

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Možnosti využití hmyzí moučky v krmivech pro candáta obecného
(*Sander lucioperca*)

Autor: Marek Kodras

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Lepič

Konzultant bakalářské práce: Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Možnosti využití hmyzí moučky v krmivech pro candáta obecného (*Sander lucioperca*)” jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury, které jsou uvedeny v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích

.....

Marek Kodras

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Lepičovi a konzultantovi Ing. Vlastimilovi Stejskalovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc, připomínky, poskytnuté rady a znalosti, které mi velice usnadnily psaní této práce. Také bych chtěl poděkovat ostatním zaměstnancům FROV JU, kteří se na výzkumu podíleli.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek KODRAS**
Osobní číslo: **V15B011P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Možnosti využití hmyzí moučky v krmivech pro candáta obecného (*Sander lucioperca*)**
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Intenzivní chov candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačních systémech s biologickým čištěním vody patří mezi perspektivní směry vývoje evropské sladkovodní akvakultury. Důvodem je především vysoká kvalita masa, zajímavá realizační cena a stále vysoká žádanost na trhu.

Vzhledem k omezeným možnostem zdrojů rybí moučky jsou v posledních letech hledány alternativy zdroje proteinu pro rybí krmiva. Produkce hmyzu, který je součástí přirozené potravy některých druhů ryb, zanechává pouze malou ekologickou stopu a lze ji provozovat s nízkou potřebou zastavěné plochy. Během posledních deseti let se objevují studie testující náhradu rybí moučky hmyzí moučkou, které dále podněcují výzkum v této oblasti. Velký potenciál skýtá především bráněnka *Hermetia ilucens* ("black soldier fly").

Pro testování využitelnosti hmyzí moučky produkované zmíněným druhem budou sestaveny 4 experimentální diety s 25, 50, 75 a 100% náhradou rybí moučky hmyzí moučkou. Formulace diet bude provedena tak, aby výsledné experimentální diety byly vyrovnané v obsahu proteinu, tuku a stravitelné energie.

Každá experimentální dieta bude testována ve třech opakováních. Kontrolními skupinami budou dieta s 0% zastoupením hmyzí moučky a komerčně vyráběné krmivo. Hlavními sledovanými parametry bude hmotnostní růst, koeficient konverze živin a stravitelnost krmiv (stanovení koeficientů stravitelnosti). Dále bude sledován vliv použité diety na somatické indexy a hematologický profil ryb. Vyhodnocena bude i stravitelnost diet a základní chemické složení odchovaných ryb.

Hlavní testovanou hypotézou je nalezení, respektive nenalezení rozdílů v růstu a ostatních zootechnických parametrech a kvalitativních ukazatelích odchovu candáta iso-energetickým a iso-proteinovým krmivem obsahujícím různé zastoupení hmyzí moučky.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 10 stran)**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Craig, J. F., 2000. Percid fishes - systematics, ecology and exploitation. Blackwell, Oxford, 352 p.

Barroso, F. G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Banon, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture 422, 193-201.

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E., 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. Animal Feed Science and Technology 203, 1-22.

Ido, A., Iwai, T., Ito, K., Ohta, T., Mizushige, T., Kishida, T., Miura, C., Miura, T., 2015. Dietary effects of housefly (*Musca domestica*) (Diptera: Muscidae) pupae on the growth performance and the resistance against bacterial pathogen in red sea bream (*Pagrus major*) (Perciformes: Sparidae). Applied Entomology and Zoology 50, 213-221.

Makkar, H. P. S., Tran, G., Henze, V., Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology 197, 1-33.

Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S.M.H., Kouřil, J., 2009. Technologie intenzivního chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) Edice Metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany, č. 89, 51 s.

Sanchez-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.

Stejskal, V., Polícar, T., Bláha, M., Kříšťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybníčního a intenzivního chovu. Edice Metodik, FROV JU, Ověřená technologie, č. 105, 34

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Lepič**

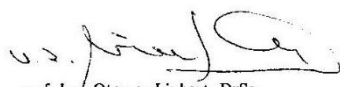
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**

Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání bakalářské práce: **11. listopadu 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2018**


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

Ve Vodňanech dne 11. prosince 2016

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Literární přehled.....	9
2.1 Biologie, chov a význam candáta obecného (<i>Sander lucioperca</i>).....	9
2.2 Biologie, chov a význam bráněnky <i>Hermetia illucens</i>	12
2.3 Nutriční složení hmyzu versus požadavky ryb.....	15
2.3.1 Proteiny – aminokyseliny	15
2.3.2 Lipidy - mastné kyseliny	17
2.3.3 Minerály a vitamíny	18
2.3.4 Bezdušičkaté látky výtažkové – chitin	18
2.4 Využití hmyzu ve výživě ryb	19
2.4.1 Využití celého, živého nebo mraženého hmyzu ve výživě ryb	20
2.4.2 Použití <i>Hermetia illucens</i> jako náhrady rybí moučky obsažené v krmivech pro ryby	21
2.4.3 Využití dalších druhů hmyzu ve výživě ryb	23
2.4.3.1 Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	23
2.4.3.2 Bourec morušový (<i>Bombyx mori</i>)	24
2.4.3.3 Moucha domácí (<i>Musca domestica</i>).....	25
2.4.3.4 Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>).....	26
3 Materiál a metodika.....	28
3.1 Krmný experiment.....	28
3.1.1 Popis aparatury a systému pro odchov	28
3.1.2 Popis experimentálních diet.....	29
3.1.3 Vlastní popis experimentu	35
3.1.4 Produkční ukazatelé použité ke zhodnocení dat.....	36

3.2 Kvalita vyprodukovaných ryb	37
3.2.1 Chemická analýza vyprodukovaných ryb.....	37
3.2.2 Somatické indexy	38
3.3 Vliv použité diety na hematologické parametry chovaných ryb	39
3.4 Ekonomická analýza odchovu při použití různých diet.....	39
4 Výsledky.....	40
4.1 Růst ryb	40
4.1.1 Délkový růst candátů obecných.....	40
4.1.2 Hmotnostní růst candátů obecných.....	41
4.1.3 Specifická rychlost růstu candátů obecných.....	43
4.1.4 Vývoj hmotnostních přírůstků	44
4.1.5 Heterogenita obsádek	44
4.2 Koeficient kondice chovaných ryb	45
4.3 Přežití.....	46
4.4 Příjem krmiva	47
4.5 Vývoj koeficientu konverze živin.....	47
4.6 Chemická analýza vyprodukovaných ryb.....	48
4.7 Vliv diety s různou úrovní hmyzí moučky na somatické indexy chovaných ryb	49
4.8 Vliv diety s různou úrovní hmyzí moučky na hematokrit chovaných ryb	50
4.9 Ekonomická analýza – celkové krmné náklady, poměr ekonomické konverze, index ekonomického zisku.....	51
5 Diskuze.....	52
6 Závěr.....	55
7 Přehled použité literatury	56
8 Abstrakt	74
9 Abstract	75

1 Úvod

Candát obecný (*Sander lucioperca*) patří mezi ryby, které jsou nedílnou součástí evropských jezer, rybníků, vodních nádrží i toků. U lidí se těší velké oblibě díky kvalitě svého masa, které obsahuje málo tuku a nemá svalové kůstky ve tvaru „Y”. Vzhledem k vysoké ceně jeho masa se stal perspektivním druhem pro intenzivní akvakulturu, která využívá recirkulační akvakulturní systémy, jelikož jeho odlov z volných vod nepokrývá poptávku. Díky těmto systémům je možné výrazně urychlit produkci tržních ryb a je možné dodávat candáty na trh během celého roku.

FAO (2018) uvádí, že v roce 2016 byla produkce candáta 19 344 000 kg, z toho 17 986 000 kg bylo odloveno ve volných vodách a 1 358 000 kg vyprodukováno akvakulturně. K výkrmu této ryby v recirkulačních akvakulturních systémech je využíváno především komerčně vyráběné krmivo a hlavním zdrojem proteinu je rybí moučka. V současné době dochází ke zvyšování ceny rybí moučky, a proto jsou hledány alternativy k jejímu částečnému nebo úplnému nahrazení. Jako vhodné se jeví využití moučky z hmyzu, kterou lze produkovat i místně bez nutnosti transportu na dlouhé vzdálenosti. Hmyz se mohl v Evropské unii používat jen ke krmení zvířat sloužících k vědeckým účelům a domácích mazlíčků. To se změnilo v roce 2017 díky Evropské komisi (Regulation 2017/893/EC, 2017), od kterého je povoleno zvířata určená pro humánní konzum krmit vybranými druhy hmyzu, mezi které patří i bráněnka (*Hermetia illucens*). Tato skutečnost vedla ke zvýšené intenzitě výzkumu využití hmyzí moučky v krmivech.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jaké výsledky bude mít částečné či úplné nahrazení rybí moučky moučkou hmyzí z bráněnky v porovnání s krmivem, které bude obsahovat pouze rybí moučku. Na konci experimentu byly vyhodnoceny produkční ukazatele chovu. U jednotlivých testovaných skupin bylo srovnáno přežití, váhové a délkové přírůstky, koeficient konverze krmiva, specifická rychlost růstu, Fultonův koeficient, míra heterogenity obsádky, somatické indexy (hepatosomatické, splenosomatické a index perivisceralního tuku). Bylo provedeno stanovení hematokritu a ryby byly také porovnány s ohledem na obsah sušiny, hrubého proteinu, popelovin a lipidů. Dále bylo spočítáno ekonomické zhodnocení diet a index ekonomického profitu. Celý odchov probíhal na recirkulačním systému na Experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech.

2 Literární přehled

2.1 Biologie, chov a význam candáta obecného (*Sander lucioperca*)

Candát obecný je stanovištní ryba, která ve svém stanovišti tráví období klidu a do mělčích partií vyjíždí pouze k lovu potravy. V zimě a také na podzim se koncentruje ve větších hloubkách. Zooplankton tvoří hlavní potravu plůdku, ale už od 12 mm délky se setkáváme s kanibalismem. Větší candáti se živí larvami hmyzu a rybím plůdkem. Vzrostlí candáti loví rybky jako oukleje, plotice, okouni, cejni, cejnci, perlini a další. K přírůstku jednoho kila je potřeba 3,5 – 6 kg jiných ryb. Při sportovním rybolovu se často používají i čerstvě uhynulé rybky nebo jejich části, což svědčí o tom, že přijímá i tento typ potravy. Pohlavně dospívá ve věku tří až pěti let v závislosti na životních podmínkách (Hanel a Lusk, 2005). Samci obvykle pohlavně dospívají už o jeden rok dříve než samice. Tření probíhá v našich podmínkách obvykle od konce dubna do června (Baruš a kol., 1995). Podle Bastla (1969) trvá období tření několik dní, ale ve velkých nádržích se může protáhnout až na dobu jednoho měsíce. Jeho typickým trdlištěm jsou nezabahněná místa s písčitém nebo písčito šterkovitým dnem, ale také se může vytírat na vodní porosty do 2 metrů hloubky. Pro samce je typické vytváření tzv. výtěrových hnízd. Ty vznikají očištěním písčité nebo šterkovité části dna nebo kořínků rostlin od nánosů. Poté se pár vytře na toto hnízdo a jikry hlídá samec (Hanel a Lusk, 2005). Bastl (1978) tvrdí, že při teplotě vody 12 – 15 °C se oplozené jikry vyvíjí 10 – 16 dní. Candát obecný se řadí mezi teplomilné ryby. Optimální teploty pro růst candátů se pohybují mezi 10,4 – 26,9 °C (Frisk a kol., 2012). Často je ale uměle vysazován, a proto bývá i ve vyšších polohách. Růst této ryby je nejvíce ovlivněn množstvím vhodné potravy v prvním roce života (zooplankton, plůdek ryb a vodní bezobratlí). Dožívá se věku maximálně 15 – 25 let (Hanel a Lusk, 2005).

Podle dostupných údajů (Šusta, 1884) byl chov candáta na našem území zahájen již v roce 1784 a to na Třeboňsku. Poté se z candáta stal jeden z nejvíce chovaných vedlejších rybích druhů v rybnících. Šusta také vypracoval metodu poloumělého výtěru candáta obecného, která je používána i v dnešní rybářské praxi. Při této metodě se do malých rybníčků umístí podložky, které mají nejčastěji rozměry 1 x 1 metr a které slouží jako hnízda. Na dno se upevní pomocí kolíků nebo mřížkou. Jedno hnízdo se připravuje na 10 m² plochy dna a slouží k výtěru jednoho páru. Pro účel vytvoření hnízda se používají hlavně kořeny ostřic, keřů a může být použito i chvojí jehličnanů a

v současnosti také plastické hmoty. Umělý výtěr je u nás sice znám již z 19. století, ale v praxi se příliš nepoužívá (Baruš a kol., 1995). S rozvojem recirkulačních systémů nabývá umělý výtěr candáta opět na významu. Velká pozornost se v současnosti věnuje i technologii mimosezonních výtěrů. Candát se chová hlavně pro produkci násad, která následně slouží pro chov tržních ryb nebo jako násada pro zarybnění volných vod. Právě do sportovních revírů se mohou vysazovat jikry ve stadiu očních bodů, dále ale hlavně velmi využívaný rychlený plůdek nebo roček (Hanel a Lusk, 2005).

Candát je jedním z našich nejhodnotnějších ryb, který má značný hospodářský význam. Nejvíce se chová v rybnících a patří mezi významnou složku v rybích obsádkách volných vod, ale také mezi důležitou součást ve speciálních rybích obsádkách ve vodárenských nádržích (Lusk a kol, 1983). Ve vodárenských nádržích eliminuje menší rybky, které se živí zooplanktonem a díky tomu se podílí na zlepšení kvality těchto vod. Ve sportovním rybolovu je velmi ceněným úlovkem zejména s ohledem na kvalitu masa, které je velmi chutné a často se s ním můžeme setkat i na trhu v čerstvé nebo mražené podobě.

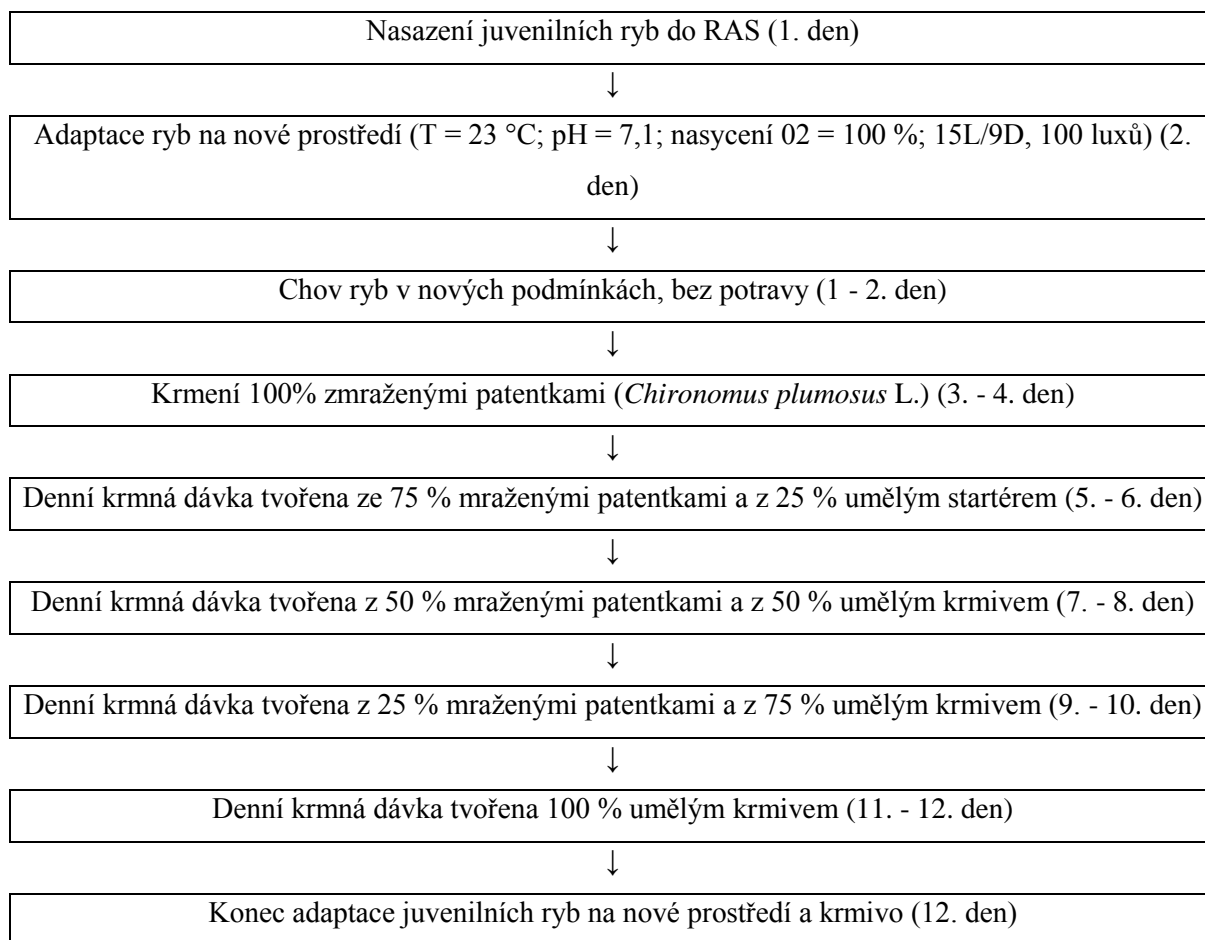
Díky vysoké oblibě masa candáta obecného, snížené produkci lovem a také nedostatečné dostupnosti na trhu došlo k motivování chovatelů ke zvýšení a stabilizaci produkce tržních ryb tohoto druhu (Policar a kol., 2011, 2013b). FAO (2018) uvádí, že v roce 2016 bylo celkově vyprodukováno 19 344 000 kg candáta obecného, z toho 17 986 000 kg bylo odloveno ve volných vodách a 1 358 000 kg vyprodukováno akvakulturně. Hlavními producenty tržního candáta jsou především státy střední a východní Evropy (Česká republika, Německo, Polsko, Maďarsko, Ukrajina, Bulharsko a Rumunsko), v kterých se chovají v rybníčních akvakulturách extenzivním způsobem v polokulturních obsádkách společně s hospodářsky významnými kaprovitými druhy, jelikož eliminuje méně hospodářsky ceněné druhy (Wedekind, 2008; Adámek a kol., 2012; Kratochvíl, 2012). V poslední době se nicméně začal rozvíjet i intenzivní způsob produkce v uzavřených recirkulačních akvakulturních systémech, a to především v zemích západní Evropy (Policar a kol., 2013b). V intenzivní akvakultuře se začínají využívat populace domestikovaných ryb (Fontaine, 2009), mimosezonní výtěry generačních ryb (Zakes a Szczepkowski, 2004; Ronyai, 2007; Zakes, 2007; Müller-Belecke a Zienert, 2008) a také umělé peletované krmné směsi (Wang a kol., 2009). Podle Wedekinda (2008) jsou candáti chováni ve vysokých hustotách, které se pohybují mezi 30 – 50 kg ryb na m³ vody. Wang a kol. (2009) uvádí, že v recirkulačních akvakulturních systémech

jsou ideální podmínky pro růst této ryby, teplota vody se pohybuje okolo 23 °C a nasycení vody kyslíkem je 100 %.

