

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**

**MEZINÁRODNÍ TESTOVÁNÍ DRŮBEŽE, státní podnik**

**Ústrašice**

**KOMBINACE RESTRIKCE KRMIVA A PŘÍDAVKU  
HMYZÍ MOUČKY U RYCHLE ROSTOUCÍCH KUŘAT**

**CHODOVÁ, D., TŮMOVÁ, E., OKROUHLÁ M., TYL J.**

Certifikovaná metodika

Výstup z řešení projektu NAZV QK1910387

2023

**Katedra chovu hospodářských zvířat, FAPPZ, ČZU v Praze**

**Mezinárodní testování drůbeže, státní podnik, Ústrašice**

doc. Ing. Darina Chodová, Ph.D.

Prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.

Ing. Monika Okrouhlá, Ph.D.

Ing. Jan Tyl

Kontaktní adresa:

Katedra chovu hospodářských zvířat, ČZU v Praze

Kamýcká 129

165 00 Praha - Suchdol

Tel.: +420224383058

e-mail: [chodova@af.czu.cz](mailto:chodova@af.czu.cz)

Oponenti: prof. Ing. Martina Lichovníková, Ph.D., Ústav chovu a šlechtění zvířat, AF,  
Mendelova univerzita v Brně

Ing. Robert Tůma, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Certifikovaná metodika

Kombinace restrikce krmiva a přídatku hmyzí moučky u rychle rostoucích kuřat

Byla schválena a doporučena pro použití v zemědělské praxi

Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským

pod číslem jednacím 182751/2023

©ČZU v Praze

ISBN 978-80-213-3293-5

## 1. Cíl metodiky

Produkce kuřecího masa je v současné době zajišťována především výkrmem rychle rostoucích genotypů kuřat. Pro nutriční potřeby těchto genotypů byly vyvinuty komerční krmné směsi, které odpovídají jejich požadavkům při intenzivním způsobu výkrmu. S koncentrovanou výživou souvisí rychlý růst, který ale může mít negativní důsledky na zdravotní stav kuřat, či následnou kvalitu masa. U kuřat je jednou z možností, jak těmto negativním jevům předcházet, limitované krmení. Navíc také rostoucí produkce drůbeže vyžaduje stoupající produkci bílkovin, které jsou hlavním živinovým komponentem v krmivu. Základním zdrojem bílkovin a tuků ve výživě drůbeže je sója, která je ale zároveň využívána pro lidskou potřebu, a tím vzniká konkurence mezi hospodářskými zvířaty a lidmi. Zároveň z důvodu vysokých nákladů na pěstování sóji se zvyšují požadavky na nahrazování sóji alternativními, snadno dostupnými zdroji bílkovin. Jedním z těchto alternativních zdrojů může být i hmyzí moučka, která má vysokou nutriční hodnotu a na rozdíl od sóji nemá negativní dopad na životní prostředí jako je v případě pěstování sóji ztráta biodiverzity, odlesňování a s těmito jevy související globální oteplování a zvyšující se emise skleníkových plynů. Nařízením Komise EU 2021/1372, které vstoupilo v platnost 7. září 2021, se změnila příloha IV nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.999/2001. Díky této změně je v rámci Evropské unie umožněno zkrmování zpracovaných živočišných proteinů z hmyzu pro drůbež. Hmyz se do krmné dávky kuřat nejčastěji přidává ve formě hmyzí moučky, či olejů. Hmyzí moučka je nejvhodnější formou, která je kompatibilní s automatizovanými krmnými systémy a celkem snadno ji lze zakomponovat do krmných směsí. Výhodou hmyzí moučky je její vysoká nutriční hodnota (40 – 60 % bílkovin, 30 – 35 % tuku) a také to, že začíná být snadno dostupná, s ohledem na snadné rozmnožování hmyzu a díky jeho rychlému růstu.

V současnosti existuje pouze omezené množství informací týkajících se vlivu hmyzí moučky na kvalitu masa, a navíc kombinace přídatku hmyzí moučky spolu s limitovaným krmením nebyla doposud zjišťována. Cílem metodiky je proto posoudit vliv přídatku hmyzí moučky a limitovaného krmení na užitkovost, vybrané jatečné parametry a kvalitu masa rychle rostoucích kuřat.

## 2. Vlastní popis metodiky

### 2.1. Současný stav sledované problematiky

Produkce kuřecího masa představuje v současnosti téměř 90 % celkové produkce drůbežního masa a je zajištěna především výkrmem rychle rostoucích kuřat, která se vyznačují intenzivním růstem, nízkou konverzí krmiva a krátkou dobou výkrmu (Sirri et al. 2011). Rychle rostoucí kuřata mají průměrný denní přírůstek vyšší než 35 g/den (Dal Bosco et al. 2012) a mohou dosáhnout porážkové hmotnosti 2 kg již v 5-ti nebo 6-ti týdnech věku (Fanatico et al. 2007; Devatkal et al. 2019). Na druhou stranu, nadměrná selekce na intenzivní růst, která je při šlechtění brojlerových kuřat využívána, může vést ke zvýšenému výskytu zdravotních poruch a také se může negativně projevit na kvalitě masa. Možností, jak snížit tyto negativní důsledky selekce je zpomalení růstu kuřat vlivem například limitovaného krmení (Mench 2002; Sahraei 2012). U kuřat je využívána zejména kvantitativní restrikce krmiva, při které dochází k řízenému snížení příjmu krmiva. Restrikce krmiva se aplikuje nejčastěji ve druhém týdnu věku kuřat, přičemž před a po restrikci jsou kuřata krmena *ad libitum*. V realimentačním období, které nastává po skončení restrikce může nastat kompenzace růstu (Tůmová et al. 2002; Van der Klein et al. 2017). Benefitem limitovaného krmení u kuřat je především omezení výskytu syndromu náhlého úhynu kuřat či ascitů (Lippens et al. 2000; Mohammadalipour et al. 2017) nebo slabosti končetin v důsledku tibiální dischondroplazie (Lippens et al. 2000), ale také zlepšení využití krmiva (Zubair a Leeson 1996). Limitované krmení u kuřat má vliv i na jatečné parametry, kdy ale záleží na intenzitě restrikce. Velmi intenzivní restrikce krmiva snížila jatečnou výtěžnost (Lippens et al. 2000) podobně jako kontinuální kvantitativní restrikce krmiva (Livingston et al. 2019). Na druhou stranu, pokud je intenzita restrikce nižší, není vliv na jatečnou výtěžnost průkazný (Saleh et al. 2005) podobně jako na podíl prsního svalstva nebo podíl stehen (Butzen et al. 2013; Van der Klein et al. 2017; Kreuzer et al. 2020). Vliv restrikce krmiva na fyzikální parametry kvality masa (pH, barva, vaznost, textura) je minimální (Lippens et al. 2000; Butzen et al. 2013; Gratta et al. 2019). Z chemického složení má kvantitativní restrikce vliv hlavně na obsah tuku, který se u restringovaných kuřat snižuje (Zhan et al. 2007; Dincer et al. 2014).

Pro optimální produkci v chovech vykrmovaných kuřat je nejdůležitější složkou krmiva protein, jehož hlavním zdrojem v krmné směsi je sója (Woods et al. 2019). Nevýhodou sóji jsou vysoké náklady na její produkci a také konkurence v její spotřebě mezi hospodářskými zvířaty a lidmi. Z tohoto důvodu se hledají alternativní, snadno dostupné zdroje proteinu. Jedním

z nejuvhodnějších alternativních zdrojů může být hmyzí moučka. Velkou výhodou hmyzu je jeho vysoká reprodukční schopnost. Jósefiak et al. (2016) uvádějí, že na 1 m<sup>2</sup> je možné za 42 dní vyprodukovat více než 180 kg larev bráněnky (*Hermetia illucens*), která se spolu s larvami potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) jeví jako nejvhodnější pro komerční chovy hmyzu s následným použitím ve výživě drůbeže (Jósefiak et al. 2016; Kieronczyk et al. 2018). Hmyzí moučka obsahuje 40 – 60 % bílkovin (Tran et al. 2015) a 30 – 35 % tuku v sušině (Ghaly a Alkokaik 2009; Kieronczyk et al. 2018). 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).

