to při původní ceně 10 tis. Kč za tunu znamenalo úsporu 405 tis. Kč. Vyšších úspor by bylo dosaženo v případě vyšší náhrady sójového extrahovaného šrotu cvrččí moučkou, což ale z hlediska nevhodného profilu mastných kyselin nelze doporučit.

6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Altmann B. A., 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.

Biasato I., Gasco L., De Marco M., Renna M., Rotolo L., Dabbou S., Capucchio M. T., 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., 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.

Brush A. H. (1990): Metabolism of carotenoid-pigments in birds. *Faseb Journal*, 12, 2969–2977.

Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Hakl J. (2014): Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elephus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 2159–2354.

- Conway G. (2012): One billion hungry, can we feed the world? Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 439 .
- 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.
- Czauderna M., Kowalczyk J., Marounek M. (2011): The simple and sensitive measurement of malondialdehyde in selected specimens of biological origin and some feed by reversed phase high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 879, 2251–2258.
- Dabbou S., Gasco L., Lussiana C., Brugiapaglia A., Biasato I., Renna M., Cavallarin 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.
- EN 12822 (2000): Foodstuffs – Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography – Measurement of α -, β -, γ - and δ -tocopherols. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 12823-1 (2000): Foodstuffs – Determination of Vitamin A by High Performance Liquid Chromatography– Part 1: Measurement of All-trans-Retinol and 13-cis-Retinol. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2013): Edible insects – future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171:IX.
- FEFAC (2012): Environment report. 2nd ed. Bruxelles, Belgique, 36 pp.
- Finke M. D., Sunde M. L., DeFoliart G. R. (1985): An Evaluation of the Protein Quality of Mormon Crickets (*Anabrus simplex* Haldeman) When Used as a High Protein Feedstuff for Poultry. *Poultry Science*, 64, 708–712.
- Finke M. D., Rojo S., Roos N., van Huis A., Yen A. L. (2015): The European Food Safety Authority scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 245–247.
- Fletcher D. (1999): Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science*, 78, 1323–1327.
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.
- Froescheis O., Moalli S., Liechti H., Bausch J. (2000): Determination of lycopene in tissues and plasma of rats by normal-phase high-performance liquid chromatography with photometric detection. *Journal of Chromatography B*, 739, 291–299.
- Józefiak D., Józefiak A., Kierończyk B., Rawski M., Świątkiewicz S., Długosz J., Engberg, R. M. (2016): Insects – A natural nutrient source for poultry – A review. *Annals of Animal Science*, 6, 297–313.
- Kamal-Eldin A. (2006): Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 58, 1051–1061.
- Kareem K. Y., Abdulla N. R., Foo H. L., Mohd A. N., Zamri N. S., Loh T. C., Alshelmani M. I. (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.
- Khan S., Khan R. U., Sultan A., Khan M., Hayat S. U., Shahid M. S. (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.

- Makkar H. P., 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.
- Moula N., Detilleux J. (2019): A Meta-Analysis of the Effects of Insects in Feed on Poultry Growth Performances. *Animals*, 9, article number: 201.
- Nijdam D., Rood T., Westhoek H. (2012): The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37, 760–770.
- Onsongo V. O., Osuga I. M., Gachuri C. K., Wachira A. M., Miano D. M., Tanga C. M., Ekesi S., Nakimbugwe D., Fiaboe K. K. M. (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.
- Orkus A. (2021): Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13, article number: 1207.
- Pennino M., Dierenfeld E. S., Behler J. L. (1991): Retinol, a-tocopherol and proximate nutrient composition of invertebrates used as feed. *International Zoo Yearbook*, 30, 143–149.
- Pieterse E., Pretorius Q., Hoffman L. C., 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 S. W., Uushona T., Hoffman L. C. (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.
- Poorghasemi M., Seidavi A., Qotbi A. A., Laudadio V., Tufarelli V. (2013): Influence of dietary fat source on growth performance responses and carcass traits of broiler chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26, 705–710.
- Radulović S., Pavlović M., Šefer D., Katoch S., Hadži-Milić M., Jovanović D., Grdović 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 E. A., Hernandez A. R., Pino J. M. (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: *Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95, 214–220.
- Sánchez-Muros M. J., Barroso F. G., Manzano-Agugliaro F. (2014): Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16–27.
- Santos-Silva J., Bessa R. J. B., Santos-Silva F. (2002): Effects of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77, 187–194.
- SAS (2003): SAS/STAT User's Guide (Release 9.3); SAS Institute: Cary, NC, USA.
- Schiavone A., Cullere M., De Marco M., Meneguez M., Biasato I., Bergagna S., Dezzutto D., Gai F., Dabbou S., Gasco L., Dalle Zotte A. (2017): Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16, 93–100.
- 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.