Philipsen (2008) popisuje, že moderní intenzivní farmy pro chov candáta obecného často využívají tzv. uzavřený obrat hejna ryb. To znamená, že v recirkulačním akvakulturním systému se odchovávají všechny věkové kategorie ryb. V těchto farmách je snaha o mimosezónní výtěry ryb, díky kterým se dosáhne rovnoměrné produkce larev, juvenilních a poté také tržních candátů obecných. Stimulaci vývoje pohlavních orgánů generačních ryb lze dosáhnout pomocí speciálního teplotního a světelného režimu. Podle Schrama (2008) je však tento způsob odchovu velmi nákladný a náročný. Zakes a kol. (2006) tvrdí, že se musí zajistit vyvážená výživa ryb a kvalita vodního prostředí. Dalšími důležitými faktory jsou vyrovnaná velikost obsádky ryb (Szczepkowski a kol., 2011) a optimalizovaný odchov všech věkových kategorií (Zakes a kol., 2004, 2006; Kestemont a kol., 2007; Wang a kol., 2009; Lund a Steinfeldt, 2011). Policar a kol. (2011) konstatují, že generační candáti obecní, kteří jsou chováni tímto způsobem, nemají optimální podmínky pro vývoj gonád ani pro reprodukci. To má za následek nižší oplozenost jiker a líhivost larev. Právě u larev se poté setkáváme s vysokým výskytem morfologických deformit a vyšší úmrtností. V praxi některých farem se také využívá tzv. otevřený obrat hejna ryb, kdy dojde k nákupu 8 – 10 g vážícího juvenilního candáta obecného, který je adaptován na podmínky v recirkulačním akvakulturním systému. (Policar, ústní sdělení, 2018).

Nízká kvalita vyprodukovaných larev vedla k zavedení kombinace rybničního a intenzivního chovu. Generační ryby, larvy a poté juvenilní candáti (do stádia rychleného plůdku) se chovají v rybnících, které poskytují přirozené prostředí a kvalitní potravu. Díky tomu dojde ke kvalitní reprodukci a produkci larev, které mají vyšší životaschopnost a méně deformit než ty, které jsou produkovány v intenzivním chovu. Ryby jsou následně odchovány až do stádia rychleného plůdku, který je 3,5 – 5 cm velký. Celý tento postup je mnohem levnější i méně náročný než uzavřený intenzivní chov (Policar a kol., 2011). Poté dojde k adaptaci rybničně odchovných ryb na recirkulační akvakulturní systém a následně jsou odchovány až na tržní ryby (Policar a kol., 2013a,b). Adaptace je popsána v tabulce č.1. (Policar a kol., 2014).

Tabulka č. 1: Adaptace candáta obecného na prostředí recirkulačního akvakulturního systému a na krmivo.



V intenzivním chovu jsou optimální podmínky pro růst i přežití candátů obecných. Využívají se uměle vyrobená peletovaná krmiva, díky kterým je zaručena efektivita chovu (Zakes a kol., 2006). Tento kombinovaný systém se příliš nevyužívá v zemích, kde není velká zkušenost s rybníčním chovem. Na druhou stranu země jako Česká republika, které mají velké množství rybníků i potřebnou zkušenost s chovem ryb v extenzivních podmínkách, jsou ideální pro kombinaci intenzivního a rybníčního chovu (Policar, ústní sdělení, 2018).

2.2 Biologie, chov a význam bráněnky *Hermetia illucens*

Bráněnka (*Hermetia illucens*) je moucha z řádu dvoukřídlých (*Diptera*) z rodu Stratiomyidae. Pochází z tropických, subtropických a teplých oblastí Ameriky. Rozvoj mezinárodního transportu od 40.let 20.století způsobil její rozšíření do mnoha oblastí světa (Leclercq, 1997). Podle Dienera a kol. (2011) je nyní rozšířena v tropických a

teplých oblastech okolo 45° severní a 40° jižní šířky. Dospělá moucha má černé zbarvení a je 15-20 mm dlouhá (Hardouin and Mahoux, 2003). Diclaro a Kaufman (2009) konstatují, že larva může dosáhnout až 27 mm délky, 6 mm šířky a až 220 mg v jejím posledním larválním stádiu a má jednotvárnou, bělavou barvu. Velikost larev, prepup a pup se výrazně liší, v závislosti na substrátu, na kterém žijí. Larvy se dokáží rychle krmit, přijímají 25 – 500 mg čerstvé hmoty na larvu denně. Živí se širokou škálou rozkládajícího se organického materiálu jako je hnilý ovoce a zelenina, dužina kávových zrn, rybí vnitřnosti, zvířecí hnůj či lidské exkrementy. Larvy se mohou chovat na substrátech jako krmení pro kuřata, odpad ze zeleniny, bioplynový digestát a restaurační odpad (Sprangers a kol., 2017). Za ideálních podmínek trvá larvální stádium 2 měsíce, ale pokud larva nemá dostatek potravy, může toto stádium trvat až 4 měsíce. Konec larválního stádia se nazývá prepupa. V tomto období se už larva nepohybuje a nepřijímá potravu. Podle Dienera a kol. (2011) poté prepupa migruje, protože hledá suché a chráněné stanoviště pro pupu. Chovná zařízení využívají migrační chování prepup kvůli jejich shromažďování: larva vyleze z okraje kontejneru na rampu, aby nakonec skončila ve sběrné nádobě na konci rampy (Diener a kol., 2011). Délka stádia pupy je okolo 14 dní, ale může být extrémně variabilní a trvat až 5 měsíců (Hardouin and Mahoux, 2003). Dospělé samice se páří už dva dny po vylíhnutí a poté kladou vajíčka do suchých prasklin a štěrbin poblíž zdroje potravy (Diener a kol., 2011). Dospělci nepřijímají potravu a jsou závislí na tukových zásobách z larválního stádia (Diclaro a Kaufman, 2009).

Chov *Hermetia illucens* je od 90. let 20. století považován za efektivní způsob likvidace organického odpadu tím, že ho přeměňuje na protein a tuk bohatou biomasu vhodnou pro řadu účelů jako krmivo pro zvířata, biopalivo a produkce chitinu (Diener a kol., 2011; van Huis a kol., 2013). Diener a kol. (2011) tvrdí, že bráněnka je extrémně odolný druh, který se dokáže vypořádat i s nepříznivými podmínkami jako je sucho, nedostatek potravy nebo kyslíkové deficity. Velkou výhodou bráněnky oproti ostatním druhům hmyzu pro produkci biomasy je fakt, že dospělci nepřijímají potravu, a proto nevyžadují zvláštní péči a nejsou potenciálními přenašeči chorob (Leclercq, 1997 Veldkamp a kol., 2012). Na druhou stranu má chov bráněnek i nevýhodu, protože pro biodegradaci požaduje teplé prostředí, což může být náročné a zvyšovat tak náklady na energii. Další nevýhodou je také délka životního cyklu, která se může pohybovat od několika týdnů až do několika měsíců, což závisí na teplotě, kvalitě a množství potravy (Veldkamp a kol., 2012). V akvakultuře se pro výrobce otevírají nové možnosti k využití larev bráněnky v krmivech, protože někteří vlastníci intenzivních chovů chtějí omezit

používání rybí moučky v krmivech (Tiu, 2012). Podstatné zvýšení ceny sójové i rybí moučky v poslední dekádě může pomoci udělat tento zdroj proteinu rentabilní pro krmení zvířat (Makkar a kol., 2014).

Pro chov bráněnky bylo navrženo několik metod jako chov na substrátech prasečího hnoje (Newton a kol., 2005), drůbežního hnoje (Sheppard a kol., 1994) a potravního odpadu (Barry, 2004). Barry (2004) zmiňuje, že optimální podmínky jsou při úzkém rozmezí teplot a vlhkosti vzduchu. Stejně tak krmení by mělo mít správnou texturu, viskozitu a vlhkost. Teplota by se měla pohybovat v rozmezí 29 – 31 °C, ačkoliv i větší rozpětí je možné. Relativní vlhkost vzduchu by měla být mezi 50 – 70 %. Větší relativní vlhkost vzduchu dělá předkládanou stravu příliš vlhkou a larvy mohou mít problémy s lezením po ní, s konzumací a s dostatkem kyslíkových zásob.

Dále je podle Barryho (2004) nezbytné, aby měl celoroční chov kolonie dospělců ve skleníku přísun přirozeného světla v průběhu celého roku. Skleník musí mít minimálně 66 m³, aby bylo umožněno páření, které probíhá za letu. Optimální teploty pro páření a kladení vajíček jsou podle Shepparda a kol. (2002) mezi 24 – 40 °C a nebo 27,5 – 37,5 °C. Dospělci tolerují větší rozpětí relativní vlhkosti, a to mezi 30 – 90 % (Sheppard a kol., 2002) či 50 – 90 % (Barry, 2004). Skleník je také nutné vybavit kontejnerem s atraktivním a vlhkým prostředím, které bude přitahovat dospělé samice (Barry, 2004).

Početné populace larev jsou schopny přeměnit velké objemy organického odpadu na hodnotnou biomasu (van Huis a kol., 2013). Pokud by této skutečnosti bylo využito komerčně, mohlo by to vést k vyřešení množství problémů v oblasti životního prostředí spojených s hnojem a dalšími organickými odpady. Například larvy dokáží snížit množství ležícího slepičího a prasečího hnoje o 50 % a více bez toho, aby bylo nutné využít jiné zdroje včetně energie (Sheppard a kol., 1994; Barry, 2004; Newton a kol., 2005). Redukční hodnoty okolo 65 – 75 % u domácího odpadu byly pozorovány u terénních pokusů v Kostarice (Diener a kol., 2011). Podle Newtona a kol. (2008) se zjistilo, že v kravínech dokáží snížit dostupný fosfor o 61 – 70 % a dusík o 30 – 50 %.

Dospělé bráněnky nejsou přitahovány lidským prostředím ani jídlem, a proto nejsou považovány za obtížný hmyz (van Huis a kol., 2013). Dále podle van Huse a kol. (2013) dokáží bráněnky velmi rychle zpracovávat organický odpad, omezovat růst bakterií a tím snížit nepříjemný zápach organické hmoty na minimum. Zároveň jsou larvy bráněnky konkurencí pro larvy mouchy domácí (*Musca domestica*), protože svou činností zpracovávají organický materiál na tekutý, což je nevhodné pro larvy mouchy domácí. Jejich přítomnost se také považuje za příčinu snížení kladení vajíček mouchy domácí.

Například bylo prokázáno, že jejich přítomnost snižuje populaci mouchy obecné o 94 – 100 %. Toho lze využít k biologické kontrole populace mouchy domácí v chovu hospodářských zvířat a tím zlepšit zdravotní stav zvířat, jelikož moucha domácí patří mezi hlavní přenašeče nemocí (Sheppard a kol., 1994; Newton a kol., 2005).

Jak již bylo zmíněno, na rozdíl od jiných druhů much není bráněnka přenašečem nemocí. Vajíčka nikdy neklade na rozkládající se organický materiál a dospělci, kteří nemohou přijímat potravu kvůli nepřítomnosti funkčních úst, nepřijdou do kontaktu s nehygienickými odpady (van Huis a kol., 2013). Dalším velkou výhodou je, že larvy dokáží přeměnit mikroflóru v organických odpadech a potencionálně redukovat nebezpečné bakterie jako *Escherichia coli* a *Salmonella enterica* (Erickson a kol., 2004). Podle Newtona a kol. (2008) obsahují larvy přirozená antibiotika.

2.3 Nutriční složení hmyzu versus požadavky ryb

Ještě před začleněním jakéhokoliv druhu hmyzu, případně upravených mouček (odtučněných či s redukováným obsahem chitinu) do krmiva pro ryby je nutné určit jeho přesné nutriční složení, které se může lišit podle životního stádia, podmínek chovu a výživy (substrátu). Poté toto složení porovnat s požadavky daného druhu ryby. Tyto požadavky se obvykle přesně odráží ve složení rybího filetu (Oliva-Teles, 2000) a byly určeny pro hlavní chované druhy (NRC, 2011).

2.3.1 Proteiny – aminokyseliny

Proteinové požadavky různých druhů ryb se liší a jsou v rozsahu 28 – 55 % ze suché diety. Podle Lovella (1989) se požadavky na protein snižují s růstem ryby. Nejvyšší požadavky mají larvy a potěr a to především u karnivorních druhů ryb (NRC, 2011). Mořské druhy, které jsou obvykle karnivorní, požadují více proteinu (40 – 55 %) než ryby sladkovodní (25 – 40 %) (Boonyaratpalin, 1997; Hasan, 2001; Sales a Janssens, 2003). Průměrný obsah proteinu u hmyzu je v rozmezí 50 a 82 % sušiny (Rumpold a Schuler, 2013), což záleží na druhu hmyzu a na metodě jeho zpracování (Fasakin a kol, 2003; Banjo a kol., 2006). Pro srovnání, obsah proteinu v kvalitní rybí moučce dosahuje až 73 %, přičemž sója obsahuje do 50 % proteinu.

Komerční krmiva byla tradičně založena na rybí moučce, která byla primárním zdrojem proteinu hlavně díky vysokému obsahu bílkovin a vyrovnanému profilu

esenciálních aminokyselin (EAK) (Nguyen a kol., 2009; NRC, 2011; Oliva-Teles, 2012) s vysokým množstvím stravitelných EAK jako je lysin, methionin a leucin (Hall, 1992). Podle Dabrowskiho a kol. (2007) mají rostlinná krmiva obvykle menší obsah bílkovin a nerovnováhu v EAK, protože jsou často deficitní v lysinu a methioninu. Tato disbalance může vést k vyššímu příjmu krmiva, jelikož ryba musí jíst více, aby pokryla své potřeby. Dále může být ovlivněn růst a konverze krmiva (Ostaszewska a kol, 2011) a také se mohou objevit deficitní symptomy, které bývají následovány vyšší citlivostí na nemoci (Cowey, 1994; Helland a Grisdale-Helland, 2006).

Podle Barrosa a kol. (2014) závisí obsah jednotlivých aminokyselin na taxonomické příslušnosti hmyzu. Dvoukřídli se složením aminokyselin přibližují rybí moučce, ale brouci (*Coleoptera*) a rovnokřídli (*Orthoptera*) mají spektrum aminokyselin více podobné sóje, takže jsou potenciaálně deficitní v lysinu a methioninu. Nicméně aminokyselinový profil druhů hmyzu potenciaálně využitelných pro výživu ryb, ukazuje dobrou korelaci s nároky ryb (Hassan, 2001; NRC, 2011; Alegbeleye a kol., 2012) a v některých případech tyto nároky dokonce překračuje (u domestikovaného bource morušového a potemníka moučného) (Hossain a kol., 1997; Barker a kol., 1998; Finke, 2002, 2007; Longvah a kol., 2011; Rumpold a Schuler, 2013; Barroso a kol., 2014). Jiné druhy jako cvrček domácí a dva druhy blanokřídlých (mravenec, *Arra mexicana* a včela medonosná, *Apis mellifera*) zatím nebyly příliš zkoumány z pohledu využití v krmivech pro ryby, ale vykazují dobré EAK profily (Barker a kol., 1998; Finke, 2002, 2007; Rumpold a Schuler, 2013; Barroso a kol., 2014) a mohou být předmětem budoucích experimentů. Motýli (*Lepidoptera*) a blanokřídlí (*Hymenoptera*) jsou zajímaví zejména díky vysokému obsahu na methioninu (Hossain a kol., 1997; Finke, 2007; Longvah a kol., 2011; Rumpold a Schuler, 2013).

Rostlinná krmiva na rozdíl od rybí moučky postrádají důležité složky jako taurin a hydroxyprolin, které jsou příznivé pro růst a zdraví ryb (Aksnes a kol., 2008; Kousoulaki a kol., 2009; Pinto a kol., 2013). Na druhou stranu mnozí zástupci hmyzu jako kobylky, mouchy domácí, komáři, včely medonosné, octomilky obecné (*Drosophila melanogasteri*) a šváby obsahují cenné množství taurinu (až 26 $\mu\text{mol/g}$) (Clark a Ball, 1952; Whitton a kol., 1987; Whitton a kol., 1995) a hydroxyprolinu (Briggs, 1962; Pant a Agrawal, 1964; Sowa a Keeley, 1996).

2.3.2 Lipidy - mastné kyseliny

Podle Finkeho (2002) mají ryby nižší požadavky na energii než savci. Karnivorní ryby žijící ve studené vodě, například lososovité druhy, mohou využít až 35% obsah lipidů ve stravě, ale vyšší obsah už může způsobit pomalejší růst nebo nadměrné ukládání tuků. Poměr protein/lipid v krmivu může být nízký, až 16 g hrubého proteinu/megajoule (CP/MJ) (New a Wijkstroem, 2002). Teplomilné druhy ryb požadují vyšší poměr (25 – 26 g CP/MJ) (Bowyer a kol., 2013) a maximální obsah lipidů v krmivu pro herbivorní a omnivorní teplomilné ryby se jeví menší. Obecně je považováno, že obsah tuku mezi 10 – 20 % je optimální pro růst bez vytváření nadměrně tučného masa (Cowey a Sargent, 1979; Boonyaratpalin, 1997; Hasan, 2001; Sales a Janssens, 2003). Henry a Fountoulaki (2014) tvrdí, že vysoký obsah lipidů (20%) může narušit imunitu některých mořských omnivorních druhů. Podle DeFoliarta (1991) je obsah lipidů v rybí moučce (8,2 %) a v sóje (3 %) nižší než u hmyzu, u kterého se pohybuje od 10 do 30 %, ačkoliv je toto číslo velice variabilní. Především výživa hmyzu je zodpovědná za následný obsah lipidů a mastných kyselin v jeho tělech (Barroso a kol., 2014).

Podle Sargenta a kol. (1999) je požadavek esenciálních mastných kyselin závislý na biokonverzní a elongační schopnosti mastných kyselin daných rybích druhů. Sladkovodní ryby v krmivu obvykle požadují zastoupení polynenasycených mastných kyselin (PUFA) (Tocher, 2010), zatímco mořské ryby požadují vysoce nenasycené mastné kyseliny (HUFA) (Rainuzzo a kol, 1997; Hasan, 2001; Sargent a kol., 2002, Tocher, 2010). U suchozemského hmyzu se na rozdíl od vodního hmyzu setkáme s deficitem HUFA, který může ovlivnit růst i zdraví ryb. HUFA totiž ovlivňují mnoho funkcí jako membránová struktura a produkce eikosanoidů (Tocher, 2003). Nicméně deficit nebo mírný deficit HUFA a PUFA ve výživě mořských ryb může stimulovat adaptační mechanismus zahájením biokonverze mastných kyselin s 18-ti uhlíky na 20-ti nebo dokonce 22-ti uhlíkaté mastné kyseliny (Seiliez a kol., 2003; Robin a Skalli, 2007). Tudíž rozdíl v složení mastných kyselin mezi krmivem obsahujícím bráněnku a filety pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), který byl krmen různým obsahem n-3 mastných kyselin, ukazuje adaptivní mechanismus ryb, jelikož ryby měly shodný obsah mastných kyselin (Sealey a kol., 2011).