Vliv přídavku hmyzí moučky závisí na jejím složení a množství, kterým nahrazujeme sójovou moučku. Kieronczyk et al. (2018) a Schiavone et al. (2018) nezaznamenali vliv přídavku hmyzí moučky na růst ani konečnou živou hmotnost kuřat. Podle těchto autorů nebyla přídavkem hmyzí moučky ovlivněna ani spotřeba či konverze krmiva.

Z jatečných parametrů, Hwangbo et al. (2009) zjistili, že částečné nahrazení původního zdroje proteinu hmyzí moučkou zvýšilo hmotnost stehen a prsou kuřat. Pieterse et al. (2014) pozorovali i vyšší podíl prsou u kuřat krmných směsí s hmyzí moučkou. Na druhou stranu většina autorů nezaznamenala vliv zkrmování hmyzí moučky na jatečné parametry (Bovera et al. 2016; Cullere et al. 2016; Biasato et al. 2018).

Zdroj a množství proteinů a tuků může mít kromě ukazatelů užitečnosti a jatečných parametrů vliv i na kvalitu masa. Altmann et al. (2018) a Pieterse et al. (2019) nepozorovali vliv přídavku moučky z larev bráněnky na barvu masa brojlerových kuřat. Cullere et al. (2018), Pieterse et al. (2019) nezaznamenali rozdíly v chemickém složení masa japonských křepelek a brojlerových kuřat krmných směsí s hmyzí moučkou. U monogastrů, mezi které patří i drůbež, je složení mastných kyselin v mase ovlivněno především složením krmné směsi (Schiavone et al. 2019), proto při zařazení hmyzí moučky do krmiva je zastoupení mastných kyselin ovlivněno více než jiné parametry kvality masa. Složení mastných 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 mastných kyselin, proto může její přidání do krmiva ovlivnit poměr a zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mase kuřat, která jsou tímto doplňkem krmiva.

## 2.2. Materiál a metody

Pro stanovení ukazatelů užitkovosti a kvality masa kuřat byl realizován výkrmový pokus, do kterého bylo zařazeno celkem 1680 jednodenních kohoutků genotypu Ross 308. Kuřata byla na základě techniky krmení a složení krmné směsi náhodně rozdělena do 4 skupin po 70 kusech s šesti opakováními. Skupina AL (kontrolní) byla vykrmována *ad libitum* třífázově krmnou směsí pro výkrm kuřat. Skupina ALH měla v krmné směsi podávané *ad libitum* přídavek 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky (*Hermetia illucens*). Skupina R70 byla krmena krmnou směsí pro výkrm kuřat shodnou se skupinou AL, ale v tomto případě byla u kuřat realizována restrikce na 70 % AL od 7. do 14. dne věku. U poslední skupiny (R70H) byla aplikována restrikce na 70 % AL od 7. do 14. dne věku v kombinaci s přídávkem 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky. 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 a Tabulce 2. Množství krmiva u restringovaných skupin bylo vypočítáváno na základě spotřeby krmiva kontrolní skupiny. Kuřata byla před a po restrikci krmená *ad libitum*. Voda byla po celou dobu experimentu kuřatům dostupná neomezeně.

Výkrm kohoutků probíhal na podestýlce s hustotou osazení 15,9 kuřat/1 m<sup>2</sup> 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 1: Složení krmných směsí

Složení (%)	Kontrolní krmná směs			Krmná směs s přídávkem 3 % hmyzí moučky		
	BR1	BR2	BR3	BR1	BR2	BR3
<b>NL (g/kg)</b>	211,92	195,37	183,67	211,28	195,43	183,62
<b>Tuk (g/kg)</b>	55,36	52,49	76,92	55,68	56,58	78,86
<b>Lysin (g/kg)</b>	13,58	12,12	11,36	12,73	11,33	10,53
<b>Methionin (g/kg)</b>	6,07	5,64	5,18	5,88	5,46	5,00
<b>Ca (g/kg)</b>	9,60	8,86	7,90	9,60	8,76	7,90
<b>P (g/kg)</b>	6,61	6,38	6,46	6,41	6,19	6,28
<b>ME (MJ/kg)</b>	12,04	12,03	12,63	12,03	12,09	12,63

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

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

Mastné kyseliny (g/100 g)	Kontrolní krmná směs			Krmná směs s přidavkem 3 % hmyzí moučky		
	BR1	BR2	BR3	BR1	BR2	BR3
<b>C10:0</b>	0,01	0,01	0,00	0,12	0,30	0,19
<b>C12:0</b>	0,02	0,03	0,01	6,64	14,88	9,20
<b>C14:0</b>	0,20	0,19	0,22	1,35	2,65	1,67
<b>C16:0</b>	18,79	16,14	17,69	12,88	16,61	15,44
<b>C18:0</b>	2,62	2,89	2,80	3,52	2,32	2,52
<b>C20:0</b>	0,05	0,03	0,08	0,28	0,90	0,35
<b>C22:0</b>	0,13	0,08	0,03	0,19	0,25	0,10
<b>C14:1</b>	0,03	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02
<b>C18:1</b>	18,40	18,75	18,84	18,93	13,49	16,77
<b>C20:1</b>	0,02	0,05	0,05	0,12	0,36	0,10
<b>C18:2</b>	53,25	54,88	53,61	49,87	40,52	47,14
<b>C18:3(9)</b>	5,95	6,64	6,36	5,57	4,70	5,66
<b>C20:2</b>	0,03	0,01	0,01	0,03	0,56	0,15
<b>C20:4</b>	0,17	0,02	0,02	0,05	0,37	0,06
<b>C20:5</b>	0,01	0,00	0,02	0,01	0,32	0,06
<b>SFA</b>	21,98	19,49	20,96	25,19	38,81	29,77
<b>MUFA</b>	18,54	18,91	18,96	19,17	14,11	16,96
<b>PUFA</b>	59,48	61,61	60,09	55,64	47,08	53,27

Triviální názvy mastných kyselin: C10:0 – kaprinová, C12:0 – laurová, C14:0 – myristová, C16:0 – palmitová, C18:0 – stearová, C20:0 – arachová, C22:0 – behenová, C14:1 – myristoolejová, C18:1 – olejová, C20:1 – eikosenová, C18:2 – linolová, C18:3(9) –  $\alpha$ -linolenová, C20:2 – eikosadienová, C20:4 – arachidonová, C20:5 – eikosapentaenová

SFA – nasycené mastné kyseliny, MUFA – mononenasyčené 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 vykrvены, 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 stehen a abdominálního tuku. Pro analýzy kvality masa (fyzikální vlastnosti a základní chemické složení) byl odebrán sval *pectoralis major*, pro analýzy mastných kyselin pak stehenní svalstvo.

#### 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 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 cm<sup>2</sup> 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.

### *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.

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:  $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \text{mononenasyčené mastné kyseliny} + 0,5 \times (n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + 3 \times (n-3) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + (n-3/n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny})$ .