- Stamer A. (2015): Insect proteins – a new source for animal feed. *Embo Reports*, 16, 678–680.
- Sun T., Long R. J., Liu Z. Y. (2013): The effect of a diet containing grasshoppers and access to freerange on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *British Poultry Science*, 54, 130–137.
- Tabata E., Kashimura A., Wakita S., Ohno M., Sakaguchi M., Sugahara Y., Kino Y., Matoska V., Bauer P. O., 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, article number: 6662.
- Testa M., Stillo M., Maffei G., Andriolo V., Gardois P., Zotti C. (2016): Ugly but tasty: A systematic review of possible human and animal health risks related to entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 3747–3759.
- Tran G., Heuzé V., Makkar H. P. S. (2015): Insects in fish diets. *Animal Frontiers*, 5, 37–44.
- Udomsil N., Imsoonthornruksa S., Gosalawit Ch., Ketudat-Cairns M. (2019): Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research*, 25, 597–605.
- Ulbricht, T. L. V., Southgate D. A. T. (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., Dicke M., van Loon J. J. A. (2015): Insects to feed the world. Wageningen Academic Publishers, 1, 3–5.
- Veldkamp T., van Duinkerken G., van Huis A., Iakemond C. M. M., Ottevanger E., Bosch G., Van Boekel M. A. J. S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Wageningen UR Livest. Res., Report 638.
- Wang D., Zhai S.W., Zhang C. X., Bai Y. Y., An S. H., Xu Y. N. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 18, 667–670.
- Witting L. A., Horwitt M. K. (1964): Effect of Degree of Fatty Acid Unsaturation in Tocopherol Deficiency-induced Creatinuria. *Journal of Nutrition*, 82, 19–33.

7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Metodice nepředcházely žádné publikace týkající se zkrmování hmyzí moučky drůbeží, výsledek je originální prací. Uvádíme pouze dílčí studie zabývající se problematikou kvality tuku v krmných směsích pro kuřata a slepice.

Skřivan M., Vlčková J., Englmaierová M.: Vliv zdroje tuku na stravitelnost mastných kyselin, profil mastných kyselin v prsním svalstvu a abdominálním tuku a expresi genů u kuřat. In.: Sborník z mezinárodní konference „Poultry Days 2018“, 2018, Brno: Mendel University, s. 45.

Skřivan M., Marounek M., Englmaierová M., Čermák L., Vlčková J., Skřivanová E.: Effect of dietary fat type on intestinal digestibility of fatty acids, fatty acid profiles of breast meat and abdominal fat, and mRNA expression of lipid-related genes in broiler chickens. *PLoS One*, 2018, 13, 1-11.

Marounek M., Skřivan M., Englmaierová M.: Effect of dietary fat on the content of vitamins and carotenoids in egg yolks. *European Poultry Science*, 2019, 83, 1–7.

8. OPONENTI

doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU)

Ing. Robert Tůma, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ)

9. DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV č. QK1910387 s názvem: Kvalita a bezpečnost produkce kuřecího masa při zkrmování moučky z hmyzu, limitovaném krmení a pastvě a podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0718 s názvem: Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

Vydal Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Název Vliv moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) na kvalitu masa kuřat

Autoři Ing. Michaela Englmaierová, Ph.D. (podíl práce: 60 %)
prof. Ing. Věra Skřivanová, CSc. (podíl práce: 20 %)
prof. Ing. Miloš Skřivan, DrSc. (podíl práce: 20 %)

ISBN 978-80-7403-259-2

Vydáno bez jazykové úpravy.

© Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves

Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.

Přátelství 815

104 00 Praha Uhřetěves

WWW.VUZV.CZ