2.3.3 Minerály a vitamíny

Minerály (draslík, vápník, železo, hořčík, zinek a selen) se v hmyzu nacházejí (DeFoliart, 1992; Finke, 2002; Banjo a kol., 2006; Schabel, 2010; Rumpold a Schuler, 2013), avšak hodnoty vápníku a fosforu jsou obvykle nižší než v rybí moučce, s výjimkou vápníku u bráněnky (Makkar a kol., 2014). Podle Schabela (2010) obsahuje hmyz několik vitamínů, nicméně obsah minerálů a vitamínů v hmyzu záleží hlavně na složení krmiva, které hmyz přijímá. Například pokud larvy potemníka moučného přijímají krmiva s různým obsahem organického odpadu (ze zeleniny, ovoce a obilovin), dojde k tomu, že larvy budou mít jiné složení vitamínů a minerálů (Ramos-Elorduy a kol., 2002).

2.3.4 Bezdušičaté látky výtažkové – chitin

Bezdušičaté výtažkové látky zahrnují karbohydráty, cukry, škroby, vlákninu a chitin. Hmyz je obvykle chudý na karbohydráty, ale obsahuje chitin, což je primární komponent exoskeletu členovců (*Arthrtopod*) (krunýře, lastury a ulity korýšů a exoskelet hmyzu), který je složen z nerozvětveného polymeru N-acetylglukosaminu (Lindsay a kol., 1984; Ng a kol., 2001).

Rust (2002) předpokládá, že je chitin pro ryby nestravitelný. Proto existuje snaha o jeho odstranění z hmyzí moučky, což se provádí alkalickou extrakcí (DeFoliart, 1992; Belluco a kol., 2013; Sanchez-Muros a kol., 2014). Kroeckel a kol. (2012) uvádí, že se do diet také může přidat chitináza a chitinolytické bakterie, což zlepšuje stravitelnost chitino-proteinových komplexů. Další alternativou může být degradace chitinu chemickými nebo enzymatickými metodami před jeho přidáním do rybích diet například na chito-oligosacharidy, acetylglukosaminy nebo chitosany (Shiau a Yu, 1999; Se-Kwon a Niranjana, 2005; Lin a kol., 2012). Nízký obsah těchto metabolitů i chitinu může prokazovat zlepšení imunity ryb (Hoffman a kol., 1997; Lin a kol., 2012). Avšak tyto procesy mohou značně zvýšit cenu hmyzí moučky.

Není však jisté, jestli je chitin opravdu problémem. V růstových experimentech s dietami s obsahem hmyzí moučky, ve kterých docházelo k snížení růstu ryb a k zhoršení stravitelnosti lipidů a proteinů, byl často za příčinu považován chitin, i když toho tvrzení nebylo prokázáno (Lindsay a kol., 1984; Longvah a kol., 2011; Alegbeleye a kol., 2012). K trávení chitinu jsou potřeba tři enzymy (chitináza, chitobiáza a lysozym), které jsou přítomné u karnivorních i omnivorních ryb (Lindsay a kol., 1984; Fines a Holt, 2010).

Jeuniaux (1993) říká, že chitináza, která se nachází v rybím žaludku, narušuje chitinózní exoskeletony, a chitobiáza, která je přítomna ve střevě, pomáhá v absorpci nutrientů. Nicméně studie na pakambale velké (*Psetta maxima*), která byla krmena larvou bráněnky, neprokázala chitinázovou aktivitu, ale studie se zaměřila na enzymatické úrovně ve střední části střeva namísto v žaludku ryb (Kroeckel a kol., 2012). Rust (2002) tvrdí, že i navzdory přítomnosti těchto enzymů v rybách, je chitin běžně považován za nestravitelný.

Podle Finkeho (2007) se donedávna předpokládalo, že množství chitinu odpovídá množství kyselých detergentních vláken (ADF), ale studie ukázala, že kyselá detergentní vlákna ve skutečnosti obsahují velké množství aminokyselin (6,7 % - 32,7 %), což znamená, že předchozí studie nadhodnotily obsah chitinu v hmyzu. Pokud byl vzat v úvahu i obsah aminokyselin z ADF, bylo odhadnuto, že se množství chitinu v hmyzu pohybuje od 11,6 do 137,2 mg/kg.

2.4 Využití hmyzu ve výživě ryb

První pokusy o začlenění hmyzu do rybích krmiv byly provedeny na labeu avanském (*Labeo rohita*) (Frimodt, 1995), karasovi stříbřitém (*Carassius gibelio*) (He a kol., 1990), keříčkovci úhořovitým (*Clarias anguillaris*), keříčkovci egyptským (*Heterobranchus longifilis*), keříčkovci červenolemém (*Clarias gariepinus*) (Teugels, 1986), sumečku tečkovaném (*Ictalurus punctatus*) (Turner, 1966) či tlamounovi nilském (*Oreochromis aureus*) (Trewavas, 1983). Nicméně v posledních letech se výzkum začal zabývat i karnivorními druhy. Například Makkar a kol. (2014) a Riddick (2014) se zabývali začleněním hmyzu do krmiv pro ryby a koryše. První studie probíhaly především v asijských a afrických zemích, kde je často dostupná rybí moučka nízké kvality s nižším obsahem proteinu než u testovaného hmyzu (Heuzé a Tran, 2013). Tyto studie zkoumaly doplnění těchto levných diet o hmyzí larvy, které byly použity celé, nasekané na kousky nebo formovány na krmivo (Jeyachandar a Raj, 1976; Boscolo a kol., 2001; Achionye-Nzeh a Ngwudo, 2003; Idowu a kol., 2003; Rangacharyulu a kol., 2003; Ossey a kol., 2012). Nedávné studie byly zaměřeny na diety s vyrovnaným obsahem proteinu a energie, které svým složením odpovídaly potřebám testovaných ryb (Henry a kol., 2014).

2.4.1 Využití celého, živého nebo mraženého hmyzu ve výživě ryb

Komár pisklavý, bráněnka, moucha domácí a potěmník moučný byli testováni celí nebo nasekaní, živí nebo zmrazení na keříčkovci úhořovitém, keříčkovci červenolemém, sumečku tečkovaném, tlamounovi nilském a pstruhu duhovém. Růst pstruha duhového krmeného výhradně zmrazeným komárem pisklavým byl nejspíše ovlivněn, protože krmivo bylo nevyvážené nebo jeho velikost byla špatně zvolena (Ostaszewska a kol., 2011). Krmení tlamouna v monokultuře 100 % larvou bráněnky (celou nebo nasekanou) také ukázalo redukci růstu ve srovnání s komerčními krmivy. Po 20 týdnech vážili tlamouni krmení komerčním krmivem průměrně 105,2 g, při krmení nasekanou larvou bráněnky 52,2 g a při krmení celou larvou 40,3 g (Bondari a Sheppard, 1987).

Částečné nahrazení rybí moučky by mohlo být úspěšnější. Tato domněnka byla ověřena v polykultuře, v které byli sumeček tečkovaný a tlamoun nilský úspěšně odkrmeni nasekanou larvou bráněnky (50 % nebo 75 % larvy společně s 50 % nebo 25 % komerční diety) v kombinaci s komerčním krmivem s vysokým (45%) nebo nízkým (30%) obsahem proteinu. V tělesné hmotnosti obou testovaných druhů nebyly nalezeny žádné rozdíly, proto se využití bráněnky v krmivech pro tyto dva druhy považuje za vhodné (Bondari a Sheppard, 1981). Všechny ostatní studie využívající celé nebo nasekané hmyzí larvy byly také velice úspěšné, často dokonce s lepšími růstovými výsledky než s komerčně používanými krmivy. U tlamouna nilského krmeného mixem pšeničných otrub s 20 % živých larev byl zaznamenán rychlejší růst, lepší specifická rychlost růstu, krmný koeficient a přežití než u ryb krmených pouze pšeničnými otruby (Ebenso a Udo, 2003).

Krmení keříčkovce úhořovitého celými zmrazenými larvami vedlo k lepšímu růstu v porovnání se sójovými a komerčními krmivy, ale obsah těchto dvou diet nebyl stanoven, proto není známo, zda opravdu obsahovaly všechny potřebné nutrienty pro optimální růst ryb (Achionye-Nzeeh a Ngwudo, 2003). Podobně dopadl i pokus na keříčkovci červenolemém, který byl krmen 50 % živé larvy ve spojení s 50 % krmiva s nízkým obsahem rybí moučky (3,5 %) a rostl rychleji než ryby krmené pouze komerčním krmivem (Oyelese, 2007). Tento výsledek platil i ve srovnání s krmivem bohatým na rybí moučku (40 % hrubého proteinu) (Madu a Ufodike, 2003). Zajímavé bylo, že pokud došlo ke střídání krmení sumečků černých peletami a celými potěmníky

moučnými nasekanými na malé kousky, došlo ke zvýšení efektivity krmení a využití proteinu ve srovnání s kontrolním krmivem, které obsahovalo 34 % hrubého proteinu. Nicméně všechny ryby krmené živými potěmníky moučnými (50 % nebo 100 %) měly vyšší obsah tělesného tuku díky vyššímu obsahu tuku v hmyzu. Pokud se ryby krmily pouze potěmníky moučnými, snížil se příjem potravy a také váhové přírůstky, což naznačuje vhodnost použití alternativy pelet střídaných s krmením celého hmyzu (Ng a kol., 2001). Krmení ryb živými nebo nasekanými červy nebo potěmníky moučnými se proto jeví jako dobrá možnost v zemích, kde jsou dostupná krmiva špatné kvality (Henry a kol., 2014).

2.4.2 Použití *Hermetia illucens* jako náhrady rybí moučky obsažené v krmivech pro ryby

V krmivech byla hojně studována především larva bráněnky. Žádný pokus s různým obsahem bráněnky v krmivu nevedl k lepší produkci než v kontrolních krmivech bohatých na rybí moučku. Nicméně některá zastoupení prepupy bráněnky v dietách vykazovala stejné váhové přírůstky jako u ryb krmených rybí moučkou: 6% zastoupení u pokusu se sumečkem tečkovaným (Newton a kol., 2005), 15% (St-Hilaire a kol., 2007) nebo 18 – 36% zastoupení u pstruha duhového (Sealey a kol., 2011), navíc se zvýšeným množstvím n-3 HUFA a PUFA obsahem v rybích filetech krmených právě bráněnkou (Sealey a kol., 2011), nebo u 5 – 25% zastoupení u lososa obecného (*Salmo salar*), kde byla dieta ještě doplněna aminokyselinami (lysin a methionin) (Lock a kol., 2014). Větší úrovně zastoupení (12 – 30%) výrazně snižovaly růst sumečka tečkovaného, pstruha duhového a pakambaly (Newton a kol., 2005; St-Hilaire a kol., 2007; Kroeckel a kol., 2012). Juvenilní pakambaly přijímaly krmivo obsahující až 33 % odtučněné prepupy bráněnky bez většího efektu na příjem a konverzi krmiva. Avšak specifická rychlost růstu byla výrazně nižší pro všechny testovaná zastoupení a pokud bylo zastoupení prepupy bráněnky vyšší než 33 %, snížil se příjem diety a stravitelnost proteinu, což mělo za následek nižší přírůstky pakambaly (Kroeckel a kol., 2012). Na druhou stranu stravitelnost proteinu a tuků u lososa obecného byla velmi dobrá ve studii Locka a kol., 2014. Tabulka č. 2 znázorňuje výsledky studií, v kterých byla rybí moučka nahrazena moučkou z bráněnky.

Tabulka č. 2: Výsledky studií, v kterých byla rybí moučka nahrazena moučkou z bráněnky.

Druh	Moučka	Náhrada rybí moučky (%)	Signifikantní rozdíl od kontroly	Délka chovu	Reference
Pakambala velká (<i>Psetta maxima</i>)	Odtučněná	0	X	56 dní	Kroeckel a kol., 2012
		17	Ano		
		33	Ano		
		49	Ano		
		64	Ano		
		76	Ano		
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Odtučněná	0	X	78 dní	Renna a kol., 2017
		25	Ne		
		50	Ne		
Losos atlantský (<i>Salmo salar</i>)	Neodtučněná	0	X	105 dní	Lock a kol., 2014
		25	Ne		
		50	Ne		
		100	Ne		
Mořčák evropský (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Odtučněná	0	X	62 dní	Magalhães a kol., 2017
		15	Ne		
		30	Ne		
		45	Ne		
Kapr jian (<i>Cyprinus carpio</i> var. Jian)	Odtučněná	0	X	59 dní	Li a kol., 2016
		25	Ne		
		50	Ne		
		75	Ne		
		100	Ne		
Tlamoun nilský (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Neodtučněná	0	X	56 dní	Muin a kol., 2017
		25	Ne		
		50	Ne		
		75	Ano		
		100	Ano		

2.4.3 Využití dalších druhů hmyzu ve výživě ryb

V rybích krmivech byly zkoušeny i další zástupci hmyzu. Mezi ty nejdůležitější s nejvyšším potenciálem pro nahrazení rybí moučky patří potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), bourec morušový (*Bombyx mori*), moucha domácí (*Musca domestica*) nebo cvrček domácí (*Acheta domestica*).

2.4.3.1 Potěmník moučný (*Tenebrio molitor*)

Dospělci potěmníka moučného nemohou být použiti v krmivech, jelikož obsahují chinony. Avšak jeho larvy jsou vysoce kvalitním krmivem, které je bohaté na proteiny a tuky a chudé na popelovinu (Makkar a kol., 2014). Obvykle jsou ryby krmeny živými larvami, ale ke krmení může být použita i moučka z larev (Aguilar-Miranda a kol., 2002; Veldkamp a kol., 2012). V současnosti je potěmník ve velkém průmyslově produkován v Číně (Veldkamp a kol., 2012). Při jednom z pokusů byly vysoce stravitelné larvy potěmníka moučného, které byly vysušeny na slunci a následně dosušeny v sušárně, použity jako 9% přísada do krmiva (20% náhrady rybí moučky). Výsledkem byl optimální růst keříčkovce červenolemého a značné zlepšení ve srovnání s dietou založenou na rybí moučce. Nakonec se ukázalo, že moučka z larev potěmníka moučného může nahradit až 60 % rybí moučky (26% zastoupení v dietě) bez signifikantního ovlivnění růstu či využití krmiva keříčkovce červenolemého. Nicméně při vyšším zastoupení této moučky (35 – 43% obsah v dietě, což odpovídá 80 – 100% nahrazení rybí moučky) došlo k výraznému poklesu růstu a efektivity využití krmiva a proteinu (Ng a kol., 2001). V odchovu juvenilních sumecků černých (*Ameiurus melas*) bylo zjištěno, že při úplném nahrazení rybí moučky moučkou z larev potěmníka moučného došlo ke snížení růstu oproti kontrole krmené 50% rybí moučkou. Avšak růst byl pro tento druh stále považován za uspokojivý (Roncarati a kol., 2014a, 2014b). Larvy potěmníka moučného byly také úspěšně vyzkoušeny v krmení pro pstruha duhového, kde mohly být v dietě zastoupeny až do 50 % (Gasco a kol., 2014a), pro karnivorní mořské ryby mořana zlatého (*Sparus aurata*) a morčáka evropského (*Dicentrarchus labrax*), u kterých mohlo být nahrazeno až 25 % rybí moučky bez významného ovlivnění růstu. Avšak růst těchto mořských ryb byl ovlivněn, pokud bylo nahrazeno 50 % rybí moučky (Gasco a kol.,

2014b; Piccolo a kol., 2014) a u masa morčáka evropského bylo zjištěno snížení obsahu n-3 vysoce nenasycených mastných kyselin (HUFA).

2.4.3.2 Bourec morušový (*Bombyx mori*)

Domestikovaného bource morušového produkuje hlavně Indie (Heuzé a kol., 2014). Moučka ze sušené pupy bource morušového (SWP) je cenným zdrojem proteinu (50 – 71 % sušiny) a lipidů (30 %) (Wei a Liu, 2001; Rumpold a Schuler, 2013). Odtučněná i neodtučněná moučka SWP, na rozdíl od jiných druhů hmyzu, prokázala dobré výsledky a její tuk je dokonce považován za dobře využitelný. Olej z SWP podle Beguna a kol. (1994) stimuluje chuť kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Studie ukázala srovnatelný růst a organoleptické parametry, když byl sardinkový olej nahrazen olejem z SWP v krmivu kapra obecného. To naznačuje, že SWP je vyhovující pro využití jako levné náhrady rybí moučky a rybího oleje u kaprovitých ryb (Nandeeshi a kol., 1999). Dále se podle Nandeeshi a kol. (1990, 1999) se zvyšujícím obsahem SWP oleje a moučky v krmivu také zvyšuje stravitelnost tuků bez toho, aby se výrazně zvýšilo ukládání tuku.

Dobré hodnoty stravitelnosti nebyly zaznamenány pouze u kaprovitých ryb (Jayaram a Shetty, 1980; Begun a kol., 1994), ale i u tlamouna nilského (Hossain a kol., 1992; Boscolo a kol., 2001), keříčkovce dvoupásého (*Heteropneustes fossilis*) (Hossain a kol., 1991) a u keříčkovce žabího (*Clarias batrachus*) (Borthakur a Sarma, 1998), dokonce i při úplné náhradě rybí moučky (Habib a kol., 1994). Podle Hossaina a kol. (1997) byla u labea avanského odtučněná i neodtučněná moučka z SWP dokonce lépe stravitelná než rybí moučka. Avšak v další studii byla podle Kima (1974) odtučněná moučka z SWP hůře stravitelná než moučka rybí. Růst ryb, konverze krmiva ani organoleptické parametry rybího masa nebyly ovlivněny až do 50% zastoupení SWP v dietě (Begun a kol., 1994; Rahman a kol., 1996; Hossain a kol., 1997; Nandeeshi a kol., 2000; Ji a kol., 2013). Diety s nízkým zastoupením SWP (5 – 12 %) a s přidavkem aminokyselin methioninu a lysinu bylo úspěšně přijímáno lososem keta (*Oncorhynchus keta*) (Akiyama a kol., 1984) a halibutem (*Paralichthys olivaceus*) (Lee a kol., 2012). Při dalším experimentu byl čichavec zelený (*Trichopodus pectoralis*) krměn dietou obsahující 15 % SWP a jeho růst nebyl ovlivněn, nicméně při 22% zastoupení byla zhoršena stravitelnost proteinu a snížen růst čichavců (Jintasatapom a kol., 2011). V několika dalších studiích byly prokázány pozitivní výsledky u kapra obecného, mahsira (*Mahseer putitora*) a mahsira obřího (*Tor putitora*) při zastoupení 30 – 50 % (až 100 % nahrazení rybí moučky) odtučněné i

neodtučně SWP (Jayaram a Shetty, 1980; Rahman a kol., 1996; Nandeesh a kol., 2000; Dheke a Gudhaju, 2013; Sawhney, 2014). Celkové nahrazení rybí moučky pomocí SWP bylo úspěšně testováno u kapra obecného a *Lateolabrax japonicus*, avšak kontrolní diety byly deficitní v proteinu (11 % rybí moučky, 21 % hrubého proteinu) a diety nebyly iso-nitrogenní (Jeyachandran a Raj, 1976) nebo nebyly dostupné výživové hodnoty diety (Ji a kol., 2010). Podle Boscola a kol. (2001) nebyla SWP úspěšná u tlamouna, u kterého už 5% úroveň začlenění redukovalo rybí růst v porovnání s rybami krmenými rybí moučkou. A také Ji a kol. (2013) provedli podobný pokus na jian carp (*Cyprinus carpio* var Jian), u kterého byl také prokázán značně snížený růst už při nízkém zastoupení SWP (6 – 9 %). Pokud se tedy podíváme na předchozí výsledky, je jasné, že SWP má dobrý potenciál pro nahrazení rybí moučky v rybím krmení. Špatné výsledky byly prokázány pouze u tlamouna nilského a kapra Jian.