### *Statistické hodnocení výsledků*

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

## **2.3. Výsledky a diskuze**

### *Užitkovost*

Výsledky růstu kuřat s rozdílnou technikou krmení a krmnou směsí jsou uvedeny v Tabulce 3. Do 14 dnů věku nebyly mezi jednotlivými skupinami průkazné rozdíly v živé hmotnosti. Od 14. dne věku, kdy byla u skupiny R70 a R70H aplikována restrikce krmiva, měla podle očekávání tato kuřata nižší živou hmotnost než *ad libitně* krmené skupiny. V následujícím týdnu byly tyto skupiny opět krmeny *ad libitum*, ale jejich živá hmotnost byla stále ještě nižší ve srovnání se skupinami krmenými po celou dobu *ad libitum*. Navíc v týdnu od 21. dne byly zjištěny interakce techniky krmení a krmné směsi ( $P=0,046$ ), kdy nejvyšší živou hmotnost měla

v tomto období skupina krmená *ad libitum* kontrolní krmnou směsí (971,3 g). Naopak nejnižší živá hmotnost (907,2 g) byla naměřena u skupiny krmené restriktivně kontrolní krmnou směsí. Na druhou stranu, mezi kuřaty krmenými směsí s přidavkem hmyzí moučky nebyl mezi *ad libitně* krmenou skupinou a skupinou s restrikcí krmiva průkazný rozdíl.

Interakce techniky krmení a krmné směsi byly zaznamenány u živé hmotnosti i na konci pokusu v 35 dnech s nejvyšší živou hmotností (2314,8 g) u kontrolní skupiny krmené *ad libitum*. Zajímavé je, že skupina R70H krmená směsí s přidavkem hmyzí moučky a ve druhém týdnu restriktivně se od kontrolní skupiny nelišila. Zdá se, že přidavek hmyzí moučky v krmné směsi vedl k lepší kompenzaci růstu než kontrolní krmná směs, ve které hmyzí moučka nebyla. Jedním z vysvětlení by mohlo být, že hmyzí moučka zvyšuje chutnost krmiva pro kuřata (Al-Quazzaz a Ismail 2016; Elahi et al. 2022) a ta po opětovném krmení *ad libitum* přijímají více krmiva než kuřata krmená kontrolní krmnou směsí.

Tabulka 3: Růst kuřat během výkrmu

Věk (dny)	Živá hmotnost (g)				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	SK	TK*SK
1	45,19	44,90	45,38	44,95	0,23	0,812	0,479	0,887
7	185,40	182,48	188,57	187,71	1,95	0,313	0,646	0,801
14	467,10	455,20	413,50	423,40	5,64	<0,001	0,884	0,135
21	971,3 <sup>a</sup>	935,0 <sup>ab</sup>	907,2 <sup>b</sup>	932,0 <sup>ab</sup>	8,24	0,030	0,691	0,046
28	1618,9	1575,6	1566,4	1602,8	11,61	0,590	0,882	0,100
35	2314,8 <sup>a</sup>	2207,3 <sup>b</sup>	2220,2 <sup>b</sup>	2244,0 <sup>ab</sup>	15,24	0,295	0,136	0,024

<sup>a,b</sup> P≤0,05

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

Změny v živé hmotnosti potvrzují i výsledky průměrných denních přírůstků (Tabulka 4), u kterých byly zjištěny průkazné interakce techniky krmení a krmné směsi (P=0,025). Nejvyšší přírůstky byly pozorovány u skupiny krmené kontrolní krmnou směsí *ad libitum* (64,84 g/den), ale také u skupiny s restrikcí krmené krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (62,83 g/den), které měly na konci pokusu nejvyšší živou hmotnost. Elangovan et al. (2021) uvádějí, že přidavek hmyzí moučky z larev bráněnky může podpořit růst kuřat z důvodu vysokého obsahu proteinu a vhodného složení aminokyselin. Navíc tuk hmyzu je bohatý na mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem, které mají pozitivní vliv na rychlost růstu brojlerových kuřat prostřednictvím zlepšení stavu trávicího traktu (Zeitz et al. 2015). Výsledky u skupiny R70H ukazují na dostatečnou kompenzaci růstu a jsou v souladu s výsledky Kawasaki et al. (2019),

Attivi et al. (2020) a Elahi et al. (2020), kteří testovali hmyzí moučku jako alternativní zdroj proteinu k sójovému šrotu a zjistili její pozitivní vliv na růst a živou hmotnost brojlerových kuřat. Z literatury je známé, že také nižší přídávky hmyzí moučky ve výši 0,3 % zvýšily přírůstky kuřat (Benzertiha et al. 2020) a ani vyšší přídavek hmyzí moučky (25 % a více) neměl negativní vliv na živou hmotnost kuřat (Bovera et al. 2016; Khan et al. 2018; Altmann et al. 2018).

Restrikce krmiva vedla k nižší ( $P < 0,001$ ) denní spotřebě krmiva s nejnižšími hodnotami u skupiny R70H (98,1 g krmiva/ks/den). Kuřata krmená směsí s přídávkem hmyzí moučky měla neprůkazně nižší spotřebu krmiva než při krmení kontrolní krmnou směsí. Z toho vyplývají i výsledky konverze krmiva, kdy byly zjištěny interakce techniky krmení a krmné směsi ( $P = 0,022$ ). Nejlepší konverze krmiva byla pozorována u skupiny s restrikcí krmiva R70H krmené směsí s přídávkem hmyzí moučky (1,53 kg/1 kg přírůstkem) a také u skupiny krmené *ad libitum* kontrolní krmnou směsí (1,54 kg/1 kg přírůstkem). Podle Bovera et al. (2016) a Attivi et al. (2020) zařazení hmyzí moučky do krmné směsi zlepšilo konverzi krmiva. Na druhou stranu, samotný vliv složení krmné směsi nebyl v našem experimentu zaznamenán.

Tabulka 4: Ukazatele výkrmnosti kuřat

Ukazatel	Skupina				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	SK	TK*SK
<b>Průměrný denní přírůstek (g)</b>	64,84 <sup>a</sup>	61,78 <sup>b</sup>	62,14 <sup>b</sup>	62,83 <sup>ab</sup>	0,44	0,297	0,142	0,025
<b>Spotřeba krmiva/ks/den (g)</b>	101,9	100,6	99,3	98,1	0,42	<0,001	0,078	0,909
<b>Konverze krmiva (kg)</b>	1,54 <sup>b</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,57 <sup>ab</sup>	1,53 <sup>b</sup>	0,01	0,253	0,573	0,022

<sup>a,b</sup>  $P < 0,05$

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

#### Jatečný rozbor

U žádné ze sledovaných jatečných charakteristik nebyly zaznamenány průkazné interakce techniky krmení a krmné směsi (Tabulka 5). Rovněž ani samotná technika krmení neovlivnila jatečné vlastnosti vykrmovaných kuřat. Pro porážku byla vybrána kuřata o průměrné živé hmotnosti 2 kg, což je patrné i z výsledků uvedených v Tabulce 5, kdy mezi skupinami nebyly v tomto parametru průkazné rozdíly. Hmotnost jatečně opracovaného trupu korespondovala se živou hmotností a jednotlivé skupiny se mezi sebou v tomto parametru nelišily. Jatečná výtěžnost byla nižší ( $P = 0,045$ ) u skupin ALH a R70H krmených směsí s přídávkem hmyzí

moučky. V tomto případě měl přírůstek hmyzí moučky negativnější vliv na jatečnou výtěžnost než samotná restrikce krmiva, i když většina studií uvádí, že hmyzí moučka nemá na jatečnou výtěžnost vliv (Cullere et al. 2016; Kareem et al. 2018; Onsongo et al. 2018). Ostatní jatečné parametry byly podobné u všech skupin a jsou v souladu s výsledky Altmann et al. (2018), Biasato et al. (2018) a Pieterse et al. (2019).

Zjištění, že většina jatečných parametrů nebyla negativně ovlivněna restrikcí krmení, složením krmné směsi či jejich interakcemi, může být důležité z hlediska ekonomické stránky.

Tabulka 5: Jatečný rozbor kuřat

	Skupina				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	SK	TK*SK
<b>Živá hmotnost (g)</b>	2315,9	2319,2	2250,4	2321,8	11,78	0,169	0,105	0,138
<b>Hm. JOT za studena (g)</b>	1710,4	1688,2	1661,3	1700,7	9,79	0,353	0,660	0,122
<b>Jatečná výtěžnost (%)</b>	73,86	72,79	73,82	73,23	0,21	0,615	0,045	0,551
<b>Podíl prsou (%)</b>	29,25	29,34	29,29	28,53	0,28	0,510	0,570	0,471
<b>Podíl stehen (%)</b>	27,59	27,45	27,25	28,01	0,18	0,771	0,405	0,234
<b>Podíl masa stehen (%)</b>	19,63	19,30	19,04	19,37	0,19	0,495	0,999	0,386
<b>Podíl křídel (%)</b>	10,05	10,09	9,79	10,19	0,10	0,692	0,251	0,355
<b>Podíl AT (%)</b>	1,59	1,56	1,75	1,57	0,07	0,576	0,491	0,629
<b>Podíl maso/kost (%)</b>	3,73	3,40	3,52	3,57	0,06	0,856	0,285	0,144

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

### Fyzikální vlastnosti kvality masa

U parametrů kvality masa měřených v prsní a stehenní svalovině nebyly zaznamenány průkazné interakce techniky krmení a složení krmné směsi (Tabulka 6 a 7).

Hodnota pH je důležitým detekčním kritériem pro řadu vad masa, z nichž je nejrozšířenější vadou PSE (bledé, měkké, vodnaté maso). Hodnota pH měřená ve svalu *pectoralis major* byla nižší ( $P=0,001$ ) u restringovaných skupin kuřat, nicméně tyto hodnoty byly v normálním rozmezí a maso neinklinovalo k vadám. Na rozdíl od námi zjištěného vlivu restrikce na pH prsní svaloviny, Lippens et al. (2000) a Poltowicz et al. (2015) nepozorovali průkazné rozdíly mezi skupinami s rozdílnou technikou krmení na hodnoty pH. Podle práce Ouhayoun (2003), může být pokles hodnot pH způsoben stimulací glykolytické dráhy metabolismu ve svalech.

Barva masa je jedním z hlavních parametrů kvality masa, na základě, kterého se řídí výběr spotřebitelů při jeho koupi. Barvu masa ovlivňuje koncentrace pigmentů ve svalech, především

myoglobinu a hemoglobinu. Daszkiewicz et al. (2022) pozorovali zvyšující se obsah pigmentů v maso kuřat krmených krmnou směsí s vyšším obsahem hmyzí moučky (50 – 100 %). Na druhou stranu, z našich výsledků týkajících se barevného odstínu vyplývá, že maso kuřat krmených hmyzí moučkou bylo světlejší ( $P=0,028$ ), než u skupin krmených kontrolní krmnou směsí, což je v souladu s Altmann et al. (2020) a Choi et al. (2021). Shodně s námi, Cullere et al. (2016), Bovera et al. (2016) a Pieterse et al. (2019) nezjistili průkazný vliv přídatku hmyzí moučky na barevné parametry  $a^*$  a  $b^*$ . Rozdíly mezi jednotlivými pracemi a našimi výsledky mohou být dány různou koncentrací hmyzí moučky v krmivu a také rozdílným složením krmné směsi.

Kromě barvy masa je jedním z hlavních ukazatelů jeho kvality také křehkost neboli textura, která je v případě instrumentálního měření hodnocena silou stříhu. V našem experimentu nebyla textura ovlivněna technikou krmení ani použitou krmnou směsí a je v souladu s výsledky, které uvádějí Butzen et al. (2013), Gratta et al. (2019), Bovera et al. (2016), Pieterse et al. (2019) a Schiavone et al. (2019).

Tabulka 6: Fyzikální vlastnosti prsní svaloviny

	Skupina					Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H	SEM	TK	SK	TK*SK
<b>pH 24</b>	6,02	5,99	5,84	5,88	0,02	0,001	0,961	0,416
<b>L*(D65)</b>	49,15	53,66	50,09	51,52	0,68	0,643	0,028	0,242
<b>a*(D65)</b>	-1,87	-1,97	-1,38	-1,75	0,11	0,113	0,292	0,558
<b>b*(D65)</b>	5,59	6,60	6,12	6,02	0,30	0,968	0,462	0,371
<b>Síla stříhu (N)</b>	14,59	14,49	13,25	14,19	0,30	0,177	0,488	0,390
<b>Ztráta odkapem (%)</b>	0,41	0,28	0,58	0,56	0,03	<0,001	0,114	0,214
<b>Ztráta mrazem (%)</b>	1,49	1,35	2,46	2,69	0,18	<0,001	0,897	0,547
<b>Ztráta varem (%)</b>	24,83	23,36	25,02	25,43	0,36	0,117	0,459	0,193

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

Vaznost masa je určena ztrátou masové šťávy odkapem, která byla v našem případě téměř dvakrát vyšší ( $P<0,001$ ) u restringovaných kuřat než u skupin krmených *ad libitum*, ale bez vlivu složení krmné směsi. Také Poltowicz et al. (2015) ve své studii zjistili tendenci k vyšším ztrátám odkapem u restringovaných kuřat, i když v jejich případě rozdíly nebyly průkazné. Nižší vaznost v podobě větších ztrát odkapem u restringovaných skupin může být zapříčiněna nepatrně nižší hodnotou pH, kdy při vyšším okyselení svaloviny dochází ke změně konformací bílkovin a větším ztrátám masové šťávy. Z hlediska složení krmné směsi, podobně jako

v našem experimentu, Pieterse et al. (2019) detekovali podobné ztráty masové šťávy odkapem u kuřat krmených s přidavkem hmyzí moučky a standardní krmnou směsí. Pro dlouhodobé uchování masa je vhodné měřit i ztrátu masové šťávy mrazem, u které byla podobná tendence jako u ztrát odkapem. Butzen et al. (2013) také detekovali mírně zvýšenou ztrátu masové šťávy mrazem u kuřat s kvantitativní restrikcí krmiva (3,73 %) v porovnání s kontrolní skupinou krmenou *ad libitum* (3,55 %), ale bez průkazné odlišnosti. V případě tepelně upraveného masa se pro hodnocení jeho vaznosti využívá ztrát masové šťávy varem, u které byly hodnoty všech skupin obdobné. Podobně jako v našem experimentu, nebyla ovlivněna ztráta masové šťávy varem kvantitativní restrikcí (Bianchi et al. 2007; Butzen et al. 2013; Gratta et al. 2019) ani přidavkem hmyzí moučky (Pieterse et al. 2019; Schiavone et al. 2019; Altmann et al. 2020).

Hodnota pH ve stehenní svalovině byla ovlivněna podobně jako u prsní svaloviny technikou krmení ( $P < 0,001$ ) s nižšími hodnotami u restringovaných kuřat než u *ad libitum* krmených. Navíc, kuřata, která byla krmena směsí s přidavkem hmyzí moučky, měla vyšší hodnotu pH ( $P = 0,041$ ) než ta, která byla krmena kontrolní směsí, což odpovídá výsledkům Boverly et al. (2016).

U stehenní svaloviny byla z barevných parametrů ovlivněna pouze červenost masa (parametr  $a^*$ ) složením krmné směsi (Tabulka 7), kdy kuřata krmená směsí s přidavkem hmyzí moučky měla červenější maso než kuřata krmená kontrolní krmnou směsí obdobně jako u prsní svaloviny a jako v práci Schiavone et al. (2019). Intenzivnější červenost stehenní svaloviny může být způsobena akumulací pigmentů z hmyzí moučky v intramuskulárním tuku kuřat (Schiavone et al. 2019), kterého bylo ve stehenní svalovině více než v prsní, kde nebyl červený odstín masa ovlivněn složením krmné směsi.