2.4.3.3 Moucha domácí (*Musca domestica*)

Moucha domácí (*Musca domestica*) je nejběžnějším zástupcem rodu dvoukřídlí (*Diptera*). Celosvětově patří mezi hlavní přenašeče chorob a larvy (neboli maggots) i dospělci se živí na hnoji a dalších rozkládajících se organických odpadech. Schopnost larev mouchy domácí růst na širokém spektru substrátů může být využita na přeměnu odpadů na cennou biomasu bohatou na bílkoviny a lipidy. Proto je od 60. let 20. století zkoumána produkce biomasy larev mouchy domácí v kontrolovaných podmínkách ke krmení hospodářských zvířat (Calvert a kol., 1969; Miller a Shaw, 1969).

Larvy všudypřítomné mouchy domácí byly rozsáhle testovány v rybích krmivech. Většina studií na rybách krmených moučkou z larev mouchy domácí neprokázala zvýšení růstu ryb v porovnání se studii, v kterých byly ryby krmeny živými larvami. Nicméně existují tři studie, které prokázaly zrychlení rybiho růstu při padesáti procentním nahrazení rybí moučky u tlamouna nilského (Ajani a kol., 2004). Při obohacení výchozí diety amura černého (*Mylopharyngodon piceus*) o 2,5 % moučky z larev mouchy došlo ke zvýšení růstu a také ke zlepšení imunity a odolnosti vůči onemocněním. Avšak složení výchozí diety nebylo zveřejněno, tudíž je možné, že bylo chudé na rybí moučku (Ming a kol., 2013). Hybridní sumec (*Heterbranchus longifilis* x *Clarias gariepinus*) krmený 7,5% přídatkem larev mouchy také vykázal zvýšení růstu v porovnání s kontrolou, která byla krmena krmivem s 30% rybí moučkou (Sogbesan a kol., 2006). Keříčkovec červenolemý, který byl po dobu 10 týdnů krmen 12,5 % a 25 % larvami mouchy, což

odpovídalo 50% a 100% nahrazení rybí moučky, rostl dobře a vykázal vysokou retenci proteinu (PER) (Nsofor a kol., 2008). Potenciál v nahrazení rybí moučky moučkou z larev mouchy ukázalo i mnoho dalších studií u keříčkovce červenolemého a keříčkovce egyptského (*Heterobranchus longifilis*) (přídavek 7,5 – 32 %) (Fasakin a kol., 2003; Idowu a kol., 2003; Aniebo a kol., 2009; Adewolu a kol., 2010), u kapra obecného a karase stříbřitého (přídavek 30 – 39 %) (Ogunji a kol. 2009; Dong a kol., 2013) a u tlamouna nilského (přídavek 15 – 68 %) (Ogunji a kol., 2007, 2008a, 2008b; Omoyinmi a Olaoye, 2012) bez ovlivnění růstu ryb. Moučka z larev mouchy byla také testována u pstruha duhového, ale bohužel neúspěšně, protože růst ryb byl negativně ovlivněn již při obsahu 9,2 % v krmivu. Maso pstruhů duhových bylo také chudší na n-3 mastné kyseliny než u kontroly, která byla krmena 36% rybí moučkou (St-Hilaire a kol., 2007). Zřetelná variabilita výsledků u různých druhů naznačuje, že výsledky nemohou být zobecňovány, jelikož každý druh má různé požadavky.

2.4.3.4 Cvrček domácí (*Acheta domestica*)

Dalším významným druhem je cvrček domácí, který společně s kobylkami a sarančaty patří do řádu rovnokřídlí (*Orthoptera*) a řadí se mezi hlavní rostlinné škůdce. Dospělci těchto druhů jsou nutričně bohatí (Makkar a kol, 2014). Tyto druhy jsou obvykle sbírány ráno, kdy jsou nižší teploty, hmyz je méně aktivní a snadněji se dá chytit. Komerční chov cvrčka pro humánní konzum či pro účely krmivářství se rozvíjí především v Jihovýchodní Asii. V roce 2012 bylo v Thajsku okolo 20 000 farem na cvrčka, kteří se poté používají jako krmivo pro domácí mazlíčky a zvířata v zoo (van Huis a kol., 2013). V České republice se chovají cvrčci pro potřeby krmení terarijních zvířat na farmě v Bušanovicích v Jihočeském kraji.

Cvrčky domácí je snadné chovat a je možné produkovat 6 až 7 generací za rok. Cvrčci domácí patří mezi omnivory a dokáží se živit širokou škálou organického materiálu. Produkce je realizovatelná při teplotách větších než 20 °C a optimální teplota je 28 – 30 °C. Na 1 m² se dá chovat až 2000 kusů. Populace cvrčka se dokáže sama regulovat díky kanibalismu (Hardouin a Mahoux, 2003).

Cvrčci domácí zatím nebyli příliš testováni v krmení pro ryby. Na ostatních zástupcích rovnokřídlých bylo provedeno pár experimentů. Juvenilní keříčkovci červenolemí (*Clarias gariepinus*) byli krmeni dietou, kde až 25 % proteinu mohla tvořit moučka ze sarančete pustinného (*Schistocerca gregaria*) bez toho, aby byl ovlivněn rybí

růst. Při vyšších substitucích nejspíše chitin způsobil horší výsledky a krmný koeficient (Balogun, 2011). Dále byla u plůdku této ryby testována moučka z kobylky (*Zonocerus variegatus*), která také neměla negativní vliv na růst až do 25% náhrady za rybí moučku. Při vyšších zastoupeních už ale docházelo ke snížení stravitelnosti (Alegbeleye a kol., 2012).

3 Materiál a metodika

Na experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vody ve Vodňanech (FROV JU) byl od října do prosince 2017 proveden krmný experiment, jehož hlavním cílem bylo zjistit možnost využití diety, v které byla částečně nebo úplně nahrazena rybí moučka moučkou hmyzí z prepupy bráněnky (*Hermetia illucens*), při odchovu candáta obecného v kontrolovaných podmínkách. Během 63 dnů experimentu byly na rybách sledovány a následně hodnoceny vybrané produkční parametry (hmotnost ryb, celková délka těla, délka těla, koeficient konverze krmiva, specifická růstová rychlost, Fultonův koeficient, přežití a míra heterogenity obsádek). Dále byly vypočítány somatické indexy (hepatosomatický index, index periviscerálního tuku a splenosomatický index), provedena chemická analýza vyprodukovaných ryb, sledován výskyt lipidózy na slezině, vliv použité diety na hematokrit a byla provedena ekonomická analýza odchovu.

3.1 Krmný experiment

Cílem experimentu bylo zjistit vliv částečného nebo úplného nahrazení rybí moučky částečně odtučněnou hmyzí moučkou. Základní experimentální dieta, která je označena jako kontrola (KON), obsahovala 30 % rybí moučky jako zdroj proteinu. V dalších třech dietách byla rybí moučka z 25 % (H25), 50 % (H50) a 100 % (H100) nahrazena hmyzí moučkou z bráněnky. U jednotlivých testovaných skupin bylo srovnáno přežití, váhové a délkové přírůstky, koeficient konverze krmiva, specifická rychlost růstu, Fultonův koeficient, míra heterogenity obsádky, somatické indexy (hepatosomatické, splenosomatické a index periviscerálního tuku). Dále bylo provedeno stanovení hematokritu. Ryby byly porovnány s ohledem na obsah sušiny, proteinu, popelovin a lipidů. Dále bylo spočítáno ekonomické zhodnocení diet a index ekonomického profitu.

3.1.1 Popis aparatury a systému pro odchov

Experiment proběhl v recirkulačním systému na Experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vody ve Vodňanech (FROV JU). V rámci experimentu bylo nasazeno 12 kruhových nádrží (obrázek č. 1) o průměru 75 cm, výšce hladiny 35 cm a objemu 155 l, ve kterých byl průtok vody 310 l/h a výměna

vody v nádrži tedy proběhla 2 x za hodinu. Z nádrží byla voda odváděna do mechanického bubnového filtru od firmy IN-EKO Brno, pomocí kterého došlo k odstranění hrubých částic, které mají velikosti 75 μm a více. Poté voda tekla do retenční nádrže, odkud byla čerpadlem čerpána do vyššího podlaží, kde se nacházela soustava biologických filtrů. Jednalo se o ponořené biologické nitrifikační filtry, jejichž náplň tvořily plastové elementy Kaldnes, Aqualogistik Schwimmbettmedium, které sloužily jako podklad pro nitrifikační bakterie. Dále voda tekla přes UV lampy, které zajišťovaly její dezinfekci a následně se vracela zpět do kruhových nádrží.



Obrázek č. 1: Kruhové nádrže použité pro odchov candátů.

3.1.2 Popis experimentálních diet

Čtyři experimentální diety byly připraveny jako extrudované krmivo o velikosti částic 2 mm (obrázek č. 2) ve spolupráci se společností Exot Hobby s.r.o. v Černé v Pošumaví. Do krmiva byla přidána částečně odtučněná moučka z prepup bráněnky pocházející z chovu od firmy Hermetia Deutschland GmbH & Co. KG (Baruth/Mark,

Germany). Diety byly vyrobeny s vyrovnaným obsahem tuků, proteinů, energie i aminokyselin (tabulka č. 3):

KON: kontrolní dieta, žádná HM

HM25: 25 % rybí moučky nahrazeno HM

HM50: 50 % rybí moučky nahrazeno HM

HM100: 100 % rybí moučky nahrazeno HM

Tabulka č. 3: Kolik kg jednotlivých složek bylo potřeba pro výrobu 100 kg každého druhu diety.

Ingredience	KON	HM25	HM50	HM100	Potřebné kg
Rybí moučka	30	22,5	15	0	67,5
Sójový koncentrát	7,5	7,5	7,5	7,5	30
Kukuřičný lepek	17	17	17	17	68
Sójová moučka	15	15	15	15	60
Pšeničná mouka	8	6,5	5	2	21,5
Bráněnka	0	9	18	36	63
Merigel	6	6	6	6	24
Rybí olej	6	6	6	6	24
Sójový olej	6	6	6	6	24
Vitamíny	1	1	1	1	4
Minerály	1	1	1	1	4
DL-Methionin	0,7	0,7	0,7	0,7	2,8
L-Lysin	0,8	0,8	0,8	0,8	3,2
Celite	1	1	1	1	4
Celkově	100	100	100	100	400

Složení moučky z prepupy bráněnky (tabulka č. 4), aminokyselinové složení (tabulka č. 5) a kompozice mastných kyselin prepupy bráněnky (tabulka č. 6) zjistil Renn a kol. (2017) ve studii, v které byly použity prepupy bráněnky ze stejného chovu jako v našem pokusu.

Tabulka č. 4: Složení moučky z prepupy bráněnky.

Parametr	Hodnota
Sušina (g/100 g)	94,18
Dusíkaté látky (g/100 g sušiny)	55,34
Tuky (g/100 g sušiny)	17,97
Popelovina (g/100 g sušiny)	7,12
Chitin (g/100 g sušiny)	5
Bezdušíkaté látky výtažkové (g/100 g sušiny ^a)	14,57
Brutto energie (MJ/kg sušiny ^b)	24,37

^a Spočítáno podle vzorečku $100 - (\text{sušina} + \text{tuky} + \text{popelovina} + \text{chitin})$

^b Určeno kalorimetrickou bombou

Tabulka č. 5: Aminokyselinové složení (% z celkového proteinu) moučky z prepupy bráněnky.

Parametr	Hodnota
Esenciální aminokyseliny	
Arginine	3,9
Histidine	2,2
Isoleucin	3,3
Leucin	5,2
Lysine	3,8
Methionine	2,1
Cystein	0,1
Fenylalanin	3
Tyrosin	4,8
Threonin	3,1
Valin	4,9
Neesenciální aminokyseliny	
Alanin	6,2
Kyselina asparagová	6,7
Glycin	4,2
Kyselina glutamová	8,8
Prolin	6,6
Serin	3,7

Tabulka č. 6: Složení mastných kyselin (g/100 g z celkového množství detekovaných mastných kyselin) moučky z prepupy bráněnky.

Parametr	Hodnota
C10:0	1,32
C12:0	54,59
C14:0	10,14
C14:1 <i>c</i> + C15:0	0,51
C15 iso	0,01
C16:0	12,03
C16 iso	0,02
C16:1 <i>c</i>	3,94
C17 iso	0,02
C17 aiso	0,1
C17:1 <i>c</i> 9	0,08
C18:0	1,77
C18:1 <i>t</i>	0,09
C18:1 <i>c</i> 9	7,98
C18:1 <i>c</i> 11	0,28
C18:2 <i>n</i> 6	5,98
C18:3 <i>n</i> 6	0,05
C18:3 <i>n</i> 3	0,79
C20:0	0,1
C20:1 <i>c</i> 9	0
C20:1 <i>c</i> 11	0
C20:2 <i>n</i> 6	0,02
C20:3 <i>n</i> 6	0
C20:4 <i>n</i> 6	0
C20:5 <i>n</i> 3	0
C22:0	0,03
C22:1 <i>n</i> 9	0
C22:5 <i>n</i> 3	0
C22:6 <i>n</i> 3	0
Σ SFA	80,28
Σ MUFA	12,88
Σ PUFA	6,84

Σ PUFA/Σ MUFA	0,09
Σ n3	0,79
Σ n6	6,05
Σ n3/Σ n6	0,13

Rybí moučka použitá v krmivu pocházela od firmy Corpesca S.A. z Chile. Její složení je zobrazeno v tabulce č. 7. V této moučce byl jako antioxidant použit ethoxyquin 284 ppm – 312 ppm.

Tabulka č. 7: Složení rybí moučky.

Parametr	Hodnota
Sušina (g/100 g)	91,3
Dusíkaté látky (g/100 g sušiny)	65,8
Tuky (g/100 g sušiny)	9,4
Popelovina (g/100 g sušiny)	15,5



Obrázek č. 2: Krmivo použité v experimentu.

3.1.3 Vlastní popis experimentu

Do experimentu bylo nasazeno 840 ks candátů v hmotnostním rozmezí 19 a 32,9 g. Tyto ryby pocházely z vlastního chovu FROV JČU a byly rozříděny do čtyř váhových kategorií, jedna z těchto kategorií je znázorněna na obrázku č. 3. Poté byla část z každé váhové kategorie nasazena do 12 kruhových nádrží o 155 l. V každé nádrži bylo 70 ryb o průměrné hmotnosti $24,5 \pm 3$ g. Ryby byly krmeny kontinuálně pomocí mechanického krmítka, které jsme vyrobili přímo pro účely tohoto experimentu. Na začátku pokusu, poté každých 21 dní a na konci pokusu bylo z každé nádrže náhodně vybráno 50 ryb, které byly změřeny pomocí biometrické destičky s přesností 1 mm a zváženy pomocí digitální váhy s přesností 0,1 g. Ryby byly z kruhových nádrží odlovovány pomocí saku do plastových vaniček s vodou a následně bylo náhodně vybraných 50 ryb uspáno pomocí anestetického roztoku hřebíčkového oleje 0,03 ml/l. Zbylé ryby, které nebyly vybrány pro zvážení a přeměření, byly spočítány a vráceny zpět do nádrží. Během celého pokusu bylo zaměstnanci FROV JČU každý den v 7:00 a v 14:00 hod sledováno množství rozpuštěného kyslíku (%) pomocí oxymetru od firmy Aquamonitoring YSI ProODO. Dále jednou denně byla sledována teplota vody (°C) a hodnota pH. Koncentraci amoniaku a dusitanů byla sledována jednou za 3 dny pomocí chemických rozborů. V tabulce č. 8 jsou uvedeny průměrné hodnoty těchto sledovaných parametrů. Celý experiment trval 63 dní.

Po ukončení pokusu bylo z každé testované diety vybráno 15 ryb, které byly změřeny, zváženy a následně u nich byla provedena pitva, při níž byla odebrána svalovina. Poté byl vyjmut a zvážen viscerální tuk, játra a slezina.

Tabulka č. 8: Průměrné parametry sledovaných hodnot vody.

Parametr	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Teplota (°C)	22,1	0,7
pH	6,1	0,3
O ₂ (%)	105,1	15,3
NH ₄ -N	0,24	0,03
NH ₄ ⁺	0,31	0,03
NO ₂ -N	0,1	0,01
NO ₂ -	0,31	0,05



Obrázek č. 3: Candáti obecní použití pro experiment.

3.1.4 Produkční ukazatelé použité ke zhodnocení dat

Data, která byla získána biometrickým měřením na začátku, v průběhu a na konci experimentu, byla využita k vypočtení produkčních ukazatelů. Byly zjišťovány následující ukazatele:

FCR (Food Conversion Ratio – ukazatel konverze krmiva) = $F / (W_t - W_0)$, kde F = spotřebované krmivo v gramech, W_t = hmotnost ryb na konci experimentu v gramech, W_0 = hmotnost ryb na začátku experimentu v gramech.

SGR (Specific Growth Rate – ukazatel specifické rychlosti růstu) = $[(\ln W_t - \ln W_0) \cdot t^{-1}] \cdot 100$, kde W_t = hmotnost ryb na konci experimentu v gramech, W_0 = hmotnost ryb na začátku experimentu v gramech, t = čas v dnech, výsledkem je denní přírůstek, vyjádřený v procentech.

CF (Condition Factor – kondiční ukazatel neboli Fultonův koeficient) = $W_t / TL^3 \cdot 100$, kde W_t = hmotnost ryb na konci experimentu v gramech, TL = celková délka ryb v centimetrech.