Tabulka 7: Fyzikální vlastnosti stehenní svaloviny

	Skupina					Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H	SEM	TK	SK	TK*SK
<b>pH 24</b>	5,99	6,00	5,81	5,92	0,02	<0,001	0,041	0,141
<b>L*(D65)</b>	54,63	53,64	53,20	52,86	0,66	0,422	0,630	0,814
<b>a*(D65)</b>	-1,86	-0,44	-1,67	-1,13	0,22	0,545	0,023	0,296
<b>b*(D65)</b>	9,32	10,10	8,88	9,22	0,33	0,336	0,415	0,753

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

## Chemické složení masa

Chemické složení masa určuje jeho nutriční hodnotu a je ovlivněno především obsahem a složením bílkovin krmiva a jeho energetickou hodnotou. Obsah vody a sušiny se vzájemně doplňují a u prsní svaloviny nebyly ovlivněny žádným ze sledovaných faktorů (Tabulka 8). Podobně i Santoso (2001) a Onbasilar et al. (2009) nezjistili vliv kvantitativní restriktce na sušinu masa prsou. Zastoupení tuku, N-látek a popelovin v prsní svalovině nebylo ovlivněno technikou krmení shodně s Onbasilar et al. (2009) ani složením krmné směsi. Podobně také 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) při větší koncentraci hmyzí moučky v krmivu (náhrada 50 – 100 % sójové moučky) zjistili u kuřat výraznější vliv na chemické složení masa. Tito autoři pozorovali 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 by mohly být způsobeny rozdílnou koncentrací hmyzí moučky a také tím, o jakou hmyzí moučku se jednalo. Mohou být rozdíly mezi moučkou z larev bráněnky (*Hermetia illucens*) a moučkou z larev potemníka (*Tenebrio molitor*), které jsou do směsi přidávány nejčastěji. Další možnou příčinou je i konkrétní forma hmyzí moučky.

Tabulka 8: Chemické složení prsní svaloviny

	Skupina					Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H	SEM	TK	SK	TK*SK
<b>Voda (%)</b>	72,75	73,36	73,77	73,10	0,18	0,270	0,925	0,069
<b>Sušina (%)</b>	27,25	26,64	26,23	26,90	0,18	0,270	0,925	0,069
<b>Tuk (%)</b>	3,67	2,84	2,39	2,96	0,21	0,154	0,747	0,088
<b>N-látky (%)</b>	20,60	21,78	22,14	21,67	0,26	0,169	0,493	0,113
<b>Popel (%)</b>	1,28	1,19	1,20	1,18	0,02	0,205	0,120	0,323

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

V některých případech autoři přidávají odtučněnou hmyzí moučku. V našem experimentu byla využita plnotučná moučka z larev bráněnky, která má vyšší zastoupení oleje než odtučněná, což může být hlavní příčinou proč nebyly ve složení masa rozdíly, což podporují i



výsledky Schiavone et al. (2017) a Cullere et al. (2019), kteří nezjistili vliv přídatku hmyzího oleje do krmiva na základní chemické složení masa kuřat.

V porovnání s prsní svalovinou měla stehenní svalovina větší zastoupení tuku a menší zastoupení bílkovin, což koresponduje s Melluzi et al. (2009) a Dincer et al. (2014). Při porovnání vlivu jednotlivých faktorů na chemické složení stehenní svaloviny bylo u masa stehenní zjištěno nižší zastoupení N-látek ( $P < 0,001$ ) u restringovaných kuřat v porovnání s kontrolní skupinou (Tabulka 9). Ostatní parametry nutričního složení stehenní svaloviny nebyly ovlivněny žádným ze sledovaných faktorů. Podobně jako v práci Stastnika et al. (2021).

Tabulka 9: Chemické složení stehenní svaloviny

	Skupina				SEM	Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H		TK	SK	TK*SK
<b>Voda (%)</b>	70,92	69,31	68,93	69,84	0,52	0,495	0,744	0,243
<b>Sušina (%)</b>	29,08	30,69	31,07	30,16	0,52	0,495	0,744	0,243
<b>Tuk (%)</b>	9,60	9,86	9,66	9,77	0,34	0,987	0,794	0,918
<b>N-látky (%)</b>	18,51	18,31	17,04	17,48	0,16	<0,001	0,653	0,224
<b>Popel (%)</b>	1,23	2,37	0,96	0,90	0,31	0,160	0,377	0,333

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

Mastné kyseliny stanovené v intramuskulárním tuku stehenní svaloviny nebyly ovlivněny interakcí techniky krmení a složením krmné směsi. Složení mastných kyselin v kuřecím mase závisí především na profilu mastných kyselin v krmivu (Schiavone et al. 2010, 2019), proto byl pozorován spíše vliv samotného složení krmiva než techniky krmení. Podíl nasycených mastných kyselin (SFA) byl vyšší ( $P = 0,002$ ) u skupin krmených směsmi s přídatkem hmyzí moučky (Tabulka 10). Toto zvýšení bylo způsobeno zejména vyšším zastoupením kyselin s kratším řetězcem, zejména kyselinou laurovou (C12:0;  $P < 0,001$ ) a kyselinou myristovou (C14:0;  $P < 0,001$ ). Kyselina laurová je hlavní složkou tuku larev *Hermetia illucens*, má silné antimikrobiální vlastnosti, které pomáhají larvám bráněnky vyrovnat se s potenciálními riziky životního prostředí, jako jsou např. patogenní mikroorganismy (Gasco et al. 2018), proto se toto velké zastoupení této kyseliny v krmivu následně projevilo i v koncentraci kyseliny laurové v mase. Rovněž Schiavone et al. (2019), Vilela et al. (2021) a Daszkiewicz et al. (2022) při přídatku moučky z larev *Hermetia illucens* pozorovali zvýšení koncentrace kyseliny laurové a myristové v kuřecím mase. 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.

Na druhou stranu, dominantní nasycené mastné kyseliny – kyselina palmitová (C16:0) a kyselina stearová (C18:0) nebyly v našem experimentu ovlivněny technikou krmení ani složením krmiva. Shodně s našimi výsledky, vyšší celkové zastoupení nasycených mastných kyselin ve svalech brojlerových kuřat a japonských křepelek krmených moučkou z larev *Hermetia illucens* zjistili také Cullere et al. (2018), Popova et al. (2020) a Daszkiewicz et al. (2022). Zvýšení nasycených mastných kyselin u skupin s přidavkem hmyzí moučky je způsobeno profilem mastných kyselin u larev *Hermetia illucens* (Gkarane et al. 2020), kdy v našem případě i poměr nasycených mastných kyselin ve směsích s přidavkem hmyzí moučky byl vyšší v porovnání s kontrolní krmnou směsí (Tabulka 2).

Tabulka 10: Zastoupení nasycených mastných kyselin v intramuskulárním tuku stehenního svalstva

Mastné kyseliny (g/100 g)	Skupina					Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H	SEM	TK	SK	TK*SK
<b>C10:0</b>	0,03	0,06	0,02	0,05	0,003	0,026	<0,001	0,539
<b>C12:0</b>	0,19	2,74	0,06	2,29	0,199	0,004	<0,001	0,107
<b>C14:0</b>	1,04	1,93	0,80	1,74	0,082	0,003	<0,001	0,750
<b>C16:0</b>	28,05	26,71	28,48	28,16	0,399	0,248	0,306	0,526
<b>C18:0</b>	4,37	4,67	4,36	4,34	0,098	0,403	0,479	0,424
<b>C20:0</b>	0,20	0,14	0,03	0,19	0,039	0,458	0,513	0,192
<b>C22:0</b>	0,21	0,16	0,07	0,13	0,020	0,029	0,823	0,137
<b>SFA</b>	34,36	36,70	34,03	37,19	0,450	0,920	0,002	0,621

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru; TK – technika krmení, SK – složení krmné směsi  
Triviální názvy mastných kyselin: C10:0 – kaprinová, C12:0 – laurová, C14:0 – myristová, C16:0 – palmitová, C18:0 – stearová, C20:0 – arachová, C22:0 – behenová, SFA – nasycené mastné kyseliny

Celkový podíl mononenasycených mastných kyselin nebyl přidavkem hmyzí moučky průkazně ovlivněn (Tabulka 11) podobně jako ve studii Popova et al. (2020) a Daszkiewicz et al. (2022). Na druhou stranu, vliv moučky z larev *Hermetia illucens* byl sledován u zastoupení kyseliny myristolejové (C14:1), která byla zvýšena ( $P < 0,001$ ) při zařazení hmyzí moučky do krmiva. V souladu s našimi výsledky, Daszkiewicz et al. (2022) zaznamenali podobný vliv hmyzí moučky na složení mononenasycených mastných kyselin i jejich celkové zastoupení. Podíl nejvíce zastoupených mononenasycených mastných kyselin – kyseliny palmitoolejové

(C16:1) a olejové (C18:1) nebyl složením krmiva průkazně ovlivněn, což neodpovídá výsledkům Schiavone et al. (2019), kteří zaznamenali nárůst kyseliny olejové v masě kuřat krmených hmyzí moučkou. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben větší koncentrací hmyzí moučky v pokusu Schiavone et al. (2021).

Tabulka 11: Zastoupení mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin

Mastné kyseliny (g/100 g)	Skupina					Průkaznost		
	AL	ALH	R70	R70H	SEM	TK	SK	TK*SK
<b>C14:1</b>	0,28	0,41	0,22	0,37	0,017	0,044	<0,001	0,621
<b>C16:1</b>	10,92	10,13	9,55	9,78	0,219	<0,050	0,504	0,238
<b>C18:1</b>	29,85	29,91	30,98	29,82	0,356	0,477	0,477	0,404
<b>C20:1</b>	0,24	0,22	0,18	0,25	0,020	0,818	0,561	0,273
<b>C22:1</b>	0,04	0,03	0,01	0,05	0,006	0,564	0,260	0,129
<b>MUFA</b>	41,42	40,76	41,06	40,37	0,305	0,548	0,282	0,981
<b>C18:2</b>	21,43	19,95	22,26	19,83	0,386	0,630	0,011	0,518
<b>C18:3(9)</b>	2,06	1,91	2,17	1,92	0,041	0,437	0,012	0,492
<b>C20:2</b>	0,14	0,14	0,10	0,15	0,012	0,546	0,217	0,354
<b>C20:4</b>	0,40	0,37	0,29	0,34	0,020	0,078	0,809	0,216
<b>C20:5</b>	0,01	0,02	0,00	0,02	0,006	0,575	0,391	0,589
<b>C22:2</b>	0,08	0,07	0,02	0,08	0,012	0,360	0,334	0,135
<b>C22:6</b>	0,04	0,02	0,02	0,04	0,005	0,765	0,665	0,103
<b>PUFA</b>	24,22	22,54	24,90	22,45	0,414	0,710	0,012	0,622
<b>n-6</b>	21,85	20,33	22,56	20,19	0,387	0,700	0,012	0,566
<b>n-3</b>	2,11	1,95	2,19	1,97	0,039	0,492	0,014	0,682
<b>n-6/n-3</b>	10,36	10,39	10,34	10,27	0,083	0,657	0,903	0,772
<b>AI</b>	0,50	0,59	0,48	0,60	0,014	0,840	<0,001	0,719
<b>TI</b>	0,88	0,92	0,88	0,95	0,017	0,783	0,123	0,661

AL – skupina krmená *ad libitum* standardní krmnou směsí; ALH – skupina krmená *ad libitum* krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); R70 – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená standardní krmnou směsí; R70H – skupina s restrikcí na 70 % AL od 7. do 14. dne věku krmená krmnou směsí s přidavkem hmyzí moučky (3 %); SEM – střední chyba průměru, TK – technika krmení, SK – složení krmné směsi  
Triviální názvy mastných kyselin: C14:1 – myristoolejová, C16:1 – palmitoolejová, C18:1 – olejová, C20:1 – eikosenová, C22:1 – eruková, C18:2 – linolová, C18:3(9) –  $\alpha$ -linolenová, C20:2 – eikosadienová, C20:4 – arachidonová, C20:5 – eikosapentaenová, C22:2 – dokosadienová, C22:6 – dokosahexaenová  
MUFA – mononenasycené mastné kyseliny; PUFA – polynenasycené mastné kyseliny; AI – aterogenní index; TI – trombogenní index

Podíl polynenasycených mastných kyselin (PUFA) byl nižší ( $P=0,012$ ) u skupin s přidavkem hmyzí moučky, podobně jako ve studii Schiavone et al. (2019) a Vilela et al. (2021). Toto snížení bylo zapříčiněno zejména snížením mastných kyselin, které v intramuskulárním tuku dominovaly, tj. kyseliny linolové (C18:2;  $P=0,011$ ) a kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3(9);  $P=0,012$ ) u kuřat krmených směsí s přidavkem hmyzí moučky. Ostatní polynenasycené mastné kyseliny nebyly hmyzí moučkou průkazně ovlivněny. Nižší zastoupení

celkových PUFA je podle Schiavone et al. (2019) způsobeno tím, že moučka z larev bráněnky je relativně chudá na PUFA, které jsou zastoupeny téměř výhradně kyselinou linolovou a linolenovou, což je patrné i ze složení krmných směsí použitých v našem pokuse a uvedených v Tabulce 2.

Z hlediska lidského zdraví jsou důležité n-6 a n-3 mastné kyseliny. Suma n-6 i n-3 nenasycených mastných kyselin byla při zkrmování směsi obsahující hmyzí moučku průkazně nižší než při zkrmování běžné krmné směsi, což odpovídá předešlým výsledkům ohledně skladby a koncentrace mastných kyselin. Na druhou stranu, vzájemný poměr n-6/n-3 mastných kyselin ale nebyl ovlivněn technikou krmení ani složením krmné směsi. Výsledky ohledně poměrů PUFA odpovídají studii Schiavone et al. (2019).

Aterogenní index vyjadřuje vztah mezi součtem mastných kyselin, které podporují adhezi lipidů k buňkám krevního oběhu a hromadění aterogenních plátů a snižují hladiny fosfolipidů a esterifikovaných mastných kyselin a celkovou sumou nenasycených mastných kyselin (Omri et al. 2019). Při zkrmování krmné směsi s hmyzí moučkou byl aterogenní index vyšší ( $P < 0,001$ ) v porovnání s kontrolní krmnou směsí. Shodné výsledky našli i Schiavone et al. (2019) a Vilela et al. (2021), při zařazení odtučněné moučky z larev *Hermetia illucens*.

Trombogenní index charakterizuje poměr mastných kyselin, které mají potenciální předpoklad pro tvorbu trombů v krevním řečišti. Stejně jako u aterogenního indexu je i u trombogenního indexu žádoucí nižší hodnota (Dal Bosco et al. 2022). Oproti aterogennímu indexu, nebyl vliv hmyzí moučky na trombogenní index průkazný.

Dle Schiavone et al. (2019) by mělo být sledováno a modifikováno složení substrátu pro chov larev *Hermetia illucens*, aby byl získán lepší profil mastných kyselin larev hmyzu, a aby se vyrovnaly a překonaly potenciální negativní účinky související s využitím hmyzí moučky při výkrmu kuřat.