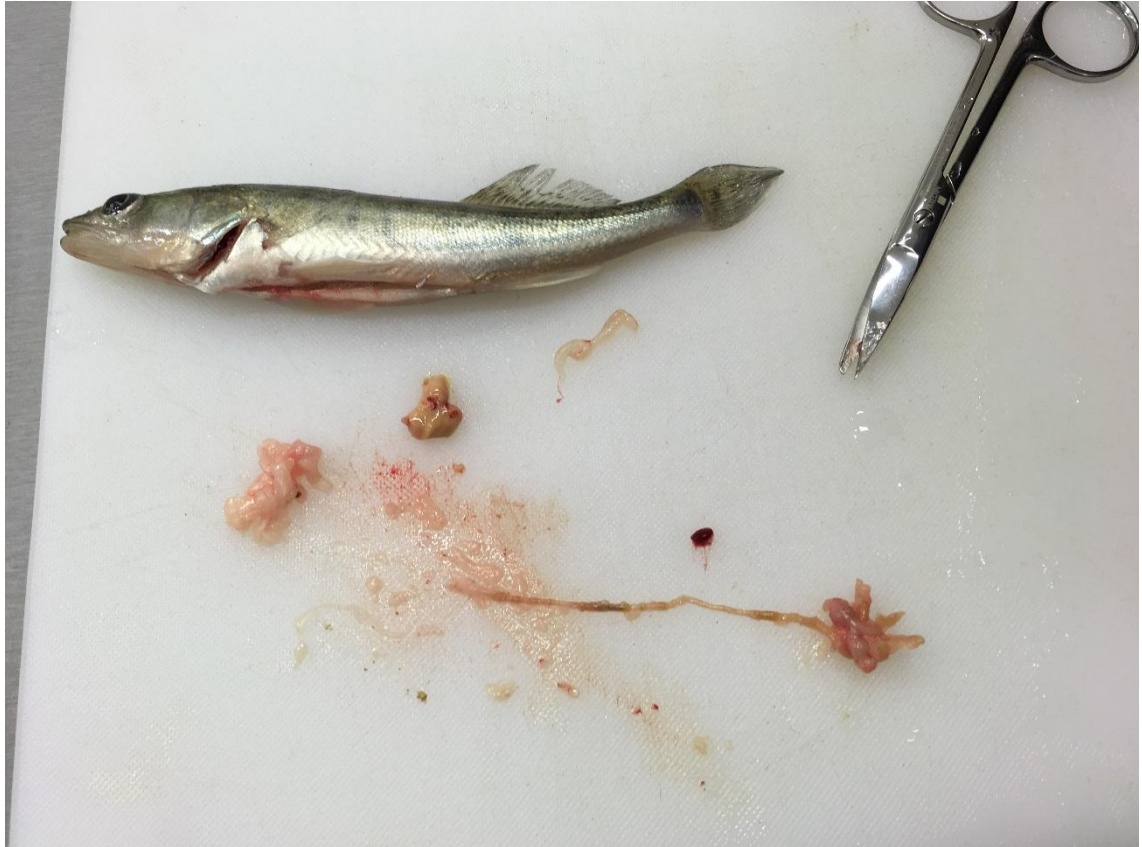
SR (Survival Rate – přežití ryb) = $(N_t / N_0) \cdot 100$, kde N_t = počet ryb na konci experimentu, N_0 = počet ryb na počátku experimentu, výsledkem je hodnota přežití vyjádřena v procentech.

CV (Coefficient of Variation – míra heterogenity ryb) = SD / m , kde SD = směrodatná odchylka, m = průměrná hmotnost ryb.

3.2 Kvalita vyprodukovaných ryb

3.2.1 Chemická analýza vyprodukovaných ryb

Z každé testované skupiny bylo náhodně vybráno 7 candátů pro analýzu chemického složení svaloviny s kůží. Analýza obsahu bílkovin probíhala na Veterinární a farmaceutické univerzitě v Brně a byla provedena Kjeldahlovou metodou při použití konverzního faktoru 6,25 (AOAC, 2003). Obsahu tuku, sušiny a popelovin byl stanoven v Laboratoři výživy UAOV. Obsah lipidů byl určen podle Zajíce a kol. (2013), obsah popelovin byl zjištěn spálením vzorku při teplotě 550 – 600 °C a obsah sušiny byl změřen podle AOAC (AOAC, 2003). Obrázek č. 4 znázorňuje, jak vypadal vypitvaný candát.



Obrázek č. 4: Vypitvaný candát obecný.

3.2.2 Somatické indexy

Z dat o hmotnosti jater, sleziny a periviscerálního tuku, které byly získány při závěrečné pitvě, byly spočítány následující indexy:

HSI (Hepatosomatic Index – hepatosomatický index) = $(W_l / W_t) \cdot 100$, kde W_l = váha jater zkoumaného jedince v gramech, W_t = celková váha zkoumaného jedince v gramech, výsledkem je poté procentuální hmotnost jater vzhledem k celkové hmotnosti těla.

IPT (Index of perivisceral fat – index periviscerálního tuku) = $(W_{pvf} / W_t) \cdot 100$, kde W_{pvf} = váha periviscerálního tuku jedince v gramech, W_t = celková váha zkoumaného jedince v gramech, výsledkem je poté procentuální hmotnost periviscerálního tuku vzhledem k celkové hmotnosti těla.

SSI (Spleen somatic index – splenosomatický index) = $(W_s / W_t) \cdot 100$, kde W_s = váha sleziny jedince v gramech, W_t = celková váha zkoumaného jedince v gramech, výsledkem je poté procentuální hmotnost sleziny vzhledem k celkové hmotnosti těla.

Při závěrečné pitvě byly candátům odebrány sleziny, které byly nejprve uchovány v 4% pufrovaném formalínu a následně na nich byl makroskopicky sledován výskyt lipidóz.

3.3 Vliv použité diety na hematokrit chovaných ryb

Na konci experimentu byl odebrán krevní vzorek 7 ryb z každé testované diety a byl použit na hematologickou analýzu. Bylo provedeno stanovení hematokritu (PCV) podle metodiky Svobodové a kol. (1991). Tento parametr byl vybrán pro jednoduchost stanovení a nejvyšší vypovídající hodnotu. Nebylo předpokládáno ovlivnění hodnot u ostatních parametrů.

3.4 Ekonomická analýza odchovu při použití různých diet

K určení relativní účinnosti testovaných diet a jejich výslednému benefitu byly spočítány parametry ekonomického zhodnocení diet (ECR), indexu ekonomického profitu (EPI):

$$\text{ECR (Kč/kg ryby)} = \text{FCR (kg diety/kg ryby)} \times \text{cena diety (Kč/kg diety)}$$

$$\text{EPI (Kč/kg ryby)} = ((\text{váhový přírůstek (kg)} \times \text{prodejní cena (4:5 Kč/kg)}) - ((\text{váhový přírůstek (kg)} \times \text{cena diety (Kč/kg diety)})$$

Dále byla kalkulována celková cena krmiva pro každou testovanou skupinu.

4 Výsledky

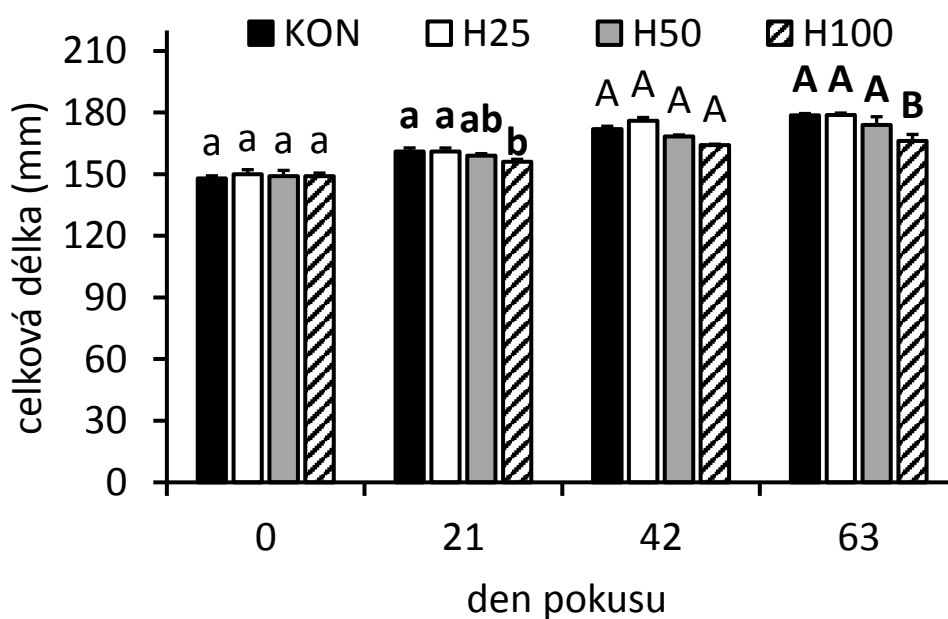
Během experimentálního odchovu v recirkulačním akvakulturním systému bylo na začátku odchovu, 21. den, 42. den a na konci (63. den) odchovu provedeno kontrolní měření a vážení. Tato data jsou podrobněji popsána v následujících kapitolách. Pouze přežití je počítáno jen do 42. dne, jelikož poté došlo k vysokému úmrtí ve 2 ze 3 nádrží testované skupiny H100.

4.1 Růst ryb

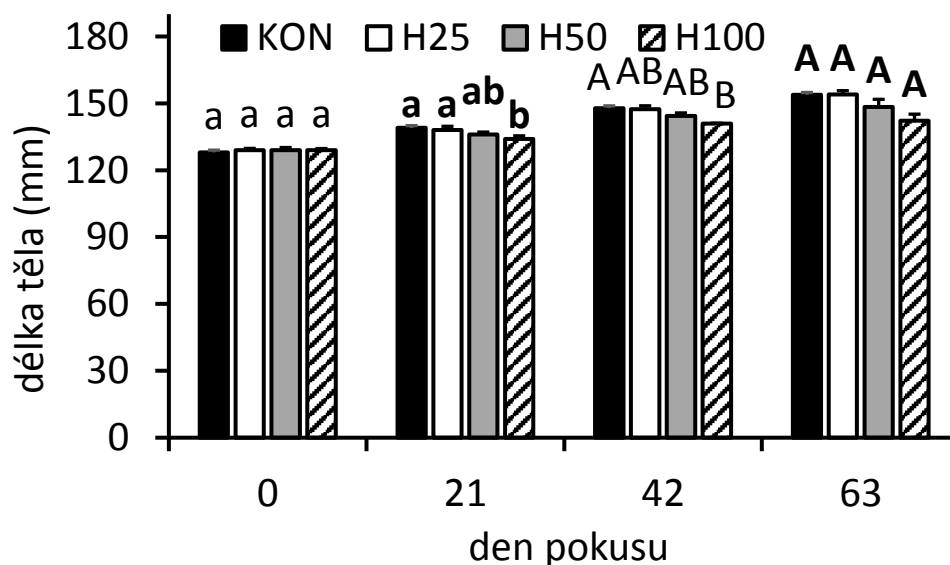
4.1.1 Délkový růst candátů obecných

Na začátku experimentu dosahovala celková délka (TL) a délka těla (SL) candátů hodnot: TL = 149 ± 7 mm a SL = 129 ± 6 mm.

Během pokusu byly zaznamenány významné statistické rozdíly v celkové délce ryb, kdy se na konci experimentu od ostatních skupin významně statisticky lišila skupina krmená dietou H100, jak je možné vidět na grafu č. 1. Délka těla se během pokusu v jednotlivých dietách statisticky významně lišila, nicméně na konci testu nebyly sledovány statistické rozdíly (graf č. 2).



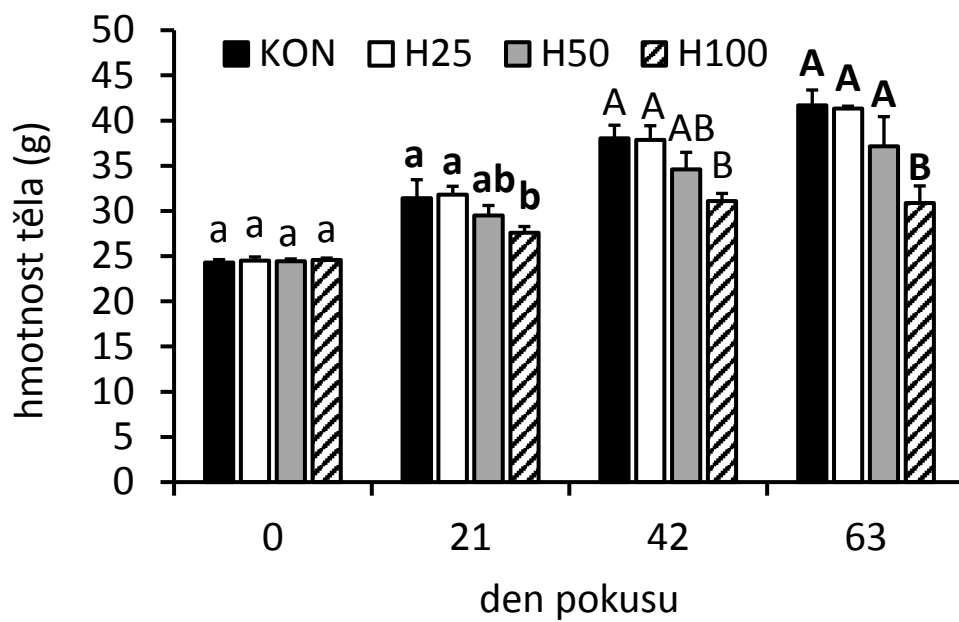
Graf č. 1: Celková délka candátů v jednotlivých dietách během odchovu s využitím krmiv s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.



Graf č. 2: Délka těla candátů v jednotlivých dietách během odchovu s využitím krmiv s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

4.1.2 Hmotnostní růst candátů obecných

Na začátku pokusu byla průměrná hmotnost candátů $24,4 \pm 3$ g. Už od 21. dne odchovu se dieta H100 začala významně statisticky lišit od KON a H25. Tento trend vydržel až do konce experimentálního odchovu, kdy se hmotnost ryb v této skupině pohybovala okolo $30,9 \pm 6,4$ g. Nejvyšší hmotnost byla zaznamenána v KON ($41,7 \pm 8,2$ g), ale skupina H25 vykazovala podobnou hodnotu ($41,3 \pm 8,7$ g). Skupina H50 se na konci testu statisticky nelišila od KON a H25, jak je možné vidět v grafu č. 3. Obrázky č. 5 a 6 znázorňují rozdíl mezi candáty z experimentální skupiny H25 na začátku a na konci pokusu.



Graf č. 3: Hmotnost těla candátů v jednotlivých dietách během odchovu s využitím krmiv s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.



Obrázek č. 5: Candát na začátku pokusu.



Obrázek č. 6: Candát na konci pokusu.

4.1.3 Specifická rychlost růstu candátů obecných

Po vypočtení bylo zjištěno, že nejvyšší specifická rychlost růstu (SGR) byla u skupiny KON. Dieta, ve které bylo nahrazeno 25 % rybí moučky moučkou hmyzí, se od KON statisticky nelišila. U diety s 50 % nahrazení rybí moučky byla SGR nižší a od prvních dvou skupin se statisticky lišila. Skupina H100 vykazovala nejnižší SGR a byla statisticky rozdílná od ostatních skupin, jak je zobrazeno v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: SGR (% . d⁻¹) jednotlivých testovaných skupin krměných krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Skupina	Začátek pokusu	Konec pokusu	Specifická rychlost růstu (% . d ⁻¹)
KON	24,3 ± 3,7	41,7 ± 8,2	0,84 ± 0,33 ^a
H25	24,5 ± 3	41,3 ± 8,7	0,81 ± 0,39 ^a
H50	24,4 ± 3	37,2 ± 7,7	0,64 ± 0,38 ^b
H100	24,6 ± 2,8	30,9 ± 6,4	0,35 ± 0,35 ^c

4.1.4 Vývoj hmotnostních přírůstků

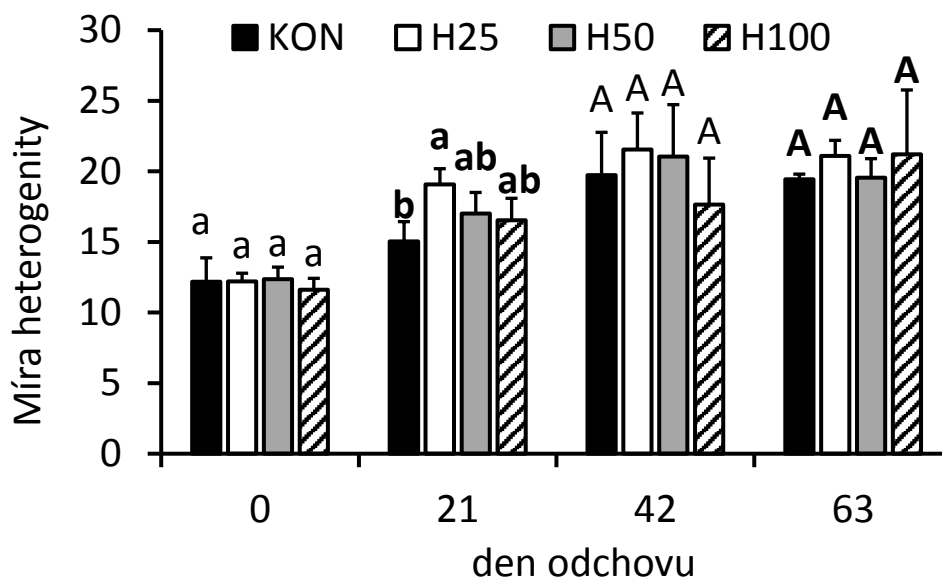
Tabulka č. 10 zobrazuje, jak se postupně vyvíjely přírůstky u jednotlivých diet, což bylo zjišťováno pomocí přeměření, které probíhalo každých 21 dní. Kontrola prokazovala nejvyšší hmotnostní přírůstky, ale dieta s 25 % nahrazením rybí moučky moučkou hmyzí dosahovala podobných výsledků. Se zvyšujícím se zastoupením hmyzí moučky klesaly hmotnostní přírůstky. U skupiny H100 došlo mezi 42. a 63. dnem dokonce ke snížení průměrné hmotnosti, což ale mohlo být způsobeno faktem, že 2 ze 3 nádrží byly napadeny bakterií, což mělo za následek vysokou úmrtnost, ale i snížený příjem krmiva.