### **3. Srovnání novosti postupů**

V intenzivních chovech drůbeže se při výkrmu kuřat využívají krmné směsi, které jsou koncipovány pro rychlý růst, nízkou konverzi krmiva a dobré jatečné parametry. Na druhou stranu, právě intenzivní růst může být příčinou zvýšeného výskytu zdravotních poruch jako například syndromu náhlého úhynu kuřat nebo ascitů, a také se může negativně odrazit na snížené kvalitě masa. Proto je snahou těmto problémům předcházet. Jednou z možností je aplikace kvantitativní restrikce krmiva, která po dobu její aplikace snižuje růst kuřat. Po skončení restrikce jsou kuřata opět krmena *ad libitum* a může nastat kompenzace růstu. Navíc

ve využívaných komerčních krmných směsích je hlavním zdrojem N-látek sója, která je však nákladná a existuje zde kompetice mezi hospodářskými zvířaty a lidmi v její spotřebě. Hmyzí moučka by mohla být zároveň dobrým alternativním zdrojem N-látek v krmné směsi. Ve výkrmu je třeba hledat vhodnou techniku krmení a složení krmných směsí, které zajistí příznivý růst kuřat, dobré jatečné parametry a kvalitu masa kuřat.

Předkládaná metodika je zaměřena na kombinaci restrikce krmiva a přídavku hmyzí moučky do krmné směsi na parametry užitečnosti, jatečné hodnoty a fyzikálních a chemických vlastností kvality masa. Výsledky metodiky ukázaly, že v případě restrikce krmiva na 70 % *ad libitum* krmné dávky od 7. do 14. dne věku měla kuřata s omezeným množstvím krmiva nižší konečnou živou hmotnost, ale pokud byly do krmné směsi přidány 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky, pak se porážková hmotnost restringované skupiny nelišila od kontrolních kuřat krmených *ad libitum* standardní krmnou směsí pro výkrm kuřat. Kombinace restrikce a přídavku hmyzí moučky z larev *Hermetia illucens* se pozitivně projevila i na konverzi krmiva, ale bez vlivu na jatečné parametry. Fyzikální vlastnosti kvality masa byly ovlivněny spíše samotnou technikou krmení než složením krmené směsi. Kuřata s omezeným množstvím krmiva měla nižší hodnotu pH prsní svaloviny a větší ztráty masové šťávy odkapem a mrazem. Naopak nutriční vlastnosti masa nebyly ovlivněny ani technikou krmení ani složením krmné směsi.

Zastoupení mastných kyselin v intramuskulárním tuku stehenní svaloviny bylo ovlivněno spíše samotným složením krmiva, neboť hmyzí moučka zařazená do krmné směsi experimentální skupiny obsahovala vyšší podíl nasycených mastných kyselin a nižší podíl polynenasycených mastných kyselin, což následně korespondovalo s jejich zastoupením v masu kuřat. Na druhou stranu, poměr n-6/n-3 nebyl přídavkem hmyzí moučky ovlivněn, stejně jako trombogenní index.

Přínosem metodiky je především to, že kombinace restrikce krmiva a přídavku hmyzí moučky ve výši 3 % do krmné směsi, neměla vliv na jatečné charakteristiky a většinu parametrů kvality masa.

#### **4. Popis uplatnění**

Metodika popisuje výkrmový pokus, ve kterém je porovnáván vliv rozdílného složení krmné směsi (krmná směs pro výkrm kuřat a krmná směs s přídavkem 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky – *Hermetia illucens*) a rozdílné techniky krmení (*ad libitum* a restrikce na 70 % AL mezi 7. a 14. dnem věku) u rychle rostoucích kuřat ve vztahu k užitečnosti, jatečným

parametrům a kvalitě masa. Metodika tak může přispět ke zlepšení informovanosti o výživových manipulacích u brojlerových kuřat, zejména o jejich vlivu na kvalitu masa. Výsledky metodiky mohou být využívány nejen chovateli kuřat, ale také ve státní správě, výzkumu a vzdělávání. Metodika bude využívána především výkrmci kuřat.

## 5. Ekonomické aspekty

Předložená metodika se zabývá posouzením užitkovosti, jatečné hodnoty a fyzikálních a chemických vlastností masa kuřat s restrikcí krmiva aplikovanou od 7. do 14. dne věku s intenzitou na 70 % *ad libitní* krmné dávky, přídatkem 3 % hmyzí moučky do krmné směsi a jejich kombinací. Příznivým výsledkem je, že při aplikaci restrikce, která má za účel zlepšit zdravotní stav kuřat, ale může vést při nedostatečné kompenzaci růstu k nižší porážkové živé hmotnosti, v kombinaci s přídatkem 3 % hmyzí moučky z larev bráněnky nebyly nalezeny rozdíly mezi kontrolní skupinou a restringovanými kuřaty ve finální živé hmotnosti. Přídatkem hmyzí moučky zlepšil kompenzaci růstu a kuřata, která byla restringovaná, ale zároveň měla v krmné směsi 3 % hmyzí moučky se při porážce v 35 dnech vyrovnala živou hmotností skupině krmené kontrolní krmnou směsí *ad libitum*. Rovněž jatečné parametry nebyly negativně ovlivněny žádným ze sledovaných faktorů. I přestože u skupin s restrikcí krmiva byly zjištěny vyšší ztráty masové šťávy odkapem a mrazem, na ostatní fyzikální vlastnosti a ani na nutriční složení masa neměla technika krmení ani složení krmiva vliv.

Zastoupení mastných kyselin v intramuskulárním tuku stehenní svaloviny bylo ovlivněno zejména složením krmiva. Krmivo s 3 % hmyzí moučky z larev *Hermetia illucens* vykazovalo vyšší zastoupení nasycených a nižší podíl polynenasycených mastných kyselin, což následně ovlivnilo i jejich zastoupení v mase. Hmyzí moučka také nepatrně zvýšila aterogenní index. Pozitivní zjištění ale je, že poměr n-6/n-3 a trombogenní index nebyl přídatkem hmyzí moučky ovlivněn.

Ekonomické aspekty mohou být hodnoceny indexem efektivnosti výkrmu (IEV), který zohledňuje konečnou živou hmotnost, životnost, délku výkrmu a konverzi krmiva a počítá se podle následujícího vzorce:  $IEV = ((\text{konečná živá hmotnost, kg} \times \text{životnost, \%}) / (\text{délka výkrmu, dny} \times \text{konverze krmiva, kg}))$ . V našem experimentu měla kontrolní skupina kuřat AL hodnotu IEV 426,3. Samotná restrikce krmiva snížila IEV na 396,9 bodů, zatímco při přídatku hmyzí moučky do krmné směsi byl IEV na hodnotě 403,1. Kuřata, u kterých byla restrikce krmiva kombinována s přídatkem hmyzí moučky (R70H), měla hodnotu indexu efektivnosti výkrmu 419,1. Z těchto hodnot vyplývá, že z hlediska ekonomiky výkrmu je nejvhodnější kromě

adlibitního krmení kuřat komerční krmnou směsí také kombinace restringovaného krmení s přídatkem hmyzí moučky do krmné směsi.

Jedná se o první výsledky zhodnocení těchto parametrů při kombinaci kvantitativní restriktce krmiva a přídatku hmyzí moučky do krmné směsi, které mohou přispět ke zlepšení ekonomiky produkce masa vykrmovaných kuřat a optimalizaci výživy při zachování kvalitního produktu. Metodika také přispívá k rozšíření informací v oblasti výkrmu rychle rostoucích kuřat.

## 6. Seznam použité 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.
- 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.
- Bianchi M, Petracci M, Sirri F, Folegatti E, Franchini A, Meluzzi A. 2007. The influence of the season and market class of broiler chickens on breast meat quality traits. *Poultry Science* **86**:959–963.
- 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, 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, 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.
- 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, 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.
- 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.
- Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, Castellini C. 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science* **91**:2039–2045.
- 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.
- Devatkal SK, Naveena BM, Kotaiah T. 2019. Quality, composition, and consumer evaluation of meat from slow-growing broilers relative to commercial broilers. *Poultry Science* **98**:6177–6186.