Tabulka č. 10: Vývoj hmotnostních přírůstků (g) jednotlivých skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Typ diety	Začátek pokusu	Měření po 21 dnech	Měření po 42 dnech	Konec pokusu
KON	24,3 ± 3,7 ^a	31,4 ± 5 ^a	38 ± 7,6 ^a	41,7 ± 8,2 ^a
H25	24,5 ± 3 ^a	31,8 ± 6,1 ^a	37,9 ± 8,2 ^a	41,3 ± 8,7 ^a
H50	24,4 ± 3 ^a	29,5 ± 5,1 ^{ab}	34,6 ± 7,5 ^{ab}	37,2 ± 7,7 ^a
H100	24,6 ± 2,8 ^a	27,6 ± 4,6 ^b	31,1 ± 5,5 ^b	30,9 ± 6,4 ^b

4.1.5 Heterogenita obsádek

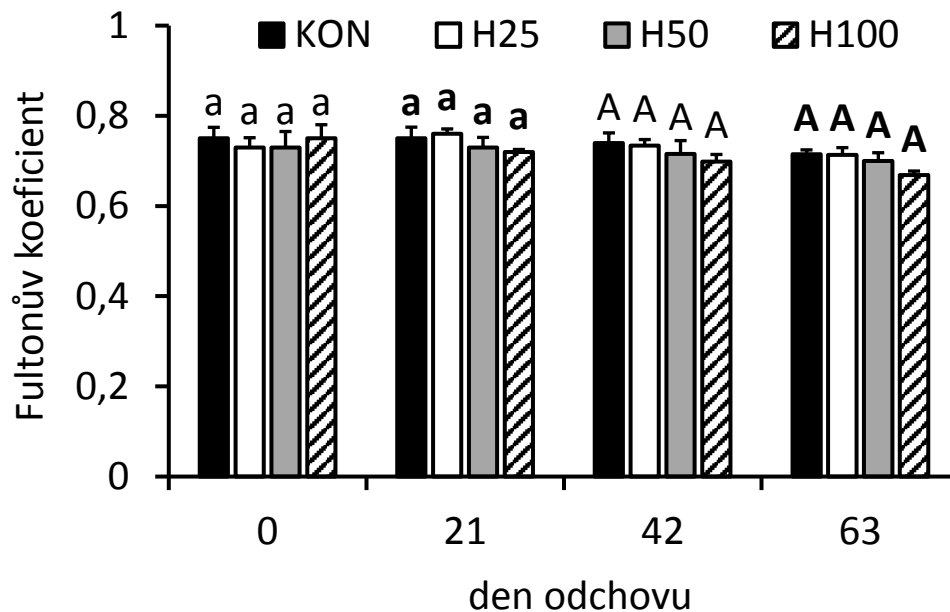
Míra heterogenity obsádek se statisticky lišila mezi skupinou KON a H25, ale pouze po měření ve 21. den odchovu, poté už nebyly pozorovány statistické rozdíly mezi jednotlivými testovanými skupinami, což je zobrazeno v grafu č. 4.



Graf č. 4: Míra heterogenity obsádek jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

4.2 Koeficient kondice chovaných ryb

Fultonův koeficient při nasazení ryb dosahoval průměrné hodnoty $0,74 \pm 0,06$. Během, ani na konci, experimentu nebyly sledovány statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými experimentálními skupinami, což je patrné z grafu č. 5. Z toho plyne, že Fultonův koeficient nebyl významně ovlivněn žádnou dietou.



Graf č. 5: Fultonův koeficient jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

4.3 Přežití

Na začátku experimentu bylo do každé nádrže vysazeno 70 kusů ryb, což dohromady čítalo 840 kusů candáta. Po posledním přelovení bylo napočítáno 631 kusů candáta. Přežití tedy bylo 75,1 %. Nejvyšší přežití bylo zjištěno u skupiny krmené dietou, v které bylo 25 % rybí moučky nahrazeno hmyzí moučkou. Naopak nejnižší přežití bylo zaznamenáno ve skupině s úplným nahrazením rybí moučky hmyzí moučkou, a to pouhých 43,8 %, jelikož mezi měřeními po 42. dni a 63. dni došlo k vysokému úhynu ve dvou nádržích, které byly krmeny dietou H100.

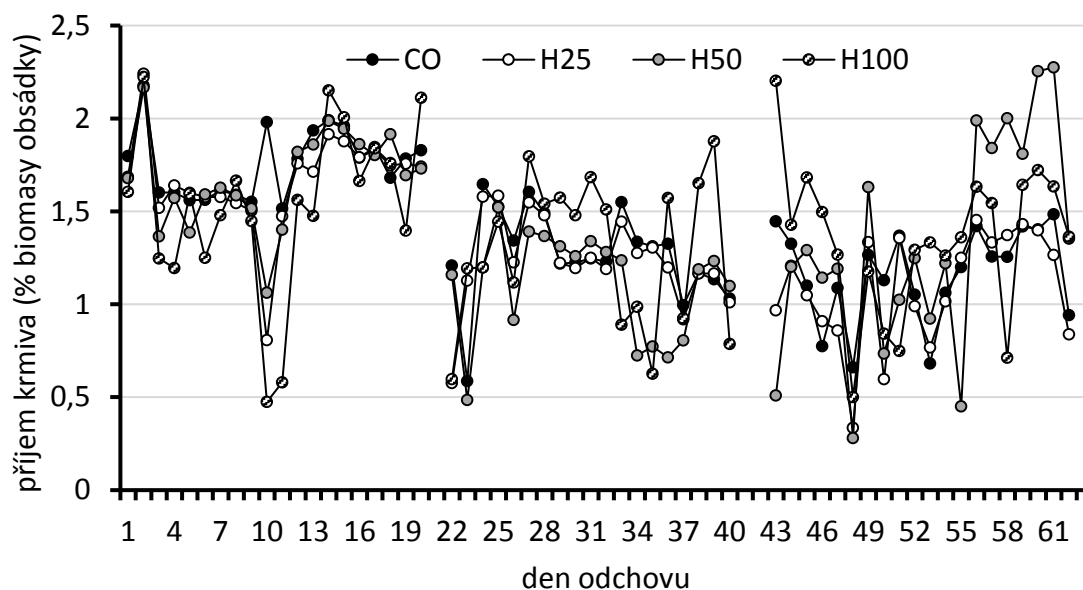
. Přežití v jednotlivých skupinách je znázorněno v tabulce č. 11, je však hodnoceno pouze do 42. dne, kdy ještě nedošlo k úhynům vlivem bakterie, které značně ovlivnilo výsledky.

Tabulka č. 11: Přežití ryb v jednotlivých testovaných skupinách krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Typ diety	Počet ryb na začátku pokusu	Počet ryb po 42 dnech	Přežití (%)
KON	210	206	98,1 ± 0,8 ^a
H25	210	205	97,6 ± 1,6 ^a
H50	210	199	94,8 ± 5,4 ^a
H100	210	197	93,8 ± 8,2 ^a
Celkem	840	807	96,1 ± 4,7

4.4 Příjem krmiva

U příjmu krmiva jsou viditelné znatelné mezidenní výkyvy během celého pokusu způsobené různým apetitem ryb. Obecně platilo, že čím více byla v dietě zastoupena hmyzí moučka, tím byl nižší příjem předkládaného krmiva (graf č. 6).

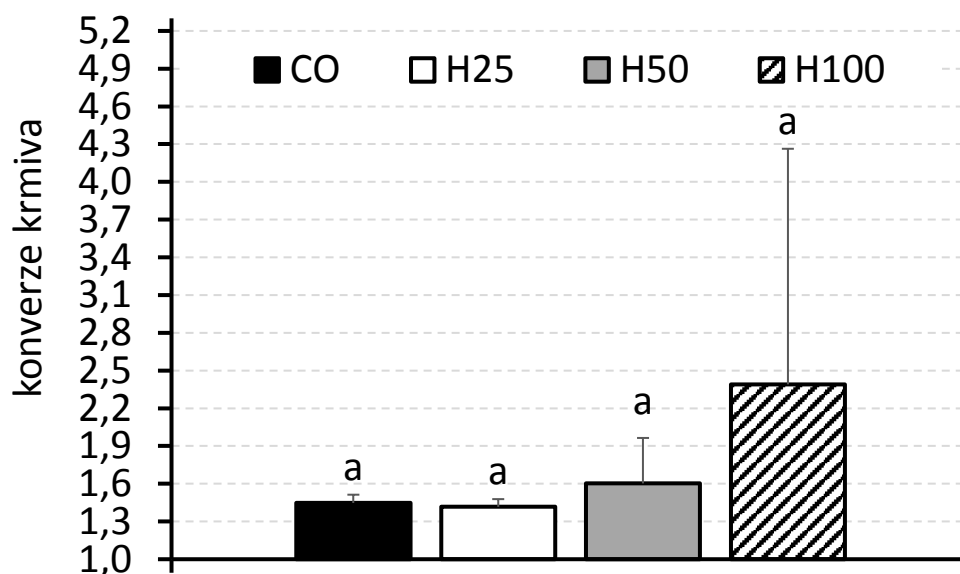


Graf č. 6: Příjem krmiva jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

4.5 Vývoj koeficientu konverze živin

Během experimentu bylo dosaženo nejlepšího koeficientu konverze živin u skupin H25 (1,42 ± 0,1) a u KON (1,45 ± 0,1). Skupina H50 dosáhla hodnoty 1,6 ± 0,4. U candátů

krmených dietou H100 byla hodnota FCR $2,39 \pm 1,9$, nicméně díky velké odchylce se ani tato skupina statisticky nelišila od ostatních (graf č. 7).



Graf č. 7: Koefficient konverze živin jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

4.6 Chemická analýza vyprodukovaných ryb

Vzorky candátů byly analyzovány na obsah bílkoviny, tuku, sušiny a popeloviny ve svalovině s kůží. U tuku a popeloviny nebyly mezi jednotlivými skupinami pozorovány významné statistické rozdíly. Skupina H50 se lišila od ostatních skupin v sušině. V obsahu bílkovin se od ostatních skupin statisticky lišila skupina H100, jejíž obsah bílkoviny ve svalovině byl nejnižší. Také v obsahu sušiny byly pozorovány statistické rozdíly mezi H50 a ostatními skupinami. Veškeré výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12: Výsledky rozboru bílkoviny, tuku, sušiny a popeloviny jednotlivých testovaných skupin krmných krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*

Typ diety	Obsah bílkovin (g/100 g)	Obsah tuku (%)	Obsah sušiny (%)	Popeloviny (%)
KON	20,32 ± 0,54 ^a	0,73 ± 0,09 ^a	22,24 ± 0,58 ^b	1,56 ± 0,18 ^a
H25	20,55 ± 0,27 ^a	0,83 ± 0,13 ^a	22,25 ± 0,53 ^b	1,65 ± 0,26 ^a
H50	20,41 ± 0,42 ^a	0,88 ± 0,18 ^a	23,21 ± 0,4 ^a	1,73 ± 0,25 ^a
H100	19,97 ± 0,22 ^b	0,77 ± 0,07 ^a	21,86 ± 0,36 ^b	1,64 ± 0,11 ^a

4.7 Vliv diety s různou úrovní hmyzí moučky na somatické indexy chovaných ryb

Somatické indexy byly spočítány z dat, které byly získány při závěrečné pitvě 15 kusů candátů z každé experimentální skupiny.

Nejvyšší hepatosomatický index vykazovala skupina krmná dietou H25, avšak skupina KON se od ní statisticky významně nelišila. Naopak nejnižší HSI byl pozorován u H100, nicméně se statisticky nelišil od skupiny H50 (tabulka č. 13). Také index periviscerálního tuku byl nejvyšší u H25, od které se lišila H50 i H100. Skupina H100 měla opět nejnižší výsledek a statisticky se lišila od ostatních skupin (tabulka č. 14). Splenosomatický index byl naopak nejvyšší u skupiny H100, od které se významně statisticky nelišila pouze skupina H50, což je možné vidět v tabulce č. 15.

Při makroskopickém pozorování slezin candátů nebyl ani u jedné z testovaných skupin zjištěn výskyt lipidózy.

Tabulka č. 13: Hepatosomatické indexy jednotlivých testovaných skupin krmných krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Skupina	Průměrná hmotnost ryb (g)	Průměrná hmotnost jater (g)	HSI (%)
KON	46,2 ± 7,4	0,63 ± 0,16	1,37 ± 0,29 ^{ab}
H25	48,3 ± 9,7	0,72 ± 0,28	1,45 ± 0,31 ^a
H50	45,2 ± 6,6	0,54 ± 0,13	1,19 ± 0,21 ^{bc}
H100	30,5 ± 5	0,3 ± 0,07	0,97 ± 0,19 ^c

Tabulka č. 14: Index periviscerálního tuku jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Skupina	Průměrná hmotnost ryb (g)	Průměrná hmotnost periviscerálního tuku (g)	IPT (%)
KON	46,2 ± 7,4	1,86 ± 0,55	3,97 ± 0,29 ^{ab}
H25	48,3 ± 9,7	2,1 ± 0,47	4,38 ± 0,31 ^a
H50	45,2 ± 6,6	1,65 ± 0,5	3,59 ± 0,21 ^b
H100	30,5 ± 5	0,62 ± 0,19	2,1 ± 0,19 ^c

Tabulka č. 15: Splenosomatické indexy jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Skupina	Průměrná hmotnost ryb (g)	Průměrná hmotnost slezin (g)	SSI (%)
KON	46,2 ± 7,4	0,01 ± 0	0,02 ± 0,01 ^b
H25	48,3 ± 9,7	0,01 ± 0	0,03 ± 0,01 ^b
H50	45,2 ± 6,6	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,03 ^{ab}
H100	30,5 ± 5	0,01 ± 0	0,03 ± 0,01 ^a

4.8 Vliv diety s různou úrovní hmyzí moučky na hematokrit chovaných ryb

Ve stanovení hematokritu (tabulka č. 16) nebyly mezi jednotlivými testovanými typy diet pozorovány významné statistické rozdíly.

Tabulka č. 16: Stanovení hematokritu jednotlivých testovaných skupin krmených krmivem s různým obsahem odtučněné bráněnky *Hermeria illucens*.

Typ diety	Hematokrit
KON	0,51 ± 0,05 ^a
H25	0,46 ± 0,07 ^a
H50	0,53 ± 0,08 ^a
H100	0,52 ± 0,06 ^a

4.9 Ekonomická analýza – celkové krmné náklady, poměr ekonomické konverze, index ekonomického zisku

Po vypočtení nákladů na krmivo bylo zjištěno, že nejdražší je dieta H100 a celkové náklady na krmivo činily 11897 Kč za 360 kg krmiva, které bylo potřeba pro experiment. V poměru ekonomické konverze nebyly pozorovány statistické rozdíly mezi jednotlivými dietami. V indexu ekonomického zisku se skupina H100 statisticky lišila od KON a H25 (tabulka č. 17).

Tabulka č. 17: Cena za kg diet, ECR, EPI a celkové náklady na jednotlivé diety.

Typ diety	Cena za 1 kg (Kč)	ECR (Kč/kg ryby)	EPI (Kč/kg ryby)	Náklady na 90 kg krmiva (Kč)
KON	3,04	4,4 ± 0,2 ^a	248 ± 108 ^a	2733
H25	3,19	4,52 ± 0,2 ^a	295 ± 19 ^a	2871
H50	3,34	5,35 ± 0,85 ^a	163 ± 72 ^{ab}	3009
H100	3,65	8,72 ± 4,84 ^a	66 ± 31 ^b	3284
Celkem				11897

5 Diskuze

Po 63 dnech trvajícím pokusu bylo zjištěno, že 25 i 50% nahrazení rybí moučky částečně odtučněnou moučkou z prepupy bráněnky neovlivnilo délkový ani váhový růst. Avšak 50% substituce vykazovala významné statistické rozdíly od skupin KON a H25 ve specifické rychlosti růstu a při 100% substituci byly pozorovány statistické rozdíly v délkovém růstu a váhovém růstu a také měla nejnižší specifickou rychlost růstu, ve které se lišila od všech ostatních testovaných skupin.

Podobné experimenty, ve kterých byla rybí moučka nahrazena odtučněnou či neodtučněnou moučkou z bráněnky, byly provedeny s různými výsledky i na jiných rybích druzích. Jeden z pokusů byl proveden na pstruhovi duhovém Renna a kol. (2017) a jeho výsledkem bylo, že až 50% nahrazení rybí moučky moučkou z částečně odtučněné prepupy bráněnky neovlivnilo přežití ani váhový růst. Avšak studie St-Hilaire a kol. (2007) na pstruhovi duhovém, v které byla použita neodtučněná moučka z prepupy bráněnky, přinesla odlišné výsledky. Už při 25% substituci rybí moučky bylo pozorováno zvýšení koeficientu konverze krmiva a pokles váhových přírůstků.

Další studií, ve které byla využita odtučněná moučka z prepupy bráněnky zpracoval Kroeckel a kol. (2012) a byla provedena u juvenilní pakambaly velké. V tomto 56 dní trvajícím pokusu nebylo dietami ovlivněno přežití, ale ryby krmené kontrolní dietou měly významně vyšší konečnou hmotnost než pakambaly krmené dietou s přidavkem hmyzí moučky. Nicméně koeficient konverze krmiva byl stejný pro kontrolu, 17% i 33% nahrazení rybí moučky. U mořčáka evropského nebyl růst ani využití krmiva ovlivněno dietami, ve kterých byla rybí moučka až z 45 % nahrazena moučkou z odtučněné bráněnky (Magalhães a kol., 2017) a u lososa atlantského mohlo být bez vlivu na růst nahrazeno 50 % rybí moučky neodtučněnou prepupou bráněnky, nicméně při 100% substituci byla konečná hmotnost ryb výrazně nižší než u kontroly, což ale bylo dáno tím, že počáteční hmotnost těchto ryb krmených touto dietou byla nižší a váhový přírůstek byl stejný jako u kontroly. Studie Muina a kol. (2017) zkoumala různé koncentrace neodtučněné moučky z larvy bráněnky u tlamouna nilského. V experimentu neměly diety vliv na přežití ryb. Nejlépe se překvapivě jevila skupina krmená dietou s 50% substitucí rybí moučky, jelikož vykazovala nejvyšší přírůstky a také nejvyšší specifickou rychlost růstu ($2,43 \pm 0,04$ %), což se liší od výsledků našeho testu, ve kterém vykazovaly nejvyšší specifickou rychlost růstu skupiny KON a H25, při vyšším nahrazení už byly pozorovány významné statistické rozdíly.

Další pokus s odtučněnou moučkou z larvy bráněnky uskutečnil Li a kol. (2016) na kaprovi Jian. Jeho výsledkem bylo zjištění, že pro tento druh ryby je možné nahradit až 100 % rybí moučky bez toho, aby byly pozorovány významné rozdíly v konečné hmotnosti, specifické rychlosti růstu a příjmu krmiva.

Při krmení pstruha duhového, nebyly pozorovány významné statistické rozdíly mezi kontrolou a 50% substitucí v obsahu proteinu a popelovin (St-Hilaire a kol., 2007), což je v souladu s našimi výsledky. Avšak obsah tuku se od kontroly lišil už při 25% substituci rybí moučky (St-Hilaire a kol., 2007), zatímco u candátů v našem experimentu nebyly pozorovány rozdíly ani při 100% nahrazení. Statistické rozdíly v sušině celé ryby u tlamouna nebyly pozorovány ani při maximální testované substituci (100 %) (Muin a kol., 2017), v našem pokusu měla skupina H50 nejvyšší obsah sušiny a statisticky se lišila od ostatních typů diet.