- Dincer E, Ulutas Parlak S, Engin B, Karagül Yüceer Y, Mendes M. 2014. Effect of Feed Restriction on Some Chemical and Sensory Properties of Chicken Meat. *Journal of Agricultural Sciences* **20**:48–56.
- 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.
- Elahi U, Xu Ch, Wang J, Lin J, Wu S, Zhang H, Qi G. 2022. Insect meal as a feed ingredient for poultry. *Animal Bioscience* **35**:10.5713/ab.21.0435.
- 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.
- Fanatico AC, Pillai PB, Emmert JL, Owens CM. 2007. Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poultry Science* **86**:2245–2255.
- 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.
- 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.
- Ghaly AE, Alkoaik FN. 2009. The yellow mealworms as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **4**:319–331.
- Gkarane V, Ciulu M, Altmann BA, Schmitt AO, Mörlein D. 2020. The effect of algae or insect supplementation as alternative protein sources on the volatile profile of chicken meat. *Foods* **9**:1235.
- 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.
- 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.

- Choi SU, Choi IH, Chung TH. 2021. Investigation of breast meat traits of broilers fed different amounts of *Hermetia illucens* and *Protaetia brevitarsis seulensis* powder. *Entomological Research* **51**:343–348.
- 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.
- Kawasaki K, Hashimoto Y, Hori A, Kawasaki T, Hirayasu H, Iwase S-i, Hashizume A, Ido A, Miura C, Miura T, Nakamura S, Seyama T, Matsumoto Y, Kasai K, Fujitani Y. 2019. Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household Organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed. *Animals* **9**:98.
- 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.
- 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.
- Kreuzer M, Müller S, Mazzolini L, Messikommer RE, Gangnat IDM. 2020. Are dual-purpose and male layer chickens more resilient against a low-protein-low-soybean diet than slow-growing broilers? *British Poultry Science* **61**:33–42.
- 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.
- Lippens M, Room G, De Groote G, Decuypere E. 2000. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 1. Effects on performance characteristics, mortality and meat quality. *British Poultry Science* **41**:343–354.
- Livingston ML, Landon C, Barnes HJ, Brake J. 2019. White striping and wooden breast myopathies of broiler breast muscle is affected by time-limited feeding, genetic background, and egg storage. *Poultry Science* **98**:217–226.
- 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.

- Meluzzi A, Sirri F, Castellini C, Roncarati A, Melotti P, Franchini A. 2009. Influence of genotype and feeding on chemical composition of organic chicken meat. *Italian Journal of Animal Science* 8(Suppl 2):766-768
- Mench JA. 2002. Broiler breeders: feed restriction and welfare. *World's Poultry Science Journal* 58:20–29.
- Mohammadalipour R, Rahmani HR, Jahanian R, Riasi A, Mohammadalipour M, Nili N. 2017. Effect of early feed restriction on physiological responses, performance and ascites incidence in broiler chickens raised in normal or cold environment. *Animal* 11:219–226.
- 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.
- Onbasilar EE, Yalçın S, Torlak E, Özdemir P. 2009. Effects of early feed restriction on live performance, carcass characteristics, meat and liver composition, some blood parameters, heterophil-lymphocyte ratio, antibody production and tonic immobility duration. *Tropical animal health and production* 41:1513–1519.
- 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.
- Ouhayoun J. 2003. Influence of the diet on rabbit meat quality. In: *The nutrition of the rabbit*, Blas C., Wiseman J. (eds). 1st Ed. CABI Publishing, Wallingford, pp. 344.
- 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.
- 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.
- Poltowicz K, Nowak J, Wojtysiak D. 2015. Effect of feed restriction on performance, carcass composition and physicochemical properties of the *M. Pectoralis superficialis* of broiler chickens. *Annals of Animal Science* 15:1019–1029.

- 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.
- Sahraei M. 2012. Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnology in Animal Husbandry* **28**:333–352.
- Saleh EA, Watkins SE, Waldroup AL, Waldroup PW. 2005. Effects of early quantitative feed restriction on live performance and carcass composition of male broilers grown for further processing. *Journal of Applied Poultry Research* **14**:87–93.
- Santoso U. 2001. Effects of early feed restriction on growth, fat accumulation and meat composition in unsexed broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **14**:1585–1591.
- SAS Institute Inc. 2013. *Statistical Analysis System System for Windows*. version 9.4. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- 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.
- 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, 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, Marzoni M, Castillo A, Nery J, Romboli I. 2010. Dietary lipid sources and vitamin E affect fatty acid composition or lipid stability of breast meat from Muscovy duck. *Canadian Journal of Animal Science* **90**:371–378.
- Sirri F, Castellini C, Bianchi M, Petracci M, Meluzzi A, Franchini A. 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. *Animal* **5**:312–319.
- Stastnik O, Novotny J, Roztocilova A, Kouril P, Kumbar V, Cernik J, Kalhotka L, Pavlata L, Lacina L, Mrkvicova E. 2021. Safety of Mealworm Meal in Layer Diets and their Influence on Gut Morphology. *Animals* **11**:1439.
- Tran G, Heuzé V, Makkar HPS. 2015. Insects in fish diets. *Animal Frontiers* **5**:37–44.

- Tůmová E, Skřivan M, Skřivanová V, Kacerovská L. 2002. Effect of early feed restriction on growth in broiler chickens, turkeys and rabbits. *Czech Journal of Animal Science* **10**:418–428.
- Ulbricht TLV, Southgate DAT. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* **338**:985–992.
- Van Der Klein SAS, Silva FA, Kwakkel RP, Zuidhof MJ. 2017. The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. *Poultry Science* **96**:118–126.
- Vilela JS, 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.
- Woods MJ, Cullere M, Van Emmenes L, Vincenzi S, Pieterse E, Hoffman LC, Zotte AD. 2019. *Hermetia illucens* larvae reared on different substrates in broiler quail diets: effect on apparent digestibility, feed-choice and growth performance. *Journal of Insects as Food and Feed* **5**:89–98.
- Zeitz J, Fennhoff OJ, Kluge H, Stangl GI, Eder K. 2015. Effects of dietary fats rich in lauric and myristic acid on performance, intestinal morphology, gut microbes, and meat quality in broilers. *Poultry Science*. **94**:2404–2413.
- Zhan XA, Wang M, Ren H, Yhao RQ, Li JX, Tan ZL. 2007. Effect of early feed restriction on metabolic programming and compensatory growth in broiler chickens. *Poultry Science* **86**:654–660.
- Zubair AK, Leeson S. 1996. Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poultry Science Journal* **52**:189–201.

## **7. Seznam publikací, které předcházely metodice**

- Chodová D, Tůmová E. 2020. Insects in chicken nutrition. A review. *Agronomy Research* **18**:376–392.
- Chodová D, Tůmová E. 2020. Poslední poznatky o využití hmyzu ve výživě kuřat. *Drůbežář* **14**:14–15.
- Chodová D, Tůmová E. 2022. Význam zkrmování hmyzí moučky u kuřat. *Veterinářství* **72**:228–231.
- Tůmová E, Chodová D, Skřivanová E, Laloučková K, Šubrtová-Salmonová H, Ketta M, Machander V, Cotozzolo E. 2021. Research note: The effects of genotype, sex, and feeding

regime on performance, carcasses characteristic, and microbiota in chickens. *Poultry Science* **100**:760–764.

Tůmová E, Chodová D, Volek Z, Ebeid TA, Ketta M, Skřivanová V. 2021. A comparative study on the effect of quantitative feed restriction in males and females of broiler chickens, rabbits and nutrias. I. Performance and carcass composition. *Czech Journal of Animal Science* **67**:47–54.

Tůmová E, Chodová D, Volek Z, Ebeid TA, Ketta M, Skřivanová V. 2021. A comparative study on the effect of quantitative feed restriction in males and females of broiler chickens, rabbits and nutrias. II. Meat quality. *Czech Journal of Animal Science* **67**:55–64.

## **8. Dedikace**

Metodika je výstupem řešení výzkumného projektu NAZV QK1910387 s názvem: Kvalita a bezpečnost produkce kuřecího masa při zkrmování moučky z hmyzu, limitovaném krmení a pastvě.