Li a kol. (2016) nepozorovali u kapra Jian rozdíly v hepatosomatickém indexu a ani v indexu periviscerálního tuku mezi kontrolou a substitucemi (až 100 %), u námi zkoumaných candátů se rozdíly mezi jednotlivými skupinami objevily (tabulka č. 13, tabulka č. 14). Zato koeficient konverze krmiva se ani v jednom z těchto pokusů nelišil ani při 100% substituci.

Fultonův koeficient se u pakambaly lišil mezi kontrolou a substitucemi, které nahrazovaly 49 % a více rybí moučky (Kroeckel a kol., 2012), na druhou stranu v našem testu, stejně jako u kapra Jian (Li a kol., 2016) nebyl tento parametr ovlivněn ani při 100% nahrazení rybí moučky.

Zmíněné studie ukazují, že každý druh ryby reaguje na nahrazení rybí moučky moučkou z bráněnky jiným způsobem a substituce rybí moučky, při které nejsou pozorovány významné statistické rozdíly ve váhovém růstu, se pro jednotlivé rybí druhy výrazně liší. Například u lososa atlantského mohlo být nahrazeno i 100 % rybí moučky, aniž by byly pozorovány rozdíly v přírůstcích (Lock a kol., 2014), na druhou stranu juvenilní pakambala reagovala sníženým růstem už při 17% substituci (Kroeckel a kol., 2012). Proto je potřeba pokračovat v dalších experimentech a pokusit se najít vhodné substituce pro jednotlivé druhy. Dále je třeba intenzivně testovat i další druhy hmyzu, jako nejvhodnější se jeví cvrček domácí, moucha domácí, bourec morušový či potěmník moučný. Stejně tak by bylo vhodné inovovat a testovat nové metody zpracování hmyzí moučky a zkoušet různé substráty, na kterých může být hmyz chován. Navíc je možné uvažovat o chování hmyzu přímo na farmách.

Studie s použitím bráněnky v krmivu se zatím nevěnovaly některým parametrům, které byly zkoumány v našem experimentu. Jedná se o hematokrit, ekonomickou analýzu, míru heterogenity obsádky a splenosomatický index. Také celková délka těla a délka těla není prezentována a hodnotí se hlavně váhové přírůstky. Proto není možné porovnat naše výsledky v těchto parametrech. Ostatní studie se naopak věnovaly kompozici mastných kyselin (Li a kol., 2016), aktivitě trávicích enzymů (Magalhães a kol., 2017) či degradaci chitinu (Kroeckel a kol., 2012).

Ani u jedné z prezentovaných studie nebyl pozorován vliv moučky z bráněnky na přežití, což se v našem pokusu bohužel nepovedlo potvrdit. Přežití do 42. dne odchovu skutečně nebylo výrazně ovlivněno žádným typem diety, avšak mezi 42. a 63. dnem odchovu došlo k vysokým ztrátám ve dvou ze tří nádrží krmených dietou H100 vlivem bakteriální infekce. Tato komplikace způsobila, že nebylo možné tento parametr objektivně hodnotit i po 63. dni odchovu u skupiny H100. U dvou ostatních testovaných skupin (H25 a H50) však k těmto ztrátám nedošlo a je u nich možné tvrdit, že přežití candátů v těchto skupinách se významně statisticky nelišilo od kontroly. I z tohoto důvodu se bude experiment opakovat.

6 Závěr

Na základě našich výsledků můžeme konstatovat, že až 50% nahrazení rybí moučky moučkou z částečně odtučněné prepupy bráněnky neprokázalo významné statistické rozdíly v délkovém a hmotnostním růstu ve srovnání s kontrolou, která hmyzí moučku neobsahovala. Nicméně skupina H50 se ve specifické rychlosti růstu statisticky lišila od H25 a KON. Při 100% substituci rybí moučky hmyzí moučkou byly pozorovány statistické rozdíly v celkové délce i hmotnosti těla.

Po 42. dni došlo k vyšším úhynům ve 2 ze 3 nádrží s typem diety H100 z důvodu bakteriální infekce, proto je nemožné vyhodnotit vliv diety na přežití této skupiny. Ale u ostatních experimentálních skupin neměly rozdílné diety vliv na přežití. Všechny testované skupiny se mezi sebou na konci pokusu statisticky nelišily v míře heterogenity obsádky, Fultonově koeficientu, hematokritu, koeficientu konverze krmiva, obsahu tuku, popelovin a ekonomickém zhodnocení diet. Rozdíly byly pozorovány ve specifické rychlosti růstu, obsahu bílkoviny ve svalovině, sušině, somatických indexech a indexu ekonomického profitu.

Z práce vyplývá, že krmení candátů krmivem, ve kterém je 25 % rybí moučky nahrazeno moučkou z částečně odtučněné prepupy bráněnky se jeví jako vhodné, jelikož tato varianta vykazovala velmi podobné výsledky jako kontrolní dieta bez obsahu hmyzí moučky. V budoucnu by bylo dobré zkoumat substituci mezi 25 a 50 % s cílem najít maximální možnou náhradu rybí moučky moučkou hmyzí bez ovlivnění růstu. Do budoucna se prepupa bráněnky jeví jako vhodný zdroj k nahrazení rybí moučky. S dalším rozvojem chovu hmyzu za tímto účelem se zvýší jeho dostupnost a naopak sníží cena, tudíž můžeme očekávat opačný trend než u rybí moučky. Je však nutné věnovat se dalším pokusům a zjistit, pro které druhy ryb a v jakém množství je bráněnka jako přídavek do krmiva vhodná.

7 Přehled použité literatury

- AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists; 2003.
- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Polícar, T., Masojídek, J., Kozák, P., 2012. Aquaculture in the Czech Republic in 2012: Modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquaculture Europe* 37: 5–14.
- Adewolu, M.A., Ikenweawe, N.B., Mulero, S.M., 2010. Evaluation of an animal protein mixture as a replacement for fishmeal in practical diets for fingerlings of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Israel. J. Aquacult.* – Bamidgah 62, 237–244.
- Aguilar-Miranda, E.D., López, M.G., Escamilla-Santana, C., Barbadela Rosa, A.P., 2002. Characteristic sofmaize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *J. Agric. Food Chem.* 50, 192–195.
- Achionye-Nzeh, C.G., Ngwudo, O.S., 2003. Growth response of *Clarias anguillaris* fingerlings fed larvae of *Musca domestica* and soya bean diet in the laboratory. *Biosci. Res. Commun.* 15, 221–223.
- Ajani, E.K., Nwanna, L.C., Musa, B.O., 2004. Replacement of fishmeal with maggot meal in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *World Aquac.* 35, 52–54.
- Akiyama, T., Murai, T., Hirasawa, Y., Nose, T., 1984. Supplementation of various meals to fishmeal diet for chum salmon fry. *Aquaculture* 37, 217–222.
- Aksnes, A., Mundheim, H., Toppe, J., Albrektsen, S., 2008. The effect of dietary hydroxyproline supplementation on salmon (*Salmo salar* L.) fed high plant protein diets. *Aquaculture* 275, 242–249.
- Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O.O., Otubu, K., Jimoh, W., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquac. Res.* 43, 412–420.

- Aniebo, A.O., Erundu, E.S., Owen, O.J., 2009. Replacement of fishmeal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. Rev. Cient. UDO Agric. 9, 666–671.
- Balogun, B.I., (Ph.D.) 2011, June. Growth Performance and Feed Utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) Fed Different Dietary Levels of Soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) Seed Meal and Sun-dried Locust Meal (*Schistocerca gregaria*). Dept Biological Sciences, Faculty of Science, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- Banjo, A.D., Lawal, O.A., Songonuga, E.A., 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 5, 298–301.
- Barker, D., Fitzpatrick, M.P., Dierenfeld, E.S., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. Zoo Biol. 17, 123–134.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Bañ, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture 422-423, 193–201.
- Barry, T., (Ph.D. dissertation) 2004. Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes With the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). University of Texas, 176 pp.
- Baruš, V., Oliva, O., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Libosvářský, J., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Ráb, P., Špinar, Z., Švátora, M., Vostradovský, J., 1995. Míhulovci *Petromyzontes* a ryby *Osteichthyes*. Nakladatelství akademie věd České republiky, Praha, č. 1, 398-401.
- Bastl, I., 1969. Spawning of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)) in bottom nest in conditions of the Orava reservoir (Northern Slovakia). Práce Labor. Rybářstva SAV, 2: 159-184.
- Bastl, I., 1978. Raný vývoj zubáča obyčajného - *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758) v podmienkach Oravskej údolnej nádrže. Biolog. práce Labor. Rybářstva SAV, 24 (3): 99-181.

- Begun, N.N., Chakraborty, S.C., Zaher, M., Abdul, M.M., Gupta, M.V., 1994. Replacement of fishmeal by low cost animal protein as a quality fish feed ingredients for the Indian major carp, *Labeo rohita*, fingerlings. *J. Sci. Food Agric.* 64, 191–197.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Paoletti, M., Ricci, A., 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 12, 296–313.
- Bondari, K., Sheppard, D.C., 1981. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture* 24, 103–109.
- Bondari, K., Sheppard, D.C., 1987. Soldierfly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquacult. Fish. Manage.* 18, 209–220.
- Boonyaratpalin, M., 1997. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. *Aquaculture* 151, 283–313.
- Borthakur, S., Sarma, K., 1998. Protein and fat digestibility of some non-conventional fishmeal replacers incorporated in the diets of fish *Clarias batrachus* (Linn.). *Environ. Ecol.* 16, 368–371.
- Boscolo, W.R., Hayashi, C., Meurer, F., 2001. Fish, meat and bone, poultry by-products and silkworm meals as attractive in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Rev. Bras. Zootec.* 30, 1397–1402.
- Bowyer, J.N., Qin, J.G., Stone, D.A., 2013. Protein, lipid and energy requirements of cultured marine fish in cold, temperate and warm water. *Rev. Aquac.* 5, 10–32.
- Briggs, M.H., 1962. Some aspects of the metabolism of ascorbic acid in insects. *Comp. Biochem. Physiol.* 5, 241–252.
- Calvert, C.C., Martin, R.D., Morgan, N.O., 1969. Housefly pupae as food for poultry. *J. Econ. Entomol.* 62, 938–939.
- Clark, E.W., Ball, G.H., 1952. The free amino acids in the whole bodies of culicid mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 1, 339–346.

- Cowey, C.B., 1994. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture* 124, 1–11.
- Cowey, C.B., Sargent, J.R., 1979. Nutrition. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), *Fish Physiol.* Academic Press, New York, pp. 1–69.
- Dabrowski, K., Arslan, M., Terjesen, B.F., Zhang, Y., 2007. The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish? *Aquaculture* 268, 136–142.
- DeFoliart, G., 1991. Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. *Food Insects Newsl.* 4, 1–4.
- DeFoliart, G., 1992. Insects as human food. *Crop Prot.* 11, 395–399.
- Dheke, S., Gubhaju, R.S., 2013. Growth response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on substitution of shrimp meal by different protein sources. *Nepalese J. Zool.* 1, 24–29.
- Diclaro II, J.W., Kaufman, P.E., 2009. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (*Insecta: Diptera: Stratiomyidae*). EENY-461, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida
- .
- Diener, S., Zurbrügg, C., Roa Gutiérrez, F., Nguyen Dang Hong, M.A., Koottatep, T., Tockner, K., 2011. Black soldier fly larvae for organic wastetreatment—prospects and constraints. *WasteSafe 2011 – 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 13–15 February, Khulna, Bangladesh, pp. 52–59.
- Dong, G.F., Yang, Y.O., Song, X.M., Yu, L., Zhao, T.T., Huang, G.L., Hu, Z.J., Zhang, J.L., 2013. Comparative effects of dietary supplementation with maggot meal and soybean meal in gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and dark barbel catfish (*Pelteobagrus vachelli*): Growth performance and antioxidant responses. *Aquac. Nutr.* 19, 543–554.
- Ebenso, I.E., Udo, M.T., 2003. Effect of live maggot on growth of the Nile perch, *Oreochromis niloticus* (*Cichlidae*) in South Eastern Nigeria. *Glob. J. Agric. Sci.* 2, 72–73.

- Erickson, M.C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., Doyle, M.P., 2004. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Prot.* 67, 685–690.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2018. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Dostupné z: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-producton/query/en>, (navštíveno 10.4.2018).
- Fasakin, E.A., Balogun, A.M., Ajayi, O.O., 2003. Evaluation of full-fat and defatted maggotmeals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquac. Res.* 34, 733–738.
- Fines, B.C., Holt, G.J., 2010. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 303, 34–39.
- Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.* 21, 269–285.
- Finke, M.D., 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol.* 26, 105–115.
- Fontaine, P., 2009. Development of European inland fish culture and domestication of new species. *Cah. Agric.* 18 (2–3): 144–147.
- Frimodt, C., 1995. Multilingual Illustrated Guide to the World's Commercial Warmwater Fish. Osney Mead, Oxford, England.
- Frisk, M., Skov, P., Steffensen, J., 2012. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. *Aquaculture* 324: 151–157.
- Gasco, L., Belforti, M., Rotolo, L., Lussiana, C., Parisi, G., Terova, G., Roncarati, A., Gai, F., 2014a. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vantomme, P., Munke, C., van Huis, A. (Eds.), 1st International Conference “Insects to Feed the World”. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, p.69.

- Gasco, L., Gai, F., Piccolo, G., Rotolo, L., Lussiana, C., Molla, P., Chatzifotis, S., 2014b. Substitution of fishmeal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles. Vantomme, P., Munke, C., vanHuis, A. (Eds.), 1st International Conference “Insects to Feed the World”. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, p.70.
- Habib, M.A.B., Hasan, M.R., Akand, A.M., Siddiqua, A., 1994. Evaluation of silkworm pupae meal as a dietary protein source for *Clarias batrachus* fingerlings. *Aquaculture* 124, 62.
- Hall, G.M., 1992. Fish processing technology. Ockerman, H.W. (Ed.), *Fishery Byproducts*. VCH Publishers, New York, USA, pp. 155–192.
- Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky. Český svaz ochránců přírody Vlašim, 1. vydání, 350-351.
- Hardouin, J., Mahoux, G., 2003. Zootechnie d’insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l’homme et de certains animaux. Bureau pour l’Echange et la Distribution de l’Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p.
- Hasan, M.R., 2001. Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E., Arthur, J.R. (Eds.), *Aquaculture in the Third Millennium*. NACA, Bangkok/FAO, Rome/Bangkok, Thailand, pp. 193–219.
- He, X., Jia, L., Li, Z., Yang, Y., 1990. Nutrient requirements of juvenile allogynogenetic crucian carp, *Carassius auratus gibelio*. Ryans, R.C. (Ed.), *Fish Physiology, Fish Toxicology and Fisheries Management*. Athens, Georgia, pp.73–87.
- Helland, S.I.J., Grisdale-Helland, B., 2006. Replacement of fishmeal with wheat glutenin diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): effect on whole-body amino acid concentrations. *Aquaculture* 261, 1363–1370.
- Henry, M., Fountoulaki, E., 2014. Optimal dietary protein/lipid ratio for improved immune status of a newly cultivated Mediterranean fish species, the shi drum *Umbrina cirrosa*, L. *Fish Shellfish Immunol.* 37, 215–219.

- Heuzé, V., Tran, G., 2013. Locust Meal, Locusts, Grasshoppers and Crickets. Feedipedia.org, INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
- Heuzé, V., Tran, G., Giger-Reverdin, S., Lebas, F., 2014. Silkworm Pupae Meal. Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ, FAO.
- Hoffman, J., Johansen, A., Steiro, K., Gildberg, A., Stenberg, E., Bøggwald, J., 1997. Chitooligosaccharides stimulate Atlantic salmon, *Salmo salar* L., headkidney leukocytes to enhanced superoxideanion production in vitro. *Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol.* 118, 105–115.
- Hossain, M.A., Islam, M.N., Alim, M.A., 1991. Evaluation of Silkworm Pupae Meal as Dietary Protein Source for Catfish (*Heteropneustes fossilis* Bloch), Fish Nutrition in Practice: 4th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Biarritz, France.
- Hossain, M.A., Nahar, N., Kamal, M., 1997. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for rohu (*Labeo rohita*). *Aquaculture* 151, 37–45.
- Hossain, M.A., Nahar, N., Kamal, M., Islam, M.N., 1992. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *J. Aquacult. Trop.* 7, 257–265.
- Idowu, A.B., Amusan, A.A.S., Oyediran, A.G., 2003. The response of *Clarias gariepinus* fingerlings (Burchell 1822) to the diet containing Housefly maggot (*Musca domestica*) (L.). *Niger. J. Anim. Prod.* 30, 139–144.
- Jayaram, M.G., Shetty, H.P.C., Udupa, K.S., 1980. Organoleptic evaluation of flesh of carps fed on different kinds of feeds. *Mysore J. Agric. Sci.* 14, 421–424.
- Jeuniaux, C., 1993. Chitinolytic systems in the digestive tract of vertebrates: a review. Muzzarelli, R.A.A. (Ed.), *Chitin Enzymology*. European Chitin Society, Ancona, Italy, pp. 233–244.
- Jeyachandran, P., Raj, S.P., 1976. Experiments with artificial feeds on *Cyprinus carpio* fingerlings. *J. Inland Fish. Soc. India* 8, 33–37.

- Ji, H., Zhang, J.L., Huang, J.Q., Cheng, X.F., Liu, C., 2013. Effect of replacement of dietary fishmeal with silkworm pupae meal on growth performance, body composition, intestinal protease activity and health status in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var Jian). *Aquac. Res.*, 1–13.
- Ji, W., Wang, Y., Tang, J., 2010. Apparent digestibility coefficients of selected feedingredients for Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) reared in sea water. *J. Fish. China* 34, 101–107.
- Jintasatapom, O., Chumkam, S., Jintasatapom, O., 2011. Substitution of silkworm pupae (*Bombyx mori*) for fishmeal in broodstock diets for snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*). *J. Agric. Sci. Technol.* A1, 1341–1344.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J., Toko, I.I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264: 197–204.
- Kim, Y.K., 1974. Determination of true digestibility of dietary proteins in carp with Cr₂O₃ containing-diet. *Nippon Suisan Gakk.* 40, 651–653.
- Kousoulaki, K., Albrektsen, S., Langmyhr, E., Olsen, H.J., Campbell, P., Aksnes, A., 2009. The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture* 289, 74–83.
- Kratochvíl, M., 2012. Výlov tržních ryb u členů RS v roce 2011 a užití produkce ryb v ČR v letech 1990–2011. *Rybářské sdružení České republiky, České Budějovice*: 31 s.
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C., 2012. When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupa meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fishmeal substitute – growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364–365, 345–352.
- Leclercq, M., 1997. A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Soldier fly) (*Diptera Stratiomyidae: Hermetiinae*). *Bull. Annl. Soc. Belge. Ent.* 133, 275–282.
- Lee, J., Choi, I.C., Kim, K.T., Cho, S.H., Yoo, J.Y., 2012. Response of dietary substitution of fishmeal with various protein sources on growth, body composition and blood chemistry

of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*, Temminck&Schlegel, 1846). *Fish Physiol. Biochem.* 38, 735–744.

Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., & Yu, H., 2016. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, 465, 43-52.

Lin, S., Mao, S., Guan, Y., Lin, X., Luo, L., 2012. Dietary administration of chitooligosaccharides to enhance growth, innate immune response and disease resistance of *Trachinotus ovatus*. *Fish Shellfish Immunol.* 32, 909–913.

Lindsay, G.J.H., Walton, M.J., Adron, J.W., Fletcher, T.C., Cho, C.Y., Cowey, C.B., 1984. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. *Aquaculture* 38,315–334.

Lock, E.-J., Arsiwalla, T., Waagbo, R., 2014. Insect meal: a promising source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmon salar*). Vantomme, P., Munke, C., van Huis, A. (Eds.), 1st International Conference “Insects to Feed the World”. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, p. 67.

Longvah, T., Mangthya, K., Ramulu, P., 2011. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem.* 128, 400–403.

Lovell, T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Lund, I., Steinfeldt, S.J., 2011. The effects of dietary long-chain essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Nutrition* 17: 191–199.

Lusk, S., Heteša, J., Hochman, L., Král, K., 1983. Účelové rybí obsádky v údolních nádržích. Hydroprojekt Brno, Vývoj č. 6, 110 pp.

Madu, C.T., Ufodike, E.B.C., 2003. Growth and survival of catfish (*Clarias anguillaris*) juveniles fed live tilapia and maggot as unconventional diets. *J. Aquat. Sci.* 18, 47–51.

- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R. S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., Peres, H., 2017. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 476, 79-85.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuze, V., Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197 (0), 1–33.
- Miller, B.F., Shaw, J.H., 1969. Digestion of poultry manure by *Diptera*. *Poult. Sci.* 48, 1844–1845 (abstract).
- Ming, J., Ye, J., Zhang, Y., Yang, X., Wu, C., Shao, X., Liu, P., 2013. The influence of maggot meal and l-carnitine on growth, immunity, antioxidant indices and disease resistance of black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *J. Chin. Cereals Oils Assoc.* 28, 80–86.
- Muin, H., Taufek, N. M., Kamarudin, M. S., & Razak, S. A., 2017. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 567-577.
- Müller-Belecke, A., Zienert, S., 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research* 39: 1279–1285.
- Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Manissery, J.K., 1999. Silkworm pupa oil and sardine oil as an additional energy source in the diet of common carp, *Cyprinus carpio*. *Asian Fish. Sci.* 12, 207–215.
- Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Varghese, T.J., Keshavanath, P., 2000. Growth response and flesh quality of common carp, *Cyprinus carpio* fed with high levels of non-defatted silkworm pupae. *Asian Fish. Sci.* 13 ,235–242.
- Nandeesh, M.C., Srikantha, G.K., Keshavanatha, P., Varghese, T.J., Basavarajaa, N., Dasa, S.K., 1990. Effects of non-defatted silkworm-pupae in diets on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*. *Biol. Waste* 33, 17–23.
- New, M.B., Wijkstroem, U.N., 2002. Use of Fishmeal and Fish Oil in Aquafeeds: Further Thoughts on the Fishmeal Trap. *FAO Fisheries Circular No. 975*.

- Newton, G.L., Sheppard, D.C., Burtle, G., 2008. Black Soldier Fly Prepupae: A Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil. Public Comment on Alternative Feeds for Aquaculture, NOAA 15/11//2007–29/2/2008.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., Dove, R., 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University.
- Ng, W.-K., Liew, F.-L., Ang, L.-P., Wong, K.-W., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquac. Res.* 32, 273–280.
- Nguyen, T.N., Davis, D.A., Saoud, I.P., 2009. Evaluation of alternative protein source source place fishmeal in practical diets for juvenile tilapia *Oreochromis* spp. *J. World Aquacult. Soc.* 40, 113–121.
- NRC, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Nsofor, C.J., Osayamwen, E.M., Ewuim, S.C., Etaga, H.O., 2008. Effects of varying levels of maggot and fishmeal on food utilization and growth of *Clarias gariepinus* fingerlings reared in methopasin concrete ponds. *Nat. Appl. Sci. J.* 9, 79–84.
- Ogunji, J.O., Kloas, W., Wirth, M., Neumann, N., Pietsch, C., 2008a. Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 511–518.
- Ogunji, J.O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., Rennert, B., 2008b. Housefly maggotmeal (magmeal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Asian Fish. Sci.* 21, 319–331.

- Ogunji, J.O., Nimptsch, J., Wiegand, C., Schulz, C., 2007. Evaluation of the influence of housefly maggotmeal (magmeal) diets on catalase, glutathione S-transferase and glycogen concentration in the liver of *Oreochromis niloticus* fingerling. *Comp. Biochem. Physiol. A* 147, 942–947.
- Ogunji, J.O., Pagel, T., Schulz, C., Kloas, W., 2009. Apparent digestibility coefficient of housefly maggot meal (magmeal) for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and carp (*Cyprinus carpio*). *Asian Fish. Sci.* 22, 1095–1105.
- Oliva-Teles, A., 2000. Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquac. Int.* 8, 477–492.
- Oliva-Teles, A., 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *J. Fish Dis.* 35, 83–108.
- Omoyinmi, G.A.K., Olaoye, O.J., 2012. Growth performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed diets containing different sources of animal protein. *Lybian Agric. Res. Center J. Int.* 3, 18–23.
- Ossey, Y.B., Koumi, A.R., Koffi, K.M., Atse, B.C., Kouame, L.P., 2012. Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *J. Anim. Plant Sci.* 15, 2099–2108.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Kwasek, K., Verri, T., Kamaszewski, M., Sliwinski, J., Napora-Rutkowski, L., 2011. Effects of various diet formulations (experimental and commercial) on the morphology of the liver and intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquac. Res.* 42, 1796–1806.
- Oyelese, O.A., 2007. Utilization of compounded ration and maggot in the diet of *Clarias gariepinus*. *Res. J. Appl. Sci.* 2, 301–306.
- Pant, R., Agrawal, H.C., 1964. Free amino acids of the haemolymph of some insects. *J. Insect Physiol.* 10, 443–446.
- Philipsen, A., 2008. Excellence Fish: production of pikeperch in recirculating system. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), *Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production*, Universitaires de Namur, Belgium, p. 67.

- Piccolo, G., Marono, S., Gasco, L., Iannaccone, F., Bovera, F., Nizza, A., 2014. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for Gilthead seabream *Sparus aurata* juveniles. Vantomme, P., Munke, C., vanHuis, A. (Eds.), 1st International Conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, p.68.
- Pinto, W., Ronnestad, I., Dinis, M.T., Aragao, C., 2013. Taurine and fish development: insights for the aquaculture industry. In: El Idrissi, A., L'Amoreaux, W.J. (Eds.), Adv. Exp. Med. Biol., 329–334.
- Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Edice Metodík (Technologická řada), FROV JČU, č. 110, 33 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., Blaha, M., 2013a. Combination of intensive (RAS) and extensive (pond) aquaculture for juvenile production in pikeperch (*Sander lucioperca*). Poleksic, V. (Ed.), Water & Fish, Conference proceedings from VI International conference „Water and Fish“, Belgrade-Zemun, Serbia, pp. 88–91.
- Polícar, T., Křišťan J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Polícar, T., Stejskal, V., Křišťan, J., Podhorec, P., Švinger, V., Bláha, M., 2013b. The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. Aquaculture International 21 (4): 869-882.
- Rahman, M.A., Zaher, M., Mazid, M.A., Haque, M.Z., Mahata, S.C., 1996. Replacement of costly fishmeal by silkworm pupae in diet of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.). Pak. J. Sci. Ind. Res. 39, 64–67.
- Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. Aquaculture 155, 103–115.
- Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzalez, E., RochaHernandez, A., Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol. 95, 214–220.

- Rangacharyulu, P.V., Giri, S.S., Paul, B.N., Yashoda, K.P., Rao, R.J., Mahendrakar, N.S., Mohanty, S.N., Mukhopadhyay, P.K., 2003. Utilization of fermented silkworm pupae silage in feed for carps. *Bioresour. Technol.* 86, 29–32.
- Regulation 2017/893/EC, 2017. COMMISSION REGULATION (EU) 2017/893 of 24 May 2017 Amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EC) No 142/2011 as Regards the Provisions on Proc. *Off. J. Eur. Union* 60, 92-116.
- Renna, M.; Schiavone, A.; Gai, F.; Dabbou, S.; Lussiana, C.; Malfatto, V.; Prearo, M.; Capucchio, M.T.; Biasato, I.; Biasibetti, E., 2017. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss walbaum*) diets. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4170.
- Riddick, E.W., 2014. Insect protein as partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. Morales-Ramos, J., Rojas, G., Shapiro-Ilan, D.I. (Eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms. Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 565–582.
- Robin, J.H., Skalli, A., 2007. Incorporation of dietary fatty acid in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) – a methodological approach evidencing losses of highly unsaturated fatty acids. *Aquaculture* 263,227–237.
- Roncarati, A., Gasco, L., Parisi, G., Terova, G., 2014a. Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed insect meal diets. Vantomme, P., Munke, C., vanHuis, A. (Eds.), 1st International Conference “Insects to Feed the World”. Ede-Wageningen, The Netherlands, p.162.
- Roncarati, A., Mordenti, O., Stocchi, L., Melotti, P., 2014b. Comparison of growth performance of common catfish *Ameiurus melas*, Rafinesque 1820, reared in pond and in recirculating aquaculture system. *J. Aquac. Res. Dev.* 5, 218.
- Ronyai, A., 2007. Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research* 38: 1144–1151.

- Rumpold, B.A., Schluter, O.K., 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 17, 1–11.
- Rust, M.B., 2002. Nutritional physiology. Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. The Academic Press, New York, USA, pp. 368–446.
- Sales, J., Janssens, G.P.J., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquat. Living Resour.* 16, 533–540.
- Sanchez-Muros, M.-J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro, F., 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Clean. Prod.* 65, 16–27.
- Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., Estevez, A., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177, 191–199.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press, USA, pp. 181–257.
- Sawhney, S., 2014. Effect of partial substitution of expensive ingredient i.e. fishmeal on the growth of *Tor putitora* fed practical diets. *J.Int. Acad. Res. Multidiscipl.* 2 (7), 482–489.
- Sealey, W.M., Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Tomberlin, J.K., McGuire, M.A., Ross, C., St-Hilaire, S., 2011. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *J. World Aquacult. Soc.* 42, 34–45.
- Seiliez, I., Panserat, S., Corraze, G., Kaushik, S., Bergot, P., 2003. Cloning and nutritional regulation of a 6-desaturase-like enzyme in the marine teleost gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Comp. Biochem. Physiol. B: Comp. Biochem.* 135, 449–460.
- Se-Kwon, K., Niranjan, R., 2005. Enzymatic production and biological activities of chitosan oligosaccharides (COS): a review. *Carbohydr. Polym.* 62, 357–368.
- Sheppard, C., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S., 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresour. Technol.* 50, 275–279.
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Sumner, S.M., 2002. Rearing methods for the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*). *J. Med. Entomol.* 39, 695–698.

- Shiau, S.-Y., Yu, Y.-P., 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia *Oreochromis niloticus*×*O. aureus*. *Aquaculture* 179, 439–446.
- Schabel, H.G., 2010. Forests insects as food: a global review. In: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. (Eds.), *Forests Insects as food: Humans Bite Back*. FAO, Bangkok, Thailand, pp. 37–64.
- Schram, E. 2008. Production costs of perch and pikeperch juveniles. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), *Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production*, Universitaires de Namur, Belgium, pp. 75–79.
- Sogbesan, A.O., Ajuonu, N., Musa, B.O., Adewole, A.M., 2006. Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as animal dietary protein source for *Heteroclaris* in outdoor concrete tanks. *World J. Agric. Sci.* 2, 394–402.
- Sowa, S.M., Keeley, L.L., 1996. Free amino acids in the hemolymph of the cockroach, *Blaberus discoidalis*. *Comp. Biochem. Physiol. – Physiol.* 113, 131–134.
- Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S., 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agric.*, 97: 2594-2600.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W., Sealey, W., 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. World Aquacult. Soc.* 38, 59–67.
- Svobodová, Z., Pravda D., Paláčková J., 1991. Unified methods of haematological examination of fish. Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Vodňany, Methods No. 20, 31 pp.
- Szczepkowski, M., Zakes, Z., Szczepkowska, B., Piotrowska, I., 2011. Effect of size sorting on survival, growth and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) larvae during intensive culture in RAS. *Czech Journal of Animal Science* 56 (11): 483–489.

- Šusta, J., 1884. Výživa kapra a jeho družiny rybníčné. Nezměněný otisk k vydání z r. 1884, vydaný Čs. Akad. zemědělství (1937), s poznámkami B. Dvořáka a K. Schäferny, 224 pp.
- Teugels, G.G., 1986. A Systematic Revision of the African Species of the Genus *Clarias* (*Pisces; Clariidae*).
- Tiu, L.G., 2012. Enhancing sustainability of freshwater prawn production in Ohio. Ohio State Univ. South Cent. Newsl. Fall 11, 4.
- Tocher, D., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in Teleost fish. *Rev. Fish. Sci.* 11, 107–184.
- Tocher, D.R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquac. Res.* 41, 717–732.
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine Fishes of the Genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*, London, UK.
- Turner, J.L., 1966. Distribution and food habits of ictalurid fishes in the Sacramento-San Joaquin Delta. In: Turner, J.L., Kelly, D.W. (Eds.), *Ecological Studies of the Sacramento-San Joaquin Delta. Part II Fishes of the Delta*. Fishery Bulletin, pp. 130–143.
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P., 2013. *Edible Insects – Future Prospects for Food and Feed Security*. FAO Forestry Paper 171.
- Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, 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. Rapport 638 – Wageningen Livestock Research, Available at: [http://www.wageningenur.nl/upload mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6234247%5B1%5D](http://www.wageningenur.nl/upload/mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6234247%5B1%5D)
- Wang, N., Xu, X.L., Kestemont, P., 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture* 289: 70–73.

- Wedekind, H., 2008. German experiences with the intensive culture of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Percid Fish Culture -- From Research to Production, Proceeding of abstracts and short communications of the workshop, Namur, Belgium, pp. 68–70.
- Wei, M.C., Liu, G.Q., 2001. The research and exploitation of insect protein. J. Centr. South Forest. Univ. 21, 86–90.
- Whitton, P.S., Nicholson, R.A., Bell, M.F., Strang, R.H.C., 1995. Biosynthesis of taurine in tissues of locust (*Schistocerca gregaria*) and the effect of physiological and toxicological stresses on biosynthetic rate of this amino acid. Insect Biochem. Mol. Biol. 25, 83–87.
- Whitton, P.S., Strang, R.H.C., Nicholson, R.A., 1987. The distribution of taurine in the tissues of some species of insects. Insect Biochem. 17, 573–577.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Pickova, J., 2013. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. Aquaculture 400–401, 111–119.
- Zakes, Z., 2007. Out-of-season spawning of cultured pikeperch *Sander lucioperca* (L.). Aquaculture Research 38: 1419–1427.
- Zakes, Z., Kowalska, A., Czerniak, S., Demska-Zakes, K., 2006. Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). Czech Journal of Animal Science 51: 85–91.
- Zakes, Z., Szczepkowski, M., 2004. Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). Aquaculture International 12: 11–18.

8 Abstrakt

Krmný pokus byl proveden za účelem posouzení účinku částečně odtučněné moučky z prepupy bráněnky jako náhrady rybí moučky v krmivu pro candáta obecného (*Sander lucioperca*). Dieta s rybí moučkou, která v tomto krmivu pokrývala 30 % celkového proteinu, byla použita jako kontrola (KON). Tři ostatní diety obsahovaly 7,5 %, 15 % a 30 % hmyzí moučky, respektive z 25 % (H25), 50 % (H50) a 100 % (H100) nahrazovaly rybí moučku. Každá experimentální skupina byla testována ve třech opakováních a pokus trval 63 dní.

U testovaných skupin H25 a H50 nebyly na konci pokusu pozorovány významné statistické rozdíly v délkovém ani v hmotnostním růstu ve srovnání s KON. Všechny testované skupiny se mezi sebou na konci pokusu statisticky nelišily v míře heterogenity obsádky, Fultonově koeficientu, hematokritu, koeficientu konverze krmiva, obsahu tuku a popelovin ve svalovině a ekonomickém zhodnocení diet. Rozdíly byly pozorovány ve specifické rychlosti růstu, obsahu bílkoviny ve svalovině, sušině, somatických indexech a indexu ekonomického profitu. Do 42. dne odchovu neměly diety vliv na přežití, avšak mezi 42. a 63. dnem pokusu došlo vlivem bakteriálního onemocnění k úmrtí ve dvou ze tří nádrží krmených dietou H100, což výrazně ovlivnilo tento parametr.

Výsledkem práce je zjištění, že 7,5% obsah hmyzí moučky z částečně odtučněné bráněnky, respektive 25% substituce rybí moučky, v dietě může úspěšně nahradit rybí moučku v krmivu pro candáta obecného, aniž by tato náhrada měla negativní vliv na některý ze sledovaných parametrů.

Klíčová slova: *Hermetia illucens*, hmyzí moučka, *Sander lucioperca*, recirkulační akvakulturní systém, rybí moučka

9 Abstract

A feeding trial was carried out to assess the effect of replacing fish meal by partially defatted black soldier fly pre-pupae meal in feed for pikeperch (*Sander lucioperca*). A diet with fish meal, that covered 30 % of total protein, was used as a control. Three other diets contained 7,5%, 15% and 30% of insect meal, which corresponded to 25% (H25), 50% (H50) and 100% (H100) replacement of fish meal. Each tested group had 3 repetitions and experiment lasted 63 days.

At the end of the trial, groups H25 and H50 did not show any significant statistical differences in growth and length performance compared to CON. There were no differences among groups in coefficient of variation, condition factor, hematocrit, feed conversion ratio, economic conversion ratio, fat and ash content in muscle. On the other hand, significant differences were observed in specific growth rate, content of proteins in muscles, dry matter, somatic indexes and economic profit index. No differences in survival were found until 42. day. However, between 42. a 63. day of rearing high mortality caused by bacterial infection was observed in two of three tanks fed with H100 diet. This fact influenced this parameter for group H100.

In conclusion, 7,5 % inclusion of insect meal from partially defatted black soldier fly pre-pupae meal, corresponding to 25% replacement of fish meal, may successfully replace fish meal in diet for pikeperch, as this substitution did not have negative influence on any parameter.

Klíčová slova: *Hermetia illucens*, insect meal, *Sander lucioperca*, recirculating aquaculture system, fish meal